УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

5

Альманах

НАУЧНЫХ РАБОТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

АЛЬМАНАХ НАУЧНЫХ РАБОТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ Университета ИТМО

Том 5

Санкт-Петербург

2019

Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. Том 5. – СПб.: Университет ИТМО, 2019. – 241 с.

Издание содержит результаты научных работ молодых ученых, доложенные на XLVIII научной и учебно-методической конференции Университета ИТМО по тематикам: пищевых биотехнологий и инженерии; низкотемпературная энергетика; химико-биологическое.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель редколлегии:
Баранов Игорь Владимирович
доктор технических наук, профессор, директор мегафакультета биотехнологий и низкотемпературных систем Университета ИТМО.

Члены редколлегии:
Виноградов Александр Валентинович
кандидат химических наук, доцент, директор химико-биологического кластера
Волкова Ольга Владимировна
доктор технических наук, доцент, декан факультета пищевых биотехнологий и инженерии
Дубровин Сергей Александрович
кандидат экономических наук, заместитель директора мегафакультета биотехнологий и низкотемпературных систем
Никитин Андрей Алексеевич
кандидат технических наук, доцент факультета низкотемпературной энергетики

ISBN 978-5-7577-0606-1
ISBN 978-5-7577-0611-5 (Том 5)

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2019
© Авторы, 2019

ВВЕДЕНИЕ

Издание содержит результаты научных работ молодых ученых, доложенные 29 января – 1 февраля 2019 года на XLVIII научной и учебно-методической конференции Университета ИТМО по тематикам: пищевых биотехнологий и инженерии; низкотемпературная энергетика; химико-биологическое.

Конференция проводится в целях усиления интегрирующей роли университета в области научных исследований по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники и ознакомления научной общественности с результатами исследований, выполненных в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ, программы развития Университета ИТМО на 2009–2018 годы, программы повышения конкурентоспособности Университета ИТМО среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013–2020 гг., Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», грантов Президента РФ для поддержки молодых российских ученых и ведущих научных школ, грантов РФФИ, РГНФ, РНФ и Правительства РФ (по постановлению № 220 от 09.04.2010 г.) и по инициативным научно-исследовательским проектам, проводимым учеными, преподавателями, научными сотрудниками, аспирантами, магистрантами и студентами университета, в том числе в содружестве с предприятиями и организациями Санкт-Петербурга, а также с целью повышения эффективности научно-исследовательской деятельности и ее вклада в повышение качества подготовки специалистов.

НАПРАВЛЕНИЕ
ПИЩЕВЫХ БИОТЕХНОЛОГИЙ И ИНЖЕНЕРИИ

Адади Парисе
Год рождения: 1991
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, аспирант
Направление подготовки: 19.04.01 – Промышленная экология и биотехнологии
e-mail: adadi_parise@scamt-itmo.ru

Баракова Надежда Васильевна
Год рождения: 1954
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: barakova@corp.ifmo.ru

УДК 615.356

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ БИОДОСТУПНОСТИ КАРОТИНОИДОВ

Адади П., Баракова Н.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Баракова Н.В.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе рассмотрены способы поступления каротиноидов в организм человека и факторы, влияющие на процесс усвоения каротиноидов. Проанализированы способы повышения биодоступности каротиноидов, в частности, за счет получения водорастворимых форм, комплексообразования с другими компонентами растительного сырья, за счет инкапсулирования куаротиноидов.
Ключевые слова: каротин, каротиноиды, биодоступность, растворимость, комплексообразование, инкапсулирование.

Каротиноиды являются природными веществами, биосинтез которых осуществляется бактериями, водорослями, лишайником, высшими растениями, грибами. Человек и животные не способны их синтезировать и должны регулярно получать их с пищей.

Каротиноиды выполняют в организме целый ряд жизненно-важных функций. Длительное время считалось, что их основная функция в животном организме ограничивается превращением в витамин А. В настоящее время убедительно доказано, что каротиноиды обладают целым рядом специфических свойств, не связанных с А-витаминной активностью. Каротиноиды обладают антиканцерогенными, антимутагенными, антитоксичными, иммуномодулирующими и другими свойствами. Это позволяет рассматривать каротиноиды в качестве потенциальных средств профилактики наиболее распространенных заболеваний человека: атеросклероза, злокачественных новообразований, хронических инфекционных процессов. Особое внимание в настоящее время уделяется каротиноидам в качестве перспективных средств химиопрофилактики рака [1].

Важнейшей характеристикой биологически активных веществ (БАВ) и каротиноидов также является их биодоступность. Биодоступность – это свойства БАВ (и лекарственных форм) легко усваиваться нашим организмом. Это та часть дозы БАВ, которая поступает в кровь в неизменном виде и оказывает биологические эффекты.

Усвоение каротиноидов в организме человека происходит следующим образом: микронизация и эмульгирование в желудочно-кишечном тракте, всасывание в тонком кишечнике, частичная биоконверсия в ретинол, транспорт бета-каротина через лимфотическую систему и воротную вену в печень, а затем в кровь и распределение по органам и тканям.

В организм человека каротиноиды поступают в основном с пищей. К природным источникам каротиноидов относятся: морковь, кукуруза, перец, томаты, мандарины, абрикосы, хурма, шпинат и т.д. Процесс усвоения каротиноидов зависит от множества факторов: вида каротиноидов, сочетания продуктов, употребленных в пищу, вида кулинарной обработки и состоянием организма. Доказано, что биодоступность каротиноидов из соков, овощей (особенно сырых) невысока по сравнению с биодоступностью чистого каротина. Повысить биодоступность каротиноидов, употребляемых с пищей, возможно за счет применения каротиноидов в виде напитков, масляных растворов или суспензий с размерами частиц до 2–3 мкм [2].

В результате загрязнения окружающей среды возрастает потребность организма в БАВ. В то же время, из-за индустриализации пищевой промышленности (рафинирование, консервирование, длительный срок хранения) в процессе переработки растительного сырья происходит потеря ценных БАВ.

Недостаточное поступление каротиноидов в организм человека вызвано также их лабильностью. В чистом виде каротиноиды хорошо поддаются воздействию солнечных лучей, чувствительны к воздействию кислорода, не выдерживают сильного нагрева, воздействия кислот и щелочей, и как следствие, население Земли все больше страдает от недостатка каротиноидов. По данным института питания РАМН у 40–55% населения России наблюдается недостаток каротина и других каротиноидов [2].

Для обеспечения человека необходимым количеством каротиноидов создались предпосылки для разработки биологически активных добавок (БАД) к пище, содержащих очищенные и неочищенные суммарные комплексы каротиноидов.

Получение каротиноидов, как основы для БАД, осуществляется следующими способами: методом микробиологического синтеза, выделением из природных источников, химическим синтезом. На основании проведенных экспериментов на мышах, крысах, кроликах, собаках, поросятах, обезъянах и здоровых донорах-добровольцах учеными ВНМИЦ им. Н.Н. Блохина было установлено, что биодоступность природного бета-каротина выше, чем синтетического в 2–4 раза [3].

На сегодняшний день основным источником получения каротиноидных препаратов остаются высшие растения. Обязательным для всех вариантов извлечения каротиноидов является этап быстрого измельчения сырья в щадящих условиях, щелочной гидролиз (омыление) экстрагируемой массы с целью снижения влияния сопутствующих липофильных веществ, жирных кислот и эфиров, экстракция липофильной фенольной фракции органическими растворителями, стадия получения целевого продукта, которая, как правило, включает в себя стадию дополнительной очистки каротиноидов и, при необходимости, их препаративное хроматографическое разделение.

Первоначальной стадией при извлечении каротиноидов из растительного сырья является стадия деструкции сырья. Необходимо учитывать тот факт, что в растениях каротиноиды связаны с белками. В работе [4] показано, что внесение ферментных препаратов комплексного действия увеличивает выход каротиноидов более чем в два раза.

Важным вопросом технологии получения БАВ является не только обеспечение высокой степени извлечения каротиноида, но и повышение растворимости его гидрофобных и труднорастворимых БАВ. Добиться этого можно используя химические, физические, физико-химические методы, а также технологические приемы.

Химическую модификацию природных каротиноидов проводят методом термоокисления в растворе слабополярного органического растворителя при температуре не

выше 100°С в течение одного часа. В процессе гидрофобные углеродные каротиноиды окисляются до гидрофильных гидроксилсодержащих соединений с сохранением π-связей каротиноидов.

Повышение растворимости БАД достигается применением механохимических технологий, которые позволяют отказаться от использования токсичных растворителей. Диспергирование веществ, получаемых с помощью механохимической обработки и обладающих повышенной растворимостью, может повысить биологическое действие веществ при снижении токсичных и разрушающих эффектов [5].

Увеличение растворимости достигается, например, используя метод комплексообразования, при котором в качестве молекул «хозяев» применяются растворимые молекулы олигосахаридов и полисахаридов. Используя, например, арабиноксиланы, добываемые из сибирской лиственницы и являющиеся пищевыми волокнами, проявляется иммуностимулирующий эффект. Для сильно гидрофобных соединений, например, каротиноидов, удалось повысить растворимость в сотни и тысячи раз [6].

Использование нано- и миниконтейнеров для капсулирования БАВ позволит получать БАВ с контролируемым временем поступления их в организм. Инкапсулирование функциональных ингредиентов в настоящее время рассматривается как наиболее рациональный способ сохранения их активности и безопасной доставки в организм. Внесение лекарственных веществ в нано- и микроструктуры позволяет качественно менять их фармакинетику и механизм их доставки к клеткам.

Действующее вещество заполняют в полимерную мембрану. Использование биополимерных нано- и микроконтейнеров для капсулирования БАВ позволит получить лекарственные формы с контролируемым временем поступления в организм, улучшенной растворимостью в биологических жидкостях, высокой стойкостью при хранении. В качестве структурных компонентов нано- и микроконтейнеров могут быть использованы природные полимеры: полисахариды, белки и липазы, микрокапсулы на основе низкометилированных пектинов из яблок, цитрусовых и подсолнечника, альгинат натрия – загуститель, который образует гели, являющиеся биоусвояемыми нетоксичными и не накапливающимися в организме [7].

На первой стадии проводится приготовление эмульсии, на второй – микрокапсулирование:

– получение пленкообразователя;
– диспергирование субстанции каротиноида с эмульгатором в растворе пленкообразователя.

Эмульгирование суспензии каротиноида проводится в подогретом до 40°С масле (подсолнечное). Для стабилизации эмульсии используются эмульгаторы: ТВИН-80 и соевый лизин. Для микрокапсулирования используется 4%-ный раствор альгината натрия в различных состояниях. Проводится диспергирование до образования мягких микрокапсул, затем резкое охлаждение до 15°С. На следующем этапе проводится отделение микрокапсул от дисперсионной среды при помощи набора сит диаметром 1 мм, промывание микрокапсул изопропиловым спиртом, сушка микрокапсул при комнатной температуре в течение 7–8 ч.

Разрабатывая технологию получения каротиноидов из растительного сырья необходимо не только обеспечивать высокий выход БАВ, но и обеспечить их высокую биодоступность для организма человека и животных.

При выборе способа повышения биодоступности каротиноидов предпочтение отдается инкапсулированию.

Литература

1. Шишкина М.Я., Шишкин П.Н., Сергеев А.В. Роль каротиноидов в профилактике наиболее распространенных заболеваний // Российский биотерапевтический журнал. – 2010. – № 9(2). – С. 77–78.

2. Завьялова А.Н., Суржик А.В. Физиологическая роль природных компонентов // Вопросы современной педиатрии. – 2008. – Т. 7. – № 6. – С. 146–149.
3. Сергеев А.В., Ананьев В.С., Капитонов А.Б. Фармакокинетика каротиноидов и каротинсодержащих препаратов // Российский биотерапевтический журнал. – 2017. – Т. 16. – № 3. – С. 92–101.
4. Адади П., Филиппова Д.С., Баракова Н.В. Влияние ферментных препаратов на извлечение пигментов из растительного сырья // Вестник Международной академии холода. – 2019. – № 1. – С. 64–68.
5. Дишкин А.В., Сунцова Л.П., Халиков С.С. Механохимическая технология для повышения растворимости лекарственных веществ // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1. – С. 448–457.
6. Гулякин И.Д., Николаев Д.Л., Санарова Е.В., Ланцова А.В., Оборотова Н.А. Применение фармацевтической технологии для повышения биодоступности лекарственных веществ. – 2012. – № 3. – С. 23–30.
7. Анисимов М.П., Верещагин В.Е., Васильев С.В., Душкин А.В., Поляков Н.Е. Наноаэрозоли в интенсивной терапии. Современные подходы к поиску эффективных средств адресной доставки лекарственных препаратов у критических пациентов // Медицина и образование в Сибири. – 2012. – № 6. – 10 с.

Борисова Анастасия Александровна
Год рождения: 1997
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т41503
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: borisova.nastja@mail.ru

Рахманов Юрий Алексеевич
Год рождения: 1941
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: jarakhmanov@corp.ifmo.ru

УДК 620.92

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОКОМПЛЕКСЕ

Борисова А.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Рахманов Ю.А.

В работе рассмотрена энергетическая ситуация России на сегодняшний день. На примере компании «Фортум» исследованы перспективы использования возобновляемых источников энергии. Предложены решения и описаны возможности для теплоэлектростанций с целью повышения их энергоэффективности и снижения выбросов парниковых газов.
Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ТЭЦ, солнечная энергетика, биомасса, ветроэнергетика.

Введение. Потребность в чистом, надежном и недорогом энергоснабжении растет с увеличением проблем окружающей среды. Устанавливаются жесткие требования по сокращению выбросов парниковых газов, а бизнес начинает вкладывать средства во внедрение новых экологичных технологий, например в энергетике, машиностроении и строительстве.

В работе рассмотрена энергетическая ситуация в России на примере компании «Фортум», чья политика направлена на улучшение и повышение энергоэффективности, а также снижение выбросов парниковых газов.

Энергетика России. Основной потенциал сокращения энергопотребления и выбросов парниковых газов к 2030 году в России сосредоточен в следующих секторах [1]:
– топливно-энергетический комплекс;
– недвижимость и строительство;
– промышленность и транспорт.

В таблице представлены данные за 2018 год, связанные с энергетическим сектором России.

Таблица. Статистика России

Критерий	Россия
Население	144 млн
Энергопотребление на человека	6,160 кВт
Углеродный след на человека	11,80 т

Россия имеет высокий углеродный след в связи с деятельностью людей и заводов, который является прямым и косвенным источником выбросов парниковых газов в атмосферу планеты. Основная доля углеродного следа приходится на основные сектора экономики: энергетику, химическую промышленность и металлургию [2].

России необходимо найти пути сокращения выбросов парниковых газов, и поэтому предполагаются следующие способы решения проблемы:

1. снижение энергоемкости продукции и уменьшение непроизводительных потерь тепла и энергии. Также необходимо внедрение современных энергосберегающих технологий и использование вторичного тепла отходящих газов и сточных вод;
2. повышение эффективности использования ископаемого топлива для выработки энергии, внедрение современных технологий выработки энергии на основе парогазового цикла (ПГУ), сокращение потребления электричества и тепла, производимых на электростанциях и в котельных, другими секторами;
3. использование альтернативных видов топлива и различных форм энергии, использование биотоплива и биоэнергетики.

Из-за низких цен на природный газ среди немногих новых станций преобладают парогазовые электростанции (ЭС). Кроме того, порядка 15–20% мощностей, работавших на угле, перешли на газ. Из-за наличия богатых запасов дешевых ископаемых видов топлива и отсутствия специальных программ, стимулирующих развитие альтернативных технологий, доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) остается в пределах 1% [2].

ПАО «Фортум» Россия. Мир старается перейти на «чистые» виды энергии и поэтому компания стремится предоставлять своим потребителям безопасную энергию по конкурентным ценам, в том числе за счет использования традиционных источников.

На конец 2018 года суммарная мощность генерирующих объектов «Фортум» по электрической энергии составляет 4 912,5 МВт и по тепловой энергии – 10 228,8 МВт. Производственная деятельность «Фортум» сосредоточена на Урале и в Западной Сибири.

На предприятиях «Фортум» проводится экологический мониторинг, который включает в себя:

– перечень нормируемых веществ, образующихся при сжигании топлива: NO – оксид азота, NO_2 – диоксид азота, SO_2 – диоксид серы, CO – оксид углерода, зола от сжигания углей;
– нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу согласуются с территориальными управлениями Росприроднадзора;
– дымовые трубы электростанций оснащены приборами контроля.

«Фортум» непрерывно работает над тем, чтобы снизить воздействие на климат и окружающую среду. Компания старается повысить эффективность использования ресурсов и развивает возобновляемую энергетику. Целью является создание проектов, касающихся солнечной и ветрогенерации.

Солнечная энергетика. Опыт корпорации в развитии солнечной генерации – это строительство и эксплуатация солнечных ЭС.

Преимуществами использования энергии солнца являются [3]:

– возобновляемый источник электроэнергии;
– низкие эксплуатационные расходы;
– солнечная энергия масштабируема, т.е. ее можно производить в промышленных объемах;
– КПД одной солнечной батареи 20%;
– в небольших масштабах дополнительное электричество может храниться в батарее или подаваться обратно в электрическую сеть.

Недостатки:

– зависимость от погоды и времени суток;

– при промышленном производстве – необходимость дублирования солнечных ЭС маневренными ЭС сопоставимой мощности;
– высокая стоимость конструкции, связанная с применением редких элементов;
– нагрев атмосферы над электростанцией.

В 2017 году «Фортум» приобрел три солнечные ЭС совокупной мощностью 35 МВт – Плешановская, Грачевская и Бугульчанская СЭС. К концу 2018 года три СЭС «Фортум» выработали 37 ГВт·час чистой энергии.

Ветроэнергетика. Ветровые турбины устанавливаются в районах с регулярным ветром. В регионах, где стабилен данный энергоресурс, рационально строить ветряные ЭС.

Преимущества:
– экологически чистый вид энергии;
– эргономика: ветровые ЭС занимают совсем немного места;
– возобновляемая энергия;
– ветровая энергетика – лучшее решение для труднодоступных мест.

Недостатки:
– нет гарантии получения нужного количества электроэнергии;
– условно низкий выход электроэнергии: ветровые генераторы веско уступают в выработке электроэнергии дизельным генераторам, что приводит к необходимости установки сходу нескольких турбин;
– опасность для живой природы;
– шумовое загрязнение.

Почти половина инвестиций «Фортум» – это инвестиции в возобновляемую энергетику. Россия сильна в гидрогенерации, и поэтому страна имеет огромный потенциал для развития ВИЭ. Таким образом, в 2017 году была построена ветряная ЭС в Ульяновской области с установленной мощностью 35 МВт.

Решения и возможности для «Фортума» в России:
1. повышение эффективности существующих генерирующих мощностей, т.е. повышение общей топливной эффективности существующих ТЭС на 2% за счет проведения различных мероприятий (снижения удельных затрат топлива и потребления электроэнергии на собственные нужды станций);
2. использование энергии ветра, т.е. замена к 2030 г. ветровыми ЭС части мощностей ТЭС, работающих на ископаемых видах топлива и обладающих высоким уровнем выбросов CO_2;
3. использование солнечной энергии, т.е. замена к 2030 г. гелиогенераторами части мощностей ТЭС;
4. использование биомассы в качестве топлива для ЭС, т.е. постройка теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), работающих на биомассе к 2030 г. [4].

Несмотря на то, что «Фортум» пытается снизить выбросы CO_2, путем модернизации оборудования и проводя другие различные мероприятия по оснащению ТЭЦ, компании необходимо также переходить на альтернативные источники, к примеру, использовать биомассу, так как ее сжигание создает минимальный углеродный след. К примеру, для прямого сжигания биотоплива за рубежом используются и развиваются различные модификации слоевого сжигания, сжигания в пузырьковом и циркулирующем кипящем слое. При этом основное внимание уделяется очистке газовых выбросов. А остатки золы после сжигания биотоплива можно использовать в качестве добавки к цементу, песку, гравию.

ТЭЦ на биотопливе позволяет существенно повысить энергетическую безопасность региона, дать значительный импульс развитию экономики, в частности сельского хозяйства, лесопереработки и лесопользования. Производство электрической и тепловой энергии имеет объективные экономические основания для того, чтобы наращивать объемы сжигания биотоплива.

Экономическая эффективность проектов ТЭЦ на биотопливе может быть существенно улучшена при реализации конкретного проекта, за счет уменьшения стоимости биологического топлива, минимизации транспортных расходов на его доставку, применения прогрессивных технологий, высокоэффективного технологического цикла генерации электроэнергии и тепла [5].

Заключение. Таким образом, необходимо провести следующие мероприятия, затрагивающие энергетический сектор России:

– генерирующие мощности предприятий должны стать более эффективными;
– необходимо строительство предприятий с повышением энергетических мощностей, использующих ВИЭ;
– требуется сокращение выбросов CO_2 и потребления энергии (снижение ЭС потребления энергии на собственные нужды и минимизации потерь тепла в магистральных линиях центрального теплоснабжения).

Если ТЭЦ начнут проводить все вышеперечисленные мероприятия, можно с уверенностью сказать, что Россия достигнет целей устойчивого развития в сфере чистой энергии.

Литература

1. Energy consumption in Russia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.worlddata.info/europe/russia/energy-consumption.php (дата обращения: 28.10.2018).
2. Топливо и энергетика России / Под ред. А.М. Мастепанова. – М.: Энергия ИД, 2004. – 596 с.
3. Преимущества и недостатки солнечной энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://alternativenergy.ru/solnechnaya-energetika/85-preimuschestva-solnechnoy-energetiki.html (дата обращения: 02.11.2018).
4. 2030 climate & energy framework [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en (дата обращения: 13.10.2018).
5. McKinsey & Company. Энергоэффективная Россия. Пути снижения энергоемкости и выбросов парниковых газов. Основные выводы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gisee.ru/upload/pdf/CO_2_Russia_RUS_final.pdf (дата обращения: 23.10.2018).

Борисова Анастасия Александровна
Год рождения: 1997
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т41503
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: borisova.nastja@mail.ru

Павлова Анастасия Сергеевна
Год рождения: 1987
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.э.н., преподаватель
e-mail: nastya.s.pavlova@gmail.com

УДК 608.2

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ «ФОРТУМ»

Борисова А.А.
Научный руководитель – к.э.н. Павлова А.С.

Работа выполнена в рамках международного проекта CREA-RE-RU «Экономика замкнутого цикла и эффективное использование природных ресурсов».

В работе представлен опыт Швеции, Латвии, Финляндии и России в области ресурсосбережения. Рассмотрены способы применения возобновляемых источников энергии на предприятиях «Фортум» в данных странах. Описаны предложения по пути сокращения выбросов парникового газа в окружающую среду и способы применения летучей золы.
Ключевые слова: экономика замкнутого цикла, цели устойчивого развития, углеродный след, летучая зола, возобновляемые источники энергии.

Энергетический сектор играет важную роль в изменении климата. Ежегодный рост выбросов парниковых газов увеличивается из-за спроса на электроэнергию, тепло и транспортные услуги наряду с ростом населения и предпочтением ископаемой энергии в большинстве частей мира.

Цели устойчивого развития 2030, принятые ООН, в частности о доступной и чистой энергии, имеют первостепенное значение в регулировании энергетического сектора, так как растет потребность в чистом, надежном и недорогом энергоснабжении [1].

Системный переход к циклической экономике или экономики замкнутого цикла является частью решения по снижению воздействия на энергетический сектор. Он может быть оптимизирован с точки зрения круговой экономики тремя способами:

1. использование возобновляемых источников энергии, отходов в качестве топлива;
2. промышленный симбиоз и экономическое сотрудничество на муниципальном уровне;
3. циркулярная экономика в клиентском интерфейсе.

Целью данной работы являлось изучение возможности применения механизмов и инструментов экономики замкнутого цикла в энергетическом секторе, а также разработка предложений по использованию побочного продукта, а именно золы.

Данное исследование проводилось в рамках международных проектов «CREA-RE» (Creating aligned studies in Resource Efficiency) и «CREA-RE-RU» (Creating aligned studies in Resource Efficiency in Sweden and Russia), поддержанных программами Interreg Baltic Sea Region и Swedish Institute соответственно. В проектах участвовали четыре высших учебных заведения, а именно Лахтинский университет прикладных наук (Финляндия), Университет Евле (Швеция), Латвийский Университет (Латвия) и Университет ИТМО (Россия).

В соответствии с целями проектов четыре интернациональные студенческие команды работали над бизнес-кейсами, предложенными компаниями Латвии. Бизнес-кейс в области повышения энергоэффективности был разработан для теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) «Форум», расположенной в Елгаве, Латвия.

В таблице приведены статистические данные для стран-участниц, которые показывают, что наименьший углеродный след на душу населения присущ жителям Латвии, наибольший – России. Это обусловлено рядом причин: большая доля углеродного следа приходится на основные секторы экономики: энергетику, химическую промышленность и металлургию, т.е. 60% парниковых газов выбрасывается в атмосферу при сжигании ископаемых видов топлива, 35% приходится на лесное и сельское хозяйство и 5% на промышленность [2].

Таблица. Статистика стран

Критерий	Латвия	Швеция	Финляндия	Россия
Население	2,1 млн	9,9 млн	5,5 млн	144 млн
Потребление энергии на душу населения	3,458 кВт	12,456 кВт	14,347 кВт	6,160 кВт
Углеродный след на душу населения	3,59 т	4,31 т	8,58 т	11,80 т

Анализ энергопотребления в Швеции и Финляндии, показал, что в данных странах используются следующие наилучшие практики:

- увеличение доли энергии из возобновляемых источников, используемых в транспортном секторе, до 10%;
- сокращение выбросов парниковых газов на 40%;
- полный отказ от источников углеводородов в секторе отопления.

Для России характерны следующие способы снижения углеродного следа:

- улучшенное энергопотребление в домашних условиях;
- использование альтернативных форм энергии: солнечная и ветроэнергетика, биомассовая энергетика, геотермальная энергия;
- повторное использование и переработка материалов;
- снижение годового энергопотребления для предприятий: снижения удельных затрат топлива и потребления электроэнергии на собственные нужды станций, минимизации потерь тепла в магистральных линиях центрального теплоснабжения.

Одним из ключевых представителей в энергетическом секторе является компания «Форум», которая предоставляет услуги в области энергоснабжения в странах Балтийского региона. Компания следует принципам работы финской корпорации и придерживается глобальной стратегии, которая призвана реализовывать смелые решения в энергетике, продвигать эффективность и трансформацию отрасли, создавать решения для устойчивого развития городов.

1. Латвия. «Форум» использует местное возобновляемое топливо – древесную щепу для обеспечения безопасного, эффективного и экологически чистого производства. Это позволяет наиболее эффективно использовать энергоресурсы, уменьшает зависимость от импортируемых ископаемых видов топлива и воздействия на окружающую среду, а также снижает затраты на производство тепла. Эффективное использование древесных ресурсов в качестве топлива достигается за счет использования его в качестве сырья только после утилизации или переработки деревянных изделий и сбора остатков технической древесины.

2. Швеция. В Швеции «Форум» управляет четырьмя ТЭЦ, которые отказались от использования невозобновляемых ресурсов. ТЭЦ «Brista» использует основные топливные чипсы. Также на этом заводе происходит сжигание бытовых и промышленных отходов для производства энергии. ТЭЦ «Hässelby» работает на древесных гранулах и биотопливе. ТЭЦ «Högdalen» использует бытовые и промышленные отходы и биомасло в качестве топлива. ТЭЦ «Värtäverket» работает на возобновляемом биотопливе и лесных отходах [3].

Преимуществами использования древесной щепы вместо ископаемого топлива, являются:

- эффективное использование ресурсов;
- снижение затрат на производство тепла;
- поддержка местной экономики;
- снижение потребности в ископаемом топливе;
- снижение отрицательного влияния на окружающую среду.

3. Финляндия. Финская компания «Rakeistus» строит центр грануляции в г. Холлола, основной целью которого будет процесс грануляции летучей золы, которая образуется традиционными методами сжигания древесины.

Древесина является одним из столпов финской экономики, которая обеспечивает более 20% экспортной выручки Финляндии каждый год [4]. Поскольку древесина так важна для финской экономики, правительство готово поддержать исследования по поиску новых и альтернативных способов использования сырья и побочных продуктов, таких как летучая зола, которые образуются в процессе.

4. Россия. В России существует 8 предприятий «Форум». Производственные активы и деятельность сосредоточены на Урале и в Западной Сибири. Компания имеет восемь ТЭЦ, где пять из них – в Челябинской области, а три – в Тюменской области. Компания осуществляет деятельность по производству и поставке электрической и тепловой энергии.

Выбросы CO_2 в атмосферу составляют 792 млн т, что является результатом сжигания газа, угля и мазута на электростанциях.

Все станции «Форума» в России работают на природном газе или угле, но в то же время стремятся сократить выбросы CO_2 путем улучшения технического оборудования и внедрения наилучших доступных технологий. Недавно были построены три солнечные электростанции и одна ветряная электростанция. Таким образом, «Форум» в России стремится использовать возобновляемые источники энергии.

Решения и возможности для «Форум». Основными вопросами «Форума» для полной реализации принципов экономики замкнутого цикла являются снижение тепловых потерь при транспортировке и дальнейшее использование побочного продукта горения (летучей золы). Применение золы ограничено отсутствием существующих инфраструктур, которые могли бы работать с летучей золой [5].

В будущем зола может использоваться в качестве добавки к цементу, при очистке сточных вод и как добавка к песку/гравию.

На основании исследования также были разработаны некоторые предложения для предприятий.

Правила компании должны включать:

- правила хранения и перевозки летучей золы;
- правила переработки золы;
- ограничения по концентрации загрязняющих веществ в почве (опасных элементов);
- минимальное количество питательных веществ, гранулометрический состав, твердость и другие параметры.

Авторами проведен факторный анализ повышения энергоэффективности для компании «Форум», представленный на рисунке. Данный анализ помог выявить основные аспекты, которые могут стимулировать компанию к внедрению механизмов экономики замкнутого цикла. Перспективным методом является применение летучей золы, так как мировое сообщество заинтересовано в применении альтернативных источников энергии с целью понижения уровня выбросов углекислого газа.

Рисунок. PEST-анализ перспектив применения летучей золы

Заключение. В результате проведенного исследования был сформулирован перечень мероприятий, направленный на повышение энергоэффективности и ресурсосбережение компании «Форум»:

– использование летучей золы (побочного продукта) в качестве альтернативного источника энергии;
– снижение тепловых потерь при транспортировке;
– взаимодействие с муниципальными органами власти для регулирования использования возобновляемых источников энергии.

Необходимо отметить, что такие факторы, как высокая стоимость наилучших технологий, низкая рентабельность и долгий период окупаемости препятствуют развитию энергоэффективности. Особенно это характерно для России, где стоимость на энергоресурсы значительно отличается от стоимости в других странах Балтийского региона. С нашей точки зрения, основным стимулирующим фактором может стать изменение природоохранного законодательства. Это позволит призвать компании к внедрению и развитию экономики замкнутого цикла, к продвижению идей промышленного симбиоза, к достижению целей устойчивого развития.

Литература

1. Deloitte Oy. Circular economy in the energy industry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://energia.fi/en/news_and_publications/publications/circular_economy_in_the_energy_industry_-_deloitte_oy_2018.html (дата обращения: 17.11.2018).
2. The EU in the world – 2018 edition [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-statistical-books/-/KS-EX-18-001-EN-N (дата обращения: 20.10.2018).

3. Ground-breaking method for cleansing waste products and reusing valuable resources [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fortum.com/media/2017/07/ground-breaking-method-cleansing-waste-products-and-reusing-valuable-resources (дата обращения: 24.11.2018).
4. Suorsa J. Finnish Forest Industries. Forest Resources in Finland [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://smy.fi/en/forest-fi/graphs/forest-resources/ (дата обращения: 27.11.2018).
5. Waste to energy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fortum.com/products-and-services/recycling-waste/welcome-waste-solutions/waste-energy (дата обращения: 24.11.2018).

Горбунов Глеб Николаевич
Год рождения: 1996
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т41503
Направление подготовки: 18.04.02 – Промышленная экология и чистое производство
e-mail: gorbunovg@inbox.ru

Эмем Онис Чарльз
Год рождения: 1986
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т41504
Направление подготовки: 18.04.02 – Промышленная экология и чистое производство
e-mail: emem.c.onis@gmail.com

Сергиенко Ольга Ивановна
Год рождения: 1957
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

Рахманов Юрий Алексеевич
Год рождения: 1941
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: jarakhmanov@corp.ifmo.ru

УДК 621.438

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ОГНЕВОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ГОРОДЕ ЛАГОС, НИГЕРИЯ

Горбунов Г.Н., Эмем О.Ч.
Научные руководители: к.т.н., доцент Сергиенко О.И.; к.т.н., доцент Рахманов Ю.А.

Работа выполнена в рамках НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе определен морфологический и элементный состав твердых бытовых отходов в городе Лагос, Нигерия. Выполнены расчеты, необходимые для проектирования установки для энергетической утилизации отходов, работающей по принципу огневого обезвреживания.
Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, морфологический состав, энергетическая установка, термоокислительное обезвреживание.

Одним из способов снижения нагрузки на полигоны захоронения твердых коммунальных отходов (ТКО) [1] является термоокислительное обезвреживание отходов,

при котором при температуре 850–1200°C [2] осуществляется технологическая обработка отходов. Образующиеся газообразные (дымовые газы) и твердые (зола) продукты подвергаются дополнительной очистке. Уловленные твердые частицы могут быть использованы в производстве вторичных материалов. При этом объем получаемой золы меньше исходного объема ТКО на 90%.

На основании морфологического и элементного состава ТКО в городе Лагос (табл. 1) определены теплотехнические характеристики и теплота сгорания отходов, равная $Q_{\text{Н}}^{\text{Р}}$=11337 кДж/кг, что соответствует местным топливным ресурсам, не требующим дальней транспортировки.

Таблица 1. Морфологический состав и теплотехнические характеристики отходов в г. Лагос, Нигерия

Наименование	Показатель	Ед. изм.	%	Количество теплоты, кДж/кг
Органика	5580	т	62	4230
Пластик	1350	т	15	46150
Бумага	900	т	10	17920
Стекло	360	т	4	*
Сточный шлак	630	т	7	*
Зола	180	т	2	*
Итого	9000	т	100	11337**

* – данная величина не учитывается (стекло, сточный шлак и зола не сжигаются);
** – энергия, необходимая для сжигания 1 кг смешанных отходов, равна сумме произведений величин теплоты, соответствующего вида отходов, на соответствующую ему процентную долю содержания.

На базе вращающейся печи с камерой дожигания предложена технологическая схема системы термоокислительного обезвреживания ТКО в городе Лагос с рекуперацией теплоты для целей энергоснабжения (рисунок).

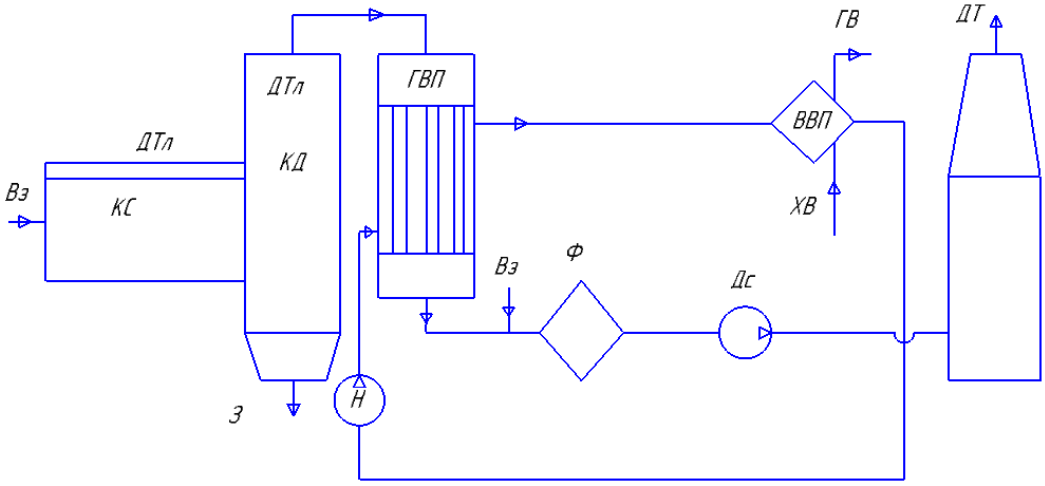


Рисунок. Принципиальная схема энергетической установки: Вз – воздух; КС – камера сгорания; ДТл – дополнительное топливо; З – зола; КД – камера дожигания; ГВП – газоводяной подогреватель; Ф – фильтр; Дс – дымосос; ВВП – водоводяной подогреватель; ХВ – холодная вода; ГВ – горячая вода; Н – Насос; ДТ – дымовая труба

Система включает в себя камеру сгорания (КС) на базе вращающейся печи, где поддерживается температура процесса 900–1000°C ниже температуры плавления золы, которая в основном удаляется из системы на выходе из КС. Получаемые при этом газообразные продукты вместе с уносимой золой поступают в камеру дожигания (КД), где осуществляется их полное окисление при температуре 1100–1200°C. Здесь также частично удаляется уносимая зола. Для поддержания необходимой температуры термоокислительного обезвреживания подается дополнительное топливо (ДТл). Из камеры дожигания дымовые

газы поступают в газотрубный газоводяной подогреватель (ГВП), в котором за счет теплоты охлаждения дымовых газов от 1200°С до 300°С подогревается вода, циркулирующая с помощью насоса (Н) по водяному контуру от температуры 95°С до 110°С. В водоводяном подогревателе (ВВП) циркулирующей водой может подогреваться сетевая вода, вода для системы горячего водоснабжения. Также контур циркулирующей воды может быть использован для получения электрической энергии с помощью установки ПМТУ TurbogenixTGX-100 [2], или получения холодной воды при температуре 7°С с помощью абсорбционной холодильной машины [3].

Результаты расчетов основных энергетических характеристик системы энергоснабжения приведены в табл. 2.

Таблица 2. Энергетические характеристики установки термоокислительного обезвреживания отходов

Наименование показателя	Ед. изм.	Величина
Производительность по ТКО	кг/ч	1000
Расход дополнительного топлива	кг/ч	415
Тепловая мощность установки	кВт	8060
Отпускаемое количество теплоты	кВт	4718
Расход циркулирующей воды	$м^3$/ч	27
Холодопроизводительность	кВт	3500
Возможная электрическая мощность	кВт	600
Коэффициент использования теплоты	–	0,58

С учетом вышесказанного можно утверждать, что применение данной энергетической установки в городе Лагос способствует решению сразу двух актуальных проблем:

1. обеспечение новым источником энергии;
2. уменьшение свалок и, как следствие, снижение их воздействия на экологию.

Конечный вид энергии может быть различным, например, горячая вода, электричество, холод. Рассмотренная в данной работе энергетическая установка является модульной конструкцией, что позволяет ей трансформироваться, исходя из потребляемого вида и количества топлива (отходов) и желанных энергетических характеристик.

Литература

1. ИТС 9-2015. Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: docs.cntd.ru/document/1200128669 (дата обращения: 06.01.2019).
2. Паро- и газотурбинное электрогенерирующее оборудование компании CALNETIX для автономных энергетических комплексов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://manbw.ru/sites/default/files/pdf/calnetix.pdf (дата обращения: 06.01.2019).
3. СТМ современные тепловые машины – оскол. Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://teplosibmash.ru/files/File/Catalog-17-04-12.pdf (дата обращения: 06.01.2019).

До Тхи Зунг
Год рождения: 1991
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4252
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: zumilaven@gmail.ru

Динкелакер Наталья Владимировна
Год рождения: 1972
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, ст. преподаватель
e-mail: nvdinkelaker@mail.ru

Петрова Оксана Владимировна
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, доцент
e-mail: sgl-fgus@yandex.ru

УДК 504.75

НАКОПЛЕНИЕ МЫШЬЯКА В КОМПОНЕНТАХ ЭКОСИСТЕМ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

До Тхи Зунг, Петрова О.В.
Научный руководитель – Динкелакер Н.В.

Объектом данной работы стал полигон строительных отходов «Северная Самарка» по адресу: Ленинградская область, Всеволожский район, деревня Самарка, участок 1. Исследование показало, что полигон твердых отходов «Северная Самарка» оказывает заметное негативное воздействие на компоненты окружающих систем, однако состояние экосистем оценивается как природное, но испытывающее антропогенную нагрузку.
Ключевые слова: накопление мышьяка, полигон, загрязнение мышьяка, мышьяк в почве, строительные отходы.

Необходимость мышьяка (As) для жизнедеятельности человека пока не доказана, однако, токсичность его соединений известна давно. Для мышьяка выявлен один из самых высоких показателей патологичности, составленный на основании 19 патологий, связанных с этим элементом.

Объектом данной работы стал полигон строительных отходов «Северная Самарка» по адресу: Ленинградская область, Всеволожский район, деревня Самарка, участок 1. Проект полигона разработан институтом «Ленгипроинжпроект» в 1971 году. Объект введен в эксплуатацию в 1974 г. Проектная мощность полигона на тот момент составляла – 1 млн $м^3$/год. В настоящее время организацией, эксплуатирующей полигон, является ЗАО «Промотходы» [1].

В рамках научно-исследовательской экспедиции в конце апреля 2018 года были отобраны 14 проб почв, места которых можно посмотреть на рис. 1. Исследование образцов почвы проводилось на базе лаборатории Экологического мониторинга кафедры Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности Университета ИТМО. Для анализа содержания тяжелых металлов был выбран рентген-флуоресцентный спектрометр «Спектроскан Макс-G». Для измерения водородного показателя применялся pH-метр «pH-150МИ» по методике ГОСТ 26423-85.

Рис. 1. Карта отбора образцов почвы

В таблице видно, что превышение содержания и предельно допустимые концентрации (ПДК), и ФК по мышьяку отмечаются во всех отобранных пробах (от 1 ФК до 45,5 ФК, минимальное превышение ПДК составляет 3 ПДК). Мышьяк сильно сорбируется гидроксидами железа и марганца, также в исследовании [2] говорится о достоверной корреляции между валовыми содержаниями мышьяка и цинка в пахотном горизонте, далее приводится результат корреляционного анализа по полученным авторами данным. Мышьяк является токсичным, ядовитым веществом, ингибирующим различные ферменты, оказывающий отрицательное действие на метаболизм, может оказывать канцерогенное действие [2].

Таблица. Результаты исследования содержания тяжелых металлов в почвах

№	Шифр	Зона	As
Класс опасности [3]			1
ПДК по[4]			2,0
Верхняя граница фона [5]:			6
1	ПЩ1	Торф/разраб	39
2	ПЩ2	Гребень	84
3	ПЩ3	Заболоч. лес	26
4	ПЩ4	Долина ручья	11
5	ПЩ5	Гребень	10
6	ПЩ6	Сад	12
7	ПЩ7	Сад	7
8	ПЩ8	Сад	12
9	ПЩ9	Сад	9
10	ПЩ10	Сад	8
11	ПЩ11	Карьер	10
12	ПЩ12	Карьер	29
13	ПЩ13	–	10
14	ПЩ14	Сад	9
Максимум			84
Минимум			7
Среднее			19,7

На рис. 2 и 3 представлены результаты содержания As в образцах почвы и распределения As в образцах почвы соответственно.

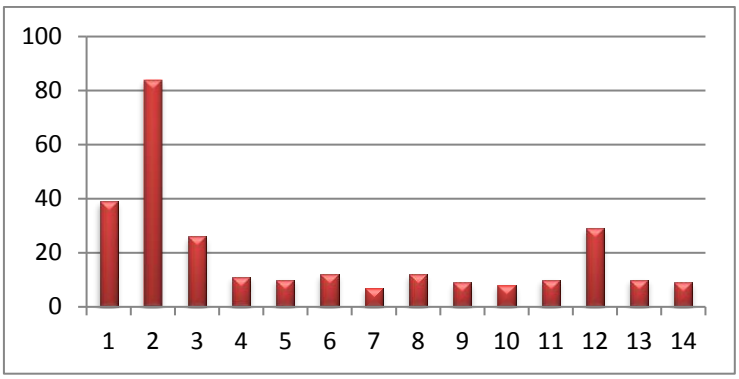


Рис. 2. Содержание As в образцах почвы

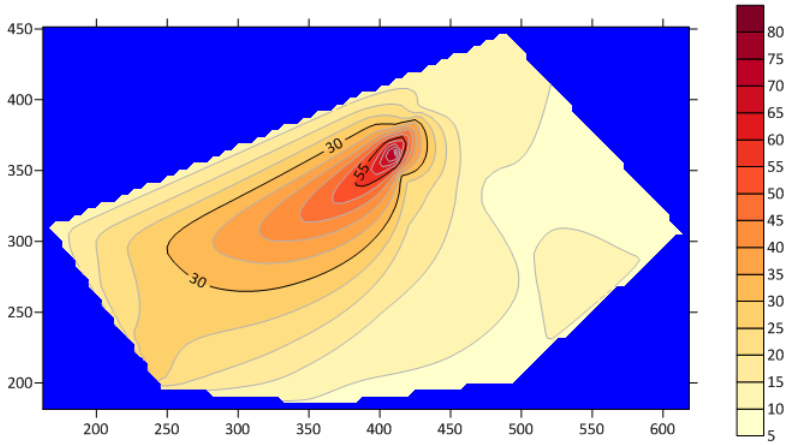


Рис. 3. Распределение As в образцах почвы

Можно сделать вывод, что почвы в основном загрязнены мышьяком (включая селитебную зону), их концентрация превышает ПДК и верхнюю границу регионального фона. Исследование показало, что полигон твердых отходов «Северная Самарка» оказывает заметное негативное воздействие на компоненты окружающих систем, однако, состояние экосистем оценивается, как природное, но испытывающее антропогенную нагрузку.

Литература

1. Материалы открытых слушаний по проекту «Реконструкция полигона твердых отходов «Северная Самарка». – 2016.
2. Попова Л.Ф., Наквасина Е.Н. Нормирование качества городских почв и организация почвенно-химического мониторинга: учебное пособие. – Архангельск, 2014. – 108 с.
3. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 16 с.
4. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: гигиенические нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 15 с.
5. Лобынцева Т.М., Горький А.В. Почвы и земельные ресурсы // Экологическая обстановка в Санкт-Петербурге и Ленинградской области в 1995 году. – 1996. – С. 67–77.

Егоров Алексей Николаевич
Год рождения: 1993
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4245
Направление подготовки: 15.04.02 – Технологические машины и оборудование
e-mail: aleksii40000@ya.ru

Алексеев Геннадий Валентинович
Год рождения: 1948
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, д.т.н., профессор
e-mail: gva2003@mail.ru

УДК 664.292

ВЛИЯНИЕ КАВИТАЦИИ НА ГИДРОЛИЗ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПЕКТИНА

Егоров А.Н.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Алексеев Г.В.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе рассмотрена проблема неэкологичности получения пектина. Произведена оценка влияния кавитации на стадию гидролиза при получении пектина из цитрусового сырья. Приведено сравнение результатов эксперимента для гидролиза с использованием кавитационного эффекта и без него. Подобраны параметры для гидролиза в роторно-выпарной вакуумной установке.
Ключевые слова: пектин, гидролиз, кавитация, роторно-выпарная установка, экологичный метод.

Пектин – одна из самых универсальных пищевых добавок. Его гелеобразующие, влагоудерживающие и стабилизирующие свойства позволяют использовать его в производстве многих пищевых продуктов [1].

За последние годы пектин имеет к себе повышенный интерес как функциональный и полезный компонент, что может служить фактором роста к исследованию пектина с целью более широкого применения его в медицине и при создании новых функциональных продуктов питания и нутрицевтики.

Одной из основных проблем производства пектина является использование большого количества кислот на стадии гидролиза, которая играет ключевую роль в многолетних исследованиях ученых для поиска прогрессивных методов производства пектина.

В настоящее время один из наиболее эффективных методов интенсификации химико-технологических процессов производства пектина является кавитационное воздействие. Кавитация представляет собой средство локальной концентрации энергии низкой плотности в высокую плотность энергии, связанную с пульсациями и захлопыванием кавитационных пузырьков [2]. В фазе разрежения акустической волны или за счет местного понижения давления при обтекании твердого тела, в жидкости образуются каверны (кавитационные пузырьки), которые заполняются насыщенным паром данной жидкости. В фазе сжатия под действием повышенного давления и сил поверхностного натяжения каверна захлопывается, а

пар конденсируется на границе раздела фаз. Через стены каверны в нее диффундирует растворенный в жидкости газ, который затем подвергается сильному адиабатическому сжатию [2].

В промышленности для кавитационного воздействия на жидкость используются гидродинамические, электродинамические, пьезоэлектрические, магнитострикционные и механические генераторы кавитации.

В ультразвуковом диапазоне наиболее распространены пьезоэлектрические и магнитострикционные генераторы кавитации. В этих электроакустических преобразователях используются прямой магнитострикционный и пьезоэлектрический эффекты в переменных магнитных и электрических полях. Диапазон частот возбуждения преобразователей является очень широким (от 8 до 44 кГц и выше). Ультразвуковые колебания от преобразователя передаются к обрабатываемым веществам через специальные трансформирующие и согласующие устройства (концентраторы, пластины и др.), заканчивающиеся излучающей поверхностью [3].

В гидродинамических кавитаторах типа роторных импульсных аппаратов в основном реализуется гидродинамическое и акустическое воздействие в жидкости за счет развитой турбулентности, пульсаций давления и скорости потока жидкости, интенсивной кавитации, ударных волн и вторичных нелинейных акустических эффектов [4]. При вращении ротора его каналы периодически совмещаются с каналами статора. Скорость потока жидкости в канале статора является переменной величиной. При распространении в канале статора импульса избыточного давления, вслед за ним возникает кратковременный импульс пониженного давления, инерционные силы создают растягивающие напряжения в жидкости, что вызывает кавитацию [5].

Гидролиз и экстрагирование – это основные процессы, подвергаемые интенсификации. С недавнего времени применение кавитации нашло место и в сушке пектин. Согласно исследованиям сушка подобных сред с применением кавитации значительно ускоряет процесс и делает структуру вещества рыхлой, с включениями пор [5].

В России пектин не производят на данный момент (в стадии проекта и начала строительства находятся два завода). Попытки отечественных производителей освоить технологию получения пектина не увенчалась успехом из-за ряда проблем.

В мировой практике при получении пектина, согласно данным всемирной ассоциации IPPA, используется технология производства пектина, основанная на кислотно-термическом (редко ферментативном) гидролизе цитрусового или яблочного сырья с последующим осаждением и промывкой спиртом.

Основной целью работы являлась апробация режимов применения вакуума и кавитации на процессе гидролиза, для интенсифицирования данного процесса, а также сокращения времени на следующей стадии технологического процесса – выпаривание.

Сокращение используемой кислоты при классическом гидролизе – еще одна цель работы, которая осуществлялась за счет высвобождения кислотного агента из цитрусового сырья под действием температуры и кавитационных эффектов.

При получении пектина использовался кислотный метод гидролиза с тремя последовательными стадиями. Это позволяет наиболее полно выделить пектин из сырья и сократить его потери. В качестве сырья использовались сушенная цитрусовая цедра с влажностью 10%.

Гидролиз проводили в роторно-выпарной вакуумной установке. Эффект кавитации возникал за счет местного понижения давления до момента вскипания жидкости по всему объему. Пузырьки, покидая область разряжения, колапсировали с излучением импульсов давления. Последующее понижение давления сопровождало увеличение числа пульсации каверн и уменьшение их размера. Таким образом, измельченная цедра постоянно находилась на разделе фаз жидкость-газ.

Немаловажный фактор в исследовании носит сушеное сырье, которое по своей природе является капиллярно-пористым телом и при высушивании дает усадку по всему объему. В момент насыщения такого сырья водой капилляры восстанавливаются с разрушением структуры, оставляя внутри сырья пузырьки с газом. Таким образом, при понижении давления в системе до давления насыщенного пара жидкости внутри сырья происходят кавитационные эффекты, которые разрушают цедру, увеличивая при этом свободную поверхность сырья.

В работе были проведены сравнительные эксперименты по получению пектина двумя способами – классическим кислотным и с использованием кавитации на стадии гидролиза.

Для гидролиза использовалась лимонная кислота, в количестве достаточном для создания pH=3. Каждая стадия гидролиза длилась 60 мин.

Гидролиз с эффектом кавитации проводили при t=70°C и вакуумном давлении 10–40 мБар.

В таблице приведена сравнительная характеристика выходов полученного пектина при двух методах.

Таблица. Выход пектина, полученного при гидролизе с кавитацией по стадиям

	1 стадия гидролиза	2 стадия гидролиза	3 стадия гидролиза	Сум-марно
Выход пектина (гидролиз с кавитацией), г	0,75	0,78	0,58	2,11
Выход пектина (классический гидролиз), г	0,18	0,74	0,6	1,52
Выход пектина при гидролизе с кавитацией, %	417	105	97	138

Выход пектина по стадиям при гидролизе с кавитацией был более равномерным, что видно на рисунке.

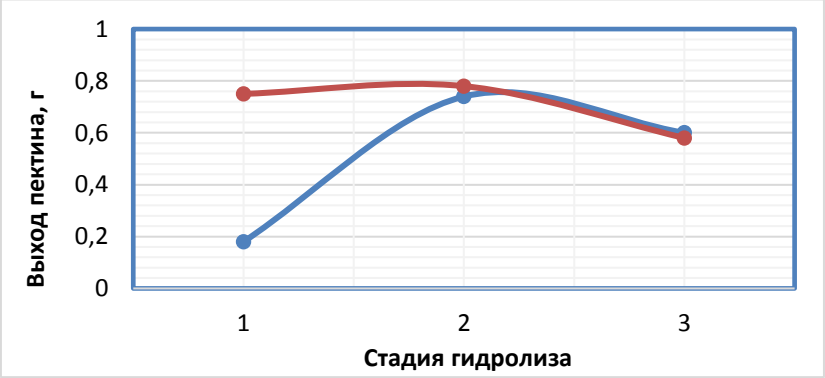


Рисунок. Сравнительная диаграмма выхода пектина при классическом способе и с использованием кавитации

За счет совмещения гидролиза с выпариванием (концентрированием) время получения пектина сократилось на 3 часа.

Применение кавитационных эффектов в роторно-выпарной установке позволило сократить общее время получения пектина, а также способствовало нарушению клеток растительного сырья на стадии гидролиза, что привело к увеличению выхода целевого продукта в 1,4 раза.

Литература

1. Донченко Л.В., Фирсов Г.Г. Пектин: основные свойства, производство и применение. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 275 с.
2. Промтов М.А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов [Электроный доступ]. – Режим

доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-primeneniya-kavitatsionnyh-tehnologiy-dlya-intensifikatsii-himiko-tehnologicheskih-protsessov (дата обращения: 06.01.2019).
3. Кондратов А.В., Верболоз Е.И., Алексеев Г.В. О модели развития кавитационной полости при измельчении пищевого сырья // Научно-теоретический журнал. Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 11. – С. 27–29.
4. Богус А.М., Шаззо Р.И. Физические способы получения пектина. Монография. – Краснодар: Экоинвест, 2003. – 127 с.
5. Голубев В.Н., Гаджиева А.А., Кожухарь В.В., Корчиева Г.М. Гидроакустические аппараты при переработке растительного сырья // Пищевая промышленность. – 2010. – № 7. – С. 11–12.

Егорова Ольга Алексеевна
Год рождения: 1989
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, аспирант
Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология и биотехнологии
e-mail: jeerol@list.ru

Алексеев Геннадий Валентинович
Год рождения: 1948
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, д.т.н., профессор
e-mail: gva2003@mail.ru

УДК 664.292

ВЛИЯНИЕ СВЧ-ОБРАБОТКИ ЦИТРУСОВОГО СЫРЬЯ НА ВЫХОД ПЕКТИНА

Егорова О.А.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Алексеев Г.В.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе рассмотрено получение высокоэтерифицированного пектина, который широко используется в пищевой промышленности. Произведена оценка влияния различных видов сушки цитрусового сырья. Определены качественные и количественные показатели полученного пектина. Приведены сравнения результатов эксперимента для конвективной сушки, СВЧ-сушки, а также сушки комбинированного типа. Подобраны параметры для СВЧ-обработки сырья.
Ключевые слова: высокоэтерифицированный пектин, конвективная сушка, СВЧ, выход пектина, экологический метод.

Пектины – это природные полисахариды, представленные в первичных клеточных стенках и в средних пластинках высших растений и некоторых водорослях, где он помогает связывать клетки вместе путем регуляции межклеточной адгезии [1].

В литературе существуют описания методов экстракции пектина под воздействием сверхвысоких частот (СВЧ). Но, как правило, такие методы описаны с использованием органических растворителей и сильных кислот или оснований, используемых при экстракции, которые являются токсичными, летучими, легковоспламеняющимися или коррозийными [2].

Известно, что СВЧ-сушка имеет ряд преимуществ, такие как экономия времени и осуществление процесса по всему объему сырья.

Цель исследования состояла в том, чтобы оценить влияние СВЧ-обработки до стадии экстракции на выход пектина и подобрать параметры сушки.

Пектины классифицируются по степени этерификации на высокоэтерифицированные, низкоэтерифицированные и низкоэтерифицированные амидированные. Высокоэтерифицированный пектин образует гели в условиях высокой кислотности и низкой активности воды (например, при высоком содержании сахара, сахарозаменителей или глицерина). Низкоэтерифицированные пектины образуют гели при наличии определенного

количества кальция или других двухвалентных катионов. Для желирования амидированным пектинам требуется меньшее количество кальция, и они менее подвержены осаждению при высоких концентрациях кальция. Таким образом, использование того или иного пектина зависит от вида продукта, уровня pH, содержания сухих веществ и особенности производства.

Целью работы было получение высокоэтерифицированного пектина. Данный вид пектина используется главным образом в пищевой промышленности.

Пектин получают из многочисленных видов фруктов и овощей. В промышленных масштабах для этих целей используют цитрусовые фрукты (такие, как апельсин, лимон и мандарин) и яблоки. Методы усовершенствования получения пектина в отечественной, а особенно зарубежной литературе, в основном отрабатываются на цитрусовом сырье. В связи с этим видна целесообразность проведения исследований на цитрусовом сырье для дальнейшей адаптации полученных результатов на сырье отечественного производства.

В ходе хранения сырьевые материалы подвержены ферментативным, биохимическим и микробиологическим изменениям, которые приводят к быстрой их порче. Преимущество использования обезвоженного сырья заключается в удобстве транспортировки и относительно длительных сроках хранения. Поэтому сушка сырья является необходимым этапом производства пектина. От качества исходного сырья во многом зависит качество конечного продукта.

В процессе сушки происходит химическое превращение составляющих пектиносодержащего сырья, способных в значительной мере повлиять на его качество.

Для хранения сушеного цитрусового сырья конечная влажность должна составлять не более 10% [1]. Излишне низкая влажность приводит к увеличению тепловых затрат и продолжительности процесса. Более высокая конечная влажность способствует протеканию биохимических процессов при хранении и приводит в конечном итоге к порче сырья. Срок хранения пектиносодержащего сырья не более 10 месяцев, после этого срока наблюдается значительное падение студнеобразующей способности пектина [1].

Цедра апельсина является капиллярно-пористым телом. Стенки ее капилляров эластичны. После высушивания они дают усадку и становятся хрупкими.

Естественная сушка пищевого сырья используется при благоприятных климатических условиях и подходит не для всех районов. Высушиваемое сырье раскладывают на специальных щитах на открытом воздухе.

При конвективной сушке подогретый сушильный агент (воздух) движется через слой высушиваемого продукта. В начальном периоде конвективной сушки, когда на поверхности высушиваемого продукта имеется свободная влага, температура материала слабо зависит от температуры окружающей среды. Она близка к температуре мокрого термометра в соответствующих условиях. Поэтому в начальный период сушки температура в сушилках может быть повышена для ускорения процесса сушки до 90–120°C. В последующий период температура должна уменьшиться до 70–80°C во избежание подгорания продукта и ухудшения его качеств [1].

СВЧ-нагрев в отличие от конвективного осуществляется равномерно по всему объему.

Сырьевой материал как любой пищевой продукт является сложным веществом, в котором компоненты обладают различными диэлектрическими свойствами. Основную роль в процессе поглощения энергии при диэлектрическом нагреве материала играют молекулы воды, которые являются диполями. При воздействии электрического поля на дипольную молекулу происходит ее поляризация, вызванная притяжением отрицательных и положительных зарядов молекул в соответствии с направлением внешнего электрического поля, которые в дальнейшем под действием переменного поля приходят в колебательное движение. При воздействии переменного электромагнитного поля сырье, представляющее собой диэлектрический материал, вследствие диэлектрических потерь нагревается, т.е. энергия поля преобразуется в тепло [2–4].

Вследствие высокой диэлектрической проницаемости вода поглощает большую часть излучения, нагревается и начинает испаряться. Так как вода в сырье находится в замкнутом пространстве, то с началом ее кипения создается избыточное давление. Возрастающее внутреннее давление значительно деформирует структуру продукта по всему объему материала. За счет полного нарушения сплошности всех клеточных мембран растительного материала, сырье имеет развитую поверхность контакта фаз, что ускоряет массообменные процессы и одновременно обеспечивает равномерное прохождение гидролиза протопектиновых веществ, независимо от их локализации в клетке. В итоге процесс гидролиза протопектиновых веществ завершается быстрее, чем для сырья, полученного при конвективной сушке, а также значительно увеличивается выход пектина [3, 4].

В данной работе авторы сравнивали три метода сушки цитрусового сырья: конвективную, СВЧ-сушку и сушку комбинированного типа.

Для каждого вида сушки было подготовлено по три образца свежего сырья по 50 г каждый. Для эксперимента использовались альбедо и флаведо апельсинов «Валенсия», которые являются гибридом помело и мандарина. Этот сорт целенаправленно был выведен для приготовления соков. Поэтому данный сорт апельсина часто используется для получения пектина.

Средняя влажность сырья составила 77%. Сушка проводилась до показателя влажности 9%.

Конвективная сушка проводилась в сушильном шкафу при начальной температуре 50–70°С.

СВЧ-сушка проводилась в бытовой микроволновой печи при 180–300 Вт. Увеличение мощности более 300 Вт приводило к достижению нежелательно высоких температур (более 80°С).

Комбинированная сушка представляла собой чередование СВЧ-воздействия в течение 5 мин с 5 минутным периодом обдувки сухим воздухом.

Для получения пектина использовался кислотный метод. В качестве кислоты использовали лимонную, как более экологичное соединение в сравнении с сильными органическими кислотами или основаниями. Гидролиз проводился на водяной бане в течение 180 мин. Осаждение проводили 96% этиловым спиртом. Сушку пектина проводили конвективным способом в сушильном шкафу.

Анализы степени этерификации полученного пектина проводили титрометрическим методом по ГОСТ 29186-91 «Пектин. Технические условия».

Студнеобразование определяли органолептически. Для этого анализа студни готовили по ГОСТ 29186-91 «Пектин. Технические условия».

Результаты эксперимента приведены в таблице.

Таблица. Результаты эксперимента

	Конвективная сушка	СВЧ-сушка	Комбинированная сушка
Время сушки 150 г, мин	288	17	58
Максимальная температура, °С	70	94	71
Выход пектина к сухому веществу, %	10,8	23,0	21,9
Степень этерификация, %	75	76	76,5

СВЧ-обработка позволяет добиться нарушения клеток растительного сырья на стадии его сушки. При этом происходит равномерное увеличение площади поверхности раздела фаз, т.е. снижается неравномерность гидролиза, что увеличивает скорость гидролиза, а также способствует увеличению выхода целевого продукта.

Нагрев влаги в сырье происходит сильнее, чем ее содержащих капилляров и клеточных стенок. Таким образом, влага испаряется быстрее, что увеличивает скорость сушки, а клеточные стенки, содержащие пектин, нагреваются меньше, что значительно для его качества.

Показатели этерификации и студнеобразования у всех образцов пектина в среднем одинаков. Что говорит о том, что СВЧ-обработка сырья негативно не повлияла на качество конечного продукта.

Этерификация всех образцов полученного пектина составила от 70% и более, т.е. все полученные образцы пектина относятся к высокоэтерифицированным.

Продолжительность СВЧ-сушки в 17 раз меньше, чем при конвективном методе. Сравнивая показатели, полученные при СВЧ и комбинированной сушки, значительных отличий не обнаружено. Но при более тщательном изучении возможно обнаружение ухудшений показателей при СВЧ-обработки, в связи с тем, что в процессе этого вида сушки достигалась нежелательно высокая температура в 94°С. Это заключение возможно сделать, используя показатели качества студнеобразования, полученные другими авторами при высоких температурах аналогично для конвективной сушки.

В результате исследования установлено, что СВЧ-сушка цитрусового сырья значительно влияет на выход пектина. Выход полученного пектина из сырья, высушенного конвективным методом, в два раза меньше, чем из сырья после СВЧ-сушки. При этом влияние СВЧ-сушки исходного сырья на качество продукта в рамках анализируемых характеристик (этерификация и студнеобразование) выявлено не было.

Литература

1. Донченко Л.В., Фирсов Г.Г. Пектин: основные свойства, производство и применение. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 275 с.
2. Патент 2198183 Российская Федерация, МПК7 C08B37/06, A23L1/0524. Способ получения пектина / Ильина И.А., Земскова З.Г., Уврачева Т.В., Квасенков О.И.; заявитель и патентообладатель Кубанский государственный технологический университет. – № 2000128132/04; заявл. 13.11.2000; опубл. 10.02.2003.
3. Перфилова О.В. Изменение биологической активной ценности вторичного сырья в процессе СВЧ-нагрева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2(137). – С. 123–128.
4. Рогов И.А., Некрутман С.В. Сверхвысокочастотный и инфракрасный нагрев пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 212 с.

Зуева Евгения Николаевна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4252
Направление подготовки: 18.04.02 – Промышленная экология и чистое производство
e-mail: evgzue@yandex.ru

Павлова Анастасия Сергеевна
Год рождения: 1987
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.э.н., преподаватель
e-mail: nastya.s.pavlova@gmail.com

УДК 628.17

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ CIP НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Зуева Е.Н., Павлова А.С.
Научный руководитель – к.э.н. Павлова А.С.

Работа выполнена в рамках темы НИР «Разработка предложений по рациональному использованию водных ресурсов на предприятиях по производству безалкогольных напитков».

В работе рассмотрены аспекты организации санитарной обработки производственного оборудования на предприятии по производству безалкогольных напитков, а также возможность использования растворов, полученных путем электрохимической обработки воды в качестве моющих средств.
Ключевые слова: производство, CIP-мойка, электрохимическая активация.

В июле 2013 г. в России, в целях гармонизации качества выпускаемой продукции со странами ЕАЭС в условиях единого таможенного пространства, вступил в силу технический регламент Таможенного союза (ТР ТС): ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Понятие «качества и безопасности» продуктов складывается из нескольких аспектов:

- применения сертифицированного сырья, качество которого удовлетворяет требованиям нормирующих документов (ГОСТ, ТУ, сертификаты и т.д.);
- соблюдения технологических параметров производственного процесса, нацеленных на получение продукта гарантированно высокого качества;
- обеспечения контроля гигиены производства с целью минимизации возникновения рисков микробиологической порчи продукции и обсеменения технологического оборудования, на котором она производится.

Обеспечение контроля гигиены производства на заводах проводят с использованием современных моющих и дезинфицирующих средств. Инфекция может возникнуть на всех стадиях технологического процесса, вследствие чего необходимо использование технологических приемов, направленных на предотвращение попадания посторонних микроорганизмов: бактерий и диких дрожжей [1–3].

Загрязнения, возникающие на пищевом производстве, обусловлены видом и химическим составом используемого в технологии сырья, микробиологическими культурами, полупродуктами производства, солями жесткости воды, используемой для технологических нужд. Классические способы приготовления моющих растворов и промывки технологических линий на предприятиях пищевой промышленности требуют большое количество трудовых и временных затрат. Для дезинфекции оборудования традиционно необходима полная его разборка на детали, при этом применяются не оптимальные моющие растворы.

Современное решение поддержания чистоты линий на пищевых производствах – технология CIP – Clean In Place (Мойка на месте), которая позволяет дезинфицировать оборудование в автоматическом режиме: без участия человека и разборки линии, с использованием моющих средств нужной концентрации и температуры. Таким образом, автоматизируется не только процесс промывки технологической линии, но и приготовление моющего раствора.

Санитарная обработка является одним из наиболее энергоемких и энергозатратных процессов в пищевой промышленности. Очистка и дезинфекция являются основными потребителями воды в большинстве пищевых секторов, в том числе при производстве безалкогольных напитков. Наиболее значимыми экологическими проблемами, связанными с пищевым производством, являются водопотребление и загрязнение, энергопотребление и минимизация отходов. Большая часть воды, которая не используется в качестве ингредиента, в конечном итоге попадает в сточные воды. Как правило, в необработанных сточных водах предприятий пищевого сектора содержится много показателей химического и биохимического потребления кислорода. Уровни могут быть в 10–100 раз выше, чем в бытовых сточных водах.

В настоящее время идет тенденция применения подходов, непосредственно связанных с защитой окружающей среды, хотя это приводит к необходимости поиска баланса при производстве пищевых продуктов: например, в отношении уменьшения воды и потребления энергии, и сохранения при этом стандартов гигиены и безопасности. Исследования, основанные на методологии анализа жизненного цикла, показывают, что операции по очистке и дезинфекции оборудования и установок в пищевой промышленности интенсивно потребляют энергию (также связанную с выбросами CO_2), воду (производство сточных вод) и химические вещества. Операции по очистке и дезинфекции также составляют большой вклад в объем сточных вод в пищевой промышленности. Вода, используемая для санитарной обработки, преобразуется в сточные воды, которые содержат остатки пищи и чистящих средств, например, кислота, щелочь, моющие и дезинфицирующие средства. Основными загрязнителями этих сточных вод являются органические вещества, масла и жиры, нитраты, хлориды, фосфаты, аммоний и питательные вещества, такие как азот и фосфор. Оптимизация этого процесса является одной из основных задач минимизации воздействия пищевых процессов на окружающую среду.

Стоит еще раз подчеркнуть, что помимо экологических факторов существуют и другие правовые требования и запреты, что необходимо учитывать при определении наилучших доступных технологий в секторе пищевой промышленности. Все установки, используемые на производстве, должны соответствовать требованиям стандартов и законов о безопасности пищевых продуктов. Это может оказывать существенное влияние на экологические параметры, например, увеличение частоты санитарной обработки оборудования, использования большего количества химических реагентов, необходимость использования горячей воды и т.п.

На рассматриваемом предприятии по производству безалкогольных напитков существуют несколько режимов санитарной обработки оборудования, предусмотренных требованиями Компании. Они включают в себя обработку оборудования холодной подготовленной водой, горячей водой, а также азотной кислотой и каустиком в различных

комбинациях. Чтобы обеспечить чистоту и хорошее санитарное состояние оборудования, предотвратить смешивание и перекрестное загрязнение продукции в процессе санитарной обработки оборудования или смены продукта Компанией была разработана матрица CIP. Она определяет набор используемых моющих средств при смене вида напитка на линии розлива, а также при смене формата тары, в которую разливается напиток. Кроме того, для поддержания санитарного состояния оборудования вне зависимости от производимой продукции требуется обработка оборудования с периодичностью один раз в неделю с использованием раствора каустика и горячей воды, а также обработка с использованием каустика, азотной кислоты и горячей воды ежемесячно.

Все вышесказанное свидетельствует о том, что мойка является важной частью технологического процесса производства безалкогольных напитков, обеспечивающей их пищевую безопасность, требующей больших затрат энергии и водных ресурсов, а также использования концентрированных токсичных реагентов.

Перспективным решением озвученных проблем является возможность внедрения электрохимической системы CIP на предприятии.

Для современных технологий дезинфекции наиболее важной задачей является поиск метода, объединяющего достоинства известных дезинфицирующих средств и устраняющего их отрицательные качества.

К таким методам относится технология дезинфекции воды раствором, получаемом в результате электрохимической активации солевых растворов. На рис. 1 представлен принцип работы установки электрохимической активации «АКВАХЛОР».

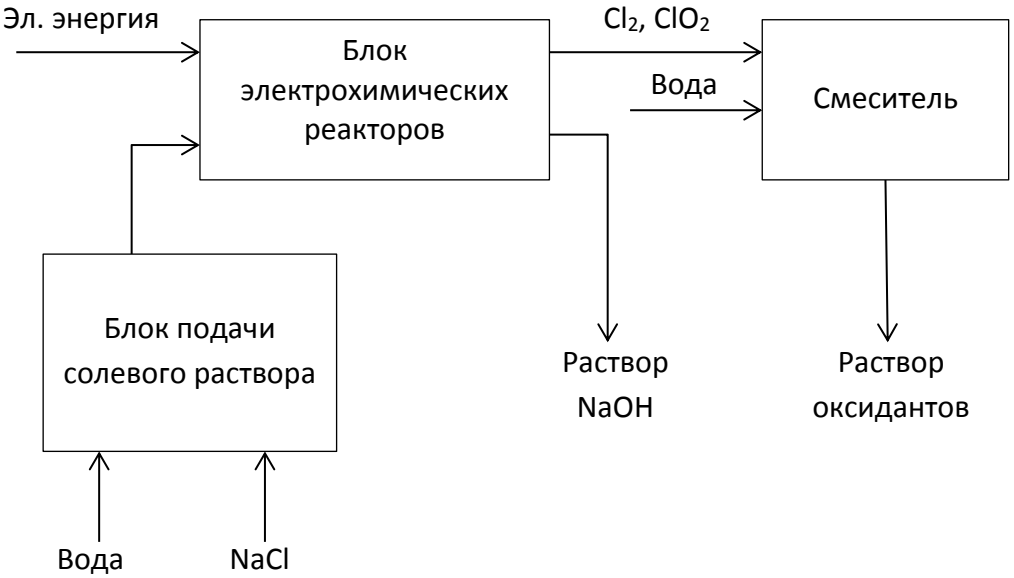


Рис. 1. Принцип работы установки электрохимической активации «АКВАХЛОР»

Электрохимическая активация раствора (ЭХАР) – это технология получения активированных растворов (в том числе и воды) электрохимическим воздействием. Во всех случаях термин «электрохимически активированная вода» используется для обозначения неравновесного (как с позиций термодинамики, так и с позиций химии растворов) состояния воды или раствора и справедлив только до окончания периода релаксации. После релаксации активированная вода или раствор переходит в состояние деактивированного электрохимически обработанного раствора. Время проявления особых свойств активированных растворов ограничено: от нескольких часов до нескольких месяцев.

В отличие от известных электрохимических процессов, исходным веществом в процессах электрохимической активации являются разбавленные водно-солевые растворы, пресная или слабоминерализованная вода, т.е. жидкости с низкой электропроводностью. Конечным продуктом ЭХАР являются не концентрированные химические вещества, а

активированные растворы, т.е. низко минерализованные жидкости в активированном состоянии. За счет этого достигается экологическая безопасность применения ЭХАР как в быту, так и в промышленности.

В течение трех месяцев на предприятии по производству безалкогольных напитков, имеющим одну линию розлива, были проведены тесты активированных растворов оксидантов и щелочного раствора в качестве моющих средств при различных режимах CIP. Тест моющих средств проводился при работающей линии розлива безалкогольных напитков, вследствие чего режимы CIP устанавливались и чередовались согласно матрице. По анализу данных смывов воды последнего ополаскивания после применения различных режимов санитарной обработки электрохимическими растворами, микробиологические результаты, физико-химические показатели соответствуют законодательным требованиям. Тестировались разнообразные режимы CIP, при этом параметры и длительность стадий поддерживались по матрице CIP, установленной Компанией. Результаты микробиологического мониторинга готового продукта, выпущенного в тестируемый период, соответствуют требованиям Компании и Российского законодательства.

Одним из показателей санитарного состояния оборудования является общее микробное число (ОМЧ). По требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения» число образующих колонии бактерий в 1 мл не должно превышать 50. Анализ данных смывов воды последнего ополаскивания после моек в тестовом режиме, представленный на рис. 2 подтверждает ее соответствие требованиям Российского законодательства по показателю ОМЧ.

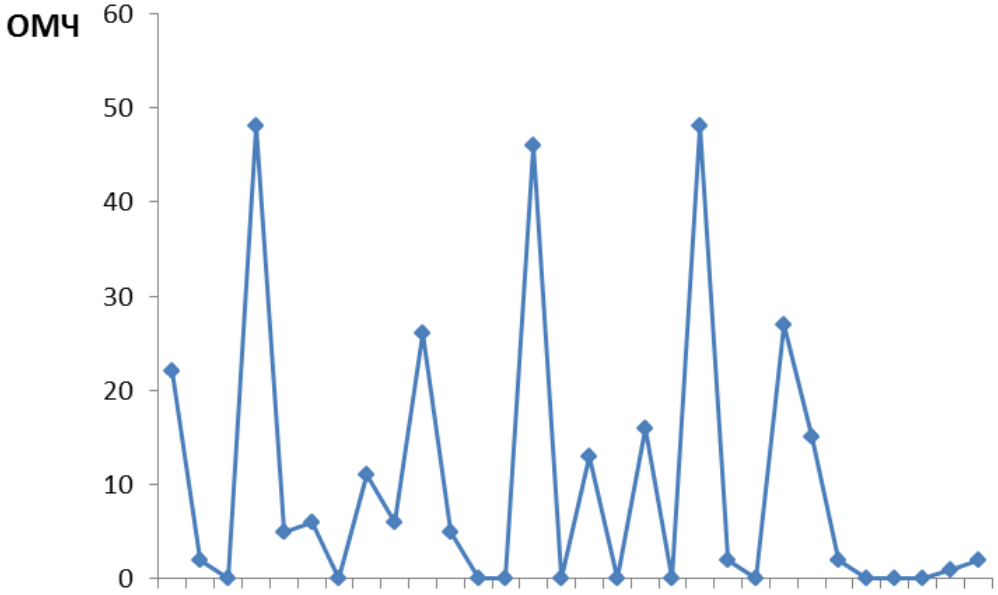


Рис. 2. Анализ данных смывов воды последнего ополаскивания после моек в тестовом режиме в соответствие к требованиям Российского законодательства по показателю ОМЧ

Другим важным показателем санитарного состояния воды является наличие в ней бактерий группы кишечной палочки (БГКП). В требованиях Компании и требованиях СанПиН 2.1.4.1074-01 безопасной признается вода, в которой полностью отсутствуют бактерии группы кишечной палочки. Анализ данных смывов воды последнего ополаскивания после моек в тестовом режиме, представленный на рис. 3, подтверждает ее соответствие требованиям Российского законодательства по показателю БГКП.

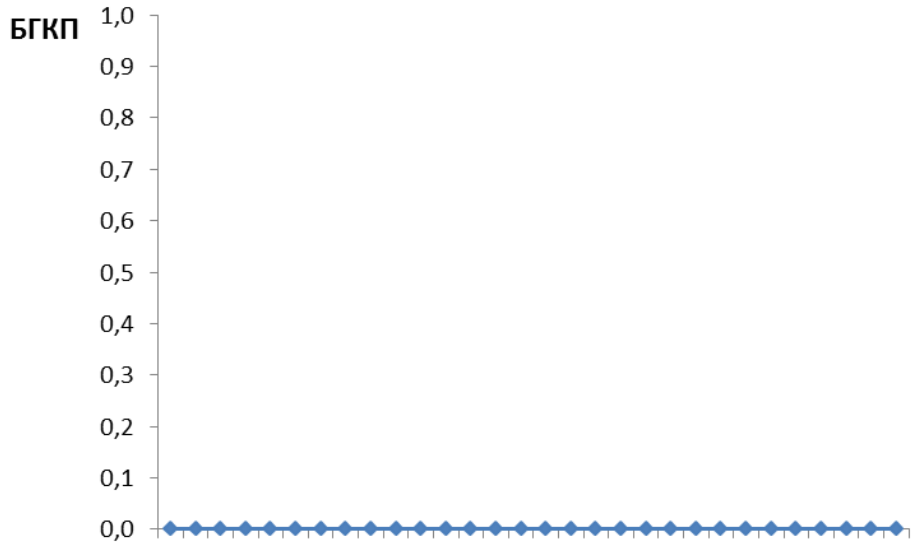


Рис. 3. Анализ данных смывов воды последнего ополаскивания после моек в тестовом режиме в соответствие к требованиям Российского законодательства по показателю БГКП

Разнообразие технологических свойств активированных растворов объясняется уникальным сочетанием ярко выраженной окислительной, восстановительной, каталитической и биокаталитической активности электрохимически активированных растворов с непропорционально малым содержанием действующих веществ. Такое сочетание свойств коренным образом отличает активированные растворы от традиционных растворов соответствующих химических реагентов. Использование данных растворов в качестве моющих средств является перспективным направлением модернизации существующей на предприятии по производству безалкогольных напитков системы санитарной обработки оборудования. Это подтверждается проведенными на предприятии исследованиями. Микробиологические результаты анализа данных смывов воды последнего ополаскивания после использования электрохимически активированных растворов для санитарной обработки производственного оборудования соответствуют требованиям Российского законодательства.

Литература

1. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Введен 01.01.2002. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 15 с.
2. Гернет М.В., Грибкова И.Н. Перспективы применения современных моющих и дезинфицирующих средств в пивобезалкогольной отрасли // Пиво и напитки. – 2016. – № 4. – С. 42–44.
3. Жусупекова А.Н., Елубай М.А. Комплексная модернизация мойки CIP на пищевом производстве // LCVI Международной научно-практической конференции «Молодой исследователь: вызовы и перспективы» Сб. научных трудов. – 2018. – № 43(96). – С. 5–8.

Ибрахим Моника Набиль Гайед
Год рождения: 1990
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии
аспирант
Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология
и биотехнология
e-mail: monikanbil@yahoo.com

Баракова Надежда Васильевна
Год рождения: 1954
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
к.т.н., доцент
e-mail: barakova@corp.ifmo.ru

УДК 663.5

ИЗВЛЕЧЕНИЕ БЕТА-ГЛЮКАНА ИЗ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ ЯЧМЕННОЙ БАРДЫ

Ибрахим М.Н.Г., Баракова Н.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Баракова Н.В.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе показано значение послеспиртовой ячменной барды как нового источника для экстракции бета-глюканов. Послеспиртовая ячменная барда содержит зерновой и дрожжевой бета-глюкан. Микроскопический анализ барды подтверждает наличие мертвых дрожжевых клеток. Начальный выход бета-глюкана модифицированным методом кислотной экстрации составил 4% от высушенной послеспиртовой ячменной барды.
Ключевые слова: цельнозерновой ячмень, послеспиртовая ячменная барда, зерновый бета-глюкан, дрожжевый бета-глюкан, дрожжевая клетка, модифицированный кислотный метод извлечения.

Большинство пищевых волокон обладают способностью улучшать состояние здоровья человека. Установлено, что бета-глюкан является одним из водорастворимых пищевых волокон, который положительно влияет на здоровье человека. Бета-глюкан имеет две разные формы: β-(1-3),β(1-4), которые содержатся в оболочке, в алейроновом слое, в клеточных стенках эндосперма зерновых культур (ячмень, овес, пшеница, рожь), и β-(1-3),β(1-6), которые содержатся во внутренней клеточной стенке дрожжей [1].

Растворимые формы β-1,3 и β-1,4 бета-глюкана снижают уровень сахара в крови, β-1,6 форма оказывает стимулирующее действие на активность иммунных клеток организма человека, приводя их в активное состояние и увеличивая при этом их активность в борьбе с вирусами и бактериями, а также препятствует развитию онкологических заболеваний.

На сегодняшний день в России содержание бета-глюкана в продуктах питания не нормируется. В США Управлением по санитарному надзору за качеством продуктов питания и медикаментов (FDA) установлены суточные нормы потребления бета-глюкана: для снижения уровня холестерина и уменьшения риска развития ишемической болезни сердца потребление β-(1-3),β(1-4), содержащихся в зерне, должно составлять 3 г [2]; для

поддержания иммунитета человека потребление β-(1-3),β(1-6), содержащихся в дрожжах, должно составлять 10 мг в сутки [3].

В последние годы в спиртовой промышленности увеличивается производство спирта из ячменя, и увеличиваются отходы спиртового производства – послеспиртовая ячменная барда, которая пока используется только в качестве корма для животных, кроликов и овец. Новое исследование доказало, что послеспиртовая ячменная барда является хорошим источником извлечения бета-глюкана, поскольку в послеспиртовой барде содержатся различные формы бета-глюкана: β-1,3 и β-1,4 формы, которые содержатся в оболочке зерна, оставшейся после переработки сырья на спирт, и β-1,6 – форма, которая содержится в клетках дрожжей *Saccharomyces*, оставшихся в послеспиртовой барде по окончании брожения [4, 5].

Существуют различные методы извлечения бета-глюкана: алкалический метод, кислотный и ферментационный [1]. Проблема в экстракции дрожжевых бета-глюканов заключается в их низкой растворимости в воде, но существуют некоторые физические и химические модификации бета-глюкана дрожжей, которые могут улучшить его растворимость [1, 6].

Цель работы – извлечение бета-глюканов из послеспиртовой ячменной барды с двумя его структурами в одном экстракте с использованием модифицированного кислотного метода экстракции.

Для получения послеспиртовой ячменной барды, как отхода дистилляции ячменной бражки, измельченное зерно смешивали с теплой водой при температуре 50°C и добавляли в него ферменты α-амилазу и ксиланазу. Смесь оставляли при этой температуре в течение 30 мин, затем температуру увеличивали до 70°C в течение 4 ч, после чего смесь охлаждалась до 30°C, и вносились дрожжи *Saccharomyces* с ферментом глюкоамилазы, чтобы провести ферментацию в течение 72 ч. По истечении времени брожения бражку перегоняли для отделения этанола центрифугированием при 4600 об/мин в течение 10 мин, полученный твердый осадок высушивали при температуре 43°C в течение 16 ч для получения послеспиртовой сухой ячменной барды с влажностью 10% [5].

Физико-химический анализ послеспиртовой барды проводили по ГОСТу. Содержание влаги в сухой барде ячменя измеряли по ISO/TC 34, общая кислотность определялась по ГОСТ 13496.12-98, измеряли pH и значение жирной кислоты по ГОСТ 13496.18-85 [5]. Также была проведена оценка сухой барды ячменя под микроскопом для проверки наличия мертвых дрожжевых клеток с использованием метиленового синего в качестве красителя для окрашивания мертвых дрожжевых клеток.

Результаты физико-химических показателей сухой ячменой барды представлены в таблице.

Таблица. Физико-химические показатели сухой ячменной барды

Наименование показателей	Результаты измерений
Влажность,%	9,96±0,06
Титруемая кислотность, °H	3,2±0,4
Значение жирных кислот , мг/г	2,89±0,04
pH	4,5±0,1

Бета-глюкан экстрагировали из послеспиртовой сухой ячменной барды модифицированным кислотным методом экстракции (рис. 1), затем высушивали в печи на горячем воздухе при температуре 43°C в течение 16 ч. Экстракт взвешивали для определения исходного выхода сухого бета-глюкана из сухой послеспиртовой ячменной барды [7].

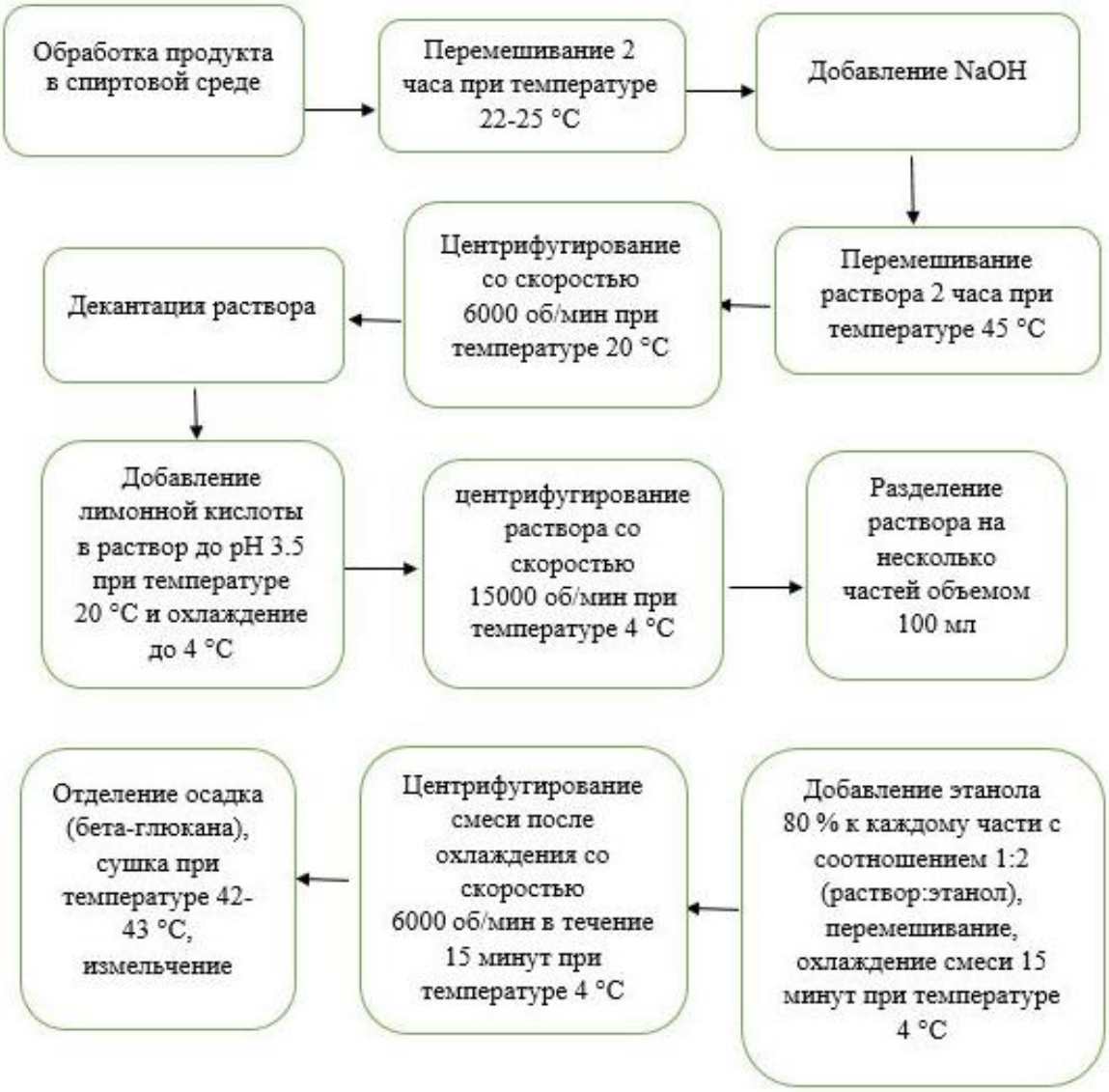


Рис. 1. Технологическая схема извлечения бета-глюкана

При исследовании сухой барды под микроскопом было обнаружено наличие множества мертвых дрожжевых клеток, окрашенных в синий цвет (рис. 2).

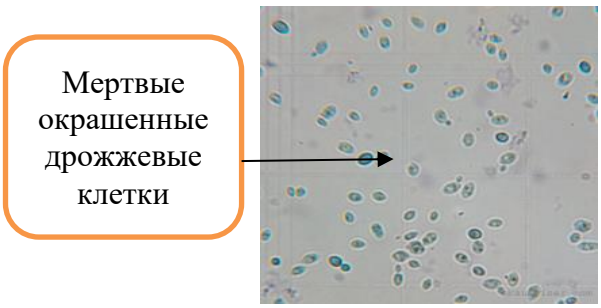


Рис. 2. Ячменная барда с мертвыми дрожжами

Начальный выход сухого бета-глюкана из сухой ячменной барды составил 4%, что означает, что из каждых 100 г сухой ячменной барды можно получить 4 г сухого бета-глюкана. Данное количество бета-глюкана сопоставимо с содержание бета-глюкана в ячменных отрубях. Но тот факт, что послеспиртовая ячменная барда одновременно содержит различные формы бета-глюкана, делает ее весьма перспективным сырьем для получения пищевых добавок, содержащих бета-глюкан.

Литература

1. Zhu F. A critical review on production and industrial applications of beta-glucans // Food Hydrocolloids. Elsevier Ltd. – 2016. – V. 52. – P. 275–288.
2. Bangari S. Effects of Oat Beta Glucan on the Stability and Textural Properties of Beta Glucan Fortified Milk Beverage [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www4.uwstout.edu/content/lib/thesis/2011/2011bangaris.pdf (дата обращения: 06.01.2019).
3. Noppawat P., Bhagavathi S.S., Sasithorn S., Sartjin P., Periyanaina K., Khontaros C., Chaiyavat C. Extraction of β-glucan from Saccharomyces cerevisiae: Comparison of different extraction methods and in vivo assessment of immunomodulatory effect in mice // Food Sci. Technol, Campinas. – 2017. – V. 37. – P. 124–130.
4. Monceaux D.A., Kuehner D. Dryhouse technologies and DDGS production. – 5th edition. – Nottingham university press, 2009. – 541 p.
5. Nsengumuremyi D., Barakova N.V., Romanov V.A., Mityukov A.S. and Guzeva A.V. The effect of sapropel extracts on microflora and physicochemical parameters of Dried Distiller's Grain // Agronomy Research. – 2018. – V. 16(S2). – P. 1457–1465.
6. Shi F., Shi J., Li Y. Mechanochemical Phosphorylation and Solubilisation of b-D-Glucan from Yeast Saccharomyces cerevisiae and Its Biological Activities // PLoS ONE. – 2014. – V. 9. – № 7. – E 103494.
7. Ibrahim M.N.G., Selezneva I.S. β-glucan extract from oat bran and its industrial importance // AIP Conference Proceedings. – 2017. – V. 1886. – P. 360–369.

Коршунова Наталья Александровна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4217
Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья
e-mail: korshun236@mail.ru

Баракова Надежда Васильевна
Год рождения: 1954
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: barakova@corp.ifmo.ru

УДК 543.6

СПЕКТРОСКОПИЯ В СРЕДНЕМ ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ И БУФЕРНАЯ ЕМКОСТЬ ВИН И ВИНОМАТЕРИАЛОВ КАК ЭКСПРЕСС-МЕТОДЫ ДЛЯ ИХ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Коршунова Н.А., Баракова Н.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Баракова Н.В.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе обобщены результаты исследований возможности применения экспресс-методов для оценки подлинности вин и виноматериалов. Исследованы методы определения показателя буферной емкости вина и метод инфракрасной спектрометрии. Показано изменение буферной емкости фальсифицированного вина от первоначальной в исходном вине. Изучены спектры фальсифицированных вин.
Ключевые слова: вино, органические кислоты, буферная емкость, инфракрасная спектрометрия, идентификация винодельческой продукции, фальсификация.

Проблема разработки экспресс-методов для оценки подлинности виноматериалов (ВМ) и вин актуальны как для потребителя, так и для предприятий вторичного виноделия. Поступающий на предприятие ВМ в качестве полупродукта требуется проанализировать на соответствие действующим нормативным документам. Также производитель заинтересован в приобретении безопасного для потребителя ВМ и подлинного ВМ.

Иностранными и отечественными организациями разработано множество методик для выявления фальсификации в винодельческой отрасли. Однако лишь часть методик можно отнести к экспресс-методам достаточной эффективности. Международной организацией виноградарства и виноделия предложен метод определения буферной емкости (БЕ) вина [1]. БЕ вина в аналитический химии – это количественная характеристика буферной способности вина как раствора, т.е. способности противодействовать изменению pH при внесении в раствор кислоты или основания. Данный показатель зависит от соотношения и концентрации компонентов состава вина, в первую очередь – от содержания органических кислот [2]. Ранее проводилось исследование о влиянии органических кислот на рассматриваемый показатель

ВМ [3]. Было отмечено, что определение БЕ для идентификации натуральных вин является достаточно простым и быстрым методом оценки подлинности исследуемого вина, что актуально на рынке виноградных вин.

Определение БЕ относится к титриметрическим методам анализа и требует расхода реактивов. Было решено оценить эффективность для идентификации вин другого по теоретической основе метода – инфракрасной (ИК) спектроскопии. Данный инструментальный метод относят к экспресс-методам для анализа качества пищевых продуктов (время снятия спектра менее минуты).

Цель работы – оценить эффективность применения ИК-спектроскопии в среднем диапазоне для идентификации ВМ.

Задачи:

– снять и сравнить спектры в ИК-области следующих образцов: исходного ВМ, разбавленного ВМ, восстановленного по содержанию титруемых кислот ВМ;
– сравнить эффективность ИК-спектрометрии и определения БЕ как экспресс-методов идентификации вина и ВМ.

Объектами исследования являлись образцы ВМ, произведенные на АПК «Фанагория». Были выбраны образцы красного, розового и белого сухого ВМ.

Снятие спектров проводили с помощью ИК-Фурье спектрометра ALPHA при следующих параметрах: разрешение 4 $см^{-1}$, время сканирования образца 24 скана, время сканирования фона 24, диапазон 4000–400 $см^{-1}$, фазовое разрешение 32, режим фазовой коррекции Power Spectrum, функция аподизации Blackman-Harris 3-Term, интерполяция 2. Температура образца при снятии спектра 40°С.

Экспериментальная часть. На первом этапе работы исследовали исходные образцы ВМ. В образцах были определены показатели качества гостированными методиками, указанные в табл. 1.

Таблица 1. Физико-химические показатели качества образцов ВМ

ВМ	Объемная доля этилового спирта, % об.	Показатель pH, ед. pH	Показатель pH, ед. pH	Массовая концентрация, г/$дм^3$				
				сахаров	титруемых кислот	летучих кислот	свободного диоксида серы	общего диоксида серы
Белый 1	11,8	3,33	3,33	2,0	5,8	0,5	31	99
Белый 2	11,7	3,34	3,34	2,4	5,7	0,6	31	104
Красный 1	13,4	3,55	3,55	2,5	5,2	0,6	42	66
Красный 2	12,9	3,49	3,49	1,8	5,4	0,5	36	79
Розовый	10,9	2,92	2,92	3,6	7,2	0,6	7	94

В данных образцах были сняты ИК-спектры и измерена БЕ. В спектрометре была заложена возможность измерения показателей качества ВМ. Физико-химические показатели и показатель БЕ образцов приведены в табл. 2.

Таблица 2. Физико-химические показатели исследуемых образцов, измеренные на ИК-спектрометре, и БЕ ВМ

ВМ	Объемная доля этилового спирта, % об.	Массовая концентрация сахаров, г/$дм^3$	Массовая концентрация титруемых кислот, г/$дм^3$	Массовая концентрация летучих кислот, г/$дм^3$	Показатель pH, ед. pH	Показатель БЕ, мг-экв/$дм^3$
Белый 1	11,8	1,5	5,8	0,7	3,29	35,4
Белый 2	11,7	2,4	5,9	0,7	3,21	35,5
Красный 1	13,4	2,5	5,7	0,7	3,52	34,9

ВМ	Объемная доля этилового спирта, % об.	Массовая концентрация сахаров, г/дм^3	Массовая концентрация титруемых кислот, г/дм^3	Массовая концентрация летучих кислот, г/дм^3	Показатель pH, ед. pH	Показатель БЕ, мг-экв/дм^3
Красный 2	12,9	1,8	5,5	0,7	3,39	35,1
Розовый	10,9	3,6	7,4	0,7	2,84	35,3

Сравнивая данные табл. 1 и 2 наблюдаем, что показания спектрометра больше всего расходились в показателе титруемой кислотности, в сравнении с гостированным методом определения титруемой кислотности. В среднем расхождение в значении титруемых кислот составило 0,2. Это может быть связано с недостаточно точным построением калибровочного графика в памяти ИК-спектрометра.

Для идентификации ВМ было решено рассматривать не количественные показатели, которые можно измерить гостированными методами и методом ИК-спектроскопии, а провести оценку качественной характеристики ВМ. Для этого снимали спектры каждого исходного образца ВМ. Качественный анализ спектра белого ВМ приведен в табл. 3 [4]. Аналогичные полосы поглощения наблюдали в спектрах всех образцов. Снятые спектры в дальнейшем использовали в качестве контрольных.

Таблица 3. Характеристические полосы поглощения и соответствующие им компоненты ВМ

Функциональная группа, химическая связь, соединение	Полоса поглощения, см$^{-1}$
–OH, –NH	3000–3700
C–H	3000–3700
–CHO	2700–2900
Двухсвязные функциональные группы (C=C, C=N, C=O и т.д.), ароматическое кольцо, амиды, –COOH	1480–1720
$–CH_3$, $–CH_2–$	1440–1480
$–CH_2–CO–$, фенолы	1360–1440
первичный, вторичные спирты	1297–1360
фенолы, =C–O–C	1190–1297
Третичные спирты, C=C=O, эфиры	1110–1140
вторичные спирты	1065–1110
первичные спирты, =C–O–C	1000–1065
алкены	900–960
эфиры, $CO_3^{2–}$	850–890

По данным табл. 3 состав ВМ характеризуется следующими соединениями: спирты, фенольные соединения, алифатические эфиры, альдегиды, кетоны, органические кислоты, пептиды (аминосодержащие соединения). ИК-спектр дает много информации о составе образца, однако, в силу того, что существует наложение полос поглощения компонентов, делает профиль спектра сложным для чтения и не позволяет достоверно использовать информацию о количественном содержании того или иного компонента. Так, на всем спектре накладываются полосы поглощения колебаний углеродного скелета, или существует наложение широкой малоинформативной полосы 1450–1250 см$^{-1}$ связанной ОН группы, которые вносят свой вклад в интенсивность поглощения других компонентов состава ВМ.

В спектрах вина и ВМ отражается большое количество компонентов, однако, их концентрация различна, и полосы поглощения того или иного компонента могут превалировать над другими по интенсивности.

На втором этапе применяли метод определения БЕ и метод ИК-спектроскопии для оценки фальсификации вин. Проводили искусственную фальсификацию путем разбавления ВМ. Разбавление вина проводилось путем внесения в исходное вино 30% воды,

соответствующей требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Выбранная степень разбавления соответствует границе органолептического определения фальсифицированного разбавлением вина [3]. Измерили массовую концентрацию титруемых кислот в разбавленном вине (табл. 4). По ГОСТ 32030-2013 массовая концентрация титруемых кислот должна быть не менее 3,5 г/дм^3 при отклонении ±1,0%. Измерили БЕ разбавленных образцов ВМ (табл. 4).

Таблица 4. Массовая концентрация и БЕ разбавленных ВМ

Образец ВМ	Массовая концентрация титруемых кислот, г/дм^3	БЕ, мг-экв/дм^3	ΔБЕ, мг-экв/дм^3
Белый 1	4,5	27,0	8,4
Белый 2	4,4	29,7	8,0
Красный 1	4,0	26,7	8,2
Красный 2	4,2	27,9	8,0
Розовый	5,5	31,1	4,2

БЕ разбавленного вина в среднем меньше на 7,4 мг-экв/дм^3, чем значения БЕ исходного вина.

Для оценки степени фальсификации с помощью метода ИК-спектроскопии снимали спектры разбавленных образцов и сравнивали их с контрольными спектрами исходных образцов путем наложения спектров друг на друга. На спектре (рис. 1) разбавление отражалось снижением интенсивности поглощения в областях 3000–3700, 2900–2700, 1500–1700, 900–1480 см$^{-1}$. Степень фальсификации видна по снижению пиков (интенсивности) поглощения в данных полосах. В этих диапазонах сравнивали содержание спиртов, фенольных соединений, органических кислот, аминосодержащих соединений и альдегидов, кетонов. При добавлении воды содержание перечисленных компонентов ВМ снижалось, что отражено в спектрах снижением интенсивности соответствующих компонентов полос. Общий профиль спектра сохранялся.

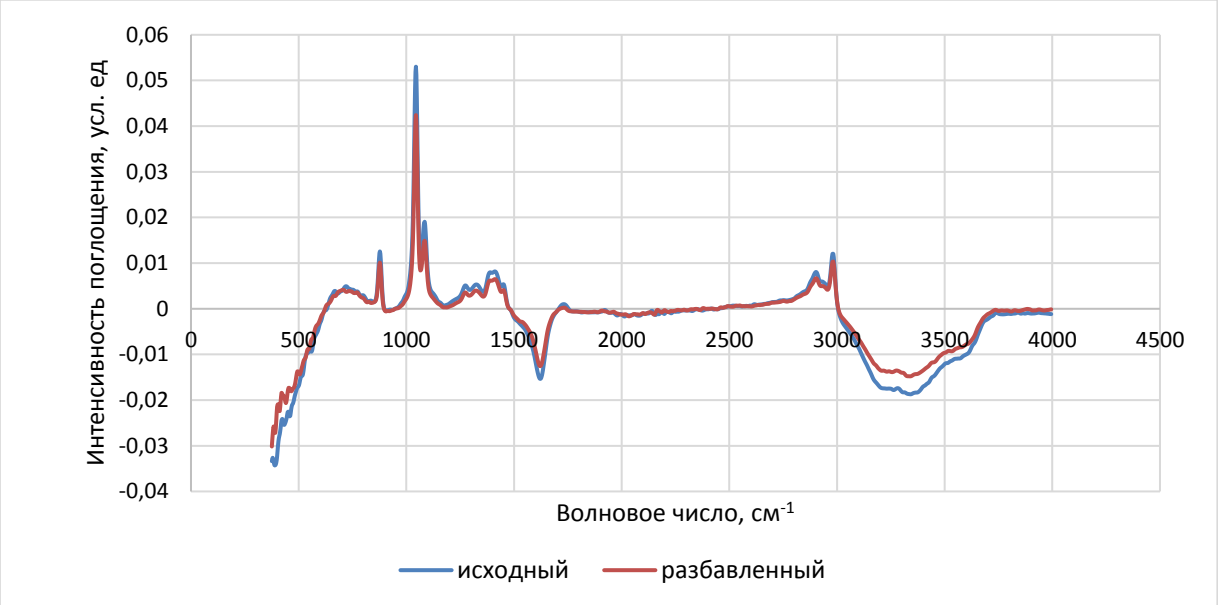


Рис. 1. Спектры исходного и разбавленного белого ВМ

На третьем этапе работы вносили в разбавленные ВМ органические кислоты для доведения показателя титруемой кислотности до значения, регламентируемого ГОСТ. На данном этапе изучали влияние различных органических кислот на значение БЕ ВМ. При восстановлении показателя содержания титруемых кислот были получены следующие значения показателя БЕ (табл. 5).

Таблица 5. БЕ исходного, разбавленного и восстановленного ВМ

ВМ	БЕ, мг-экв/дм^3				
	разбавленного ВМ	ВМ с добавлением винной кислоты	БЕ ВМ с добавлением яблочной кислоты	ВМ с добавлением лимонной кислоты	исходного ВМ
Белый 1	27,0	34,0	32,7	31,7	35,4
Белый 2	27,5	38,3	35,8	34,5	35,5
Красный 1	26,7	32,8	32,2	31,0	34,9
Красный 2	27,1	36,7	35,8	34,5	35,1
Розовый	31,1	34,6	32,5	30,6	35,3

Сопоставляя данные исследования БЕ образцов, можно отметить, что винная кислота оказывает большее влияние на БЕ, чем лимонная и янтарная. Восстановление содержания титруемых кислот добавлением органических кислот в большинстве случаев не позволяет восполнить сниженную БЕ исходного вина. Использование лимонной кислоты, которая экономически более приемлема для производителя суррогатного продукта, не дает получить исходный показатель БЕ. Применение винной и яблочной в ряде случаев позволяет вернуть исходное значение БЕ. Таким образом, показатель БЕ недостаточно информативен для идентификации разбавленного ВМ.

Далее оценивали изменение спектров белого, красного и розового ВМ при внесении в них органических кислот. Наблюдаем повышение интенсивности поглощения характеристических полос, связанных с поглощением органических кислот, а также поглощение соединений, содержащих гидроксильные и карбонильные группы.

На спектрах наблюдалось, что при добавлении лимонной кислоты интенсивность поглощения характеристических полос поглощения гидроксильных и карбонильных групп для ВМ стала близка к исходному значению. Однако ряд характеристических полос не вернулся к исходному значению интенсивности поглощения, а остался на уровне разбавленного ВМ. Это полоса 1110–1130 см$^{-1}$ (рис. 2). В данной полосе в основном поглощают алифатические эфиры, эфиры ароматических кислот и соединения связанной серы. При добавлении органических кислот в разбавленный ВМ содержание соединений серы и эфиров не восстанавливается, а поскольку их достаточно много в ВМ это отражается на спектре.

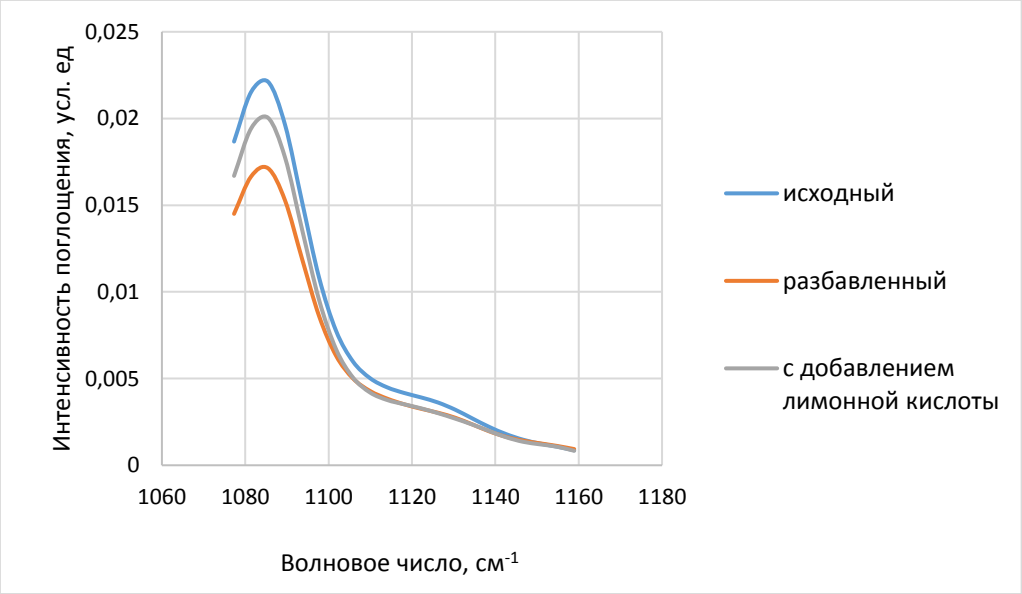


Рис. 2. Часть спектра красного ВМ

При сравнении БЕ исходных, разбавленных ВМ и ВМ с добавлением органических кислот было отмечено, что определение показателя БЕ недостаточно информативный экспресс-метод оценки подлинности ВМ.

При сравнении спектров исходных, разбавленных ВМ и ВМ с добавлением органических кислот наблюдалось, что в спектре присутствует полоса поглощения алифатическим и ароматическим эфиром, которая остается неизменной после разбавления. Поскольку внесение органических кислот никак не влияет на их содержание в ВМ. Таким образом, на спектре разбавленных ВМ при сравнении с образцовым спектром можно сразу отметить их фальсификацию.

Оценивая метод определения БЕ и метод ИК-спектроскопии, можно сделать заключение, что метод ИК-спектроскопии надежнее и перспективнее как экспресс-метод идентификации ВМ.

Литература

1. International Organisation of Vine and Wine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.oiv.int/ (дата обращения: 06.01.2019).
2. Методы технохимического контроля в виноделии / Под ред. Гержиковой В.Г. – Симферополь: Таврида, 2002. – 260 с.
3. Коршунова Н.А., Баракова Н.В. Влияние органических кислот на буферную емкость вин // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий. – 2017. – С. 11–13.
4. Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. – М.: МГУ, 2012. – 54 с.

Кузнецова Ксения Геннадьевна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т41503
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: kseniasova@gmail.com

Молодкина Нелли Ринатовна
Год рождения: 1984
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., ст. преподаватель
e-mail: nrkh25@hotmail.com

УДК 663.15

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЦЕЛЛЮЛОЛИТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ, ПРИМЕНЯЮЩИХСЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Кузнецова К.Г., Молодкина Н.Р.
Научный руководитель – к.т.н. Молодкина Н.Р.

В работе рассмотрена возможность использования биотехнологий с целью утилизации целлюлозосодержащих отходов. Собрана и обобщена актуальная информация о возможности применения микроорганизмов в качестве биодеструкторов целлюлозы.
Ключевые слова: биотехнология, биодеструкция целлюлозы, целлюлазы, переработка отходов.

Биотехнология производства ферментов основана на использовании конкурентоспособных продуцентов, что актуализирует исследования по поиску новых высокоактивных штаммов.

В настоящей работе рассмотрены основные способы применения микробных целлюлаз в разных областях промышленности, в том числе для снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Целлюлаза – это ферментная система, состоящая из трех ферментов: эндоглюконазы (1,4-β-D-глюкан-глюканогидролаза), под действием которой происходит неупорядоченный разрыв β-1,4-гликозидных связей внутри макромолекулы с образованием больших фрагментов со свободными концами; экзоглюканазы (1,4-β-D-глюкан-глюкогидролаза) под влиянием которой от концов образованных фрагментов отщепляются дисахариды – целлобиоза; β-глюкозидаза (β-D-глюкозид-глюкогидролаза) способствует гидролизу целлобиозы с образованием двух молекул глюкозы [1].

Синергетическое действие целлюлазного комплекса ферментов способно к деполимеризации целлюлозы до сбраживаемых сахаров для превращения в полезные продукты с использованием подходящих микроорганизмов. Отсутствие лучшего понимания механизмов отдельных целлюлаз и их синергетические действия являются основными препятствиями, которые еще предстоит преодолеть для крупномасштабного коммерческого производства [2].

Биотехнологическое преобразование целлюлозной биомассы является потенциально устойчивым подходом для разработки новых биологических процессов и продуктов.

Микробные целлюлазы стали основными биокатализаторами благодаря их сложной природе и широкому распространению в промышленности. Целлюлазы являются ферментами, синтезируемыми большим разнообразием микроорганизмов, включая как грибы, так и бактерии, при их росте на целлюлозных материалах. Эти микроорганизмы могут быть аэробными, анаэробными, мезофильными или термофильными. Среди них роды *Clostridium, Cellulomonas, Thermomonospora, Trichoderma* и *Aspergillus* являются наиболее изученными продуцентами целлюлазы [3].

Фундаментальные и прикладные исследования целлюлолитических ферментов продемонстрировали их биотехнологический потенциал в различных отраслях промышленности, также актуальным направлением является использование целлюлаз с целью повышения эффективности переработки отходов и очистки сточных вод деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности.

Отходы, образующиеся в лесах, на сельскохозяйственных угодьях и в агропромышленности, содержат большое количество неиспользованной или недостаточно используемой целлюлозы, что, в свою очередь, вызывает загрязнение окружающей среды. В настоящее время эти отходы разумно используются для производства ценных продуктов, таких как ферменты, сахара, биотопливо, химикаты, источники энергии для ферментации, улучшенные корма для животных и питательные вещества для человека.

Биологические аспекты переработки целлюлозной биомассы становятся основой будущих исследований с участием целлюлаз и целлюлолитических микроорганизмов [4].

В ходе изучения актуальной информации по данному вопросу можно сделать вывод, что биотехнологии могут успешно применяться в процессах утилизации широкого спектра отходов, а в частности – отходов деревообрабатывающей промышленности и целлюлозно-бумажной промышленности.

Литература

1. Sharma A., Tewari R., Rana S.S. et al. Cellulases: Classification, Methods of Determination and Industrial Applications // Applied Biochemistry and Biotechnology. – 2016. – V. 179. – № 8. – P. 1346–1380.
2. Percival Z.Y.H., Himmel M.E., Mielenz J.R. Outlook for cellulase improvement: screening and selection strategies // Biotechnol Adv. – 2006. – V. 24(5). – P. 452–481.
3. Carlile M.J., Watkinson S.C. The fungi. – New York, Academic Press, 1997. – P. 269–275.
4. Gupta R., Mehta G., Khasa Y.P., Kuhad R.C. Fungal delignification of lignocellulosic biomass improves the saccharification of cellulosics // Biodegradation. – 2010. – V. 22(4). – P. 797–804.

Кыздарбек Улбосын
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4217
Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья
e-mail: kyzdarbekova.ulbosyn@email.ru

Баланов Петр Евгеньевич
Год рождения: 1980
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: balanov@yandex.ru

УДК 634.64

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГРАНАТОВОГО СОКА И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

Кыздарбек У.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Баланов П.Е.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе были проведены анализы трех различных сортов граната: «Азербайджанский», «Иранский», «Узбекский». Сорта были рассмотрены и охарактеризованы по основным физическим, химическим, текстурным параметрам. Были выявлены сходства или различия между ними. Для выбора потенциального сорта на переработку в промышленных целях (получения концентрата), были проанализированы следующие параметры качества: выход сока, органические кислоты, сахара, pH, индекс зрелости, окислительно-восстановительный потенциал, антиоксидантная активность и сенсорные свойства (внешний и внутренний цвет).
Ключевые слова: гранат, выход сока, концентрат, ОВ-потенциал, антиоксидантная активность.

Различные исследования показали, что свободные радикалы, присутствующие в организме человека, вызывают окислительное повреждение различных биомолекул, таких как липиды, белки и нуклеиновые кислоты, и таким образом, участвуют в фазе инициации многих заболеваний. В связи с этим в последние годы большое внимание отведено производству пищевых продуктов с высокой антиоксидантной активностью (АОА), которые способствуют защите организма человека от взаимодействия свободных радикалов на клеточном уровне [1].

Было предпринято много попыток изучить природные антиоксиданты, особенно растительного происхождения [2]. Фенольные и другие фитохимические антиоксиданты, содержащиеся во фруктах и овощах, представляют собой биологически активные соединения, способные нейтрализовать свободные радикалы и активные формы кислорода, тем самым могут играть важную роль в профилактике многих сердечно-сосудистых и цереброваскулярных заболеваний [3].

Гранат (Punica granatum) – древнее, плодовое, лечебное, техническое и привлекательное декоративное растение, широко потребляемое в виде свежих семян и сока.

Плоды граната обладают противовоспалительными, антиканцерогенными и антимутагенными свойствами.

В давние времена гранат использовался для различных медицинских целей, включая лечение паразитарных инфекций, язв, диареи, дизентерии, кровоизлияний, микробных инфекций, респираторных патологий и т.д. [4]. На сегодняшний день гранат широко используется в виде концентрата, джема, желе, сиропа, соусов, ароматизатора, красителей, а также в качестве нутрицевтических ингредиентов [3]. Помимо использования в пищевой промышленности, гранатовый сок в настоящее время все шире используется в медицинских препаратах (антихолестеринемические, противовирусные, антимикробные, противовоспалительные, гипотензивные препараты) и косметических средствах [4].

Мировой объем потребление граната растет впечатляющими темпами в течение последнего десятилетия, главным образом благодаря растущим свидетельствам его полезных свойств, способствующих укреплению здоровья. Было отмечено значительное увеличение площади посевов, появление новых помологических сортов, увеличение мирового производства и объема экспорта, количество хранимых и обработанных плодов.

Текущее мировое производство граната оценивается примерно в 3 млн т в год при 300 000 га производства. Основными производителями являются Китай, Индия, Иран, Турция, США и Южная Африка.

Во всем мире насчитывается более 500 сортов граната, из которых около 50 доступны в продаже. К самым распространенным культурным сортам относится: бедана, кандхари, аланди (вадки), дхолка, кабул, красный мускат, пуна, испанский рубин, эллоду, белый мускат, балегал, облако, краб, ранний чудак, Франциск, Гранада, король, Фенисия, Юта и т.д. [4].

Гранаты делятся на три основные сенсорные характеристики: сладкие, кисло-сладкие, и кислые. Плоды граната достигают полной зрелости в течение 135–180 дней. Сезон сбора урожая длится с сентября по ноябрь в северном полушарии и с марта по май в южном полушарии. Гранат – не климактерический фрукт, и поэтому важно, чтобы плоды граната собирали на стадии полного созревания, потому что в этот момент плоды имеют самый высокий потенциал в отношении питательных, функциональных и сенсорных свойств.

Показатели зрелости плодов граната зависят от сорта и включают цвет семян и кожи, уровень кислотности, общее содержание растворимых сухих веществ. Ранний сбор гранатов приведет к неполному развитию цвета и вкуса, в то время как поздний сбор приведет к плодам с уменьшенным сроком хранения и повышенной подверженностью болезням [3].

Свежий сок граната содержит 85% воды и 15% сахара, пектин, аскорбиновую кислоту, полифенольные флавоноиды, антоцианы и аминокислоты. Гранатовый сок содержит фруктозу и глюкозу в одинаковых количествах; кальций составляет 50% от его зольности. Сок также богат органическими кислотами, витаминами, полисахаридами и необходимыми минералами. Плоды граната являются богатым источником полифенолов, в том числе эллагитанинов, галлотаннинов, эллаговых кислот, галлагокислот, катехинов, антоцианов, феруловых кислот и кверцетинов, уровень содержание которых варьируется от 0,2 до 2,0% в зависимости от культурного сорта, различия в геноме, стадии созревания фруктов, условий окружающей среды, качества фруктов, условий обработки и хранения. В гранатах, как и во многих других фруктах, существует общая корреляция между общим содержанием фенолов и АОА. Полифенольные вещества являются главными соединениями, на долю которых приходится 92% АОА [3].

Концентрированный сок – это продукт, полученный из фруктового сока путем физического удаления определенной доли содержания воды. Концентрат представляет собой продукт с особыми характеристиками, который можно использовать для приготовления новых товарных продуктов. К примеру, его можно использовать для получения сока с сенсорными, органолептическими и пищевыми свойствами, аналогичными свойствам

свежего сока. Он также может быть использован в качестве ароматизатора или красителя для алкогольных или газированных напитков, выпечки, сладостей и других пищевых продуктов [2]. Одним из главных преимуществ концентратов является обеспечение более длительного срока хранения и облегчения транспортировки.

Концентрирование фруктовых соков обычно осуществляется с помощью методов термического нагревания/испарения (микроволновое нагревание, роторный вакуумный испаритель и выпаривание при атмосферном давлении), приводящих к ухудшению цвета и значительному качественному снижению нативных термочувствительных соединений в начальном сырье. К примеру, данные, представленные в литературе, указывают на сильную деградацию антоциановых пигментов во время термической обработки гранатового сока, что достигается наличием значительных уровней 5-гидроксиметилфурфурола (показатель потенциального потемнения сока). Это объясняется тем, что антоциановый профиль граната, представлен главным образом лабильными соединениями (дельфинидин, цианидин, пеларгонидин, 3-глюкозид и 3,5-диглюкозид), которые легко подвергаются разложению под воздействием таких факторов как: свет, pH, температура во время хранения, и в особенности при длительной тепловой обработке [4].

Результаты опубликованного недавно исследования показали, что на общее содержание антоцианинов, АОА и их скорость разложения отрицательно влияют такие факторы как: высокая температура, давление и длительное время нагревания.

По сравнению с традиционными методами обработки соков, в последнее время все большую популярность набирают нетепловые методы. К примеру, методы получения концентрата с помощью мембранных процессов, таких как обратный осмос, мембранная дистилляция и осмотическая дистилляция [4]. Эти методы представляют собой эффективные, недорогие и атермические методы разделения, которые не приводят к изменению фитохимического содержания сока граната. Именно эти особенности становятся очень важными факторами при производстве концентратов. Но по причине того, что мембранные процессы являются высокозатратными и требуют предварительной ультрафиолетовой очистки, широкое применение в промышленном масштабе они не нашли [2].

Упомянутые выше методы уже использовались или используются в коммерческих процессах и реализованы в промышленных масштабах для соков. Тогда так работы по изучению метода концентрирования сока вымораживанием встречаются очень редко или практически отсутствуют. Данный способ позволяет сохранить качественные показатели продуктов, поскольку замораживанием влаги исключает потерю термолабильных веществ, так как процесс протекает при температуре ниже криоскопической.

Таким образом, концентрирование путем вымораживания может стать альтернативой термической обработке, которая имеет неблагоприятные последствия для термолабильных нативных веществ. Следовательно, оценка эффективности этого метода на предмет сохранения широкого спектра биологически активных веществ и всестороннее изучение особенностей его индустриализации сегодня является актуальным. В настоящем исследовании планировалось получить концентрат гранатового сока с помощью двух методов: тепловым и вымораживанием.

Основной целью исследования являлось определение влияния методов концентрирования на химический состав, антиоксидантную способность и сенсорное качество конечного продукта. С учетом этих критериев основная задача состояла в том, чтобы определить наиболее подходящий сорт, поскольку именно этот аспект будет определять композиционные качества конечного продукта, и будет служить в качестве отправной точкой производственного процесса. Результаты данного исследования характеризуют разнообразные сорта с различными химическими и органолептическими свойствами и могут быть полезны в индустрии гранатового сока для выбора желаемого сорта и оптимизации химического, функционального и ароматического качества соков, чтобы в конечном итоге удовлетворить потребности потребителя.

Материалы и методы. Плоды граната сорта «Азербайджанский», «Иранский» и «Узбекский» были приобретены в стадии технологической зрелости. Сорта были выбраны ввиду их наиболее широкого распространения. Были тщательно отобраны однородные плоды с точки зрения формы, зрелости, запаха, вкуса, без визуальных дефектов.

Определение выхода сока проводили методикой, описанной в [5]. Перед экстракцией сока плоды граната промывали в холодной водопроводной воде. Верх и низ гранатовой шелухи были удалены ножом из нержавеющей стали для предотвращения микробного загрязнения. Отжим сока осуществляли в специальной установке для цитрусовых фруктов с использованием плодов, разрезанных пополам. Полученный сок фильтровали через капроновую ткань для удаления твердых частиц. Для анализов сок фильтровали через фильтровальную бумагу.

Содержание массовой доли растворимых сухих веществ (в %) и концентрацию сахаров определяли рефрактометрическим методом (рефрактометр автоматический модели PTR 46) при 20°C [5].

Сумму свободных органических кислот в пересчете на яблочную кислоту выявляли титрованием раствором 0,1 натрия гидроксида в присутствии фенолфталеина до достижения pH 8,1 [5]. Результаты выражены в процентах яблочной кислоты.

Отношение, также известное как индекс зрелости, определяемый соотношением между СВ и ТК [3], который отвечает за вкус и аромат граната, был рассчитан для каждого образца. Для изучения и оценки антиоксидантных свойств использовали метод, предложенный В.И. Прилуцким [6].

Показатели pH, окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) и АОА гранатового сока прямого отжима измеряли на приборе pH-метр-милливольтметр 848 Titrino plus. Результаты были средними по трем определениям (рисунок).

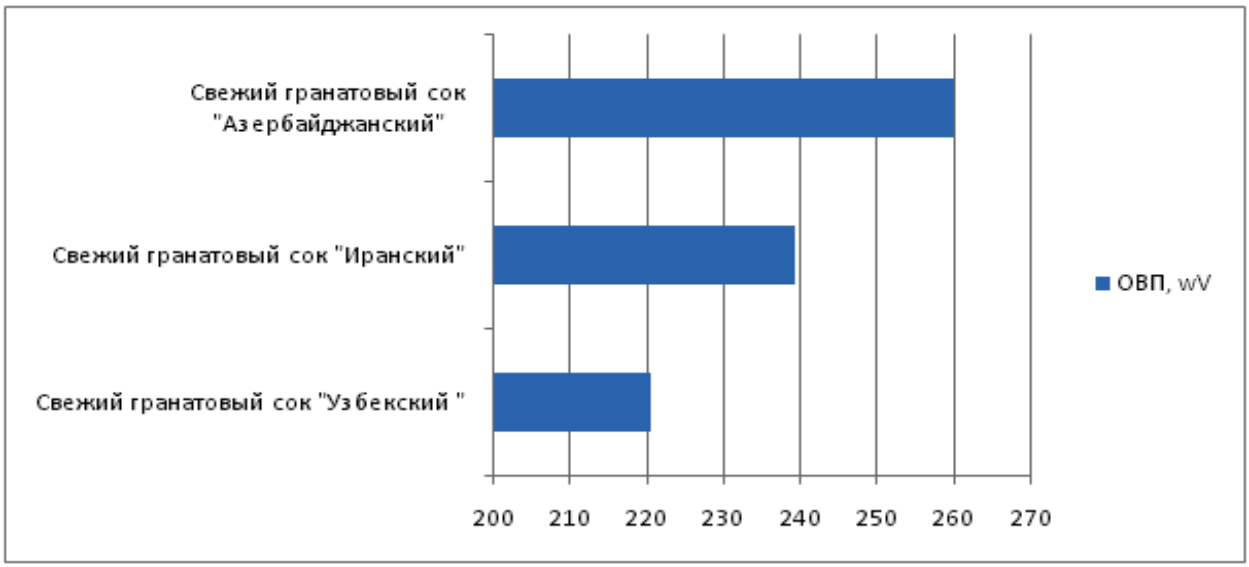


Рисунок. Показатели ОВП гранатовых соков прямого отжима

Результаты и обсуждение. Высокое содержание сока является желательным атрибутом при производстве соков, поскольку оно оказывает заметное влияние на рентабельность. Согласно приведенным данным в табл. 1, физико-химические показатели плодов разных сортов граната, произрастающих в условиях Азербайджана, Узбекистана и Ирана отличаются. Установлено, что средняя масса плодов варьирует от 360 до 690 г, кожура с перегородкой составляет от 49,8 до 50%, семена с оболочкой в диапазоне от 49 до 56%, выход сока – от 38,2 до 40%. Результаты, связанные с выходом сока, коррелируют с данными других исследований.

Таблица 1. Физические показатели плодов граната

Наименование сорта	Средний вес 1 шт., г	Средние массы частей плодов						Средний выход сока,%	
		кожура		зерна		перегородки		к массе зерен	к массе плодов
		г	%	г	%	г	%		
«Азербайджанский»	506,67	215,0	42,5	284,3	56,1	6,6	1,3	73,37	40,1
«Иранский»	699,1	317,99	45,5	345,2	49,4	35,8	5,1	78,3	38,7
«Узбекский»	364,67	152,56	41,8	202,3	55,4	9,8	2,6	72,7	40,3

Цвет – важный качественный признак в маркетинге граната, и фрукты с темно-красной окраской или румянцем, как правило, имеют большую потребительскую привлекательность на рынке. В исследуемых образцах были обнаружены существенные различия в размере, весе, цвете зерен и кожицы цельнозерновых плодов, что может быть вызвано дифференциацией сортов граната. Так сорта «Узбекский» и «Иранский» имели более интенсивную красно-коричневую окраску кожицы и зерен, по сравнению с сортом «Азербайджанский», который имел бледно-розовый оттенок.

Наряду с этим авторами было отмечено, что на получение того или иного количества сока сильно влияет такой фактор как степень зрелости, что согласуется с данными, приведенными в литературных источниках. Перезревшие плоды отдают сок с трудом и меньшим количестве. Так, текстура плодов граната сорта «Азербайджанский» и «Узбекский», были классифицированы как «твердые» или «жесткие», в то время как сорт «Иранский» был классифицирован как «мягкий» или «перезревший», что в итоге очень сильно повлияло на экстракцию сока.

Таблица 2. Химический состав гранатового сока

Наименование сорта	Средние показатели химического состава				Степень зрелости (СВ/ТК)
	растворимые сухие вещества, %	общие сахара, г/100 см^3	титруемые кислоты, %	pH	
«Азербайджанский»	14,4	13	2,6	3,8	55,5
«Иранский»	17,4	16,2	1,4	3,3	12,4
«Узбекский»	14,6	13,2	3,3	2,9	44,2

В табл. 2 приведены химические свойства свежего гранатового сока. Можно отметить, что общее количество растворимых твердых веществ, pH, кислотность между образцами существенно не различались. Согласно данным, приведенным в табл. 2, степень гранатового сока по шкале Brix составляет от 14,4 до 17,8. По литературным данным, минимальная степень гранатового сока по шкале Brix должна составлять 14,0.

Диапазон pH варьировался от 2,9 до 3,8. В соответствии с высокой ТК, у сорта «Узбекский» был значительно низкий уровень pH.

Профиль органических кислот, а именно, баланс между органическими кислотами и содержанием сахара, является важным источником информации о качестве соков, поскольку органолептическое восприятие конечного продукта определяется в основном этим параметром [3]. Содержание сахаров в образцах вирируется от 13 до 16. Титруемая кислотность – от 1,4 до 3,3.

Индекс зрелости или соотношение между СВ и ТК, используемое часто в качестве оценки вкуса и управление качеством после сбора урожая, представлены в табл. 2. Обычно плоды, которые имеют значение от 5 до 7, считается кислыми, от 17–24 оценивается как имеющее кисло-сладкий вкус и характерны для «диких» сортов [4]. Высокое соотношение (31–98) соответствуют сортам, классифицируемым как «сладкие». Сладкие плоды имеют высокие значения яблочной кислоты, тогда как сорта, считающихся «кислыми», как правило, имеют очень высокий уровень лимонной кислоты [4]. В исследуемых образцах низкое

зарегистрированное значение СВ/ТК составило 12,4, высокое – 55,5. Низкое значение в сорте «Иранский» может говорить о том, что плоды созрели не полностью. Следовательно, исследуемые плоды относятся к типу: сладкий и кисло-сладкий. «Азербайджанский» сорт с индексом зрелости 55,5 и «Узбекский» с индексом 44,2 являются сладкими, а «Иранский», у которого соотношение равно 12,4, относится кислому типу.

По уже известным экспериментальным данным, внутренняя среда организма имеет свой ОВП, и он имеет отрицательные значения, которые обычно находятся в пределах от –100 до –200 мВ. Употребляемые жидкости (современная питьевая вода, фасованные соки, молоко, вино, черный чай) преимущественно имеют ОВП от +150 до +400 мВ. Из литературы известно, что молоко матери имеет ОВП около – 70 мВ, родниковая вода от –30 до +70 мВ, свежевыжатый сок – 30 до +100 мВ [6].

Следовательно, чем ниже показатель ОВП, тем выше показатели АОА продукта.

Таблица 3. Показатели АОА гранатовых соков прямого отжима

Наименование сорта	pH	ОВП, мВ	$ОВП_{min}$, мВ	ЭВ, мВ
«Азербайджанский»	3,8	260	432	172
«Иранский»	3,3	239,5	462	222,5
«Узбекский»	2,98	220,6	481,2	260,6

Как представлена в графике и в табл. 3 из всех исследуемых образцов наименьшим значением ОВП (220,6) и высокой АОА (260,6) обладает сорт граната «Узбекский». Сорт «Иранский» имеет среднее значение ОВП (239,5) и АОА (222,5). ОВП сорта «Азербайджанский» имеет наивысшее значение ОВП (260), соответственно самый низкий уровень АОА (172).

По данным табл. 3, наибольшей АОА обладает гранат сорта «Узбекский» (260,6). Очевидно, это обусловлено высоким содержанием в нем фенольных веществ, на уровень которых мог повлиять выбранный авторами метод извлечения сока. Во многих источниках сообщается о том, что содержание полифенолов в гранатовых соках имеют различия в зависимости от процедуры экстракции сока, поскольку разные части граната содержат разные группы полифенолов. Так, прессование целых плодов повышает уровень общих фенольных соединений (примерно в четыре раза) и АОА (метод снижения железа) по сравнению с соками, приготовленными только из зерен.

По мнению авторов, сорт «Узбекский» по сравнению с двумя другими сортами, имеет все необходимые характеристики для промышленной переработки и может быть использован при получении концентрата с минимальными с потерями ОВП (высокой АОА). Тогда как, остальные два сорта («Азербайджанский» и «Иранский») не обладают нужными характеристиками и менее пригодны для промышленной обработки.

Полученные в данной работе результаты, могут быть полезны для промышленной переработки плодов граната, для производства продуктов с органолептически привлекательными и богатым биологически активными соединениями. В особенности, для улучшения качества, стабильности и безопасности пищевых продуктов.

Литература

1. Силагадзе М., Иобидзе А., Ардеманашвили Т., Каландиа А., Чхартишвили Н. Использование плодов и продуктов переработки пальмы в пищевой промышленности // Пищевая промышленность. – 2008. – № 2. – С. 64–68.
2. Yasoubi P., Barzegar M., Sahari M.A., Azizi M.H. Total Phenolic Contents and Antioxidant Activity of Pomegranate (Punica granatum L.) Peel Extracts // J. Agric. Sci. Technol. – 2007. – V. 9. – P. 35–42.

3. Fazaeli M., Yousefi S., Zahra E. Investigation on the effects of microwave and conventional heating methods on the phytochemicals of pomegranate (Punica granatum L.) and black mulberry juices // Food Research International. – 2013. – V. 50. – № 2. – P. 568–573.
4. Shohreh S., Fatemeh M., Khosrowshahi M. Phenolic compounds extraction from Iranian pomegranate (Punica granatum) industrial waste applicable to pilot plant scale // Industrial Crops and Products. – 2017. – V.108. – P. 583–597.
5. Баланов П.Е. Технология бродильных производств: учеб.-метод, пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 65 с.
6. Александровская Е., Кострица Н.В., Лавриненко Н.И., Гапеева Л.А. Сокосодержащие сиропы с использованием пряноароматических растений // «БелНИИ пищевых продуктов». – 2005. – № 3. – С. 31–33.

Лымарь Полина Игоревна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4252
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: pollymar@yandex.ru

Юльметова Ралия Фагимовна
Год рождения: 1957
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.хим.н., доцент
e-mail: liya974@mail.ru

УДК 664.6

СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОУПАКОВКИ В ХЛЕБОПЕКАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Лымарь П.И., Юльметова Р.Ф.
Научный руководитель – к.хим.н., доцент Юльметова Р.Ф.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе рассмотрены различные типы экоупаковки хлеба, применяемые в разных странах. Рассмотрена проблема использования полиэтиленовой упаковки и ее замены на биоразлагаемую упаковку разных типов, и как она положительно и отрицательно влияет на экологию. Также затронута тема внедрения картонной и других типов упаковки.
Ключевые слова: экоупаковка, биоразлагаемая упаковка, вред полиэтилена, органическая упаковка, повторное использование.

Количество пластиковых отходов, создаваемых каждый день в глобальном масштабе, достигло эпидемии, поэтому мировые бренды стараются предпринимать более активные меры, чтобы обуздать их. Однако большинство хлебопекарных производств в России продолжают использовать полиэтиленовые пакеты в большом количестве. Одним из таких производств, является хлебопекарня малой мощности ООО «Хлеб-Вест», расположенная в Ленинградской области. Проведя анализ образования твердых отходов на производстве, выяснилось, что большая часть отходов образуется на стадии продажи продукции – упаковка хлебобулочных и кондитерских изделий. Следует отметить, что хлеб упаковывается в полиэтиленовые мешки непосредственно при продаже в магазинах, принадлежащих хлебопекарне.

Проблема использования полиэтиленовой упаковки очень актуальна в наше время. В среднем полиэтилен составляет от 7 до 9% всех производимых людьми отходов. Полиэтилен очень плохо разлагается в земле, а при горении выделяет CO_2. За год в мире используется порядка четырех триллионов пакетов. В зависимости от разновидности полиэтиленовые пакеты разлагаются в природе от 200 до 400 лет, пакеты же из биоразлагаемого полиэтилена разлагаются за 1,5–2 года под действием кислорода, воды и света [1].

Все больше стран в мире отказываются от использования полиэтиленовой упаковки. Как известно, уже 40 стран ввели те или иные ограничения: либо полный запрет, либо постепенный вывод из оборота одноразовых пластиковых пакетов.

За 65 лет в мире произвели более 8 млрд т пластика. Из них более 6 млрд т уже стали мусором. В 2017 г. группа американских ученых (Роланд Гейер, Дженна Джамбек и Кара Лавендер Ло) провела исследования и опубликовала статью «Производство, использование и судьба всех когда-либо деланных пластиков» в научном журнале Science Advances. По полученным данным ученые определили, что в мире перерабатывается только 9% пластиковых отходов, 12% – утилизируется, а остальные 79% так и остаются на свалках или попадают в окружающую среду [2].

В апреле 2015 г. в Евросоюзе приняли директиву «О сокращении потребления легких пластиковых пакетов». По плану данной директивы, необходимо уже к 2019 г. сократить потребление полиэтиленовой упаковки до 90 штук на человека в год, а через 16 лет эта цифра должна достигать 40. На данный момент этот показатель, примерно, равняется 120 пакетам в год и становится все меньше. Одним из ярких примеров, по борьбе с полиэтиленовой упаковкой – Ирландия. Еще с 2002 г. в стране стали поднимать стоимость на одноразовые пакеты в магазинах и супермаркетах. Это привело к отличному результату: к сегодняшнему дню потребление сократилось на 95% – это около 18 пакетов на человека в год. В России же каждый человек в среднем использует 180 пакетов в год [2].

Одной из главных проблем переработки полиэтилена в России, является отсутствие раздельного сбора отходов и самих перерабатывающих заводов. Пакеты и упаковка с остальными отходами направляется в контейнер или мусоропровод, а после на полигон. Реализовать раздельный сбор и сортировку отходов, сложно и дорого, но уже с 1 января 2019 года был принят закон, касающийся накоплению (в том числе раздельному), сбору, транспортировке, обработке, утилизации, обезвреживанию и захоронению отходов на территориях соответствующих муниципальных районов.

Многие страны пошли другим путем, решив не использовать полиэтиленовую упаковку вовсе и запретить законом производство полиэтилена.

Большим прорывом в области упаковки стало изобретение канадской компанией EPI (Environmental Plastics Inc) в 1992 году оксобиоразлагающих добавок и начала производства биоразлагаемой упаковки. Данная упаковка на вид никак не отличается от привычной нам. Однако ее преимуществом является период времени процесса разложения – для упаковки хлеба этот процесс займет от 3 до 6 месяцев, для обычных пакетов около 2–3 лет, в некоторых случаях процесс занимает даже 5 лет.

Оксобиоразлагаемые упаковки получают с помощью добавления специальных добавок-катализаторов в основные полимеры: полиэтилен и полипропилен. Такие катализаторы ускоряют процесс разложения пакетов и упаковки в 10 раз! Процесс разложения полимера проходит в две стадии. На первой стадии происходит распад при окислении, на второй стадии – биоразложение под действием микроорганизмов, что приводит к образованию H_2O, CO_2 и биомассы, которые не так вредны для окружающей среды (рисунок).

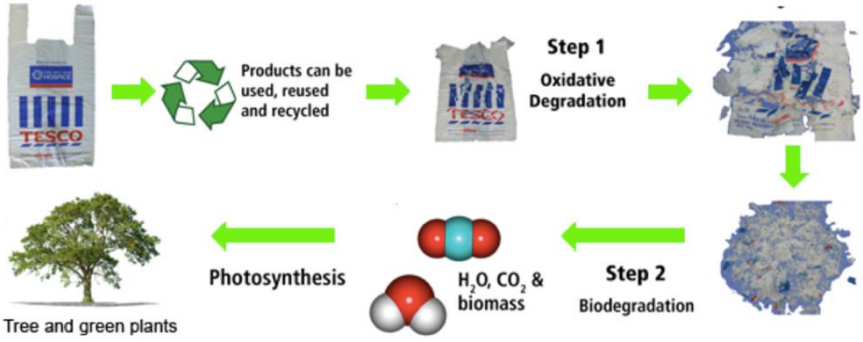


Рисунок. Процесс деструкции и биоразложения упаковки

В Канаде ученые, которые первыми разработали подходящие катализаторы, провели исследование, в результате которого оказалось, что под действием добавок-катализаторов длинные молекулярные полимерные цепи с гидрофобной поверхностью распадаются на короткие, имеющие гидрофильную поверхность, а бактерии, в свою очередь, легко атакуют уже деструктированный пластик. Это происходит из-за того, что полимеры, по большей части, содержат углерод, который бактерии активно поглощают – образуется биомасса. Такая упаковка после изготовления упаковывается в фабричную упаковку с ограниченным доступом кислорода и при комнатной температуре, что значительно замедляет процесс деструкции до минимума.

К добавкам, применяемым в биоразлагаемой упаковке, предъявляются очень строгие требования. Важно, чтобы добавка запускала обе стадии процесса. Для этого необходимо получить сертификаты для каждой из них. Основной сертифицирующей компанией на сегодняшний день является ASTM – Американское общество по испытанию материалов. Российские компании пока не могут выдавать такие документы, так как у нас нет ни соответствующих ГОСТов, ни других стандартов [3].

Также важно отметить, что оксобиоразлагающие аддитивы, которые составляют 1% от массы, безопасны для контакта с продукцией – хлебом, макаронами, кондитерскими изделиями и другими. Так, добавки компании EPI имеют сертификаты таких организаций, как Управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных препаратов (FDA, США), Европейское управление по безопасности пищевых продуктов (EFSA, Европа) и Канадское управление по пищевым продуктам (CFIA, Канада).

Однако у данной упаковки есть и отрицательная сторона. В настоящее время ни один из типов биоразлагаемых пакетов, как считают ученые в нашей стране, не подходит для использования в России. Так называемые «оксопакеты» или «оксиразлагаемые пакеты», распадаясь, формируют микропластик. Как оказалось, это еще одна большая проблема – чем меньше кусочки пластиковой упаковки, тем больше они мигрируют в окружающей среде и даже могут попадать в пищу к животным и доходить до человека.

Другой тип представляет собой пакеты, которые полностью изготовлены из растительного сырья, т.е. 100% биоразлагаемая упаковка. Это другой вид разлагаемой упаковки, отличающийся от оксобиоразлагаемой. Такая упаковку называют гидробиоразлагаемой или «упаковка из органического сырья» (отходы свеклы, картофеля, яблочного жмыха, водорослей). К сожалению, из-за дорогого и трудоемкого производства, эта экологическая упаковка так и не получила широкого применения. Также для промышленного изготовления требуется большое количество сырья. Есть и другие недостатки, на обычной свалке такая продукция не разлагается, она должна попадать с отбором органических отходов на компост (при специальных условиях – температура 60–70°, высокая влажность, высокое содержание органических пищевых веществ) или биогаз. Однако в России полностью отсутствует уровень промышленной переработки пищевых отходов. Есть отдельные примеры, где делают биогаз или компост, но не в промышленных масштабах. Также, проведя исследования, оказалось, что, попадая на свалку, он становится источником парникового газа – метана, способствуя глобальному изменению климата. Кроме отрицательного вклада в глобальное потепление, метан является частой причиной взрывов в местах скопления.

Существует и множество других интересных предложений, которые уже пытались поэкспериментировать в различных зарубежных странах. Например, фирма может сделать систему скидок и бонусов покупателям, которые будут приходить со своей сумкой и тем самым стимулировать переход на многоразовые альтернативы. Одним из примеров, является Eco-Bags Products, которая производит органические многоразовые сумки для хлеба из набивной хлопчатобумажной ткани. Компания производит свою продукцию с 1990 года в США, которая популярна и по сей день. Такие сумки уже можно приобрести во многих странах, в том числе в России. Одна сумка для хлеба стоит 4$. Одним их слоганов компании

является – «принесите свой собственный пакет». Компания считает, что это один шаг из многих к созданию мира с меньшим количеством отходов. Eco-Bags Products имеет партнеров в Индии, которая активно борется с полиэтиленовой упаковкой, а также компания расширила производство в Китае. Они также обладают сертификацией SGS, GOST, SA8000 и BCorporation [4].

Если рассматривать переход на бумажные пакеты, то, по мнению ученых, это не самый удачный вариант, так как менять одну одноразовую вещь на другую совершенно неконструктивно. Это не решит вопрос отходов. К тому же, если заменить 26 млрд производимых пластиковых пакетов на бумажные, в стране придется увеличить вырубку леса. Производить упаковку из вторичной бумаги (макулатуры) в России на сегодняшний день не получится, так как собирается и производится ее меньше, чем нужно для замены годового потребления пакетов.

Однако такая упаковка все же имеет место быть. Говоря о картонной (бумажной) упаковке, можно выделить ряд преимуществ перед полимерной. Для начала, картон – это натуральный материал, который относится к экологическим типам упаковки, что, в свою очередь, означает легкость утилизации и вторичной переработки.

Всемирно известная компания Roberts Bakery стала использовать упаковку на 100% пригодную для повторного использования или компостирования, что является частью новой стратегии бренда по сокращению количества пластиковых отходов [5].

Современный рынок упаковки все больше задумывается о производстве продуктов, которые подлежат вторичной переработке. Все больше и больше компаний в мире, начиная с крупных промышленных гигантов и заканчивая небольшими розничными торговцами, стремятся достичь идеального баланса между воздействием на окружающую среду и качеством обслуживания клиентов. Кроме того, современные производители не только сами следуют экологическим требованиям, но и распространяют информацию о «зеленой» деятельности, в которой можно участвовать.

Литература

1. Пластиковый мусор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://school-science.ru/3/1/32008 (дата обращения: 06.01.2019).
2. Science Advances [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782 (дата обращения: 06.01.2019).
3. Применение экологичной упаковки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://bac-forum.ru/articles/55-primenenie-ekologichnoi-upakovki.html (дата обращения: 06.01.2019).
4. Eco-Bags Products [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ecobags.com/About-Us_2/General-Material-Information (дата обращения: 06.01.2019).
5. Экологичная упаковка хлеба [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.trendhunter.com/trends/roberts-bakery (дата обращения: 06.01.2019).

Мальченко Анастасия Васильевна
Год рождения: 1997
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т3450
Направление подготовки: 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: iam.malchenko@mail.ru

Павлова Анастасия Сергеевна
Год рождения: 1987
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.э.н., преподаватель
e-mail: nastya.s.pavlova@gmail.com

УДК 628.4.032

КОМПЛЕКСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ И ИХ УТИЛИЗАЦИЯ В РОССИИ И СТРАНАХ БАЛТИЙСКОГО РЕГИОНА

Мальченко А.В., Павлова А.С.
Научный руководитель – к.э.н. Павлова А.С.

В работе представлены основные выводы и результаты бизнес-кейса, выполненного в рамках международного проекта «CREA-RE-RU» (Creating aligned studies in Resource Efficiency in Sweden and Russia) в 2018 году. Целью данного исследования была разработка предложений для повышения эффективности управления отходами в странах Балтийского региона. Авторами рассмотрены основные методы и инструменты экономики замкнутого цикла, лучшие практики Европейского Союза для их дальнейшего применения в России с целью минимизации образования отходов и увеличения процента их повторного использования.
Ключевые слова: управление отходами, ресурсосбережение, экономика замкнутого цикла, страны Балтийского региона, международный проект.

Проблема отходов на сегодняшний день является основной современной глобальной экологической проблемой, которая несет в себе потенциальную опасность для окружающей природной среды и, в том числе для здоровья людей, поэтому данная проблема требует немедленного решения.

В сравнение с предыдущими поколениями современные люди производят намного больше мусора, который должен подвергаться правильной обработке, чтобы не наносить ущерб окружающей среде. Поэтому утилизация твердых коммунальных отходов (ТКО) на сегодняшний день является значимой проблемой, требующей разработки и применения новых технологий. Такие методы как сжигание и захоронение отходов на полигонах доказали свою нежизнеспособность и привели ряд стран, использующих данные методы, на грань экологической катастрофы. Однако такие страны, как Финляндия и Швеция являются примером успешной реализации стратегии в области управления отходами [1].

В 2018 году были параллельно реализованы два международных проекта «CREA-RE» (Creating aligned studies in Resource Efficiency) и «CREA-RE-RU» (Creating aligned studies in Resource Efficiency in Sweden and Russia), поддержанные программами Interreg Baltic Sea Region и Swedish Institute соответственно. В проектах участвовали четыре высших учебных заведения, а именно Лахтинский университет прикладных наук (Финляндия),

Университет Евле (Швеция), Латвийский Университет (Латвия) и Университет ИТМО (Россия).

В соответствии с целями проектов четыре интернациональные студенческие команды работали над бизнес-кейсами, предложенными компаниями Латвии. Одна из компаний поставила задачу по совершенствованию процесса управления ТКО в регионе Видземе Латвии.

ООО «ZAAO» было основано в 1998 году органами местного самоуправления Северного Видземского региона [2]. Компания предлагает высококачественные услуги по управлению отходами физическим и юридическим лицам в Северном Видземском регионе, включая сбор, сортировку, транспортировку, переработку и утилизацию отходов экологически чистым способом, а также участвует в просвещении и информировании населения о проблемах отходов. Владельцами ZAAO являются 28 органов местного самоуправления Северного Видземского региона и 4 соседних региона. Население вовлеченной территории состоит из 159 564 жителей, а площадь составляет около 10 411 км^2.

Компании принадлежит полигон «Дайбе», расположенный недалеко от Валмиеры. Полигон является не просто местом захоронения отходов, а многофункциональным центром по управлению отходами. На полигоне проводится сбор газа, полученного в результате гниения отходов, для этого предусмотрена система сбора – трубы длиной почти 3 км, газорегуляторная установка и насосная станции. Собранный газ в настоящее время используется для выработки электроэнергии и отопления в сети когенерации. Помимо этого, предусмотрен сбор и хранение сточных вод полигона в специально сконструированном бассейне, откуда вода поступает на очистку в обратноосмотический фильтр. Завод обеспечивает очистку загрязненной воды до степени дистиллированной. Также на данном предприятии существует линия повторной сортировки вторсырья. Принятые от различных станций отсортированные отходы подвергают повторной, более качественной, сортировке, разделяют по типам, сжимают и упаковывают в тюки для дальнейшей транспортировки на перерабатывающие предприятия в Латвии и за рубежом.

В данной работе был проанализирован опыт и тенденции развития управлением отходами во всех четырех странах-участницах. В результате были выделены следующие положения:

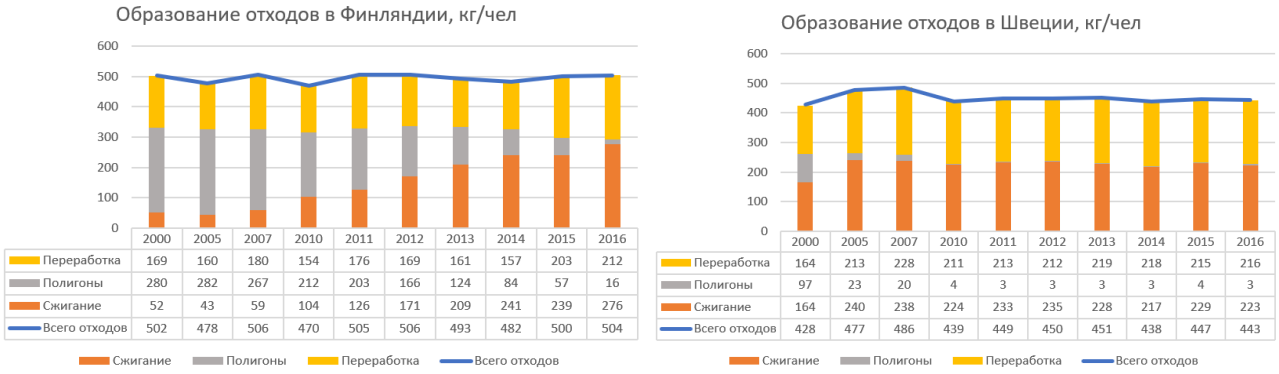
– во всех странах наблюдается положительная динамика обращения с отходами;
– объем захоронения в Финляндии и Швеции находятся на уровне нуля;
– Финляндия продолжает улучшать ситуацию и стремиться к уменьшению доли сжигания отходов, в то время как ситуация в Швеции не меняется в течение нескольких лет;
– в Латвии наблюдается значительный рост в сфере управления отходами, но требуется больше инфраструктуры для регенерации энергии;
– в России ситуация с отходами является значимой проблемой, отмечена динамика увеличения процента перерабатываемых отходов, система управления отходами совершенствуется и имеет потенциал для развития.

В Европейском союзе (ЕС) статистику по управлению отходами ведет Евростат [3], данные по твердым бытовым отходам содержатся в полном объеме. В России данной статистикой занимается Росстат [4], в которую включены все виды отходов.

На рис. 1 и 2 представлены статистические данные образования отходов в Финляндии, Швеции, Латвии и России соответственно. Как видно из графиков, цель ЕС в захоронении менее 10% от общего числа образовавшихся отходов была достигнута в Швеции в 2004 году и в Финляндии в 2015 году. Ситуация в Латвии 2016 года напоминает ситуацию в Финляндии в 1995 году. Поэтому, учитывая, что Финляндии понадобилось 20 лет, можно предположить, что Латвия достигнет данной цели в 2036 году.

Основная тенденции в Финляндии – это постоянное улучшение текущей ситуации. Общее количество образующихся отходов остается на одном и том же уровне, в то время как количество отходов, захораниваемых на полигонах, сводится к минимуму. При этом

пропорционально уменьшению свалок и полигонов, можно наблюдать рост доли переработки и сжигания отходов. Несмотря на то, что около половины всей переработки составляет сжигание, это не представляет сильной экологической опасности, так как сжигание осуществляется по новейшим технологиям с использованием специализированного оборудования, со строгим контролем всех параметров выбросов и самого процесса. дополнительно Финляндия продолжает улучшать ситуацию и стремиться к уменьшению доли сжигания отходов.



	2000	2005	2007	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Переработка	169	160	180	154	176	169	161	157	203	212
Полигоны	280	282	267	212	203	166	124	84	57	16
Сжигание	52	43	59	104	126	171	209	241	239	276
Всего отходов	502	478	506	470	505	506	493	482	500	504

	2000	2005	2007	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Переработка	164	213	228	211	213	212	219	218	215	216
Полигоны	97	23	20	4	3	3	3	3	4	3
Сжигание	164	240	238	224	233	235	228	217	229	223
Всего отходов	428	477	486	439	449	450	451	438	447	443

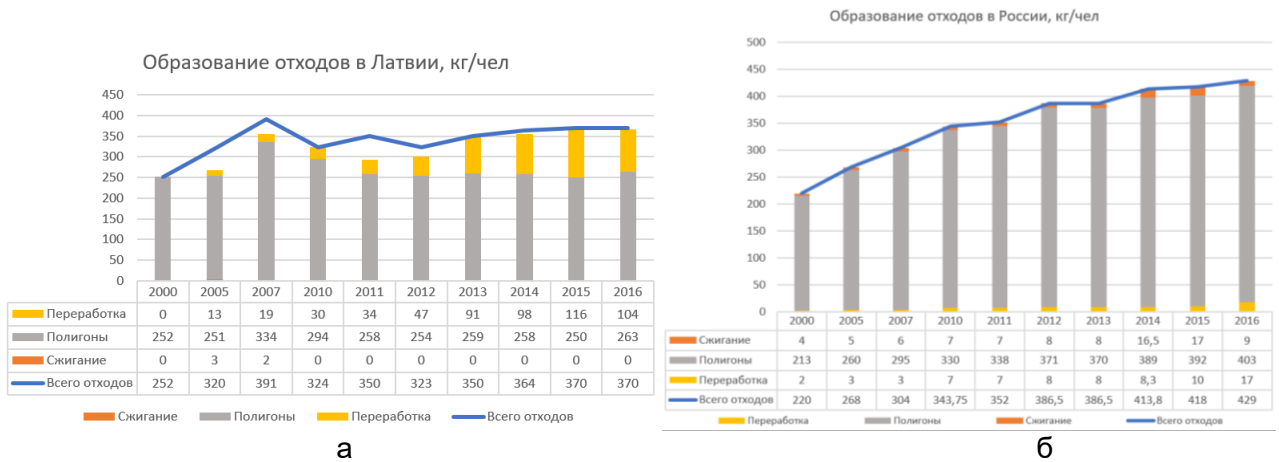
а б

Рис. 1. Управление отходами в Финляндии (а) и Швеции (б)

Похожая ситуация наблюдается и в Швеции: количество отходов, отправляемых на полигоны, приблизилось к нулю. И Швеция, и Финляндия достигли цели отправлять на захоронение не более 10% отходов, однако ни та, ни другая страна пока еще не выполнили вторую цель по переработке 65–75% от общего объема отходов. И, если в Финляндии уровень вторичной переработки увеличивается, хоть и не большими темпами, то в Швеции, в настоящий момент, все находится на одном и том же уровне, однако шведы надеются, что в будущем ситуация также начнет улучшаться.

Увеличение количества образующихся отходов за последние 4 года можно наблюдать в Латвии. При увеличении общего объема мусора на 27% (2012–2016 гг.), объем полигонов вырос не более чем на 3%. Это может быть показателем того, что при увеличении количества отходов процесс захоронения отходов больше не рассматривается как основное решение.

Можно предположить, что недостающие данные между линией общего количества отходов и показателями по переработке и захоронению (рис. 2, а), вероятно, связаны с проблемами в отчетности. При этом если Латвия планирует достичь цели 2036 года, то ей потребуется наращивать потенциал по сжиганию отходов и рекуперации энергии.



	2000	2005	2007	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Переработка	0	13	19	30	34	47	91	98	116	104
Полигоны	252	251	334	294	258	254	259	258	250	263
Сжигание	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0
Всего отходов	252	320	391	324	350	323	350	364	370	370

	2000	2005	2007	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Сжигание	4	5	6	7	7	8	8	16,5	17	9
Полигоны	213	260	295	330	338	371	370	389	392	403
Переработка	2	3	3	7	7	8	8	8,3	10	17
Всего отходов	220	268	304	343,75	352	386,5	386,5	413,8	418	429

а б

Рис. 2. Управление отходами в Латвии (а) и России (б)

Ситуация в России выглядит абсолютно иначе. Общее количество образующихся отходов увеличивается, в то же время увеличивается и объем полигонов. Можно заметить,

что некоторые данные о количестве ТКО отсутствуют, что также говорит о несовершенстве сбора статистической информации по данному виду отхода. Однако по данным Росстата доля перерабатываемых отходов в последнее время увеличилась в два раза, это может свидетельствовать о начале положительной динамики, так как в крупных городах начала развиваться переработка отдельных видов мусора, например, раздельный сбор пластика.

Страны Балтийского региона, имеют схожие экономические корни, но в то же время имеют совершенно разные системы управления отходами. Для достижения хороших результатов важно оценивать и принимать во внимание политику страны, национальные стратегии, планы и законодательство в области обращения с отходами. При этом важно перенимать хороший опыт соседних стран. Процесс управления отходами является интегрированным и объединяет в себе такие аспекты как экологическая эффективность, социальная приемлемость и экономическая доступность [5].

В процессе работы были сформулированы следующие предложения по совершенствованию политики в области управления ТКО:

1. необходимо воспитать целое поколение, чтобы сформировать более ответственное отношение к управлению отходами в России. Для просвещения общества было бы эффективно внедрить сортировку и уменьшение количества отходов в таких местах, как, например, детские сады и школы, в которых дети проводят большую часть своего дня. Даже если в их домах нет возможности и инфраструктуры, чтобы заниматься сортировкой мусора, они будут делать это ежедневно в посещаемых ими помещениях, а затем, когда станут взрослыми, будут самостоятельно заниматься этим в своих домах;
2. биологически разлагаемые отходы, которые в данный момент захораниваются, могут быть превращены в энергию путем производства биогаза;
3. необходимо развивать инфраструктуру для получения энергии путем сжигания отходов, не подлежащих повторному использованию;
4. очень важно совершенствовать условия для повышения экологической безопасности хранения и захоронения твердых коммунальных отходов.

Литература

1. Anderson K., Edalatkhah S., Malchenko A., Fedorovska A. Comparison study of waste management in Sweden, Finland, Russia, Latvia // Case Study: ZAAO. – 2018. – P. 6–9.
2. ZAAO. 2018. About ZAAO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.zaao.lv/en/content/about-sia-zaao (дата обращения: 06.01.2019).
3. Статистическая служба Европейского союза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ec.europa.eu/ (дата обращения: 06.01.2019).
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/ (дата обращения: 06.01.2019).
5. European Commission: Circular economy indicators [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ec.europa.eu/environment/ecoap/indicators/circular-economy-indicators_en (дата обращения: 06.01.2019).

Минина Полина Александровна
Год рождения: 1997
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т41502
Направление подготовки: 18.04.02 – Промышленная экология и чистое производство
e-mail: minina-p@list.ru

Рахманов Юрий Алексеевич
Год рождения: 1941
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: rahmanovua2010@gmail.com

УДК 620.951

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

Минина П.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Рахманов Ю.А.

В работе рассмотрена возможность автономного получения водорода с применением альтернативных источников энергии. Представлен пример объединения микробиологических технологий и солнечной энергетики.
Ключевые слова: водород, биотопливо, возобновляемые источники энергии, микробиологические процессы, фотоэлектрическая станция, фотобиореактор.

Водород является сильным конкурентом для различных видов альтернативного топлива. Человечество постоянно стремится свести к минимуму все его недостатки и максимально использовать его преимущества.

Запасы водорода неисчерпаемы, легкодоступны и автоматически возобновляемы, что устраняет затраты на поиск и разработку месторождений, а также на восполнение заменителями изъятых объемов при подземных разработках и на использование или восстановление отработанных пород [1].

Проблема снижения затрат при получении водорода является одной из самых актуальных в настоящее время. Традиционные методы получения водорода, такие как электролиз воды, пропускание паров воды над раскаленным коксом, получение из природного газа или биомассы сопровождаются высокими энергозатратами либо использованием невосполнимых природных ресурсов.

Один из путей, которым может пойти в будущем энергетическая биотехнология, – развитие методов получения водорода с помощью живых организмов – бактерий и водорослей.

В работе рассмотрен пример получения водорода с использованием патента «Получение молекулярного водорода из сине-зеленых водорослей» [2].

Сущность изобретения: сине-зеленые водоросли располагаются на полых волокнах внутри фитобиореактора, который заполняется питательной средой, состоящей из воды, минеральных солей, катализатора и газа. Под действием солнечного света водоросли

выделяют водород. Затем из питательной среды отделяют водород нагреванием до температуры не более 80–90°С.

Основными недостатками данного метода являются: энергетические затраты на нагрев питательной среды, и поддержание требуемой температуры (50°С), на нагрев жидкости при отделении водорода (до 90°С), затраты электроэнергии для работы циркуляционных насосов, компрессоров. Исходя из этого, данному производству потребуется доступ к традиционным источникам энергии, наличие коммуникаций, что, в свою очередь, лишает его автономности.

Основная идея заключается в оптимизации процесса производства водорода биологическим способом за счет сокращения энергозатрат, посредством использования автономных энергоустановок, работающих на возобновляемых источниках энергии. Объединяя две технологии (производство водорода в фотобиореакторе и солнечную электростанцию) компенсируем недостатки одного преимуществами второго.

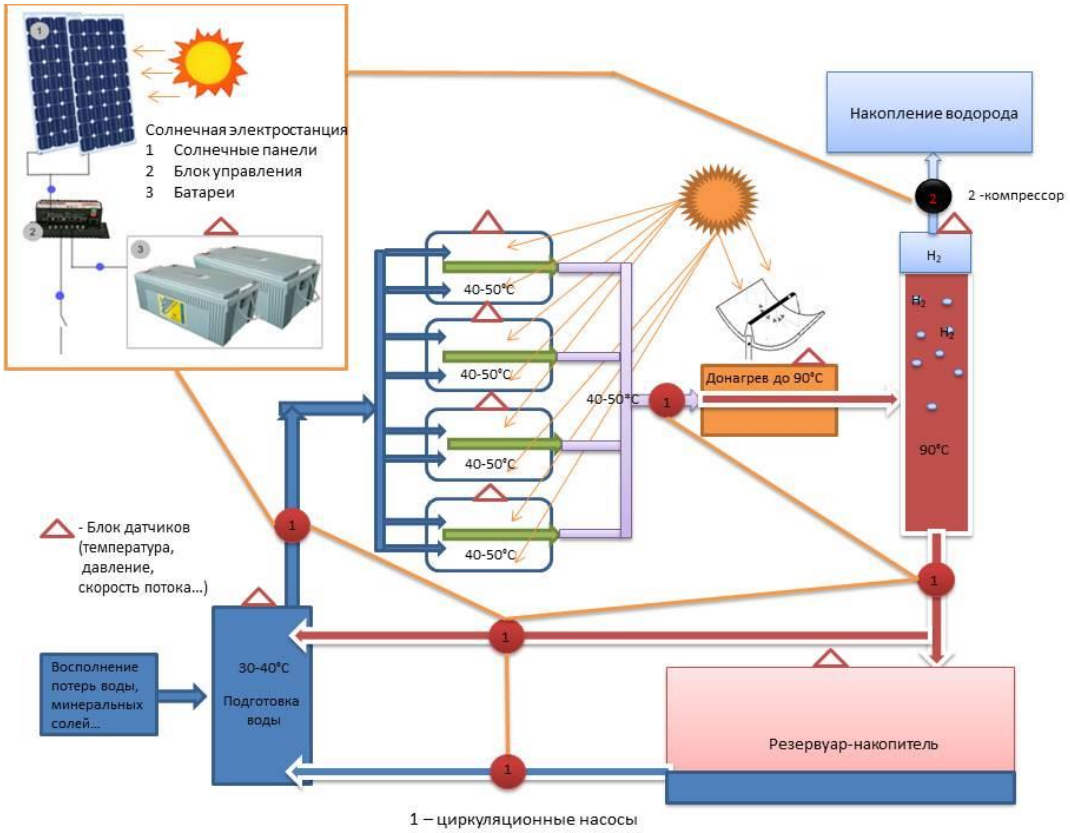


Рисунок. Схема установки по производству водорода

Принцип работы установки (рисунок):

1. установка по производству водорода (за основу взят патент [2]):
   - в фотобиореакторе под действием солнечного света происходит синтез водорода сине-зелеными водорослями, он растворяется и накапливается в воде;
   - вода с растворенным водородом постепенно откачивается насосом из фотобиореактора через полые трубки, на которых растут водоросли, в установку для подогрева воды;
   - с целью экономии энергоресурсов, подогрев воды осуществляется в трубах, окруженных параболическими зеркалами, за счет солнечной энергии;
   - нагретая вода (до температуры 90°С) поступает в установку для отделения водорода, который, поднимаясь вверх, перекачивается компрессором в резервуары для хранения;
   - вода из установки по отделению водорода поступает в утепленный резервуар-накопитель, для хранения и накопления тепловой энергии;
   - затем вода из резервуара для хранения ходы поступает в резервуар для подготовки воды. Подготовка осуществляется за счет смешивания воды из нижних (холодных)

слоев резервуара-накопителя, теплой из верхнего слоя либо напрямую из установки по отделению водорода и добавления минеральных солей. Компрессором откачивается воздух до давления 0,65 атм;
- подготовленная вода (температурой около 40°С) поступает по распределительной системе в фотобиореакторы и цикл повторяется.

2. солнечная электростанция:
   - солнечные панели под воздействием солнечного света вырабатывают электрический ток;
   - часть полученной электроэнергии накапливается аккумуляторами, другая часть необходима для питания установки по производству водорода (циркуляционные насосы, компрессоры, блоки автоматики и датчиков);
   - в темное время суток выработка электроэнергии не осуществляется, питание установки осуществляется за счет энергии, накопленной аккумуляторами.

Положительно сказываются на производительности особенности расположения солнечных электростанций – как правило, жаркий и солнечный климат, что, в свою очередь, повышает производительность биологической системы, и дополнительно подогревает воду.

Занимаемая территория, как правило, не пригодна для иных видов деятельности, что решает вопрос размещения установки.

В темное время суток фотобиореактор не производит водород, поэтому электроэнергия используется для поддержания жизнеспособности бактерий (оптимальной концентрации солей и минералов, температуры). Температуру в фотобиореакторе можно понизить до 25–30°С и поддерживать такой в темное время суток. Тепловая энергия для поддержания температуры используется из резервуара-накопителя.

В дальнейшем можно модернизировать установку для получения водорода ночью, применяя искусственное освещение, однако извлекать водород без дополнительного нагрева не получится. Произведенный и растворенный водород можно накапливать в воде и извлекать днем, либо нагревать воду, используя биогаз, полученный из биомассы «отработанных» водорослей.

Литература

1. Бармин М.И. Водород как источник энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.o8ode.ru/article/energy/energy1.htm (дата обращения: 06.01.2019).
2. Способ получения молекулярного водорода из сине-зеленых водорослей / Марков С.А.; пат. RU 208348; заявл. 07.04.92; опубл. 10.07.97.

Молдованов Дмитрий Владимирович
Год рождения: 1994
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, аспирант
Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология и биотехнологии
e-mail: moldovanov_dima@mail.ru

Алексеев Геннадий Валентинович
Год рождения: 1948
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, д.т.н., профессор
e-mail: gva2003@mail.ru

УДК 664.6/7

ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ДЛЯ СУШКИ СУСПЕНЗИЙ

Молдованов Д.В.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Алексеев Г.В.

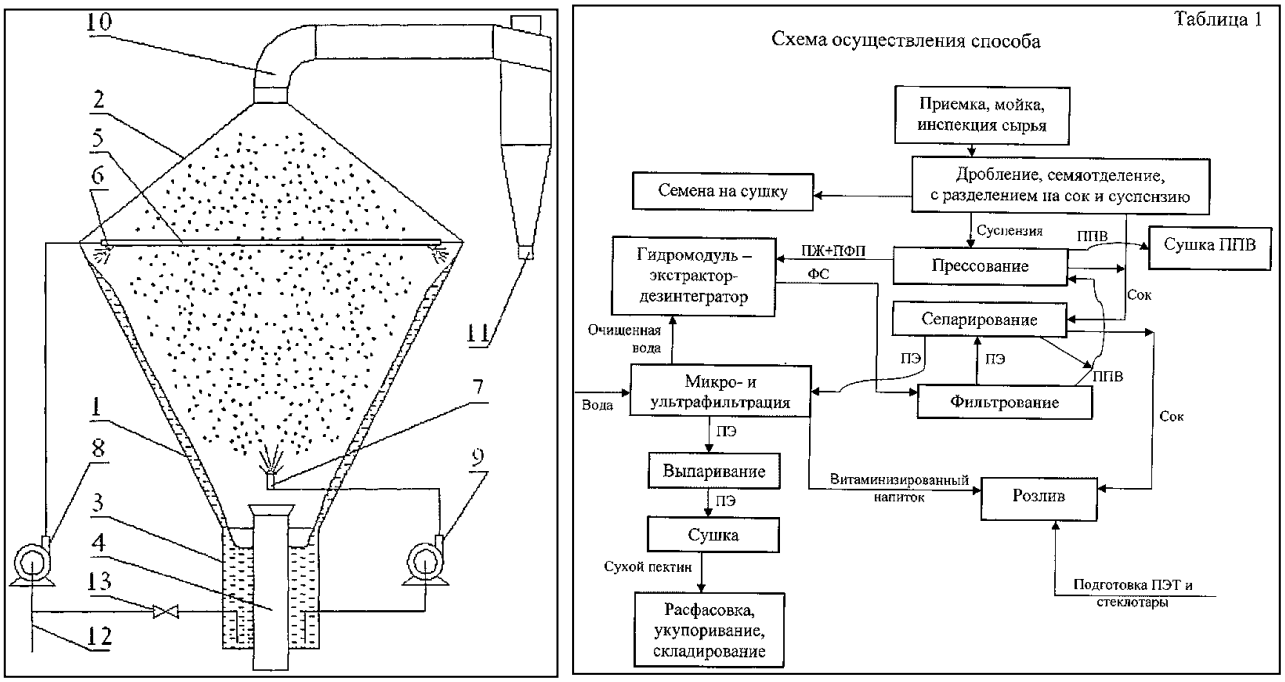
Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

Работа посвящена исследованию различных аспектов сушки различных видов суспензий и концентратов, которые относятся к пищевой, но могут использоваться в химической и фармацевтической отраслях промышленности. Особое внимание уделено новому аппарату «Устройство для сушки суспензий».
Ключевые слова: распылительная сушка, диспергирование, распыленные частицы суспензии, пектин и пектиносодержащее сырье, сушильная камера.

В теории сушки превращение сырья в сухой продукт осуществляется посредством распыления сырья в горячем сушильном агенте. Это делается с целью увеличения поверхности частиц твердой фазы энергоносителем – горячим газом. По своей сущности это непрерывный одноступенчатый технологический процесс. Сырье – суспензия, содержащая смесь мелких твердых частиц и жидкости. Высушенный продукт состоит из отдельных частиц, каждая своего размера в зависимости от физических и химических свойств сырья, конструкции сушилки и рабочих режимов. В настоящее время резервы распылительной сушки интенсивно изучаются, так как видно, что современное оборудование хотя и позволяет получить продукт, обладающий нужными свойствами, но обладает весьма значительными энерго- и ресурсоемкостью [1–6].

Распылительная сушилка – патент (№ 237748) относится как к химической, так и к пищевой отраслям промышленности. Может использоваться при получении сухих дисперсных материалов. Распылительная сушилка содержит сушильную камеру, газораспределительную решетку, подающие гидравлические форсунки. Полость сушильной камеры имеет конструктивное удлинение в виде полого цилиндра, в котором установлен газоход для подачи сушильного агента, а в верхнюю часть сушильной камеры

дополнительно введен трубчатый кольцевой питатель, соединенный с цилиндром и оснащенный по периферии гидравлическими форсунками, направленными на стенки сушильной камеры. Положительный эффект предлагаемого устройства обеспечивается за счет увеличение интенсивности и качества процесса сушки.



а б

Рис. 1. Распылительная сушилка (а); способ получения пектина и других продуктов из пектиносодержащего сырья (б)

На рис. 1, а, изображена распылительная сушилка, имеющая вертикальную сушильную камеру, образованную двумя усеченными конусами 1, 2 и цилиндром 3; газоход для подачи сушильного агента 4; трубчатый кольцевой питатель 5, оснащенный по периферии гидравлическими форсунками 6; распылитель 7; насосы 8 и 9; газоход отработавшего сушильного агента 10; циклон 11; трубопровод 12; вентиль 13.

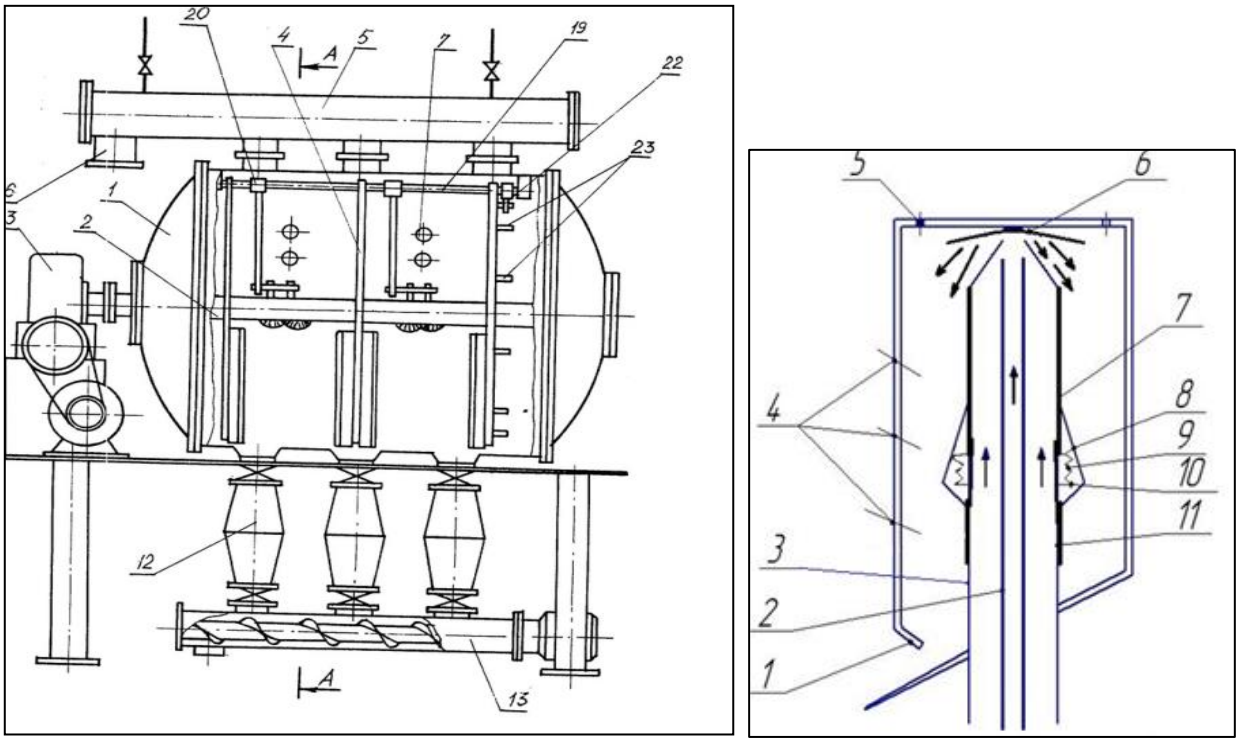
Изобретение по патенту (№ 2309607) «Способ получения пектина и других продуктов из пектиносодержащего сырья» рис. 1, б, включает подготовку исходного сырья с отделением жома, который смешивают с водой и направляют в гидромодуль для кавитационной обработки при pH 2,8–3,6. Извлекают из гидромодуля полученную смесь, разделяют ее вакуум-фильтрованием и сепарированием на пектиновый экстракт и пектиносодержащие пищевые волокна. Указанные пищевые волокна прессуют с отделением пульпы и обезвоживают конвективной сушкой. Пульпу возвращают в гидромодуль, смешивают воду, жом и пульпу в соотношении по массе жом:(вода + пульпа) от 50:50 до 15:85 и вода:пульпа от 90:10 до 75:25, повторяют фильтрование и сепарирование пектинового экстракта. Экстракт направляют на микрофильтрацию и ультрафильтрацию при скорости протока пектинового экстракта 0,1–2,5 м/с и давлении 0,1 МПа для отделения пектиносодержащего витаминизированного напитка. Далее экстракт с содержанием сухих веществ 3% выпаривают, и проводят вакуумную сушку во вспененном состоянии при инфракрасном энергоподводе, температуре продукта 40–50°С и остаточном давлении в сушильной камере 2,7–5,5 МПа. Использование предложенного технологического решения позволяет увеличить выход пектина и повысить эффективность процессов получения пектина и использования сырья за счет дополнительного извлечения из него пектиносодержащих соков и напитков, пищевых волокон и семян.

Одним из основных изобретений в области сушильных аппаратов является «Комплексная сушильная установка», патент (№ 2282119). Изобретение относится к технике

сушки кусковых продуктов. В комбинированной сушильной установке, состоящей из загрузочного устройства, позволяющего нарезать тонкие дольки плодов и овощей регулируемой толщины, равномерно подающего их на позволяющие снизить потери при выгрузке готового продукта игольчатые носители, перемещающиеся по вертикальной сушильной камере, разделенной перегородкой на две части, и съемника с ленточным конвейером, выводящим высушенные дольки из установки.

В первой части сушильной камеры осуществляется интенсивная радиационно-конвективная сушка, смягчающая условия сушки воздухом, поступающим из второй части установки, где происходит конвективная досушка продукта для удаления связанной влаги, позволяющая избежать подгорания продукта. Изобретение усовершенствует конструкцию сушилки, увеличивая интенсивность процесса сушки. Эффект устройства обеспечивается за счет механизации трудоемких процессов регулируемой нарезки плодов и овощей и нанизки долек, увеличения интенсивности процесса сушки без подгорания долек, снижения потерь продукта.

Нельзя обойти стороной патент (№ 2112184) рис. 2, а, «Вакуумная пеносушилка». Используется в технике обезвоживания жидких и пастообразных материалов, в частности в рыбной и пищевой промышленности при производстве сухих рыбных гидролизатов и бульонов, сухих молочных продуктов, овощных и фруктовых концентратов.



а б

Рис. 2. «Вакуумная сушилка» (а); устройство для сушки суспензий (б)

Принцип работы сушилки заключается в следующем: исходный жидкий или пастообразный продукт подается через краны на дозаторы жидкости и пеногенераторы-дозаторы. Из дозаторов вспененный продукт поступает через индивидуальные краны, патрубки и движущиеся возвратно-поступательно насадки к щеточным форсункам, и распыляется на каждую рабочую поверхность диска 4, закрепленного на валу 2, при вращении которого от привода 3 продукт попадает в зону энергоподвода инфракрасных излучателей 7. Испаряющаяся влага конденсируется в поверхностном конденсаторе 5 и стекает через патрубок 6 в систему откачки, состоящую, например, из водокольцевого вакуум-насоса. Высохший продукт в нижней части дисков снимается ножами 8, прижим которых к дискам осуществляется пружиной 9. В нижней части вакуумной камеры

расположены патрубки с управляемыми задвижками 10. При открытии задвижки 10 и закрытии задвижки 11 сухой продукт ссыпается в шлюзовые камеры 12, при заполнении которых закрывается задвижка 10 и открывается задвижка 11, сухой продукт шнеком 13 перемещается из сушилки. Скорость вращения дисков 4, тепловые потоки инфракрасных излучателей, максимальные величины давления в вакуумной камере определяются опытным путем для каждого вида продукта.

Анализ описанных технических средств для сушки свидетельствует о недостаточно полном использовании механизма распыления исходного сырья. В связи с этим было принято решение, разработать новое более совершенное технологичное устройство для сушки суспензий рис. 2, б, решающее ряд проблем, возникающих при использовании предыдущих устройств. Предлагаемое техническое решение относится к химической и пищевой отраслям промышленности, а именно, к сушке суспензий, и может быть использовано при производстве сухих дисперсных материалов, в частности пищевого назначения, например сухого молока или пектина.

Технический результат – увеличение качества и интенсивности процесса при сушке суспензий. С точки зрения существенности отличительных признаков для достижения этого результата следует выделить работу устройства для распыления суспензий. Высушиваемая суспензия подается в сушильную камеру, полость которой выполнена в виде зазора между коаксиальными цилиндрами, по магистрали. Эта магистраль выполнена в виде вложенных друг в друга коаксиальных цилиндрических труб, в зазоре которых под давлением перемещается высокотемпературный теплоноситель, а по оси внутреннего цилиндра – высушиваемая суспензия, которая эжектируется через гидравлические форсунки на выходе продукта и теплоносителя в направлении перпендикулярно установленному оси корпуса на верхней крышке сферическому отбойнику 6, где от удара о него диспергируется в мельчайшие капли. Капли, многократно увеличивая площадь контакта материала и теплоносителя, интенсифицируют процесс теплового воздействия на обрабатываемый продукт вызывая парообразование. По периметру отбойника в корпусе, для удаления из рабочей зоны побочных продуктов, размещены пароотводящие отверстия 5. Для компенсации объемов удаленной влаги и унесенной теплоты газораспределительные элементы 4 в виде сопел в корпусе для дополнительной подачи сушильного агента выполнены под наклоном 40–45º к перпендикулярной секущей плоскости корпуса и под углом 45–50º к направляющей внешнего цилиндра. Такое их выполнение способствует закручиванию высушиваемой суспензии и, соответственно, увеличению пути спирального движения обрабатываемого продукта внутри сушильного корпуса с турбулизацией потоков сушильного агента для более интенсивного теплообмена с его отдельными частицами. Кроме того, наличие касательной составляющей скорости перемещения частиц продукта относительно сушильного корпуса препятствует налипанию высушенной суспензии на внутренней поверхности.

Эффективность предлагаемого устройства обеспечивается за счет увеличения интенсивности и качества процесса распыления исходного сырья. Это обеспечивается предварительным нагревом за счет эквидистантно подаваемого сушильного агента, дополнительным диспергированием за счет удара и исключением налипания распыленных частиц суспензии или продукта при контакте со стенками сушильной камеры.

Литература

1. Алексеев Г.В., Боровков М.И., Дмитриченко М.И., Тартышный А.А. Основы защиты интеллектуальной собственности. Учебное пособие. – СПб.: ИЦ Интермедия, 2012. – 272 с.
2. Патент РФ № 2008145783/06, 19.11.2008. Распылительная сушилка // Патент России № 2377485. 2008 / Алексанян И.Ю., Максименко Ю.А., Дяченко Э.П., Ермолаев В.В.

3. Патент РФ № 2008130429/13, 22.07.2008. Способ обезвоживания пищевых волокон при производстве пектина // Патент России № 2374851. 2008 / Алексанян И.Ю., Максименко Ю.А., Титова Л.М., Ермолаев В.В.
4. Патент РФ № 2006101955/13, 24.01.2006. Способ получения пектина и других продуктов из пектиносодержащего сырья // Патент России № 2309607. 2006 / Алексанян И.Ю., Максименко Ю.А., Аристов П.М., Синяк С.В.
5. Патент РФ № 2004138034/06, 24.12.2004. Комплексная сушильная установка // Патент России № 2282119. 2004 / Алексанян И.Ю., Давидюк В.В.
6. Патент РФ № F26B17/00,29.04.1992. Вакуумная пеносушилка // Патент России №2112184. 1992/ Алексанян И.Ю., Буйнов А.А.

Никитенко Полина Сергеевна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4252
Направление подготовки: 18.04.02 – Промышленная экология и чистое производство
e-mail: nikitpolina@yandex.ru

Сергиенко Ольга Ивановна
Год рождения: 1957
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

УДК 006.065.3

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОЙ РЕДАКЦИИ СТАНДАРТА ИСО 50001 В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Никитенко П.С., Сергиенко О.И.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Сергиенко О.И.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

На официальном сайте Международной организации по стандартизации ИСО в августе 2018 года была опубликована обновленная версия стандарта ISO 50001 «Системы энергетического менеджмента – требования и руководство по применению». В работе рассмотрены основные изменения в ISO 50001:2018, а также особенности применения новой редакции стандарта.
Ключевые слова: энергетический менеджмент, система менеджмента, интегрирование систем, энергоэффективность, интеграция стандартов, гармонизация стандартов.

Во введении пересмотренной версии стандарта устанавливаются требования к внедрению, применению, эксплуатации и улучшению системы энергетического менеджмента. Цель состоит в том, чтобы дать организациям возможность применять системный подход путем постоянного улучшения эффективности использования энергии и системы управления энергопотреблением. Обновленная версия стандарта ИСО 50001:2018 распространяется на все организации, независимо от их типа, размера, сложности, географического положения, культуры организации или предлагаемых продуктов и услуг [1].

Стандарт применим ко всем процессам организации в области энергоэффективности. Применение стандарта не зависит от количества или вида потребляемой энергии и требует от организации доказательства или свидетельства постоянного повышения эффективности использования энергии. Однако обновленная версия ISO 50001 не указывает на какую-либо определенную степень улучшения, которая должна быть достигнута.

Одним из ключевых моментов в стандарте является то, что система энергетического менеджмента может быть не только внедрена независимо от других систем менеджмента, уже существующих на предприятии, но и интегрирована с ними. Например, возможна интеграция системы энергетического менеджмента с системой менеджмента качества или системой экологического менеджмента.

Система энергетического менеджмента предназначена для постоянного улучшения энергетических показателей компании («energy performance»). Если реализация этого системного подхода будет успешной, предприятия смогут: улучшить свои энергетические показатели, повысить энергоэффективность и одновременно оптимизировать использование энергии.

Решение о необходимости действий по регулярному пересмотру стандарта (теперь каждые пять лет) принял созданный в 2016 году технический комитет ИСО/ТК 301 «Управление энергетикой и энергосбережение» (ISO/TC 301 Energy management and energy savings).

Все технические комитеты, разрабатывающие стандарты систем менеджмента, должны следовать специальному Приложению SL (Annex SL), разработанному Международной организацией по стандартизации. Оно регламентирует правила написания стандартов [2]. Цель данного приложения состоит в гармонизации международных стандартов путем перехода к так называемой высокоуровневой структуре (High Level Structure, HLS), что позволяет повысить их совместимость [3]. Это и является основной причиной пересмотра ISO 50001:2011.

Высокоуровневая структура была разработана шесть лет назад и применяется ко всем новым стандартам системы менеджмента после решения ISO. Она позволяет добиться высокой степени идентичности названий разделов, основных положений, терминов и определений. Можно сказать, что высокоуровневая структура и является самым важным изменением в обновленной версии стандарта.

Высокоуровневая структура всех новых или пересмотренных международных стандартов в области менеджмента, включая ISO 50001:2018, имеет 3 вводных раздела и 7 разделов с основными требованиями:

1. область применения;
2. нормативные ссылки;
3. термины и определения;
4. среда организации;
5. лидерство руководства;
6. планирование;
7. поддержка;
8. функционирование;
9. оценка деятельности;
10. улучшение.

Это означает, что требования к конкретным элементам системы всегда можно найти в одних и тех же разделах, что облегчает интеграцию систем менеджмента и создает основу для синергизма отдельных систем управления. Кроме того, тем компаниям, которым требуется непрерывное поддержание сертифицированных систем менеджмента, интеграция позволяет избежать многократных аудитов отдельных систем, и, тем самым, обеспечивает экономическую выгоду.

В результате перехода на высокоуровневую структуру новый документ приобрел более четкое изложение текста. Однако некоторые требования ISO 50001:2018 должны быть скорректированы, как, например, формулировка «документированная информация», так как новый раздел 7.5 заменяет предыдущие определения «документы» и «записи» в разделе 4.5.4 ISO 50001:2011.

Наиболее важные изменения коснулись риск-ориентированного подхода в контексте организации, усилении роли высшего руководства и вовлечения персонала, а также вопросов интеграции систем менеджмента.

Контекст организации Контекст организации – новый элемент системы энергетического менеджмента. В разделе 4.1 ISO 50001:2018 указано, что организация должна получить понимание своего «контекста» [1]. Это требует определения внутренних и

внешних аспектов, которые связаны с энергетической деятельностью организации и, следовательно, имеют отношение и к энергетическому планированию. Организация теперь должна отслеживать и анализировать информацию о внешних и внутренних проблемах, чтобы получить понимание контекста.

Для определения контекста можно применить многокомпонентный PESTEL-анализ, так как он фокусируется на текущем и стратегическом влиянии политических (P – political), экономических (E – economical), социальных (S – social), технологических (T – technological), экологических (E – environmental) и правовых (L – legal) факторов [4].

PESTEL-анализ является важным инструментом стратегического управления, который оценивает влияние внешних факторов на жизнь компании.

Пример факторов среды для вышеперечисленных аспектов представлен в таблице.

Таблица. Пример факторов среды

Аспект анализа	Фактор среды
Политический	Политический курс государства
Экономический	Инфляция, тарифы на электроэнергию
Социальный	Мнения заинтересованных сторон
Технологический	Развитие альтернативной энергетики
Экологический	Источники потребляемой энергии
Правовой	Изменения законодательства в сфере энергетики

1. Риск-ориентированный подход. На этапе энергетического планирования необходимо определить возможности и риски, чтобы гарантировать, что система энергетического менеджмента сможет достичь поставленных целей, предотвратить или смягчить нежелательные воздействия, а также, что будет достигнуто постоянное улучшение системы и энергетических характеристик.

Относительно выявленных рисков и возможностей должны быть разработаны соответствующие мероприятия, которые далее должны быть учтены в процессе энергетического планирования и «встроены» в систему энергетического менеджмента.

К энергетическим рискам, которые необходимо учесть на этапе планирования, относятся: риски аварийной остановки оборудования, риски снижения качества энергоснабжения, риск отключения от энергоснабжения.

2. Рост роли высшего руководства. В новой версии стандарта подчеркивается роль высшего руководства, которое должно гарантировать, что система энергетического менеджмента достигнет желаемых результатов. Высшее руководство также несет ответственность за обеспечение согласованности системы энергетического менеджмента со стратегическим курсом организации, и чтобы требования системы были интегрированы в бизнес-процессы.
3. Создание рабочей группы. Руководство обязано сформировать службу по системе энергетического менеджмента, или подразделение по энергоэффективности и энергосбережению, которое может состоять даже из одного человека. Руководство организации также отвечает за предоставление рабочей группе соответствующих полномочий. Рабочая группа, в свою очередь, отвечает за оперативное управление системой энергетического менеджмента и регулярное информирование высшего руководства о работе и улучшении показателей, связанных с энергетической деятельностью предприятия.
4. Гармонизация группы стандартов ISO 50000 и новой редакции ISO 50001:2018. Вся группа стандартов ISO 50000 теперь сильнее гармонизирована со стандартом ISO 50001. К примеру, из текста ISO 50006:2014 были включены такие термины и определения как «показатели энергоэффективности» и «энергетические базовые линии». Эти

взаимосвязанные понятия позволяют организациям демонстрировать улучшение энергоэффективности.

Также вводится понятие «нормализации энергетических показателей» деятельности организации.

5. Планирование в целях сбора энергетических данных. План проведения энергетических измерений, ранее требуемый в разделе «Мониторинг, измерение и анализ», теперь является обязательным для плана сбора энергетических данных в разделе 6.6 ISO 50001:2018 [1]. План гарантирует, что необходимые данные для мониторинга ключевых энергетических характеристик всегда будут регистрироваться, так как это единственный способ продемонстрировать снижение энергопотребления и улучшение эффективности благодаря внедрению системы энергетического менеджмента.

Таким образом, новый стандарт ISO 50001: 2018 требует, прежде всего, углубленного анализа и оценки энергетических аспектов организации. Кроме того, высшее руководство берет на себя больше ответственности за повышение результативности и эффективности системы энергетического менеджмента.

Стоит также отметить, что период перехода на новый стандарт составляет 18 месяцев после даты опубликования пересмотренного стандарта [5]. Если организация сертифицирована по стандарту ISO 50001:2011, то срок действия этого сертификата истекает через три года после даты выпуска новой версии ISO 50001:2018, т.е. 21 августа 2021 года. У российских компаний есть время для подготовки к внедрению новой редакции стандарта, которая переводит систему энергетического менеджмента из категории «документов, пылящихся на полке» в категорию актуальных документов.

Литература

1. ISO 50001:2018. Energy management systems – Requirements with guidance for use [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.iso.org/standard/69426.html (дата обращения: 06.01.2019).
2. Management makeover – New format for future ISO management system standards [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.iso.org/ru/contents/news/2012/07/Ref1621.html (дата обращения: 06.01.2019).
3. The Annex SL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Annex_SL (дата обращения: 06.01.2019).
4. PEST-анализ // Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/?oldid=97452755 (дата обращения: 13.01.2019).
5. International Accreditation Forum [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.iaf.nu/upFiles/VancouverGAResolutions_Final.pdf (дата обращения: 06.01.2019).

Нсенгумуремый Даниель
Год рождения: 1988
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, аспирант
Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология и биотехнология
e-mail: nsedanco@yahoo.fr

Агембо Эванс
Год рождения: 1985
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4118с
Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология
e-mail: eaagembo@gmail.com

Баракова Надежда Васильевна
Год рождения: 1954
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: barakova@corp.ifmo.ru

УДК 663.085

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН

Нсенгумуремый Д., Агембо Э.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Баракова Н.В.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе рассмотрены режимы ультразвуковой обработки отрубей, полученных при лущении нового для Северо-западного региона сорта пшеницы Ленинградская 6. Отруби обрабатывались ультразвуком на установке Hielsher UIP 1000 hdT с частотой 19,3 кГц.
Ключевые слова: пищевые волокна, клетчатка, ультразвуковая обработка, модификация пищевых волокон, питательная ценность отрубей.

Пищевые волокна – это комплекс сложных углеводов: клетчатка (целлюлоза), гемицеллюлоза, пектины, камеди (гумми), слизи и полимер ароматических спиртов-лигнин. Пищевые волокна играют важную роль в жизнедеятельности человека [1].

Целлюлоза – важнейший элемент питания человека. Она сокращает время пребывания пищи в организме человека и одновременно очищает его от токсинов и шлаков. Потребление достаточного количества целлюлозы способствует нормализации работы кишечника, является пищей для микрофлоры кишечника. Целлюлоза является полимером глюкозы.

Гемицеллюлоза – это полисахарид клеточной оболочки. Гемицеллюлоза способна удерживать воду и связывать катионы.

Пектин – сложный комплекс коллоидных полисахаридов. В желудочно-кишечном тракте пектины связывают тяжелые металлы.

Камеди – сложный, неструктурированный полисахарид, не входящий в состав клеточной оболочки, растворимый в воде. Камеди способны связывать в кишечнике тяжелые металлы и холестерин.

Слизи – это сложная смесь гетерополисахаридов, связывают в кишечнике тяжелые металлы, холестерин.

Лигнины – безуглеводные вещества клеточных оболочек, состоящие из полимеров ароматических спиртов. Лигнин может связывать соли желчных кислот и другие органические вещества, а также замедлять или нарушать абсорбцию пищевых веществ.

В желудочно-кишечном тракте пищевые волокна почти не усваиваются, но являются важнейшей составляющей в пище. Пищевые волокна могут частично расщепляться в толстом кишечнике под действием микроорганизмов.

Содержание клетчатки в цельнозерновом зерне колеблется от 11,6% до 12,7% сухого веса. Пшеничные отруби являются одним из самых богатых источников клетчатки, 46% – некрахмаленый полисахарид. Основными присутствующими некрахмальными полисахаридами являются арабиноксилан, целлюлоза и бета-глюкан, которые составляют соответственно 70%, 24% и 6% некрахмальных полисахаридов отрубей [2].

Целлюлоза расщепляется на 30–40%, гемицеллюлоза на 60–84%, пектиновые вещества на 35% [3].

Повысить доступность пищевых волокон для микроорганизмов можно за счет кавитационной обработки. Пшеничные отруби относятся к пищевым волокнам. В работе [4] были проведены исследования по обработке отрубей пшеницы с частотой обработки в диапазоне 20–44 кГц от 30 до 240 с, при температуре 30–70°C, и было установлено, что обработка пшеничных отрубей на ультразвуковой установке с частотой 44 кГц позволяет разрушить стенки растительной клетки, снизить содержание клетчатки, устранить микробиологическую контаменацию пищевых волокон.

Пшеничные отруби – отходы при переработки пшеницы, получение муки из разных сортов пшеницы. Новым сортом пшеницы для Северо-Западного региона является Ленинградская 6. Патентообладателем нового сорта является ФГБНУ «Ленинградский НИИСХ «Белогорка». Отличительная особенность сорта – высокое содержание сырой клейковины в зерне, более 18%. Эксперименты по исследованию качества клейковины показали, что качество клейковины согласно ГОСТ Р 54478-2011 указывает на «группу качества I» с характеристикой «хорошая» [5]. Полученные результаты могут быть полезны в разработке дифференцированной технологии глубокой переработке пшеницы сортов Ленинградская 6 на территории Северо-Западного региона.

В технологии глубокой переработки пшеницы предусматривается проведение операции лущения пшеницы, в результате чего будет получен продукт – отруби пшеничные, которые в дальнейшем можно использовать как пищевую добавку, обладающую пребиотическими свойствами.

Целью данных исследований – установить влияние ультразвуковой обработки пшеничных отрубей, полученных из сорта пшеницы Ленинградская 6, на изменение их качественных показателей.

Для проведения экспериментов использовались отруби, полученные методом лущения пшеницы Ленинградская 6 [6]. Анализ отрубей до и после обработки ультразвуком проводился по следующим параметрам: количество водорастворимого белка определялось по методу Брэдфорда [7], содержание свободного азота аминокислот – колориметрическим методом с нингидрином [8], содержание целлюлозы по методу Киршнера–Ханака [9] (цитируется Гордана и весна, 2011).

Обработка отрубей ультразвуком проводилась на установке Hielsher UIP 1000 hdT с частотой 19,3 кГц.

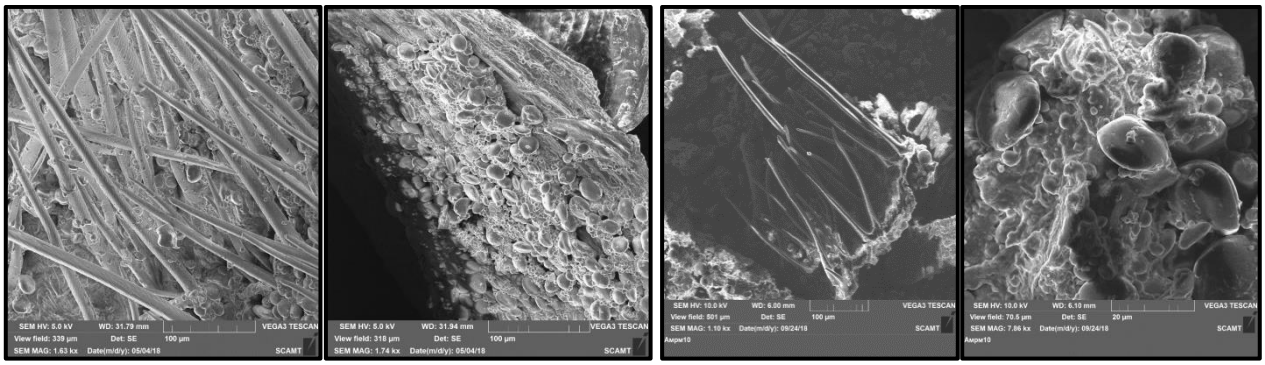
Изменение структуры отрубей определялось на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) VEGA 3 SBH TESCAN (Чехия).

В таблице представлены физико-химические показатели до и после обработки ультразвуком.

Таблица. Физико-химические показатели до и после обработки ультразвуком

Показатели	Образцы	
	До обработки	После обработки
Содержание целлюлозы (г/100 г)	20,2±0,013	19,8±0,003
Водорастворимый белок (мг/мл)	1,671±0,00001	2,072±0,00006
Свободный азот аминокислот (мг/мл)	0,116±0,00003	0,133±0,00013

При исследовании изменения структуры на СЭМ (рисунок) установлено, что обработка пшеничных отрубей ультразвуком позволила изменить структуру отрубей.



а б

Рисунок. Изображение отрубей пшеницы под СЭМ: до (а) и после (б) ультразвуковой обработки

Литература

1. Броневец И.Н. Пищевые волокна – важная составляющая сбалансированного здорового питания // Медицинские науки. – 2015. – № 10. – С. 46–48.
2. Стивенсон Л., Филлипс Ф., О'Салливан К., Уолтон Дж. Пшеничные отруби: их состав и польза для здоровья, европейская перспектива // Международный журнал пищевых наук и питания. – 2012. – № 63(8). – С. 1001–1013.
3. Могильный М.П., Баласанян А.Ю., Шалтумаев Т.Ш. Рациональное использование источников пищевых волокон при производстве пищевой продукции // Новые технологии. – 2014. – № 1. – С. 28–33.
4. Быков А.В. Перспективы использования кавитационного гидролиза некрахмалистых полисахаридов // Вестник ОГУ. – 2011. – № 4(123). – С. 123–127.
5. Лебедев М.Е., Баракова Н.В. Использование сортов Ленинградская 6 и Ленинградская 12 в технологии комплексной переработки зерна // Материалы I Международной конференции FOODFIFE 2018. Генетические ресурсы растений и здоровое питание: потенциал зерновых культур. – 2018. – С. 85.
6. Лебедев М.Е., Шевлюк А.С., Джураев М.З. Влияние дозы внесения ферментных препаратов и pH среды на процесс лущения пшеницы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://openbooks.itmo.ru/ru/file/6862/6862.pdf (дата обращения: 06.01.2019); Муравьёв К.Ю., Баракова Н.В. Получение кваса из ржаного солода, обогащенного селеном // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2018. – № 1. – С. 15–20.
7. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Analytical Biochemistry. – 1976. – V. 72. – № 1–2. – P. 248–254.

8. Lie S. The EBC-Ninhydrin method for determination of free alpha amino nitrogen // J. Inst. Brew. – 1973. – V. 79. – P. 37–41.
9. Кулич Г.Дж., Радойчич В.Б. Анализ содержания клетчатки в стеблях и листьях крупнолистового табака // Журнал сельскохозяйственных наук. – 2011. – № 56. – Т. 3. – С. 207– 215.

Нсенгумуремый Даниель
Год рождения: 1988
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, аспирант
Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология и биотехнология
e-mail: nsedanco@yahoo.fr

Сабиров Альфир Альбертович
Год рождения: 1988
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, аспирант
Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология и биотехнология
e-mail: alfirsabirov@gmail.com

Баракова Надежда Васильевна
Год рождения: 1954
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: barakova@corp.ifmo.ru

УДК 57.576.08

ANALYSIS OF BIOTECHNOLOGICAL PROPERTIES OF THE STRAIN OF *E. COLI* TRANSFORMED USING NANOSTRUCTURE

Nsengumuremyi D., Sabirov A.A.
Scientific adviser – Associate Professor, Ph.D. Barakova N.V.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617025 «Разработка и анализ систем доставки органо-неорганических молекулярных машин».

In this study, the rye precipitate (grains), obtained after the hydrolysis of rye grains was enriched using the strain of *Escherichia coli*, strain ATCC with turbo RFP transformed by incubation with aluminium oxide nanoparticles – Al_2O_3 and *Candida tropicalis* strain CK-4, derived by ecological selection, producers of protein. Based on the results, the amount of water-soluble protein obtained during the cultivation of *E. coli* (1.60%) is comparable to the amount of protein obtained during the cultivation of *C. tropicalis* (1.65%) on a grains (precipitate) obtained after hydrolysis and centrifugation with 40% added wort (filtrate) containing carbohydrates. The results obtained in the course of scientific work suggest the prospects for the use of *E. Coli* transformed by incubation with aluminium oxide nanoparticles (Al_2O_3), the source of the fluorescent protein RFP.
Keywords: Biomass, Escherichia coli, Candida tropicalis, protein, RFP, Aluminium oxide nanoparticles.

Progress in nanotechnology will inevitably lead to the large-scale entry of nanomaterials into the environment and into various living organisms ranging from bacteria to higher animals and humans. One of such nanoparticles is metal oxides, in particular, aluminium oxide (Al_2O_3) nanoparticles (AlNPs). Aluminium oxide nanoparticles are used as a highly efficient catalyst and a

thermostable carrier of catalysts for various processes of organic synthesis, oil refining and petrochemistry, a highly selective sorbent, and as a component of composite materials [1].

In connection with the development and introduction of nanotechnology, the problem associated with the possibility of the impact of man-made particles on the mutagenesis of bacteria is particularly acute.

E. coli is a type of gram-negative bacillus bacteria, facultative anaerobe that is part of the normal intestinal microflora of the human gastrointestinal tract. *E. coli* benefits the body by, for example, synthesizing vitamins, as well as preventing the development of pathogenic microorganisms in the intestines [2, 3].

In the framework of the SCAMT microbiological laboratory (ITMO University), studies were conducted on the effect of nanomaterial on mutagenesis and the exchange of genetic material between bacteria and it was found that some metal oxide nanoparticles, especially aluminium oxide, increase the activity of this process. In the process of conducting research, a strain of *E. coli* was synthesized, a Red fluorescent protein (RFP) synthesized [4].

Red Fluorescent Protein (RFP) is used to screen drugs for the treatment of tumour cells. RFP enables the interaction between the cancer cells and the host cells to be visualized in real time [5].

In this regard, it is of interest in conducting research on the increase in the biomass of this protein.

As a source of nutrient medium for the cultivation of protein producers microorganism, grains (precipitate) obtained from wort prepared from rye, processed on the installation of shock-disintegrator-activator type, which allows for deep destruction of the components of grain raw materials and activation of grain enzymes. The hydrolysis of starch to glucose and maltose increases the amount of water-soluble protein and the number of essential amino acids.

The aim of this study is Enriching the rye precipitate (grains), obtained after the hydrolysis of rye grains, using the strain of *Candida tropicalis* and *E. coli*, producers of protein. Moreover, the comparison between water-soluble protein concentration of biomass with the addition of the strain of *Candida tropicalis* and biomass with the addition of the strain of *E. coli* was carried out in this study.

The object of the study was *Escherichia coli*, strain ATCC with turbo RFP transformed by incubation with aluminium oxide nanoparticles – Al_2O_3. The *Candida tropicalis* strain CK-4, derived by ecological selection an industrial strain used as a producer of protein-rich biomass, was used as an object of comparison.

For partial hydrolysis of starch and liquefaction of the mixture, the flour and water in a ratio of 1:3 respectively, was prepared in a LOIP LB-163 water bath at a heating rate of 1°C/min with the constant stirring at a temperature of 60°C with the addition of the enzyme preparation 'AmiloLux-ATS'. The process of hydrolysis of starch was carried out for 1 hour. For saccharification of the diluted rye suspension, the enzyme preparation "GlucoLux-A" was added, and the process was continued for another 1.5 hours. Further, the temperature of the saccharified mass was reduced to 55°C, and the enzyme preparation of the bacterial protease 'Protosubtilin GZx A-120' was added. After 1 hour, the enzyme preparation of the acid protease 'Pro100L' was added, and the wort proteolysis was continued for 1 hour.

Thus, grain wort with a mass fraction of dry matter of 24.9% was obtained. Determination of the mass fraction of dry substances in the grain wort was carried out in its filtrate by a refractometric method on the Refractometer PTR46 Index Instruments.

The separation of the finished grain wort was carried out by centrifugation for 60 minutes at a centrifugal speed of 4,600 rpm. Drying the resulting solid fraction (grains) was carried out at 60°C in drier cabinet LOIP-LF-25/350-VS2 until the content of the mass fraction of moisture of 6–10%.

In the first experiment, 4 samples were prepared for cultivation. 50 g of dried rye solid sediments (grains) were dissolved in 450 ml of water. Then, 1.5 g of carbamide (urea) was added, acidified with orthophosphoric acid to pH=5.3–5.5. Then, different amounts of wort were added as follow: in the 1stsample, 10% (5 ml); in the 2nd sample 20% (10 ml); in the 3rd sample, 30% (15 ml),

and in the 4th sample, 40% (20 ml). All samples were sterilized (at 1 atmosphere for 30 min), cooled down and 50 ml of *Candida tropicalis* were inoculated in each sample.

In the second experiment, 20 g of dried rye solid sediment (grains), 6% moisture content, were dissolved in 180 ml of water in a conical flask. Then, 30% (6 ml) of rye wort (23% dry matter) were added to the mixture and sterilized at 121°C at 1 atmosphere for 30 min. After sterilization, the mixture was cooled down and 20 ml of *E. coli* strain ATCC with turbo RFP (Red fluorescent protein), transformed by incubation with aluminium oxide nanoparticles – Al_2O_3 and 60µl of ampicillin were inoculated into the mixture.

After that, all samples (cultural liquid) were incubated for 2 days (48 hours) in incubator-shaker (ES-20) at 37°C, 220 rpm. After incubation, the samples were dried at 50°C LOIP-LF-25/350-VS2 (Russia) to a moisture content of 6–9%.

The concentration of water-soluble proteins of all samples was determined according to Lowry [6].

Data generated were subjected to analysis of variance (ANOVA) using Origin statistical software (version 6.1) at 5% significance. All measurements were made at least in triplicate. Results were reported as means ± standard deviations.

The results of water-soluble proteins were expressed in % of the total mass of biomass and recorded in table.

Table. The concentration of water-soluble proteins of wort grains with different concentration of wort and strains of *C. tropicalis* and *E. coli*

Sample	Composition of biomass	Water-soluble protein (%)
1	Grains + 10%* + *C. tropicalis*	1.056 ± 0.0009
2	Grains + 20%* + *C. tropicalis*	1.203 ± 0.0006
3	Grains + 30%* + *C. tropicalis*	2.2 ± 0.04
4	Grains + 40%* + *C. tropicalis*	1.64 ± 0.0001
5	Grains + 30%* + *E. coli*	1.6 ± 0.04

*: quantity of wort added to grains.

Based on the data presented in the table, the amount of water-soluble protein obtained during the cultivation of *E. coli* (1.60%) is comparable to the amount of protein obtained during the cultivation of *C. tropicalis* (1.65%) on a grains (precipitate) obtained after hydrolysis and centrifugation with 40% added wort (filtrate) containing carbohydrates. At the 0.05 level, the means of 4th (Grains + 40%* + *C. tropicalis*) and 5th sample (Grains + 30%* + *E. coli*) are not significantly different.

According to Osborne (), proteins of cereal flours were classified into four types namely albumins, globulins, prolamins, and glutelins. This classification is based on their different solubility and on the fractionation procedure of Osborne [7]. Regarding soluble proteins, albumins are soluble in pure water while globulins are soluble in dilute salts solutions. In this study, water-soluble proteins (albumins) were determined. Albumins, as well as globulins, are concentrated in the aleurone layer, bran, and germ of the rye grain or other cereal grains. Therefore, the concentration of albumins and globulins in the starchy endosperm is relatively low. Concerning the functions albumins and globulins, most of them are metabolic proteins, as enzymes or enzyme inhibitors [8].

The results obtained in the course of scientific work suggest the prospects for the use of *E. Coli* transformed by incubation with aluminium oxide nanoparticles (Al_2O_3), the source of the fluorescent protein RFP. Further research is needed.

References

1. Rowe R.C., Sheskey J.P., Quinn M.E. Adipic acid // Handbook of Pharmaceutical Excipients. – 2009. – P. 11–12.

2. Tenaillon O., Skurnik D., Picard B., Denamur E. The population genetics of commensal *Escherichia coli* // Nature Reviews. Microbiology. – 2010. – V. 8(3). – P. 207–217.
3. Bentley R., Meganathan R. Biosynthesis of vitamin K (menaquinone) in bacteria // Microbiological Reviews. – 1982. – V. 46(3). – P. 241–280.
4. Bevis Brooke J., Glick Benjamin S. Rapidly maturing variants of the Discosoma red fluorescent protein (DsRed) // Nature Biotechnology. – 2002. – V. 20(1). – P. 83–87.
5. Hoffman RM. Application of GFP imaging in cancer // Lab Invest. – 2015. – V. 95(4). – P. 432–452.
6. Waterborg J.H. The Lowry method for protein quantitation // The Protein Protocols Handbook. – 2002. – P. 7–9.
7. Osborne T.B. The proteins of the wheat kernel. – Carnegie Inst, Washington, DC, 1907. – 119 p.
8. Peterson D.M. Subunit structure and composition of oat seed globulin // Plant Physiol. – 1978. – V. 62. – P. 506–509.

Орипова Азиза Алишеровна
Год рождения: 1993
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, аспирант
Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология и биотехнологии
e-mail: aziza.oripova@gmail.com

Динкелакер Наталья Владимировна
Год рождения: 1972
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, ст. преподаватель
e-mail: nvdinkelaker@mail.ru

Овсюк Елена Алексеевна
Год рождения: 1973
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: ovsuk@mail.ru

УДК 639.3, 502.743

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОАККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ВО ВНУТРЕННИХ ОРГАНАХ И ТКАНЯХ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ

Орипова А.А., Динкелакер Н.В.
Научный руководитель – к.т.н. доцент Овсюк Е.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

Работа посвящена изучению аккумуляции тяжелых металлов во внутренних органах ценных водных биоресурсов, на примере атлантического лосося, выращиваемых от диких производителей рыб, отловленных для искусственного воспроизводства, определены центры накопления тяжелых металлов в тканях исследуемых рыб.
Ключевые слова: атлантический лосось, тяжелые металлы, биоаккумуляция, естественный нерест, Балтийское море.

Лососевые, в особенности атлантический лосось, являются одними из наиболее ценных объектов рыбного промысла в регионах Балтийского моря. Однако, начиная с середины XX века, добыча этих водных биоресурсов снижалась и в настоящее время дикие популяции этих видов достигли критических уровней, полностью или частично утратив свои естественные нерестилища. Лососевые виды рыб имеют огромное значение при решении задач обеспечения населения Северо-Запада России качественной рыбной продукцией. Дикие популяции лососевых рыб хранят генетическое богатство и разнообразие рыбного

сообщества на Северо-Западе России, их поддержание является основой устойчивой отрасли, и одной из важных задач является восстановление популяций лососевых до промысловых размеров.

На сегодняшний день существует много программ по восстановлению диких популяций лососевых рыб, однако водоемы, которые важны в рыбохозяйственном значении для этих видов, имеют повышенные уровни загрязнения токсическими веществами, а именно, нагульные акватории Балтийского моря и нерестовые реки. В связи этим возникает вопрос о возможности и целесообразности восстановления данных видов до промысловых.

Учитывая пищевые преимущества диких видов рыб относительно рыбоводной продукции, особое значение имеет информация о накоплении и миграции токсикантов в организмах диких видов.

Тяжелые металлы – это неотъемлемая составная часть организма, так как они входят в состав ферментов, витаминов и гормонов. У организмов различных видов индивидуальная потребность в данных элементах мала, поэтому вследствие изменения фонового содержания тяжелых металлов в окружающей среде существует опасность, которая может привести к различным токсическим эффектам и нарушению жизнедеятельности.

Соединения тяжелых металлов в больших концентрациях отрицательно влияют на гидробионты, нарушая гомеостаз от молекулярного до организменных уровней [1]. В случае интоксикации тяжелыми металлами наибольшему воздействию подвергаются ферментативные механизмы, чье нарушение, прежде всего, приводит к патологическим сдвигам, вызывая нарушения функциональных механизмов клеток и физиологических систем [2]. Содержание тяжелых металлов в рыбах в основном зависит от типа питания – уровень биоаккумуляции тем выше, чем выше стоит вид рыбы в трофической цепи.

Основными источниками поступления тяжелых металлов в водоемы являются сточные воды промышленных предприятий, в особенности горнодобывающей, черной, цветной металлургии, машиностроительных заводов. Тяжелые металлы также являются составной частью удобрений и пестицидов и загрязняют воды через стоки сельскохозяйственных угодий. Одним из источников загрязнения водоемов тяжелыми металлами являются атмосферные выбросы от движения автотранспорта, судоходства, производства энергии, сжигания отходов, а также кислотные дожди.

Согласно оценке опасных веществ в Балтийском море, тяжелыми металлами с наиболее высоким коэффициентом загрязнения являются свинец, ртуть (коэффициент загрязнения 9%), кадмий (5%), цинк (3%), медь (1%) [3].

Свинец является одним из основных загрязнителей окружающей среды, который является протоплазматическим ядом, который действует на все органы биоорганизмов. При токсичных дозах он накапливается в почках, печени, костных тканях: в первую очередь поражаются кроветворные органы, нервная система и почки.

Токсическое воздействие меди классифицируется на летальное и хроническое. Сублетальное воздействие приводит к снижению роста, ослаблению иммунитета, снижает репродуктивные способности. Известно, что медь снижает устойчивость рыб к болезням, нарушает миграцию (рыбы избегают нерестилища, загрязненные медью), нарушает дыхание, приводит к патологии почек, печени, жабр и стволовых клеток, ухудшает функции головного мозга. Высокие концентрации меди связывают с изменениями поведения рыб, химии крови, ферментативной активностью, метаболизмом кортикостероидов транскрипции и экспрессии генов [4].

Кадмий считается одним из самых токсичных элементов, который может вызвать стресс у рыб. Он имеет свойства биоаккумуляции (когда живые организмы получают кадмий непосредственно от окружающей среды) и биомагнификации (концентрация кадмия в организме повышается при потреблении в пищу организмов, стоящих ниже в пищевой цепи). Воздействие кадмия может привести к некоторым патофизиологическим повреждениям, включая снижение скорости роста [5].

Стронций не является биологически необходимым предметом, однако, он может заменять катионы кальция в живых организмах, тем самым вызывая озабоченность по поводу высокого содержания радиогенных форм стронция в окружающей среде. Долгосрочная токсичность стронцием вызывает «стронциевый рахит» – недостаточная минерализация скелета даже при наличии достаточного количества кальция и витамина D.

Основной целью исследования являлось проведение комплексного анализа аккумуляции и распределения тяжелых металлов в тканях и внутренних органах лососевых рыб в основных нерестовых водоемах Ленинградской области.

Объектами исследования являлись лососевые рыбы Ленинградской области, а именно, атлантический лосось. Предметов исследования являлась аккумуляция тяжелых металлов во внутренних органах исследуемых видов.

При проведении исследований по определению тяжелых металлов использовались три метода анализа: рентгенофлуоресцентный анализ (РФА), вольтамперометрия и капиллярный электрофорез.

Отбор проб тканей атлантического лосося производился от диких производителей рыб, отловленных для искусственного воспроизводства на Невском рыбоводном заводе (р. Нева). У диких производителей были взяты пробы печени, почек, гонад и икры для дальнейшего анализа.

Данные по содержанию тяжелых металлов в тканях производителей атлантического лосося, отловленного в р. Неве представлены в таблице.

Таблица. Накопление тяжелых металлов в тканях атлантического лосося, р. Нева

Тяжелые металлы	Количественное содержание тяжелых металлов, мг/кг			
	печень	почки	гонады	икра
Медь Cu	2,98	0,36	0,50	14,81
Кадмий Cd	0,10	0,39	0,01	0,53
Свинец Pb	0,15	0,19	0,30	20,83
Стронций Sr	18,00	22,00	31,00	12,00
Мышьяк As	6,00	5,00	3,00	6,00
Цинк Zn	220,00	183,00	56,00	104,00

Исходя из полученных данных, центром накопления цинка, мышьяка и меди у атлантического лосося, отловленного для искусственного воспроизводства на р. Нева, является печень. Для стронция и свинца центром накопления являются гонады, для кадмия – почки (рис. 1).

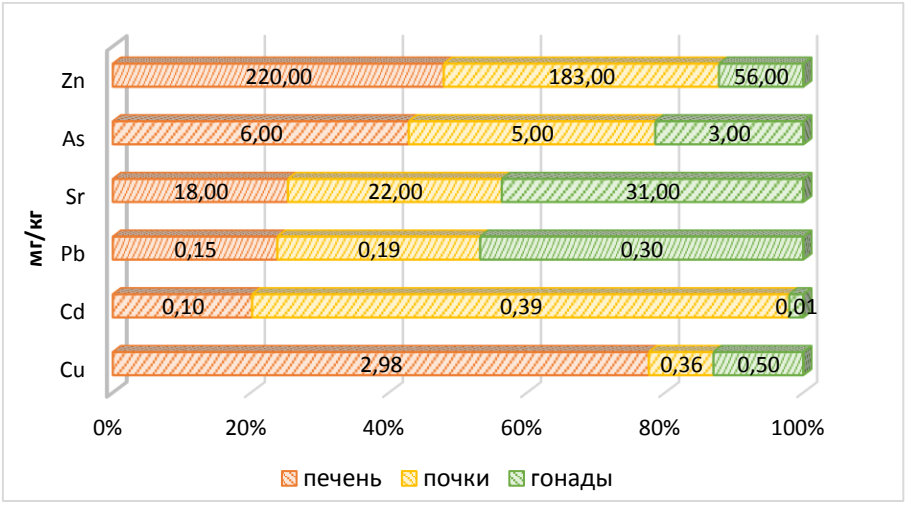


Рис. 1. Нормированная диаграмма распределения тяжелых металлов в тканях атлантического лосося (р. Нева)

При сравнении концентраций тяжелых металлов в центрах накопления атлантического лосося и их содержанием в икре (рис. 2), согласно полученным данным, практические все исследуемые тяжелые металлы (кроме стронция и цинка) в атлантическом лососе получили наибольшее концентрирование в икре – это говорит о том, что общее состояние накопления тяжелых металлов в организме производителя влияет на уровень накопления тяжелых металлов в потомстве (икре), причем в большинстве случаев содержание тяжелых металлов в икре в несколько раз превышает их количественное содержание в центрах накопления.

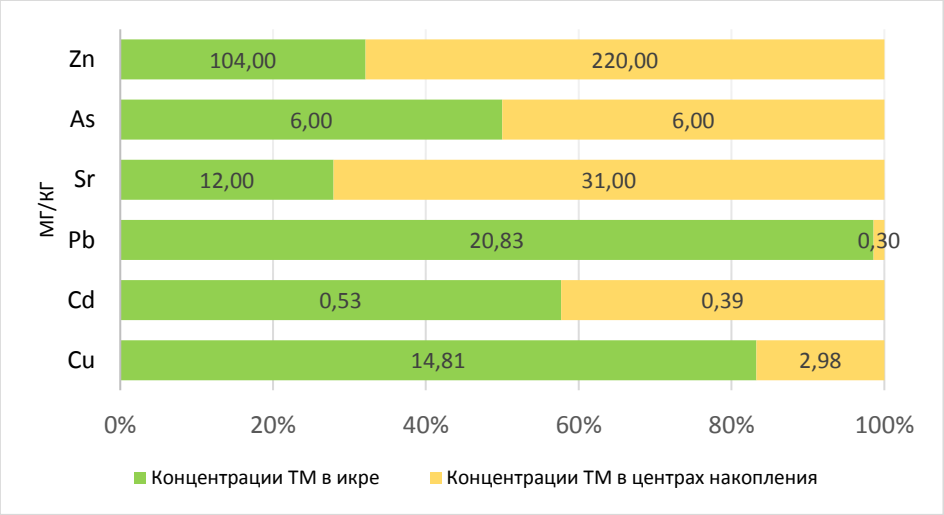


Рис. 2. Сравнительная оценка накопления тяжелых металлов в центрах накопления и икре атлантического лосося, отловленного в р. Нева

Примечательным является случай накопления мышьяка у атлантического лосося – мышьяк имеет одинаковое распределение как в центре накопления (печени), так и в икре. А аккумуляция свинца в икре атлантического лосося, в десятки раз превышает его концентрации в центре накопления.

Полученные результаты свидетельствуют о допустимости и целесообразности восстановления исследуемых популяций диких лососевых до промысловых значений, но при этом строго необходим регулярный мониторинг содержания цинка и стронция в водоемах нереста и нагула. Полученные зависимости аккумуляции и распределения тяжелых металлов внутри исследуемой группы и выявленные закономерности накопления тяжелых металлов могут послужить научной базой для более эффективного контроля безопасности рыбоводной продукции диких лососей Северо-запада России и обеспечения ее высокого качества.

Литература

1. Алабастер Дж., Ллойд Р. Критерии качества воды для пресноводных рыб. – М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1984. – 344 с.
2. Ларский Э.Г. Методы определения и метаболизм металло-белковых комплексов. – М.: ВИНИТИ, 1990. – 197 с.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.helcom.fi/Lists/Publications/BSEP120B.pdf (дата обращения: 06.01.2019).
4. Tierney K.B., Baldwin D.H., Hara T.J., Ross P.S., Scholz N.L. and Kennedy C.J. Olfactory toxicity in fishes // Aquatic Toxicology. – 2010. – V. 96(1). – P. 2–26.
5. Hansen J.A., Welsh P.G., Lipton J. and Suedkamp M.J. The effects of long-term cadmium exposure on the growth and survival of juvenile bull trout (Salvelinus confleuentus) // Aquat.Toxicol. – 2002. – V. 58. – P. 165–174.

Орипов Улугбек
Год рождения: 1996
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т41503
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: bekoripov1212@gmail.com

Орипова Азиза Алишеровна
Год рождения: 1993
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, аспирант
Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология и биотехнологии
e-mail: aziza.oripova@gmail.com

Сергиенко Ольга Ивановна
Год рождения: 1957
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

УДК 330.3:504

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭКОТЕХНОПАРКОВ: ОПЫТ ФИНЛЯНДИИ И РОССИИ

Орипов У., Орипова А.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Сергиенко О.И.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе рассмотрены актуальные вопросы формирования системы управления отходами на основе экотехнопарков и примеры внедрения экотехнопарков, используемые в мировой практике и в Российской Федерации. Отмечается, что экотехнопарки обеспечат эффективный системный подход к процессам обработки, утилизации и обезвреживания отходов, станут одним из механизмов восстановления научно-технического потенциала, развития научно-производственной деятельности в сфере обращения с отходами, а также помогут снизить объемы захоронения мусора и увеличить уровень использования вторичного сырья.
Ключевые слова: экотехнопарк, промышленные и коммунальные отходы, управление отходами производства и потребления, инженерно-экологические комплексы, рециклинг.

Одна из наиболее серьезных экологических проблем современного мира – рост уровня отходов производства и потребления. Ежегодно создаваемые человечеством миллиарды тонн отходов становятся угрозой для окружающей среды, для здоровья и жизни самого человека. Ожидаемое увеличение продолжительности жизни в развитых странах, экономическое

развитие и прирост населения в развивающихся странх приведет к экспоненциальному росту количества отходов при сохранении существующих тенденций в сфере обращения с ними.

Управление отходами в рамках экотехнопарка основано на максимальном использовании ресурсного потенциала отходов и приоритете переработки над захоронением. Учтены такие критерии, как повторное использование, сбор, сортировка, переработка, получение энергии и захоронение. Создание экотехнопарка позволяет полностью или с минимальным остатком использовать их в качестве ресурсов.

Целью работы являлось проведение анализа действующих проектов по внедрению экотехнопарков на зарубежном и отечественном опытах.

Экотехнопарк – это специальная территория, как единая охраняемая промышленная зона, в пределах или за пределами городской черты населенного пункта, возле существующих городских очистных канализационных сооружений, на которой работают несколько различных технологических комплексов по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов, а также научно-исследовательской и образовательной деятельности [1].

Термин «экотехнопарк» сравнительно недавно вошел в употребление в качестве синонима комплексной системы по обработке, утилизации и размещению твердых коммунальных отходов (ТКО). Само это понятие уже свидетельствует о качественно новом, современном подходе к решению проблемы обращения с отходами.

Задачей экотехнопарка является при помощи различных технологических инженерно-экологических комплексов обеспечение до 99% переработки городских промышленных и бытовых отходов.

Отметим, что такой подход уже широко используется во многих странах мира. Современная политика комплексного управления отходами в Финляндии основана на сочетании предотвращения и минимизации отходов, максимизации переработки использованных товаров, повторного использования отходов, сортировки и раздельного сбора отходов. Такая концепция автоматически приводит к уменьшению захоронения отходов, оставляя только окончательное количество твердых бытовых отходов для дальнейшей обработки.

Самый большой в скандинавских странах комплекс переработки отходов находится в Эспоо. Он получает отходы из пяти муниципалитетов (Хельсинки, Эспоо, Вантаа, Кониэйнен и Киркконамми). Общее количество жителей в этих муниципалитетах – около миллиона человек [2].

Уже в течение многих лет работает комплекс по переработке отходов Куусакоски (ЮТВ «ЭКО-парк») [3]. Этот комплекс перерабатывает все виды промышленных отходов: металл, металлосодержащие жидкости, дерево, пластик, картон, аккумуляторы, а также строительный мусор.

Разработанная в Куусакоски технологическая система переработки отходов является единым непрерывным процессом. Комплекс работ включает в себя: сбор отходов, сортировку, предварительную переработку, дробление, дальнейшую обработку отходов в готовую продукцию.

Попадая в «ЭКО-парк», вторичное сырье и отходы проходят следующие технологические этапы переработки:

Подготовительный этап – сортировка отходов и очистка сырья от мусора, не подлежащего переработке. Для этого используются специальная техника и технологии, разработанные концерном «Myllyojan Metalli Oy», который известен во всем мире как «Kuusakoski Recycling Technologies» [4].

После сортировки уже подготовленное сырье проходит непосредственную переработку. Металлические отходы и пластмассы преобразуются в сырье для повторного использования в промышленном производстве и изготовления новых изделий. Строительный мусор, включая бетон и кирпич, картон, дерево на специальных производственных линиях

измельчаются до состояния однородной массы. Полученная масса, в зависимости от состава, может быть использована как топливо для тепло- или электростанций, либо в строительстве в качестве компонента для строительных смесей, для устройства фундаментов и оснований, строительства дорог.

Отходы, возникшие в результате переработки, подвергаются повторной сортировке и проверке качества. В том случае, если они не подлежат дальнейшей переработке, они проходят дополнительную очистку и утилизируются на полигоне отходов.

В процессе утилизации органических отходов также образуется газ. Он состоит из метана, углекислого газа, водяного пара и небольшого количества сильно пахнущих серосодержащих смесей.

Газ, образующийся при закапывании мусора, собирают с помощью дренажной и всасывающей системы. Ежегодно на полигонах собирают приблизительно 37 миллионов кубометров газа. Газ сжигают при температуре 1200°C. Горение уменьшает парниковый эффект от захоронения мусора приблизительно на 95%, и устраняет запах почти полностью. Газ, образующийся при захоронении отходов, также используется для получения электроэнергии.

Благодаря современным технологиям, созданным концерном «Куусакоски», мусор и отходы, поступающие в комплекс переработки отходов в Эспоо, утилизируются во вторичное сырье на 73%, и всего лишь 27% подвергается захоронению.

В настоящее время на территории Российской Федерации назрела необходимость в формировании системы организованного рециклинга. Так как значительная часть отходов производства и потребления в России образуется в регионах с развитой добывающей промышленностью, именно на территории этих регионов в основном идет создание структур, обеспечивающих переработку и обезвреживание созданных отходов. Одним из способов, обеспечивающих переработку и обезвреживание отходов производства и потребления, являются системы организованного рециклинга в России посредством развития территориальных производственных кластеров [5]. Однако данный способ не учитывает особенности территорий без добывающей промышленности, соответственно, его использование на таких территориях не всегда целесообразен.

Рисунок. Схема Энгельсского экотехнопарка в Саратовской области

В Российской Федерации успешно работают экотехнопарки АО «Управление отходами» в. Волгоградской, Нижегородской, Саратовской областях, Чувашской Республике. В ряде регионов ведется строительство подобных объектов, одним из примеров является строящийся экотехнопарк в Мурманской области, где на данный момент идет установка производственного оборудования.

Энгельсский экотехнопарк в Саратовской области построен около р. Волги (рисунок). Экологическая экспертиза при неоднократных проверках подтвердила безопасность процесса переработки и утилизации мусора для окружающей среды.

Экотехнопарк имеет в наличии несколько линий, на которых сортируются отходы. После попадания мусора на двух- или трехфазный «грохот» он автоматически делится на органические расходы (примерно 35%) и вторсырье (25%). Специальными оптическими сепараторами осуществляется переборка вторичного сырья. Из вторичных материалов на линиях отбирают стекло, бумагу, металлы, пластиковые бутылки и полимеры.

Органические отходы складируются в отдельном бункере, а затем перевозятся в цех закрытого компостирования для перегнивания в течение 21 дня. Отходы дробятся, а компост смешивается с землей для получения плодородного грунта. Согласно плану, продажа вторичного сырья позволит компенсировать хотя бы часть затрат на строительство экотехнопарка. В экокластере выполняется брикетирование. Для этого также используется современное оборудование, расположенное в технологических цехах.

В составе экотехнопарка предусмотрены сооружения инженерной защиты окружающей среды, в том числе комплекс очистных сооружений хозяйственно-бытовых, дождевых и производственных стоков.

В составе новых универсальных комплексов необходимо учитывать возможность построения тепличных хозяйств, работающих за счет полученной на собственном производстве тепловой и электрической энергии, и выращивать растительную продукцию в зоне неблагоприятного земледелия, как это реализовано на примере экотехнопарка GETLINI EKO.

В мегаполисах, где нет добывающей промышленности, создание территориальных кластеров не целесообразно. На таких территориях при создании экотехнопарков можно взять за основу модель Куусакоски/ЮТВ «ЭКО-парк», построенного вблизи полигона захоронения отходов, где промышленная рециркуляция отходов позволяет получать вторичные материалы и энергоресурсы. Он является поставщиком сырья для металлообрабатывающей и энергетической отраслей промышленности, строительства и сельского хозяйства. Эффективная промышленная рециркуляция дает возможность сохранить невосполнимые природные материалы и снизить объем отходов. Рециркуляция сокращает также объемы традиционного горнодобывающего производства и связанный с ним ущерб окружающей среде.

Таким образом, при создании экотехнопарков в российских регионах, целесообразно учитывать особенности территорий, соответствующие потребности в ресурсах и возможности обеспечения своевременной и эффективной переработки отходов производства и потребления. Отдельное внимание стоит уделить вопросам качества переработки вторичного сырья, которое в дальнейшем будет поступать на производство, а также оценке экологического воздействия новых комплексов.

Литература

1. Путинцева Н.А. Российский и зарубежный опыт формирования экотехнопарков (экоиндустриальных парков) // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 7(96). – С. 499–507.
2. Hauck P.L., P.E. Evolution of Integrated Solid Waste Management Systems Enhanced with Municipal Utilities and Green Energy Production [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wasteadvantagemag.com/evolution-of-integrated-solid-waste-management-systems-

enhanced-with-municipal-utilities-and-green-energy-production/ (дата обращения: 06.01.2019).
3. Kuusakoski recycling (2011a) Saving the Environment [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kuusakoski.com/environment/Enviroment (дата обращения: 06.01.2019).
4. Kuusakoski recycling (2011b) Metalliromut kierätykseen Kuusakoski Oy:n kautta. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kuusakoski.fi/Kuluttajille/Kuluttajille_Metallit (дата обращения: 06.01.2019).
5. Земскова Е.С. Особенности реализации кластерной политики в интересах формирования организованного рециклинга // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент. – 2017. – № 4(31). – С. 125–134.

Осетрова Екатерина Максимовна
Год рождения: 1996
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т41502
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: okate9@gmail.com

Сергиенко Ольга Ивановна
Год рождения: 1957
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

УДК 669

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Осетрова Е.М.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Сергиенко О.И.

Тема высокой запыленности высокотемпературных уходящих газов металлургических производств является актуальной из-за негативного воздействия на окружающую среду, в особенности на атмосферный воздух. Рассмотрены существующие способы очистки, наилучшие доступные технологии для очистки и утилизации тепла выбросов металлургических производств, и проанализированы экономические аспекты предлагаемого решения.
Ключевые слова: уходящие газы, наилучшие доступные технологии, утилизация тепла, металлургическое производство, атмосферный воздух, высокая запыленность.

Металлургическое производство оказывает влияние на окружающую среду вследствие выбросов в атмосферу продуктов сжигания различных видов топлива при работе доменных печей, доля загрязнения атмосферы достигает 50% от общего числа загрязнений [1]. Объектом исследования данной работы являлась система очистки выбросов уходящих газов из доменного цеха, целью – разработка предложений по модернизации существующей схемы газоочистки на примере ПАО «Северсталь» Череповецкий металлургический комбинат, повышение ее энергоэффективности.

Работа основных и вспомогательных цехов заводов черной металлургии сопровождается выбросами в атмосферу большого количества пыли и газов, содержащих сернистый ангидрид, окись углерода, сероводород и другие соединения. По всей технологической цепочке производства чугуна образуются организованные и неорганизованные выбросы загрязняющих веществ в виде пыли и газов.

При использовании мокрой газоочистки после доменных печей теряется значительное количество тепла. Уходящие газы являются ценным теплоносителем, так как обладают высоким температурным потенциалом, непрерывностью поступления и количественной составляющей. В работе предложено использовать сухой способ с применением керамических фильтров.

Существующая система очистки доменного газа от пыли включает три последовательные стадии: грубая очистка (ГО), полутонкая очистка (ПТО) и тонкая очистка (ТО) (рис. 1) [2].

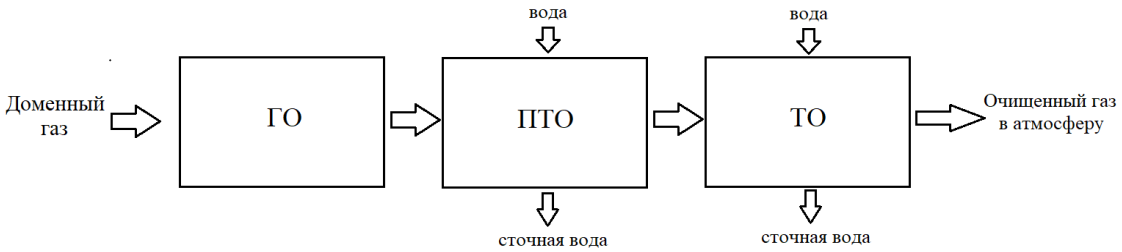


Рис. 1. Система мокрой очистки доменного газа

Чтобы утилизировать ценное тепло уходящих газов и не использовать дополнительную воду на охлаждение, предложена следующая схема сухой газоочистки с использованием высокотемпературных керамических фильтров и котла-утилизатора с топкой (рис. 2). Выполнены технико-экономическое обоснование (ТЭО) и подбор оборудования [3].

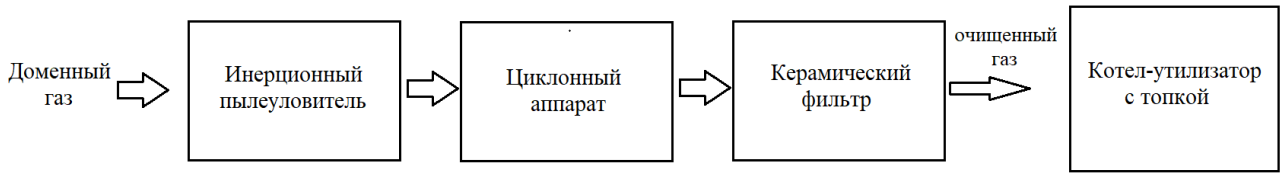


Рис. 2. Предлагаемая схема сухой очистки уходящих газов

Керамические фильтры (рис. 3) способны выдерживать высокие температуры до 1000°С, и при этом на выходе из фильтра массовая концентрация улавливаемых веществ в газе составляет не более 0,001 г/м^3 [4].

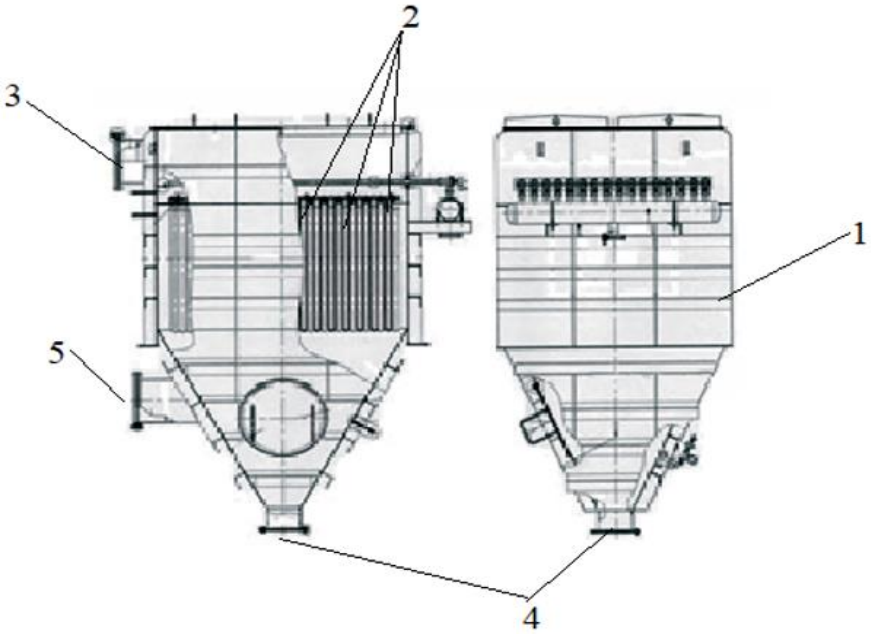


Рис. 3. Высокотемпературный фильтр – ФКИ-45: 1 – корпус фильтра; 2 – фильтрующие элементы; 3 – входной патрубок (грязный газ); 4 – выходной патрубок (пыль и взв. частицы); 5 – выходной патрубок (очищенный газ)

В настоящее время одной из самых острых проблем металлургии, является сильное загрязнение окружающей среды. Данная отрасль производства занимает одно из первых мест по количеству выбросов вредных веществ в атмосферу и образованию различных отходов среди других отраслей. Металлургические предприятия создают реальную экологическую угрозу окружающей среде и требуются затраты для защиты от их вредного воздействия. Напряженность можно снизить путем уменьшения уровня выбросов вредных веществ и путем внедрения экологически чистых технологий производства и создания безотходного производства.

Литература

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 26-2017. Производство чугуна, стали и ферросплавов. – М.: Бюро НДТ, 2017. – 478 с.
2. Официальный сайт ПАО «Северсталь» Череповецкий металлургический комбинат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://chermk.severstal.com/ (дата обращения: 06.01.2019).
3. Сергиенко О.И. Методические указания НДТ: Методология чистого производства. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 34 с.
4. Буркова А.В., Рахманов Ю.А. К вопросу очистки высокотемпературных газов печей термообработки металлических изделий // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент. – 2014. – № 1. – С. 1–16.

Рожкова Карина Валерьевна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4252
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: karina_rogkova@mail.ru

Павлова Анастасия Сергеевна
Год рождения: 1987
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.э.н., преподаватель
e-mail: nastya.s.pavlova@gmail.com

УДК 628.17

АНАЛИЗ ЗНАЧИМЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ДЛЯ КОМПАНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Павлова А.С., Рожкова К.В.
Научный руководитель – к.э.н., доцент Павлова А.С.

Работа выполнена в рамках темы НИР «Разработка программы по управлению отходами на предприятии по производству безалкогольных напитков».

В работе рассмотрены этапы приготовления безалкогольных напитков и отходы, получаемые на каждом из них. Также был проведен анализ образуемых отходов, определено соотношение образуемых отходов.
Ключевые слова: предприятие по производству безалкогольных напитков, этапы производства, отходы, анализ экологических аспектов.

На сегодняшний день атмосфера очень сильно загрязнена, что привело к серьезной экологической проблеме. Тема данной работы актуальна для снижения образования отходов в процессе производства [1].

Значимым экологическим аспектом организации является тот аспект, который оказывает или может оказать значительное воздействие на окружающую среду [2].

Рассмотренное предприятие специализируется на приготовлении и розливе безалкогольных газированных напитков и сиропов.

Выпуск готовой продукции на предприятии осуществляется на линиях приготовления и розлива газированных напитков (объем бутылок 0,5 л, 1 л и 2 л).

Технологический процесс производства напитков и сиропов состоит из следующих основных операций:

- подготовка воды;
- приготовление сахарного сиропа;
- приготовление купажного сиропа;
- розлив купажного сиропа;
- приготовление напитка;
- розлив, укупорка, отбраковка, этикетирование, маркировка, упаковка напитков.

1. Подготовка воды. Расходные материалы поступают в следующей упаковке: в полиэтиленовых канистрах; в полиэтиленовых мешках; в бумажных мешках.

На участке водоподготовки образуются следующие отходы:
- уголь активированный отработанный, загрязненный опасными веществами. Образуется при замене фильтрующей загрузки угольных фильтров;
- отходы песка, незагрязненного опасными веществами. Образуются при замене фильтрующей загрузки песчаных фильтров;
- разнородные отходы бумаги и картона. Образуются при распаковке реагентов;
- мусор промышленный. Образуется при замене мембран и распаковке материалов (загрязненная упаковка из-под формалина, моющих средств);
- полиэтиленовая тара, поврежденная. Образуется при распаковке реагентов;
- ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки. Образуются при замене отработанных УФ-ламп в установке ультрафиолетового облучения.

2. Приготовление сахарного сиропа. На участке приготовления сахарного сиропа образуются следующие отходы:
   - отходы полипропилена в виде пленки. Образуются при распаковке сахара;
   - отходы полиэтилена в виде пленки. Образуются при распаковке сахара.
3. Приготовление купажного сиропа. На участке приготовления купажного сиропа при распаковке концентрата (основы напитка) образуются следующие отходы:
   - отходы упаковочного картона незагрязненные. Образуются при распаковке концентрата (картонные коробки);
   - пластмассовая незагрязненная тара, потерявшая потребительские свойства. Образуется при распаковке концентрата (пластиковые канистры);
   - стеклянный бой незагрязненный (исключая бой стекла электронно-лучевых трубок и люминесцентных ламп). Образуется при распаковке концентрата.
4. Розлив купажного сиропа. На участке розлива купажного сиропа образуются следующие отходы:
   - отходы упаковочного картона незагрязненные. Образуются при распаковке пакетов для сиропа (картонные коробки);
   - отходы полиэтилена в виде пленки. Образуются при распаковке скотча (обмоточная пленка).
5. Приготовление напитка. На данном участке технологических отходов не образуется.
6. Розлив, укупорка, упаковка напитков. На линии розлива образуются следующие отходы:
   - отходы полиэтилентерефталата (в том числе пленки на его базе). Образуются при отбраковке преформ, бутылок и пробок;
   - отходы полиэтилена в виде пленки. Образуются при распаковке расходных материалов (п/э мешки из-под пробок, преформ, этикеток, обмоточная пленка);
   - мусор промышленный. Образуется при распаковке расходных материалов (тара из-под чернил, моющих средств);
   - отходы упаковочного картона незагрязненные. Образуются при распаковке расходных материалов (картонные коробки, отбракованные картонные подложки).

В табл. 1 указано процентное соотношение отходов, полученных на предприятии по производству безалкогольных напитков.

Таблица 1. Отходы, получаемые в процессе производства

Наименование вида отхода	Ртутьсодер-жащие	Отходы бумаги и картона	Осадки при очистки воды	Уголь активи-рованный отработанный	Отходы пластика	Древе-сина	Стекло
Количество, %	0,3	32,7	4,3	4,0	43,3	0,47	3,6

Все отходы, получаемые на предприятии в процессе производства, были разделены на классы опасности. В табл. 2 представлено процентное соотношение отходов разных классов.

Таблица 2. Образование отходов разных классов опасности

Класс опасности	I	II	III	IV	V
Количество, %	0,1	0,8	0,8	62,2	36,1

Собрав информацию об образовании отходов на предприятии по производству безалкогольных напитков и проведя анализ данных, авторами выявлено:

1. большую часть среди технических отходов занимают отходы из пластика (43,3% от общей массы отходов), на втором месте отходы бумаги и картона (32,7% от общей массы отходов);
2. на предприятии по производству безалкогольных напитков подавляющее количество занимают отходы IV класса опасности (62,2% от общей массы отходов), на втором месте отходы V класса опасности (36,1% от общей массы отходов).

Анализ значимых экологических аспектов на предприятии по производству безалкогольных напитков в дальнейшем может быть использован для создания программ по уменьшению отходов.

Литература

1. Галушко И.Г., Мишечкина А.А. Влияние экологии на здоровье людей // Вестник современных исследований. – 2018. – № 12. – С. 60–61.
2. Международный стандарт ISO 14001 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://partnership.by/wp-content/uploads/2016/05/ISO_14001.pdf (дата обращения: 06.01.2019).

Панова Александра Сергеевна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4252
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: sahapanova@yandex.ru

Юльметова Ралия Фагимовна
Год рождения: 1957
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.хим.н., доцент
e-mail: liya974@mail.ru

УДК 631.95:631.17

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Панова А.С.
Научный руководитель – к.хим.н., доцент Юльметова Р.Ф.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе проводится анализ и сравниваются способы, технологии и технические решения наилучших доступных технологий очистки сточных вод пищевой промышленности в содержании информационно-технических справочников отраслей пищевой промышленности с целью оценки эффективности защиты окружающей среды и применимости справочников на российских предприятиях пищевой промышленности.
Ключевые слова: пищевая промышленность, очистка сточных вод, НДТ, ИТС, технологии.

Интеграция России в международное сообщество предполагает гармонизацию в различных сферах, в том числе и в сельском хозяйстве. Одним из направлений такого сотрудничества является использование наилучших доступных технологий (НДТ), концепция которого реализуется в европейских странах с 70-х годов XX века.

С 2008 г. в России был осуществлен переход на нормирование природоохранного законодательства с учетом принципов НДТ. С принятием Федерального закона от 21 июля 2014 года № 219-ФЗ началась реформа системы экологического нормирования, предусматривающая, в частности, переход к технологическому нормированию на основе наилучших доступных технологий. В соответствии с документом НДТ – технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения.

НДТ – инструмент для технологического рывка и выхода России из «ямы» неэффективного производства во всех отраслях промышленного производства, приближения к мировым образцам, роста производительности труда, а также для избавления российской промышленности от технически недостижимых нормативов.

Были проанализированы информационно-технические справочники (ИТС) по НДТ ИТС 41-2017 «Интенсивное разведение свиней», ИТС 42-2017 «Интенсивное разведение сельскохозяйственной птицы», ИТС 43-2017 «Убой животных на мясокомбинатах, мясохладобойнях, побочные продукты животноводства», ИТС 44-2017 «Производство продуктов питания» и ИТС 45-2017 «Производство напитков, молока и молочной продукции».

В целом, справочники НДТ отражают применяемые при производстве продуктов питания процессы, технические и технологические способы и методы, позволяющие снизить негативное воздействие на окружающую среду, сократить водопотребление, повысить энергоэффективность и ресурсосбережение. При этом глубина проработки разделов об очистке сточных вод всех справочников разнится, например, в описании справочников ИТС 42-2017 и 43-2017, относящиеся к пищевой промышленности отсутствует описание НДТ очистки сточных вод.

Так, в ИТС 41-2017 не дается описание используемых сейчас технологий в нашей стране. Все НДТ приведены из европейского справочника BREF(EU), 2015. НДТ-4 и НДТ-5 можно лишь отнести к управленческим методам предотвращения загрязнений сточных вод. В НДТ-14 о контроле и измерении сбросов в воду отсутствует описание вообще. В п. 5.12 к НДТ-16 по управлению обращения с отходами отнесли «Методы очистки сточных вод», в котором описываются некоторые методы, включая «нетрадиционные» (очистка слегка загрязненной воды растениями, сбросной канал, пруд-отстойник, сконструированная болотная система, дренажный колодец, система первого смыва, орошение полей (не указываются какие поля)), и возможный способ обращения с незагрязненными атмосферными осадками и отдельно накапливаемыми сточными водами, при этом технически методы могут не подходить и являться ненужными в некоторых регионах.

Многие описанные методы НДТ, касающиеся сточных вод не общеприменимы и имеют ограничения. В п. 3.2.2 дана излишняя характеристика маркерных веществ и содержатся таблицы (3.2.2.5–3.2.2.8) с анализом маркерных показателей, отображающих уровень сбросов загрязняющих веществ свиноводческих предприятий. Все таблицы характеризуются отсутствием более половины данных, а строки под номерами 3-5 и 10-12 имеют информацию только по кальцию, которая ни о чем не говорит.

Перспективные технологии (ПТ) тоже приведены из европейского справочника. В некоторых ПТ упоминается очистка сточных вод: ПТ-6 – разделение жидкой фракции навоза и использование биологической аэробной очистки с удалением аммиака, но метод работает при достаточном количестве площадей, ПТ-7 – отделение фосфора на основе гипсового осадка, ПТ-12 – процесс и технологии для полной глубокой переработки с/х отходов в биологические удобрения и энергию (подразумевается биогазовая установка и получение удобрений) [1].

В ИТС 42-2017 «Интенсивное разведение птицы» единственное упоминание о сточных водах приведено в разделе 3, посвященном фактическим эмиссиям в окружающую среду: в табл. 3.5 содержатся данные по 7 объектам, использующим технологию биологической очистки как метод обработки, однако данные даны не по всем маркерным веществам. Можно сказать, что составители справочника просто перекинули задачу очистки сточных вод на ИТС-8-2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях», указав область применения, как дополнительный вид деятельности [2].

Достойным справочником является ИТС 43-2017, содержащий полноценные разделы по очистке сточных вод. Раздел 2.17 «Технологические и технические решения, применяемые для очистки сточных вод» содержит исчерпывающее описание источников образования сточных вод, применяемых критериев, принципов, технологий, оборудования и их реальных изображений. Раздел 3.3, посвященный эмиссиям в окружающую среду,

содержит достаточную информацию о составе сточных вод, правда, до очистки. Данные о фактических сбросах не приводятся.

Раздел 5.13 содержит таблицу с ссылками на существующие технологические и технические решения очистки сточных вод. По логике справочника, упоминание технических решений в этой таблице делает их НДТ. В табл. 5.2 приведены уровни выбросов, достижимые при применении НДТ по достаточному перечню показателей. Однако диапазоны этих уровней (взвешенные вещества – 5–60 мг/л, ХПК – 25–125 мг/л, $БПК_5$ – 10–40 мг/л, азот – 15–40 мг/л, фосфор – 2–5 мг/л, жиры – 2,6–15 мг/л) вызывают вопросы. Указание значений в диапазоне может привести к попыткам регулируемых субъектов ориентироваться на верхнее значение, а контролируемых органов – на нижнее. При этом по ХПК и взвешенным веществам приведенные нижние значения можно расценить как весьма низкие, по $БПК_5$ – как достаточно низкие, по азоту и фосфору – как достаточно высокие. Что касается жиров, то этот показатель в экологическом нормировании не применяется. Также нижнее и верхнее значения указанных диапазонов обеспечиваются различным набором технологий: нижние значения требуют глубокой биологической очистки с существенным удалением азота и фосфора, а верхние значения характерны для неудовлетворительно работающих сооружений, и не имеют с НДТ ничего общего.

В качестве ПТ в п. 7.5 ИТС 43-2017 описано применение нетоксичного реагента природного происхождения – лигносульфоновых кислот (ЛСК), разработанные фирмами «Альватех» (Норвегия) и «Амонодан» (Дания) [3].

В ИТС 44-2017 очень полно описаны существующие технологии очистки сточных вод, в разделе 5 подробно описаны НДТ по отдельным направлениям справочника, указано образование сточных вод для большинства технологических операций, и в отличие от остальных справочников пищевой промышленности, для НДТ в пример приведен опыт существующих российских и зарубежных предприятий (маргариновые заводы Московской области (ультрафильтрационная установка очистки) и Hager+elsasser (комбинированная технология обезвоживания осадка)). Но указанный в п. 5.1 НДТ «механизированная решетка Шапиро» не удалось найти в свободном поиске сети Интернет и литературных источниках.

К ПТ отраслей относятся двухступенчатая схема очистки сточных вод, УФ-обеззараживание, озонирование, мембранные биореакторы, очистка с помощью торфа, термообезвреживание с предварительным концентрированием загрязнителей посредством адсорбции, применение биогазовых установок, обезвоживание транспортерно-моечного осадка при производстве сахара.

Можно отметить, что справочник ИТС 44-2017 является слишком громоздким, возможно стоит разбить его на несколько узкоотраслевых справочников [4].

Справочник ИТС 45-2017 констатирует, что стоки молочных комбинатов являются сильнозагрязненными, быстро закисляются, содержат много белков, жиров и взвешенных веществ и без должной очистки при любом направлении водоотведения причиняют ущерб централизованной системе водоотведения или природной среде. В нем приведены только статистические данные уровня загрязнений сточных вод.

В разделе 3.2.3 «Очистка сточных вод молочных заводов» приводится лишь проектные данные о назначении и производительности очистных сооружений без указания эффективности очистки. Справочник констатирует, что из 30 предприятий, приславших заполненные анкеты, лишь 40% применяет какую-либо очистку стоков. В данном разделе упомянуты некоторые нормы законодательства по сбросу сточных вод, а также ряд технологий. Других упоминаний о сточных водах в этом справочнике нет, отсутствуют описания НДТ очистки сточных вод и оборудования. В таблице 2.8 приводится назначение и мощность водоохранного оборудования. Характеристика таблицы 3.20 приводится всего по шести действующим предприятиям! НДТ очистки сточных вод не описаны, только предлагаются технологии производства, снижающие образование сточных вод.

В качестве ПТ в ИТС 45-2017 приводится технология экологически безопасных моюще-дезинфицирующих средств [5].

В заключении ИТС 45 и 43 указано, что справочники сделаны в очень сжатые сроки, так что можно предположить, что и другие рассматриваемые справочники были составлены аналогично. Неохваченными остались многие отрасли пищевой промышленности, например, рыбная промышленность или производства, связанные с зерновыми культурами.

В целях исключения коррупционных рисков в рассмотренных ИТС пищевой промышленности практически отсутствуют конкретные наименования оборудования и указываются только технологические способы и решения.

Многие описания технологий очистки, данные в справочниках, ссылаются на источники, к которым требуется специальный доступ, либо эти ссылки являются недействительными, что ограничивает доступ технологов, решивших руководствоваться ИТС на своем предприятии.

Обобщая, можно сказать, что при разработке разделов о сточных водах справочников пищевой отрасли и не только, активную роль должны играть технические специалисты-разработчики, создающие оборудование и реализующие НДТ на практике, хорошо знающие особенности отраслевых экологических проблем и пути их решения. Без этого невозможно достигнуть наилучшего сочетания критериев экономической эффективности и обеспечения защиты окружающей среды, создать эффективный инструмент, применяющий наилучшие достижения науки и техники.

Справочники НДТ обязаны быть простой, понятной и практичной инструкцией по применению этого инструмента. Однако без приведения конкретных и обоснованных технологических показателей, без указания конкретных цифр эффективности очистного оборудования и технологий утилизации отходов даже самое детальное описание лишено смысла. Поэтому, если раздел справочника, посвященный очистке сточных вод, был проигнорирован или не полон, справочник не должен был пройти утверждение, его следовало отправить на доработку.

Поэтому обосновано произвести срочную доработку рассмотренных справочников, дополнив их описанием проблем сточных вод отрасли, текущих и наилучших доступных технологий обработки, а также значениями технологических показателей, соответствующих действительно современным технологиям.

Литература

1. ИТС 41-2017. Интенсивное разведение свиней. – Введен 01.06.2018. – М.: Бюро НДТ, 2017. – 312 с.
2. ИТС 42-2017. Интенсивное разведение сельскохозяйственной птицы. – Введен 01.06.2018. – М.: Бюро НДТ, 2017. – 137 с.
3. ИТС 43-2017. Убой животных на мясокомбинатах, мясохладобойнях, побочные продукты животноводства. – Введен 01.06.2018. – М.: Бюро НДТ, 2017. – 312 с.
4. ИТС 44-2017. Производство продуктов питания. – Введен 01.06.2018. – М.: Бюро НДТ, 2017. – 436 с.
5. ИТС 45-2017. Производство напитков, молока и молочной продукции. – Введен 01.06.2018. – М.: Бюро НДТ, 2017. – 200 с.

Пликина Анна Викторовна
Год рождения: 1996
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т41103
Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: anya.plickina@yandex.ru

Федоров Алексей Сергеевич
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т41103
Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: russian_boyyy@mail.ru

Гунькова Полина Исаевна
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: gunkova@corp.ifmo.ru

УДК 637.12

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ТЕРМОУСТОЙЧИВОСТЬ БЕЛКОВОГО СЫРЬЯ

Пликина А.В., Федоров А.С., Гунькова П.И.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Гунькова П.И.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе приведены результаты исследования факторов, определяющих термоустойчивость белкового сырья. Показано, что наибольшее отрицательное влияние на термоустойчивость молочных белков оказывает повышенное содержание в молоке сывороточных белков и ионов кальция. Термоустойчивость падает в молоке с примесью маститного, наиболее резко это проявляется при количестве соматических клеток более 500 тыс./см^3 молока.
Ключевые слова: белки молока, термоустойчивость молока, соматические клетки молока, технологические свойства молока-сырья, качество молока-сырья.

Для обеспечения микробиологической безопасности и длительного хранения белковых продуктов необходима высокотемпературная обработка сырья. Термоустойчивость белков – важнейшее технологическое свойство молока, определяющее его способность выдерживать пастеризацию и стерилизацию. Термоустойчивость молока контролируется при поступлении сырья на переработку. Вместе с тем нередки случаи, когда молоко, успешно прошедшее входной контроль, не выдерживает тепловую обработку. Для снижения потерь и прогнозирования поведения сырья во время тепловой обработки необходимо выявить

основные причины, обуславливающие возможность молочных белков проявлять устойчивость под действием высоких температур. По литературным данным на термоустойчивость влияют множество факторов, среди которых состояние здоровья и порода животных, период лактации, географическая зона, продолжительность хранения молока и др. Однако сведения по этой теме неоднозначны [1–3].

Цель работы заключалась в исследовании факторов, определяющих термоустойчивость белков молока, произведенного в Ленинградской области.

Объектом исследования служило сырое сборное молоко хозяйств Ленинградской области (ЛО), полученное в различные месяцы года.

Показатели состава и свойств молока определяли, пользуясь общепринятыми методиками. Термоустойчивость молока определяли параллельно тремя способами: с помощью тепловой пробы при 130°С, по алкогольной пробе с 78%-ным этанолом и по содержанию ионов кальция [4].

В связи с тем, что наибольшее влияние на термоустойчивость молока оказывает величина pH, была изучена зависимость молока ЛО от pH. Результаты исследований представлены на рис. 1, а.

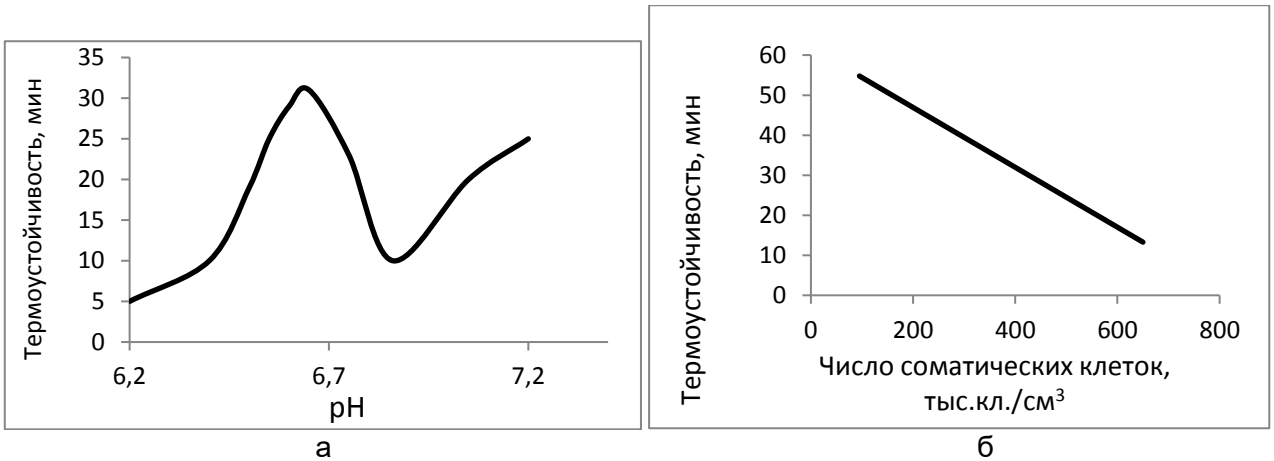


Рис. 1. Зависимость термоустойчивости молока ЛО от pH (а); термоустойчивость молока с различным содержанием соматических клеток (б)

Исследования показали, что молоко ЛО по характеру изменения термоустойчивости в зависимости от значения pH относится к типу А, т.е. оно весьма чувствительно к малейшему изменению pH. Как видно из рис. 1, а, термоустойчивость исследуемого молока хозяйств ЛО имеет максимум при pH 6,7, но она понижается при более низких значениях pH и наиболее резко – при значении pH в интервале 6,8–6,9. Снижение pH молока может быть вызвано длительным хранением его до начала переработки, попаданием в молоко ингибирующих веществ, а также распространенным в настоящее время маститом коров.

Сборное молоко, поступающее на молокозаводы из хозяйств, нередко содержит в 1 $см^3$ более 500 тыс. соматических клеток, т.е. имеет примесь маститного, что может негативно влиять на его термоустойчивость. Результаты исследования взаимосвязи между термоустойчивостью молока и содержанием в нем соматических клеток представлены на рис. 1, б. Для экспериментального исследования отбирали молоко с содержанием общего белка от 2,9 до 3,2%.

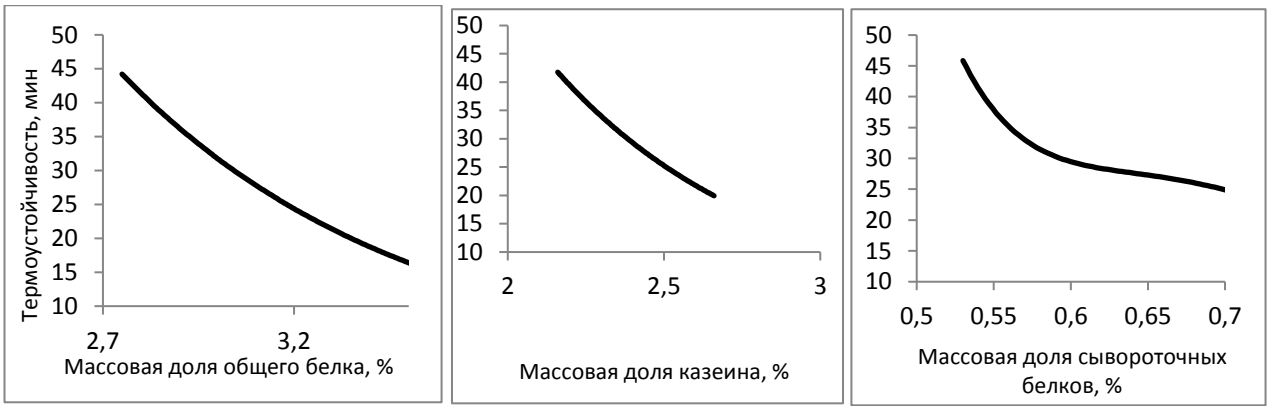
Экспериментальные исследования авторов показали, что термоустойчивость молока и концентрация в нем соматических клеток взаимосвязаны. С повышением в молоке числа соматических клеток его термоустойчивость падает. Стабильно высокой термоустойчивостью белков обладает молоко, количество соматических клеток в котором 400 тыс./$см^3$ и ниже. При повышении числа соматических клеток до 500 и более термостабильность белков молока резко снижается.

При изучении влияния на термоустойчивость молока содержания в нем наиболее

значимых (по литературным данным) компонентов (сухих веществ, белков и различных форм кальция) для повышения точности экспериментов в исследуемом молоке тщательно контролировались показатель pH, количество соматических клеток и присутствие ингибирующих веществ [1, 3, 5].

При определении влияния содержания сухого обезжиренного молочного остатка на термоустойчивость было исследовано более 50 проб молока, производимого в хозяйствах ЛО в разные сезоны года. Образцы молока контролировали по двум показателям: содержанию сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) и термоустойчивости по тепловой пробе при 130°С. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют об отсутствии зависимости между содержанием в молоке сухих веществ и термоустойчивостью. Отсутствие взаимосвязи между ними, наверное, можно объяснить их составом. Основу СОМО составляют лактоза (около 56%) и белки (около 37%); остальные компоненты (ферменты, витамины, минеральные вещества и др.) содержатся в нем в незначительных количествах. Лактоза находится в молоке главным образом в свободном состоянии и поэтому не оказывает влияния на термоустойчивость молочных белков.

В связи с тем, что различные молочные белки не одинаково ведут себя при тепловой обработке, было исследовано влияние на термоустойчивость молока как на общее содержание в нем белков, так и на их состав и свойства. В 50 пробах молока, заготовляемого в ЛО в различные месяцы, контролировали четыре показателя: термоустойчивость по тепловой пробе при 130°С, содержание в молоке общего белка, казеинов и сывороточных белков. Результаты исследований приведены на рис. 2.



а б в

Рис. 2. Зависимость термоустойчивости молока: от массовых долей общего белка (а); казеина (б); сывороточных белков (в)

Как видно из рис. 2 между термоустойчивостью молока и содержанием в нем белков наблюдается обратная связь. Молоко высокой термоустойчивости содержало в среднем 3% общего белка, 2,39% казеина и 0,57% сывороточных белков. В молоке средней термоустойчивости содержание белков уже составляло 3,08%, 2,47% и 0,62% соответственно. Количество белков в нетермоустойчивом молоке было выше и составило 3,35%, 2,53% и 0,84% соответственно. Неоднократно пробы молока, имеющие одинаковое содержание общего белка и казеина, обладали различной термоустойчивостью. Для сывороточных белков это проявлялось в меньшей степени. Коэффициенты парной корреляции между термоустойчивостью и содержанием общего белка, термоустойчивостью и количеством казеина, термоустойчивостью и содержанием сывороточных белков, соответственно, равны: минус 0,808; минус 0,804; минус 0,820. Минусовые значения коэффициентов говорят о наличии обратной связи между величинами. Разница между тремя коэффициентами корреляции несущественна, однако, из их численных значений можно сделать вывод, что наибольшее негативное влияние на термоустойчивость молока из всех белков оказывает высокое количество сывороточных белков. Эти данные согласуются с

результатами других исследователей. Несовпадение значений коэффициентов, полученных различными исследователями, можно объяснить неодинаковым содержанием основных компонентов в молоке различных географических зон.

Для изучения влияния на термоустойчивость молока различных форм кальция в 50 пробах молока хозяйств ЛО одновременно контролировали термоустойчивость по тепловой пробе при 130°С и содержание общего, растворимого, коллоидного и ионного кальция. Результаты исследований показали, что между термостабильностью и количеством в молоке общего и растворимого кальция наблюдается некоторая обратная связь, а в наибольшей степени тепловая стабильность молока зависит от концентрации в нем ионного кальция. Результаты исследования зависимости термоустойчивости молока при 130°С представлены на рис. 3.

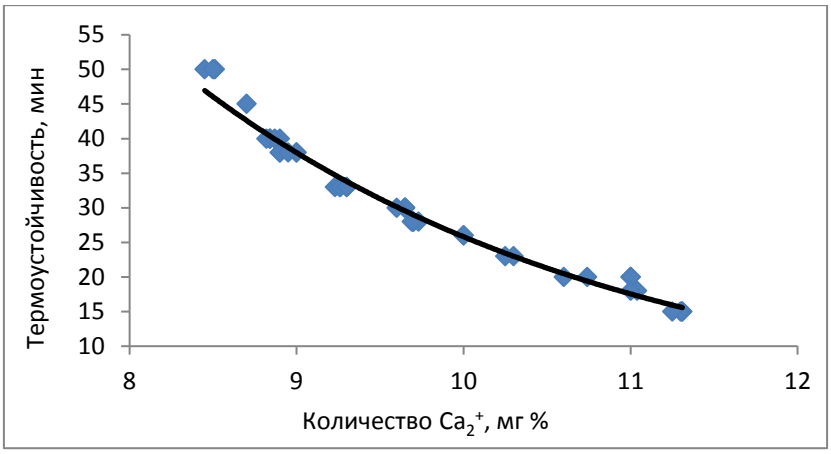


Рис. 3. Взаимосвязь термоустойчивости молока и содержания в нем ионов кальция

Как видно из графика, представленного на рис. 3, содержание ионизированного кальция в исследуемом молоке хозяйств ЛО составляет от 8,45 до 11,25 мг %. Термоустойчивым (без коагуляции белков при 130°С в течении 20 мин и более) показало себя молоко, количество ионов кальция в котором было 11 мг % и выше.

Таким образом, исследования показали следующее.

Молоко, получаемое в ЛО, по термоустойчивости относится к типу А. Его белки проявляют наибольшую термоустойчивость при pH равном 6,7, а минимум их термоустойчивости наблюдается при значении pH 6,8–6,9.

Наибольшее отрицательное влияние на тепловую стабильность молока оказывают повышенное содержание в нем сывороточных белков и ионов кальция.

Термоустойчивость падает в молоке с примесью маститного, наиболее резко это проявляется при количестве соматических клеток более 500 тыс./см^3 молока.

Литература

1. Гунькова П.И., Горбатова К.К. Биотехнологические свойства белков молока. – СПб.: ГИОРД, 2015. – 216 с.
2. Горбатова К.К., Гунькова П.И. Химия и физика молока и молочных продуктов. – СПб.: ГИОРД, 2014. – 336 с.
3. Тепел А. Химия и физика молока / Пер. с нем. – СПб.: Профессия, 2012. – 832 с.
4. Крусь Г.Н., Шалыгина А.М., Волокитина З.В. Методы исследования молока и молочных продуктов. – М.: Колос, 2000. – 368 с.
5. Tsioulpas A., Lewis M.J., Grandison A.S. Effect of Minerals on Casein Micelle Stability of Cows' Milk // J. Dairy Res. – 2007. – V. 72. – № 4. – P. 167–173.

Попова Ирина Сергеевна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т41503
Направление подготовки: 18.04.02 – Промышленная экология и чистое производство
e-mail: irinka.2595@mail.ru

Рахманов Юрий Алексеевич
Год рождения: 1941
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: rahmanovua2010@gmail.com

УДК 620.951

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Попова И.С.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Рахманов Ю.А.

В работе рассмотрена эффективность применения биогазовых установок при переработке органических отходов производства на примере молокоперерабатывающего предприятия. Раскрыта целесообразность применения молочной сыворотки в качестве сырья для биогазовой установки не только с точки зрения очистки сточных вод, но и в качестве получения дополнительного источника энергии.

Ключевые слова: альтернативные способы утилизации отходов, молочная сыворотка, биологическая очистка, биогаз, биогазовая установка, электроэнергия.

В процессе производства на пищевом предприятии, как правило, образуются сточные воды, которые представляют собой стойкие эмульсии, содержащие жиры, масла и нефтепродукты. Наличие в воде устойчивых эмульсий не позволяет достигать высокой эффективности очистки при использовании традиционных известных методов [1–3].

В настоящее время растет актуализация поиска альтернативных способов утилизации отходов и эффективной очистки сточных вод. Одним из таких методов является применение метанового брожения, при котором происходит существенное снижение концентрации загрязнений, а также получение биогаза как конечного продукта реакции анаэробной системы биологической очистки, который можно использовать для энергосбережения.

Использование энергетической эффективности применения биогазовой установки рассматривалось на примере молочного производства. В процессе переработки молочной продукции образуется значительное количество сыворотки, основная часть которой вместе со сточной водой сбрасывается в канализацию. Количество ХПК сыворотки и сточной воды, таким образом, составляет около 70000 и 3000 мг/л. При таком недостаточном промышленном использовании отходов производства происходит потеря возможных ценных веществ, а также приводит к созданию экологической проблемы.

Преимущества биогаза это:

1. альтернатива традиционному топливу;
2. высокий общий КПД (электрический и тепловой) до 92%;

3. отходы от ферментации не содержат запаха;
4. способствует снижению ряда факторов, которые влияют на возникновение парникового эффекта (выработка энергии с пониженными выбросами CO_2) и др.

Теоретический объем получаемой сыворотки молочного производства составляет около 90%. Учитывая реальные потери, на практике выход нормируется от 65 до 80%. Следовательно, перерабатывая одну тонну молока, получается до 800 л сыворотки.

По данным статистики ежегодный объем молочной сыворотки составляет около 100 млн т. Из 1 м^3 сыворотки можно получить 50 м^3 биогаза. Потенциальный объем ежегодно получаемого биогаза может составить 10,8 млрд при среднем годовом количестве сыворотки около 3 млн т.

Теплота сгорания биогаза составляет 22 МДж/м^3.

Принципиальная схема биогазовой установки представлена на рисунке.

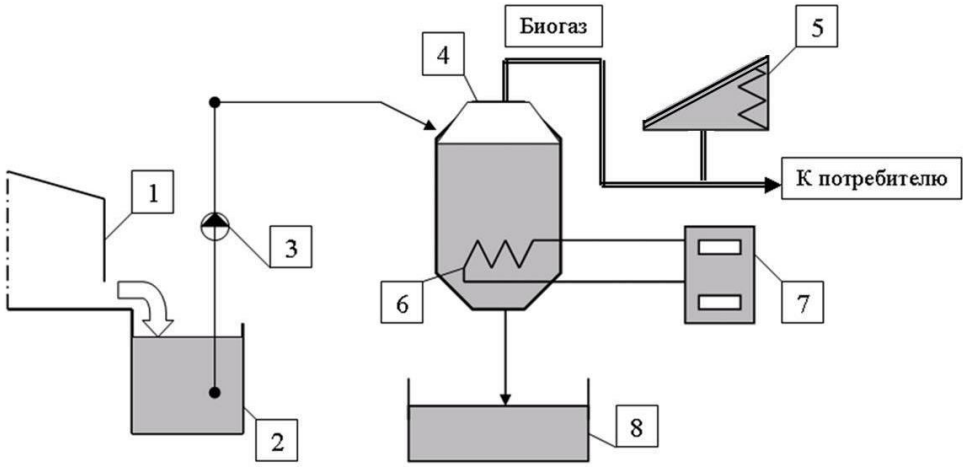


Рисунок. Принципиальная схема биогазовой установки: 1 – поступление сыворотки; 2 – накопительная емкость; 3 – насос; 4 – метантенк; 5 – газгольдер; 6 – теплообменник; 7 – котел; 8 – хранилище

Согласно данной схеме, молочная сыворотка из сточных вод молочного предприятия поступает в накопительную емкость, в которой сырье гомогенизируется до однородной массы. Далее насосом перекачивается в метантенк – емкость для анаэробного сбраживания. Биогаз, образующийся в процессе брожения, поступает в газгольдер, затем к потребителю. Нагреву молочной сыворотки до температуры брожения и поддержанию теплового режима способствует теплообменник, через который протекает горячая вода, нагреваемая в котле. Сброженная сыворотка выгружается в хранилище.

Для того чтобы оценить энергетическую эффективность биогазовой установки, провели расчет, используя усредненные данные переработки молока в смену с одного предприятия.

При средней переработке 60 т молока в смену получаем:

60·800=48000 л сыворотки.

Отсюда следует, выход биогаза в смену составит:

48·50=2400 м^3, из расчета выхода биогаза на тонну сырья равному 50 м^3.

Получается, что исходя из расчетов, в смену молокоперерабатывающее производство может получить около 100 кВт дополнительной электрической мощности, используя для утилизации отходов технологию анаэробного сбраживания молочной сыворотки с применением биогазовой установки.

Количество теплоты при удельной теплоте сгорания биогаза 22 МДж/м^3 получается:

$Q_т$ =22·2400=52800 МДж/смена.

$Q^н_р$ =22000 кДж/м^3, отсюда полученная электроэнергия составит:

52800000 кДж/смена·0,27=14256000 кДж/смена.

$$N_э = \frac{14256000}{3600 \cdot 12} = 300 \text{ кВт},$$

$\Delta B_т = \frac{14256000}{29300 \cdot 0,37}$ =1313,663 кг/смена,

1313,663·600=788197,8 кг/год, или 788,2 т/год.

Для генерации электроэнергии, соответственно, можно применять микротурбинные генераторные установки Capstone. Общая генерируемая мощность микротурбин варьируется от 30 до 1000 кВт. В данном случае для предприятия с выходом 100 кВт дополнительной электроэнергии, полученной при переработке вторичного сырья (молочной сыворотки), эффективным будет использование микротурбины с общей генерируемой мощностью в 65 кВт. Использование такого рода электроэнергии не обеспечит ею все производство, но позволит наиболее эффективно использовать отходы молочного производства, снижая при этом, и возможно полностью предотвращая, сброс молочной сыворотки вместе со сточными водами.

Выводы. Таким образом, применение молочной сыворотки для переработки в биогаз способствует эффективной утилизации неиспользуемых отходов молочного производства. Полученный биогаз будет служить дополнительным источником электроэнергии, что способствует экономии используемого топлива на предприятии и сократит количество выбросов. Это повысит энергоэффективность предприятия и снизит экологическую нагрузку, которая возникает при сбрасывании в канализацию значительной части сыворотки со сточной водой.

Литература

1. Эдер Б., Шульц Х. Биогазовые установки: практическое пособие. – Германия: Zorg Biogas, 2008. – 268 с.
2. Малофеев В.М. Биотехнология и охрана окружающей среды: учебное пособие. – М.: Изд-во Арктос, 1998. – 188 с.
3. Мариненко Е.Е. Основы получения и использования биотоплива для решения вопросов энергосбережения и охраны окружающей среды в жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве: учебное пособие. – Волгоград: ВолгГАСА, 2003. – 100 с.

Разумова Дарья Владимировна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4252
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: razumova3484@mail.ru

Сергиенко Ольга Ивановна
Год рождения: 1957
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

УДК 665.6

ВЫБОР НАИЛУЧШЕЙ ДОСТУПНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Разумова Д.В., Сергиенко О.И.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Сергиенко О.И.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе рассмотрен сравнительный анализ энергетической утилизации нефтесодержащих отходов на основе пиролиза в установке термической деструкции УТД-2-200 и при использовании инсинератора КТО-100.К40.П. Рассчитаны экономические показатели при внедрении наилучшей доступной технологии, которая реализована в отечественной установке УТД-2-200.
Ключевые слова: отходы нефтешлама, технологии утилизации, инсинератор, пиролизная печь, экономический и экологический эффекты, рентабельность внедрения наилучшей доступной технологии.

Утилизация нефтесодержащих отходов является ключевым вопросом грамотной организации производственных процессов нефтеперерабатывающих предприятий. Одним из наиболее опасных загрязнителей являются нефтешламы. Сложность нефтепереработки связана с отсутствием современного оборудования для осуществления утилизации [1].

Целью работы являлось рассмотрение энергетической утилизации нефтесодержащих отходов на примере ООО «КИНЕФ» термическим методом, а именно, при помощи пиролиза и сжигания.

Киришский нефтеперерабатывающий завод является основным поставщиком нефтепродуктов для Санкт-Петербурга, Ленинградской, Новгородской и Псковской областей.

С целью повышения качества выпускаемой продукции, сокращения эксплуатационных затрат, повышения безопасности производства и сохранения среды обитания предприятием последовательно реализуется инновационная стратегия, согласно которой осуществляется поэтапная модернизация технологической схемы и производственной базы завода.

Отходы нефтешлама образуются на производственных этапах переработки, добычи и транспортировки нефти и нефтяных продуктов. Количество образующихся нефтешламов

составляет 115 тыс. т/год. Нефтешлам (отход «Шлам очистки трубопроводов и емкостей (бочек, контейнеров, цистерн, гудронаторов) от нефти и нефтепродуктов», который образуется как при добыче нефти, так и при различных видах ее переработки) следующего состава: вода – 17%, нефтепродукты – 38%, минеральная часть (механические примеси, соли, металлы) – 45%.

Для ведения учета и отчетности в области обращения с отходами на территории предприятия осуществлялся селективный сбор отходов. Отходы, предназначенные для размещения, собирались в контейнеры или сразу без временного накопления, по мере их образования, вывозились на комплекс хранения и захоронения отходов предприятия (КХЗО) для размещения.

Размещено отходов на собственном КХЗО 4,66 тыс. т (лимит на размещение отходов – 12,595 тыс. т) [2].

Одной из рассматриваемых технологий утилизации отходов является инсинерация. В основе технологии – контролируемое сжигание отходов при температуре 900–1200°С в специальном оборудовании – инсинераторе, оснащенном системой многоступенчатой газоочистки.

Производительность КТО-100.К40.П составляет 100–120 кг/ч. Потребляемая мощность около 14 кВт [3].

Пиролизная установка термической деструкции УТД-2-200 или печь пиролиза позволяет не только утилизировать отходы безопасным для окружающей среды способом, но и получать на выходе ценные продукты переработки – жидкое пиролизное топливо, пиролизный газ, технический углерод и металл.

Данная установка обеспечивает непрерывный режим работы с производительностью 200 кг/ч. Потребляемая мощность составляет 10 кВт [4].

Таблица 1. Расход ресурсов при использовании инсинератора КТО-100.К40.П и УТД-2-200

Эксплуатационные расходы	Инсинератор КТО-100.К40.П	УТД-2-200
Расходы на природный газ, тыс. руб./год [5]	8	3
Расходы на электроэнергию, тыс. руб./год [5]	557	397
Ремонт и обслуживание, тыс. руб./год	2 317	2 730
Итого, тыс. руб./год	2 882	3 130

Из табл. 1 видно, что эксплуатационные расходы УТД-2-200 выше, чем у инсинератора КТО-100.К40.П. При этом расходы на природный газ и электроэнергию значительно затрачиваются при использовании инсинератора КТО-100.К40.П.

Таблица 2. Экономические показатели при внедрении инсинератора КТО-100.К40.П и УТД-2-200

Экономические показатели	УТД-2-200	Инсинератор КТО-100.К40.П
Общие инвестиции (I_0), тыс. руб.	32 487	29 278
Чистая экономия (*B*), тыс. руб.	8 682	7 905
Период окупаемости (*PB*), год	3,7	3,7
Чистая приведенная стоимость (*NPV*)	7 567	7 026
Индекс доходности (*PI*)	0,2	0,2
Внутренняя норма рентабельности (*IRR*), %	33	30

В табл. 2 показаны экономические показатели внедрения УТД-2-200 и инсинератора КТО100.К40.П. Так как одна и вторая наилучшие доступные технологии с незначительной разницей в стоимости, то оба проекта окупятся меньше чем через четыре года. Внутренняя норма рентабельности в 33 и 30% соответственно говорит о том, что оба проекта рентабельны и рекомендуются к внедрению.

Несомненно, для переработки нефтешламов с высоким содержанием механических примесей, пригодны термические методы – сжигание и пиролиз. Процесс сжигания

нефтешламов сопровождается выделением большого количества вредных примесей. Но пиролиз более приемлем в экологическом отношении, так как позволяет сжигать токсичные продукты деструкции нефтешламов и использовать их как топливо. При использовании метода пиролиза возможно получение побочных продуктов обезвреживания – пиролизной смолы и пирогаза, возможно найти применение обезвреженной твердой фазе, утилизировать тепло отходящих газов.

Исходя из вышесказанного, авторами предложена перспективная новая технология эффективной экологически чистой утилизации нефтешламов, которая реализована в отечественной УТД-2-200.

Данная новая технология утилизации нефтешламов рекомендуются к освоению на промышленной основе и последующему массовому внедрению.

Литература

1. Утилизация промышленных отходов в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vivoz-gbo.ru/utilizaciya-promishlennih-othodov/spb (дата обращения: 06.01.2019).
2. Обращение с отходами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kinef.ru/index.php?id=67&option=com_content&view=article (дата обращения: 06.01.2019).
3. КТО-100.К40.П Инсинератор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://incinerator.ru/incinerators/incinerator-kto-100-k40-p (дата обращения: 06.01.2019).
4. Установка термической деструкции (УТД-2-200) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://i-pec.ru/equipments/ustanovka-termicheskoj-destrukcii-utd-2-200 (дата обращения: 06.01.2019).
5. ООО «Газпром межрегионгаз Санкт-Петербург» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.peterburgregiongaz.ru/informatsiya-dlya-naseleniya/sankt-peterburg/tseny-i-normativy/roznichnye-tseny/2013 (дата обращения: 06.01.2019).

Сахнова Анна Алексеевна
Год рождения: 1994
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4252
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: anna.sahnova@mail.ru

Дидиков Александр Евгеньевич
Год рождения: 1961
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: didikov@yandex.ru

УДК 658.5.011

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕХОДА К ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Сахнова А.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Дидиков А.Е.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе рассмотрены возможность, перспективы и необходимость проведения интеграции системы экологического менеджмента и менеджмента охраны труда и здоровья, а также их способы интеграции и ключевые этапы работы. Также в работе приведена сводная таблица, которая является примером проведения интеграции систем менеджмента согласно стандартам ИСО.
Ключевые слова: интегрированная система менеджмента, система экологического менеджмента, система менеджмента охраны труда и здоровья, ISO 14001, ISO 45001.

Многие крупные промышленные компании сочетают в системе своего руководства сочетание двух и более систем управления, объединенных как целостная система менеджмента (СМ). Такой подход чаще встречается на крупных предприятиях международного уровня. Такие сочетания СМ имеют название интегрированной СМ и представляют собой объединение двух или более СМ для достижения определенного экономического и экологического эффекта. Наиболее распространенными интегрированными СМ являются следующие сочетания: ISO 9001, ISO 14001 и ISO 45001/OHSAS 18001 и другие. Однако в данной работе был сделан акцент именно на систему экологического менеджмента (СЭМ), СМ охраны здоровья и безопасности труда и их возможность интеграции. В каких же случаях есть необходимость прибегнуть к интеграции СМ?

В быстрорастущих организациях с течением времени возникает необходимость введения новой системы управления. Например, это может быть крупная компания с высокими показателями в промышленной деятельности, которая активно и грамотно представляет систему своего руководства и из года в год доказывает свое право конкурировать с предприятиями высокого уровня. Для постоянного развития такого предприятия будет целесообразным демонстрировать новый уровень управления для

поддержания статуса в глазах конкурентов и потребителей, для осведомленности государственных органов и для предоставления доказательств следования и соответствия всем законодательным нормам.

Возможностью максимально эффективно осуществить такие задачи может помочь аудит компании и предоставление сертификата о том, что данная система управления устоялась как сформированный механизм, не противоречит международным образцам, законодательным нормам и подтверждает качество продуктов и услуг, производимых данной организацией [1].

Как правило, в крупных компаниях параллельно активно функционируют разные системы управления, которые представляют собой мощный инструмент руководства компании в целом. И тогда возникает вопрос, можно ли упростить и сгенерировать новый процесс управления уже устоявшегося предприятия для сокращения издержек и получения большего эффекта. Возможно, на данном этапе развития компания вполне может рассмотреть вариант интеграции СМ, которые уже функционируют в полную силу, и которые целесообразно объединить для дальнейшего достижения следующих результатов:

- финансовая стабильность и положительная динамика уровня прибыльности, доходности;
- наличие заказчиков, клиентов или потребителей продукции, или услуг предприятия, т.е. источника доходов предприятия;
- компетентность, комфортность труда, социальная защищенность и обеспеченность персонала;
- положительное влияние результатов деятельности труда на общественное сознание с точки зрения охраны окружающей среды и потребления энергетических ресурсов;
- положительная оценка деятельности предприятия обществом, персоналом и партнерами по бизнесу [2].

Другой вариант – компания только начинает осуществлять промышленную деятельность. Предположим, что начинающий свою деятельность промышленный комплекс уже позаботился о системе охраны здоровья и безопасности труда на предприятии для своих работников. Уже есть определенная база документов, перечень мероприятий и ответственное лицо за данный круг обязанностей. Но в процессе постепенного укрепления предприятия необходимо учесть и другие важные стороны его деятельности, например, экологические аспекты. Для выявления положения дел в этой области, как правило, рекомендуется провести экологический аудит предприятия, который бы охватывал все аспекты деятельности предприятия и его воздействия на окружающую среду, проверку экологической документации и выявление возможных рисков возникновения аварий и катастроф.

Возможным решением данной проблемы может стать интеграция разрабатываемой СЭМ с уже существующей и функционирующей системой управления в организации. Например, к имеющимся ресурсам СМ охраны здоровья и безопасности труда, можно добавить сведения из новой системы управления, в рассматриваемом случае – СЭМ. В данном случае можно воспользоваться большим количеством элементов, имеющихся на предприятии, в действующей на предприятии системы безопасности труда. Ведь если имеется ответственное лицо за выполнение одной сферой управления, назначенное приказом по предприятию, если ведется документация, уже есть положения, приказы, отчеты, то данный представитель сможет с успехом использовать имеющиеся данные для введения их в новую систему управления. Для этого стоит лишь дополнить соответствующие документы и постепенно заполнить существующие пробелы. Будет ли это рациональным решением для сокращения затрат как финансовых, так и временных, будет ли такое применение интеграции полезным для компании, пока нам неизвестно. Для решения поставленной задачи и проводился анализ возможной интеграции СМ.

Для начала планировалось разобраться в том, какие стандарты используются в каждой из интегрируемых СМ. Для СМ охраны здоровья и безопасности труда – это стандарт

ISO45001:2018, а для СЭМ – ISO14001:2016. Данные стандарты общеизвестны и несут в себе общие рекомендации построения систем управления на предприятии во избежание нарушений и ошибок в промышленной деятельности. Стандарты построены таким образом, что разделы перекликаются между собой и несут похожую целевую нагрузку. В таком случае появляется возможность остановиться на схожих разделах стандартов и проанализировать с целью возможности их объединения. В результате выполнения этой работы важно понять, есть ли смысл данного объединения разделов одной СМ с аналогичным разделом другой. Только после полного анализа этой работы можно будет четко ответить на вопрос, есть ли заметные преимущества и причины объединения систем, возможно ли получение экономического эффекта.

В каждом конкретном случае ситуация индивидуальна. Для одной компании такой способ интеграции будет добавлением, упрощающим работу. В процессе этого объединения можно избежать дублирования документации, использования лишних ресурсов и выполнения схожих действий для различных целей, а также привлечения и обучения новых сотрудников для осуществления управления новыми аспектами деятельности и снижение затрат времени для организации новой СМ. В процессе исследования стоит обратить более пристальное внимание на конкретную деятельность предприятия, его масштабы и готовность к такому нововведению.

Чтобы наглядно понять, каким образом можно интегрировать системы управления, нужно рассмотреть стандарт каждой из СМ, затем сравнить разделы документов, детально проработать каждый из них и выяснить, что требуется для выполнения каждого пункта стандарта. Схема содержания стандартов проста и логична, и анализируя каждый раздел несложно выявить, насколько велика вероятность объединения. Для наглядности можно прибегнуть к схематичным представлениям каждого из разделов с описанием преимуществ или недостатков, возникающих в процессе интегрирования. Возможно, будет целесообразным анализировать стандарты СМ поэтапно сначала по крупным разделам, затем каждый рассмотреть отдельно. Примером данного подхода к проведению интегрирования СМ может послужить шаблон таблицы. Это примерный план интегрирования двух СМ – СМ охраны здоровья и безопасности и СЭМ.

Таблица. Рассмотрение возможностей интеграции СЭМ и СМ охраны труда и здоровья

СМ охраны здоровья и безопасности труда	СЭМ	Возможности для объединения	Разделы стандарта	Примеры интегрирования	Экономия ресурсов (человеческие, временные, материальные)	Интегрирование (частичное/предпосылки)
1 Область применения	1 Область применения	Применимость к одним и тем же организациям	ISO14001: 1, ISO45001: 1: «... к любой организации, независимо от ее размера, типа и видов деятельности...[3, 4]»	СМ применимы в компаниях одного и того же типа, что позволяет в дальнейшем интегрировать системы	–	предпосылки

СМ охраны здоровья и безопасности труда	СЭМ	Возможности для объединения	Разделы стандарта	Примеры интегрирования	Экономия ресурсов (человеческие, временные, материальные)	Интегрирование (частичное/предпосылки)
3 Термины и определения	3 Термины и определения	Часть терминов и определений совпадают	ISO 14001: 3.2.8, ISO 45001: 3.8: «Требование (requirement) – Потребность или ожидание, которое установлено, обычно предполагается или является обязательным [3, 4]»	Одинаковое трактование терминов позволит избежать правовых ошибок в документации	–	предпосылки
4 Контекст организации	4 Среда организации	Внешние и внутренние факторы, относящиеся к намерениям организации, могут быть направлены на две СМ	ISO 14001: 4.2, ISO 45001: 4.2: «b) соответствующие потребности и ожидания (т.е. требования) этих заинтересованных сторон [3, 4]»	Область применения, границы систем могут быть обозначены сразу для обеих СМ. Проводить анализ потребителей можно для двух систем	временные	предпосылки
5 Лидерство и участие работников	5 Лидерство	Лидерство высшего руководства может быть подкреплено обеспечением необходимых ресурсов одновременно для двух СМ	ISO14001:5.1: «d) …обеспечения доступности ресурсов, необходимых для системы экологического менеджмента»; ISO45001: 5.1: «d) …гарантии, что ресурсы, необходимые для разработки, внедрения, поддержания и улучшения...[3, 4]»	Предоставление ресурсов сразу для двух СМ поможет выиграть время и частично сэкономить время	временные материальные	частичное
		Разработка политик СМ может осуществляться интегрировано сразу для двух систем	ISO14001: 5.2: «Экологическая политика должна: разрабатываться, актуализироваться и применяться…»; ISO45001: 5.2: «Политика должна: быть оформлена как документированная информация…[3, 4]»	Созданием единой политики, учитывающей применение для двух систем, может заниматься одно ответственное лицо и сэкономить время на обнародование политики в компании	человеческие временные	частичное

СМ охраны здоровья и безопасности труда	СЭМ	Возможности для объединения	Разделы стандарта	Примеры интегрирования	Экономия ресурсов (человеческие, временные, материальные)	Интегрирование (частичное/предпосылки)
		Полномочия для обеих систем могут быть возложены на одно ответственное лицо	ISO14001: 5.3: «Высшее руководство должно обеспечить определение и доведение до работников обязанностей…»; ISO45001: 5.3: «Высшее руководство должно гарантировать, что обязанности и полномочия для соответствующих ролей…[3, 4]»	Разработкой документации и мероприятий для ведения двух СМ может заниматься один человек	человеческие	частичное
6 Планирование	6 Планирование	При выявлении опасностей и рисков для СМ охраны труда и здоровья организация может одновременно учитывать экологические аспекты	ISO 14001: 6.1: «Организация в рамках области применения экологического менеджмента должна определить потенциальные аварийные и другие нештатные ситуации...»; ISO 45001: 6.1.1: «Организация при планировании процесса(ов) должна определять и оценивать риски и возможности... [3, 4]»	Одновременное выявление рисков опасностей для двух СМ и одновременное проведение ознакомления персонала с мероприятиями по избеганию чрезвычайных ситуации может сэкономить время	временные	частичное
7 Обеспечение	7 Средства обеспечения	Уведомление сотрудников о политике и другой информации, указанной в соответствующих пунктах стандартов, может проводиться совместно	ISO 14001: 7.3: «Организация должна обеспечить, чтобы лица, выполняющие работу под управлением организации, были осведомлены: а) об экологической политике…»; ISO 45001: 7.3: «Работники должны быть осведомлены о: а) политике и целях... [3, 4]»	Осведомленность сотрудников сразу о двух СМ поможет выиграть время	временные	частичное

СМ охраны здоровья и безопасности труда	СЭМ	Возможности для объединения	Разделы стандарта	Примеры интегрирования	Экономия ресурсов (человеческие, временные, материальные)	Интегрирование (частичное/предпосылки)
		Некоторые виды документации совпадают, поэтому их можно объединить или взаимозаменить	ISO 14001: 7.5.2, ISO 45001: 7.5.2: «При создании и актуализации документированной информации организация должна соответствующим образом обеспечить: а) идентификацию…[3, 4]»	Взаимозамещение документов или их объединение позволяет сэкономить время и ресурсы (бумажный носитель)	временные материальные	частичное
8 Функционирование	8 Деятельность	Необходимо учитывать нештатные и аварийные ситуации для обеих СМ	ISO 14001: 8.2, ISO 45001: 8.2: «Организация должна разрабатывать, внедрять и поддерживать процессы, необходимые для подготовки и реагирования на потенциальные аварийные и другие нештатные ситуации [3, 4]»	Подготовка к аварийным ситуациям и проведение мероприятий по их предотвращению может проводиться сразу для двух систем	временные материальные	частичное
9 Оценка результатов деятельности	9 Оценка результатов деятельности	Проведение мониторинга и внутренних аудитов возможно проводить совместно для двух систем	ISO 14001: 9.2.1, ISO 45001: 9.2.1: «Организация должна проводить внутренние аудиты через запланированные интервалы времени...[3, 4]»	Разработка программы и мероприятий по мониторингу и аудиту и подготовка документации для двух СМ позволяет экономить ресурсы и время	временные материальные	частичное
10 Улучшение	10 Улучшение	Мероприятия по коррекции несоответствий и постоянным улучшениям могут совпадать для двух систем	ISO 14001: 10.1: «Организация должна определять возможности для улучшения и осуществлять необходимые действия...» ISO 45001: 10.1: «Организация должна определять возможности для улучшения, а также выполнять необходимые действия...[3, 4]»	Проведение мероприятий по улучшению сразу для двух систем поможет сэкономить ресурсы	материальные	предпосылки

Для подтверждения возможностей интеграции систем управления на промышленных предприятиях в РФ можно обратиться к опыту некоторых крупных компаний. Пример одной из таких компаний – Сызранский «ТЯЖМАШ», работающий в области машиностроения. Цель введения интегрированной СМ на предприятии – это удовлетворение требований и ожиданий заказчиков путем достижения высокого уровня качества продукции, обеспечивающего развитие бизнеса, повышения безопасности труда и охраны здоровья работников, в то же время уделяя повышенное внимание вопросам снижения негативного воздействия на окружающую среду. В мае 2017 года АО «ТЯЖМАШ» успешно прошло сертификационный аудит интегрированной СМ, проведенный представителями крупнейшего транснационального холдинга DQS HoldingGmbH, которые провели экспертизу бизнес-процессов и сертификацию СМ. По результатам аудита АО «ТЯЖМАШ» получило сертификаты международного уровня на соответствие интегрированной СМ требованиям ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, BS OHSAS 18001:2007, а также – национального – на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ Р ИСО 14001-2016, ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007 [5].

Таким образом, введение интегрированной СМ на предприятии позволяет достичь определенных преимуществ перед другими компаниями. И на примере сводной таблицы хорошо прослеживается возможный алгоритм взаимодействия СМ. Интегрированная СМ включает требования всех перечисленных выше стандартов, учитывая то, что все они являются межотраслевыми и регламентируют различные аспекты управления организации. Это дает возможность адаптировать разработанную интегрированную СМ практически для любого предприятия, добиваясь при этом экономии трудовых и финансовых ресурсов, при этом повышая эффективность и результативность общей системы управления предприятием.

Литература

1. Стоянкин Е.А., Ситниченко В.М. Интегрированная система менеджмента – основа устойчивого развития предприятия // Стратегические альтернативы. – 2004. – № 8. – С. 4–5.
2. Друкер П.Ф. Практика менеджмента: учеб. пособие / Пер с англ. – М.: Вильямс, 2007. – 400 с.
3. ГОСТ Р ИСО 14001-2016. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. – Введен 01.03.2017. – М.: Стандартинформ, 2018. – 24 с.
4. ISO 45001:2018. Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. – Введен 01.03.2018. – 31 p.
5. Политика интегрированной системы менеджмента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tyazhmash.com/company-group/quality/ (дата обращения: 06.01.2019).

Семенова Татьяна Станиславовна
Год рождения: 1996
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т41503
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: little-star96@inbox.ru

Динкелакер Наталья Владимировна
Год рождения: 1972
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, ст. преподаватель
e-mail: nvdinkelaker@mail.ru

УДК 504

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СЛОЖНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ ЗАРАСТАЮЩИХ ОЗЕР НА ПРИМЕРЕ РАКОВЫХ ОЗЕР ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ВЫБОРГСКОГО РАЙОНА

Семенова Т.С.
Научный руководитель – Динкелакер Н.В.

Настоящее исследование проведено с целью оценки современного состояния накопление тяжелых металлов в различных видах высших водных растений крупнейшего и наиболее значимого озера системы Раковых озер – озера Большого Ракового. Раковые озера, расположенные на Карельском перешейке в Ленинградской области России – одна из ключевых орнитологических территорий России, где пролегает одна из трасс Беломоро-Балтийского пролетного пути птиц. Лебеди, гуси, нырковые и речные утки летят над Раковыми озерами тысячными стаями с Балтийского и Северного морей в арктические тундры и тайгу весной и осенью обратно. Вся система озер имеет огромное значение для поддержания рыбных ресурсов Ладожского бассейна. Прогреваемые мелководья являются крупными нерестилищами леща, язя, плотвы, окуня, щуки и других видов рыб.
Ключевые слова: компоненты экосистемы, тяжелые металлы, загрязнение свинцом, донные отложения, водная растительность, пищевая цепь.

Зарастание водоемов – это естественный процесс, который приводит к образованию болот. Практически все озера подвержены этому, особенно те, которые обладают слабой текучестью. Однако, в таких озерах можно замедлить процесс зарастания, или, наоборот, ускорить, что иногда и происходит в результате деятельности человека [1].

Ведущая роль в процессе зарастания и исчезновения озер принадлежит высшим водным растениям. Накапливая значительную биомассу, они также накапливают и тяжелые металлы как природного, так и техногенного происхождения. Тяжелые металлы могут аккумулироваться в тканях и органах, удерживают их в течение вегетационного периода и тем самым исключают их из круговорота в водоеме до своего отмирания и разложения. Частично они выпадают в осадок в виде карбонатов, сульфатов, частично адсорбируются на минеральных и органических осадках. В результате содержание тяжелых металлов в отложениях постоянно растет, и когда абсорбционная способность осадков исчерпывается, тяжелые металлы поступают в воду. Этому способствует повышение кислотности воды, сильное зарастание водоемов, интенсификация выделения CO_2 в результате деятельности микроорганизмов.

Анализ аэрофотографий и космических снимков показал интенсивное зарастание акватории Большого Ракового озера (оз. Б. Раковое) по сравнению с фотографиями 1970-х годов. Основные формы зарастания – увеличение площади прибрежных плотных сплавин, образование островков растительности с плотным грунтом на акватории, расширение разреженных зон водной растительности. Уплотненные сплавины на оз. Б. Раковое преимущественно представлены зарослями рогоза широколистного, рогоза узколистного, тростника обыкновенного. Увеличению скорости зарастания озера способствовало уменьшение притока воды в озеро из-за построенной дамбы в 1984 году. К 1991 году общая площадь плотных сплавин увеличилась примерно на 15%, к 1999 – на 150% по отношению к состоянию на 1979 год [2]. 1999 год являлся критическим для зарастания озера. При отсутствии мер по подъему уровня воды озеро могло зарасти полностью за несколько лет, так как на нем практически не осталось участков с глубиной более 70 см, затрудняющих заселение водных растений. Произошло уплотнение и увеличение количества островков с растительностью, сплавины уплотнились и увеличились в размерах. Также продолжилось обмеление Раковых озер, что повлекло за собой еще большее зарастание.

Однако в 2001 году была построена плотина на ручье Холодном (вытекающем из озера), которая помогла увеличить летний уровень воды на 40 см. Это изменение позволило замедлить темп зарастания озер. В период 2010–2018 гг. наблюдается постепенное восстановление площади плотных сплавин, не достигающее максимальных значений 1999 года. Отмечено интенсивное развитие разреженных зарослей макрофитов по всей площади озера, что свидетельствует о сохранившейся угрозе нового этапа зарастания озера (рисунок).

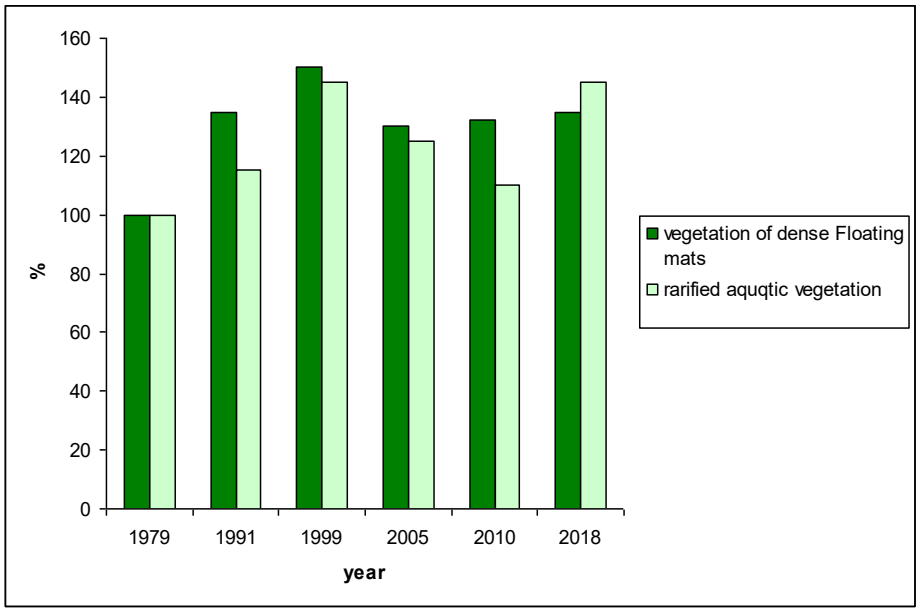


Рисунок. График изменения площади сплавин и зарослей высших водных растений оз. Б. Ракового

Определение уровня накопления тяжелых металлов в грунтах и растительности оз. Б. Ракового было выполнено для донного грунта и доминирующих видов растений и их органов (листья, корни, стебли, плоды). Исследованы растения различных экологических групп: воздушно-водные растения и плавающие растения.

Изучение донных грунтов проводилось в зарослях различных видов водных растений и на акватории, лишенной растительности (табл. 1).

Содержание тяжелых металлов в грунтах мало зависело от типа растительности и в целом имело низкие значения (табл. 1). Исключением являлось содержание свинца, несколько превышающее значения, характерные для водоемов региона, и предельно допустимые концентрации в почве.

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов, оксидов марганца и железа в высшей водной растительности оз. Б. Ракового

Часть оз. Б. Раковое	Концентрации металлов в донных отложениях, мг/кг									
	Sr	Pb	As	Zn	Ni	Co	Fe	MnO	Cr	V
донные отложения из частей озера, заросшие хелофитами	250	18	12	66	20	4	0	558	65	50
донные отложения из частей озера, заросшие плавучей растительностью	189	21	11	87	23	6	4,17	656	74	58
донные отложения из частей озера, заросшие подводной растительностью	200	14	11	71	248	4,4	3,7	547	68	56
донные отложения с участков озера без растительности	180	19	10	76	21	3	4	822	70	59

Выявлено в целом невысокое содержание тяжелых металлов в водных растениях исследованного водного объекта (табл. 2). Распределение накопления тяжелых металлов по акватории носит мозаичный характер, но, в целом, в зарослях водных растений накопления выше, чем на открытых участках акватории. Это связано с тем, что тяжелые металлы могут аккумулироваться в биомассе водных растений.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов, оксидов марганца и железа в высшей водной растительности оз. Б. Ракового

Виды	Концентрация металлов в сухих листьях, мг/кг									
	Sr	Pb	As	Zn	Ni	Co	Fe_2O_3	MnO	Cr	V
Typha latifolia L.	131	10	5	90	2	0	0,05	520	41	0
Týpha angustifólia	123	12	6	78	5	0	0,04	741	48	0
Phragmites communis Trin.	105	14	7	66	4	0	0,09	466	18	0
Sparganium ramosum Huds.	122	12	5	74	2	0	0,2	483	31	0
Glyceria maxima (Hartm.) Holmb.	117	14	3	81	3	0	0,2	754	28	0
Nuphar lutea (L.) Sm.	100	8	3	71	4	0	0,12	885	35	0
Nuphar pumila (Timm) DC.	90	9	5	80	1	0	0,16	1111	38	0
Nymphaea candida J. Presl & C. Presl	110	7	6	66	12	0	0,24	1347	40	0
Potamogeton natans L.	115	4	5	61	20	0	0,3	1567	36	4,8
Sparganium gramineum Georgi	134	3	5	105	9	0	0,2	1392	51	0
Myriophyllum spicatum L.	127	5	6	70	18	0	0,5	2015	48	0
Potamogeton perfoliatus L.	140	3	3	81	11	0	0,3	1610	43	0

Авторами отмечен эффект накопления стронция, свинца, мышьяка, хрома в водных растениях всех исследованных групп. Особенно эффективно в водной растительности накапливается марганец и цинк, их концентрация в растениях в ряде случаев превышает таковую в донных грунтах. В то же время накопление ванадия и кобальта в водных растениях практически не происходит даже при их наличии в донных грунтах [3, 4].

Литература

1. Сиренко Л.А., Гавриленко М.Я. «Цветение» воды и эвтрофирование. – Киев, 1978. – 232 с.
2. Попова Т.А. Современное состояние и темпы зарастания озер Карельского перешейка // Экология зарастающего озера и проблемы его восстановления. – 1999. – С. 11–15.

3. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Экология прибрежно-водной растительности. – М.: НИА-Природа, 2004. – 220 с.
4. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 23.01.2006 № 1 (ред. от 26.06.2017) «О введении в действие гигиенических нормативов ГН 2.1.7.2041-06» (вместе с «ГН 2.1.7.2041-06. 2.1.7. Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 19.01.2006) (Зарегистрировано в Минюсте России 07.02.2006 № 7470).

Соболева Полина Валерьевна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4252
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: p.soboleva.itmo@gmail.com

Сергиенко Ольга Ивановна
Год рождения: 1957
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

УДК 504.062.2

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ: ОПЫТ НАУЧНОГО ЦЕНТРА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЛЕЙДЕНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА, НИДЕРЛАНДЫ

Соболева П.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Сергиенко О.И.

Работа выполнена в рамках НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе рассмотрена деятельность Центра устойчивого развития Лейденского университета, а также инициативы университета в области энерго- и ресурсоэффективности. Полученные результаты в области переработки строительных отходов подтверждают принципиальную возможность использования вторичных ресурсов в строительстве. Рассмотрены текущие проекты Центра устойчивого развития – HISER и C2CA.
Ключевые слова: ресурсоэффективность, Нидерланды, строительные материалы, устойчивое развитие, замкнутый цикл производства.

Провинция Южная Голландия является крупнейшим промышленным центром королевства Нидерланды. Обрабатывающая промышленность, а именно, производство строительных материалов значительно зависит от уровня потребления сырья и ископаемого топлива. Нерациональное использование природных ресурсов в производстве бетона и других материалов является одной из самых значимых проблем в отрасли производства строительных материалов. Компании стремятся ускорить переход к экономике замкнутого цикла, изменить дизайн своих производственных процессов, бизнес-моделей, цепочек поставок и систем распределения. Согласно данным потребностям, появились научно-исследовательские центры, стремящиеся удовлетворить интересы заинтересованных сторон.

Университет Лейдена стремится стать центром международного образования и передового опыта стратегических междисциплинарных исследований в области устойчивого использования и управления природными ресурсами.

Институт наук об окружающей среде Лейденского университета исследует принципы стратегического управления природными ресурсами, качеством окружающей среды и

биоразнообразием. Основным направлением работы подразделения является обучение студентов и проведение исследований в области наук об окружающей среде. Институт предлагает две исследовательские программы: биология окружающей среды и промышленная экология, которые изучают взаимосвязь между деятельностью человека и природой. Биология окружающей среды занимается вопросами антропогенного воздействия на биоразнообразие и использование природных ресурсов, в то время как промышленная экология исследует возможность разработки инструментов для принятия решений по вопросам устойчивого производства и потребления. Междисциплинарный характер исследований отражен в кадровом составе подразделения, где работают экологи, инженеры-химики, агротехники, физики и т.д.

Кроме того, в Лейденском университете организованы ежемесячные междисциплинарные лекции, для проведения которых приглашаются всемирно известные ученые. Экология, энергетика и окружающая среда являются тремя основными темами нашего времени, которые охватывают ключевые проблемы, касающиеся будущего нашей планеты. Особенно те, которые касаются природных ресурсов, изменения климата и ухудшения состояния окружающей среды.

Помимо проведения исследований в области защиты окружающей среды, Лейденский университет применяет принципы устойчивого развития на практике. В 2019 году Лейденский университет занимает 24 место в рейтинге UI Green Metric, глобальном рейтинге «экологичности» высших учебных заведений. Целью составления рейтинга является привлечение внимания академической общественности к необходимости ведения политики устойчивого развития окружающей среды для решения экологических проблем. Основные критерии рейтинга включают: показатели потребления и экономии энергии, рационального использования водных ресурсов, хранения и переработки отходов, использования экологически чистых транспортных средств, оценивается площадь зеленых насаждений на территории кампуса. Большое внимание в рейтинге уделяется показателям образовательной и научной деятельности по данному направлению [1].

Одна из тем Лейденского университета связана с повышением энергоэффективности зданий. Строительство зданий с улучшенными показателями энергопотребления на всех стадиях жизненного цикла способствует достижению как голландских, так и европейских целей по обеспечению устойчивости [2]. В последние годы инструментом, используемым для получения общего измерения и оценки устойчивости зданий, является BREEAM-NL (метод экологической оценки зданий для исследовательских учреждений в Нидерландах) [3]. В стремлении достичь стандартов BREEAM-NL на этапах нового строительства и масштабных реконструкций, университет делает упор на энергоэффективность. Таким образом, может быть достигнут финансовый баланс между амбициями университета в области устойчивого развития и большим инвестиционным бременем в сфере недвижимости. Лейденский университет намерен сделать все существующие здания максимально энергоэффективными. Основное внимание уделяется зданиям, которые все еще будут использоваться в течение ближайших десяти лет, и где есть хороший потенциал для улучшения энергетических показателей.

Благодаря инициативе Лейденского университета и активной работе в области устойчивого развития было принято решение создать многопрофильный исследовательский центр. Лейден-Делфт-Эразмусский Центр устойчивого развития объединяет три университета: Лейденский университет, Делфтский технологический университет и Университет Эразма Роттердамского. Одной из основных целей Центра является переход к экономике замкнутого цикла.

По мнению учредителей центра, переход к циклической экономике требует систематического и целостного исследовательского подхода [4]. Представители разных дисциплин работают вместе, изучая проблемы, с которыми сталкиваются заинтересованные стороны на практике.

Темы исследований Центра устойчивого развития сосредоточены вокруг вопроса о том, как отрасль может перейти на замкнутый материальный цикл. Были сформулированы следующие темы исследований:

- технология материалов: развитие современных методов переработки материалов для вторичного использования, улучшение свойств производимых материалов, современные методы добычи материалов;
- экологический дизайн: снижение количества необходимого материала на единицу продукции, способы продления жизненного цикла продукции, проектирование возможностей повторного использования продукции;
- финансовые инструменты: аренда, прокат, лизинг, перепродажа готовой продукции;
- влияние образа жизни на стиль потребления: внесение поправок в законы, образовательная деятельность, разъяснение принципов ответственного потребления.

Ведущие проекты исследовательского центра представляют собой сбалансированное сочетание фундаментальной и прикладной науки. Исследования проводятся для национальных и европейских научных фондов, а также для таких клиентов, как Правительство Нидерландов и частный сектор. В качестве текущих проектов можно выделить проекты в сфере строительства HISER и C2CA.

Основной целью проекта HISER является разработка и применение новых экономичных системных решений для повышения степени извлечения сырья из сложных отходов строительства путем рассмотрения принципов циркулярной экономики и замкнутого жизненного цикла зданий. Проект реализуется в рамках исследовательской и инновационной программы Horizon 2020 Европейского Союза. Основными направлениями проекта являются разработка инновационных технологий производства высококачественных строительных материалов путем частичной замены первичных ресурсов и оценка экологического воздействия новых материалов в жизненном цикле [5].

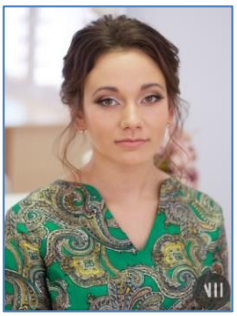
Проект C2CA ставит целью производство качественного вторичного цемента/бетона на основе инновационной технологии сепарации материалов. В качестве партнеров проекта выступают научно-исследовательские центры и строительные компании. Благодаря успешно пройденным испытаниям разработанные технологии уже применяются на рынке. Одной из них является технология разделения материалов ADR. ADR работает чисто механически и во влажном состоянии, т.е. без предварительной сушки или мокрого просеивания. Оборудование использует кинетическую энергию для разрушения связей, которые образуются влагой и мелкими частицами, и может классифицировать материалы практически независимо от их влагосодержания. ADR применяется для удаления мелких частиц и легких загрязнений. Разделение ADR приводит к тому, что крупнозернистый продукт заполнителя отделяется от мелкой фракции, которая включает цементную пасту и загрязняющие вещества, такие как древесина, пластмасса и пена. В рамках проекта промышленная установка ADR была успешно продемонстрирована в г. Хорн в Нидерландах [6].

Благодаря инициативе Лейденского университета, Центр устойчивого развития разрабатывает методы и инструменты, способствующие переходу на замкнутый материальный цикл производства. Анализ текущих проектов Центра показывает, что принятие решений о выборе технологий базируется на комплексной оценке жизненного цикла применяемых материалов. В настоящее время существует принципиальная возможность производства строительных материалов из вторичных ресурсов. Определение показателей ресурсной эффективности и экологического воздействия в жизненном цикле строительных материалов, оценка их экономической эффективности позволяет предложить технические решения, способствующие реализации принципов устойчивого развития и циркулярной экономики.

Литература

1. Team U.G. Guideline of UI GreenMetric World University Ranking 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.scribd.com/document/340965751/UI-Greenmetric-Guideline-2016 (дата обращения: 06.01.2019).
2. Kubba S. Handbook of green building design and construction: LEED, BREEAM, and Green Globes. – Butterworth-Heinemann, 2012. – 832 p.
3. Council D.G.B. BREEAM-NL // BRE Global Ltd. – 2012.
4. Sassi P. Defining closed-loop material cycle construction // Building Research & Information. – 2008. – V. 36. – № 5. – P. 509–519.
5. Проект HISER [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.hiserproject.eu/ (дата обращения: 07.01.2019).
6. Di Maio F. et al. Cement and clean aggregates from CDW: the C2CA project // Proc. 27th Int. Conf. on Solid Waste Technology and Management. – 2012. – P. 796–808.

Струговцова Валентина Владимировна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4209
Направление подготовки: 19.04.02 – Пищевые системы с заданными свойствами
e-mail: vstrugovtsowa@yandex.ru



Иванова Мария Владиславовна
Год рождения: 1994
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4209
Направление подготовки: 19.04.02 – Пищевые системы с заданными свойствами
e-mail: mashulya-vasileva-1994@mail.ru

Рипачева Анастасия Евгеньевна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4209
Направление подготовки: 19.04.02 – Пищевые системы с заданными свойствами
e-mail: ripachevaae@yandex.ru

Гунькова Полина Исаевна
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: gunkova@corp.ifmo.ru

УДК 637.5

ВЛИЯНИЕ БИОЗАЩИТНЫХ КУЛЬТУР НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЯСНОГО СЫРЬЯ

Струговцова В.В., Иванова М.В., Рипачева А.Е.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Гунькова П.И.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе приведены результаты экспериментальных исследований, показывающие, что внесение в мясной фарш биозащитной бактериальной культуры в количестве 5% способствует снижению влагоудерживающей способности охлажденного мясного фарша, а также снижению скорости образования перекисных соединений, гидролиза триглицеридов и образования низкомолекулярных жирных кислот в процессе хранения продукта; улучшает вкус, запах, сочность, консистенцию продукта; позволяет увеличить продолжительность хранения продукта при температуре (5±1)°С до 7 дней.

Ключевые слова: биозащитные культуры, мясное сырье, мясные полуфабрикаты, физико-химические свойства мясного сырья.

Использование в мясных технологиях биозащитных культур обеспечивает угнетение в продукте жизнедеятельности патогенов и микробов порчи. В состав данных культур входят различные виды молочнокислых бактерий, продукты обмена которых также способствуют расщеплению белков мяса с образованием пептидов и свободных аминокислот, понижению показателя pH, образованию ароматических соединений. Эти изменения могут оказывать влияния на показатели качества мясного сырья [1–4].

Цель работы состояла в исследовании влияния биозащитных культур на физико-химические и органолептические свойства мясного сырья.

Объектом исследования являлся охлажденный мясной фарш, состоящий из свинины (60%) и говядины (40%), выработанный с добавлением культуры *Lactobacillus acidophilus* + *Streptococcus thermophilus* в количестве 5%. Контролем служили образцы мясного фарша, выработанные без бактериальной культуры. Предварительно активизированную культуру молочнокислых бактерий вносили в количестве 5% в готовый фарш. Фарш помещали на 14 ч в холодильную камеру с температурой (5±1)°С, после чего определяли его влагоудерживающую способность (ВУС), кислотное число (КЧ), перекисное число (ПЧ), pH. Из образцов фарша сформировали шарики, подвергли их жарке, после чего определили основные потребительские характеристики продукта: цвет (в том числе цвет фарша в разрезе); сочность; мягкость; запах; вкус [5].

Результаты исследования ВУС образцов фарша представлены в таблице.

Таблица. Влагоудерживающая способность мясного фарша

Время выдержки	ВУС, % к общей влаге	
	Контроль	Опыт
14 часов	76	85
3 суток	71	82
5 суток	65	77
7 суток	59	73

Данные таблицы показывают повышение ВУС фарша при внесении в него биозащитной культуры. Наибольшее набухание фарша наблюдается в опытном образце, что объясняется, вероятно, биомодификацией белково-жировой системы фарша под действием веществ, вырабатываемых бактериями биозащитных культур. В процессе холодильного хранения фарша во всех образцах наблюдается снижение ВУС, в опытных образцах оно меньше по сравнению с контролем.

О степени гидролиза жира судили по изменению КЧ фарша. Динамика КЧ мясного фарша представлена на рис. 1.

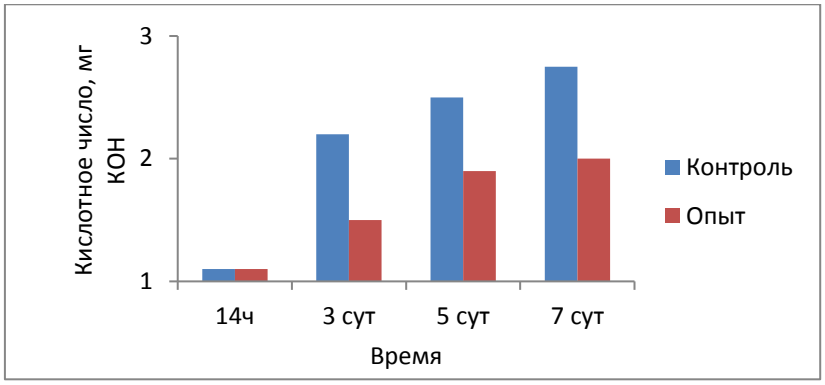


Рис. 1. Динамика КЧ мясного фарша

Из диаграммы на рис. 1 видно, что внесение биозащитной культуры в количестве 5% способствует снижению КЧ жира. В процессе хранения КЧ увеличивается во всех образцах, однако, в опытном образце скорость изменения КЧ была наименьшей. Меньшую интенсивность процесса гидролиза триглицеридов жира мясного фарша в опытных образцах можно объяснить, вероятно, инактивирующим действием биологически активных веществ, вырабатываемых культурой на липазы нежелательной микрофлоры.

О глубине процесса окисления жира судили по накоплению перекисей в образцах фарша. Результаты исследования ПЧ жира мясного фарша показаны на рис. 2.

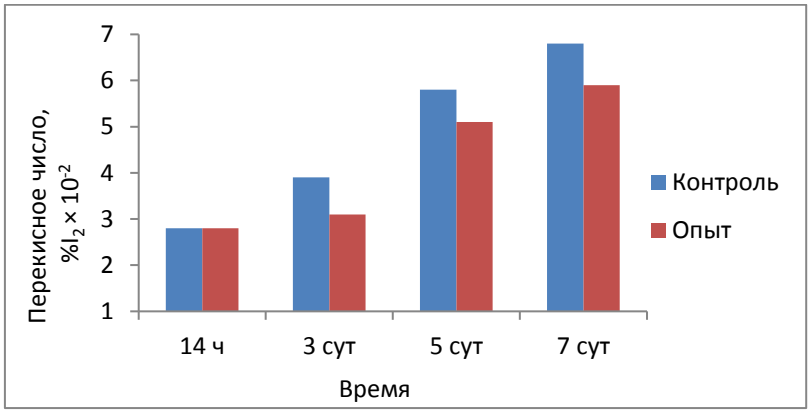
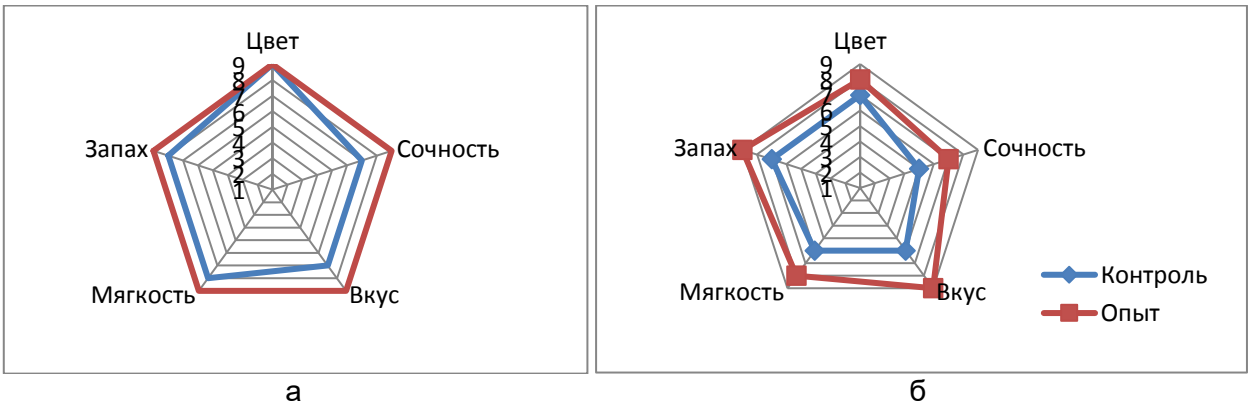


Рис. 2. Динамика ПЧ мясного фарша

Данные диаграммы, представленной на рис. 2, показывают наиболее интенсивное образование перекисных соединений в контрольном образце по сравнению с опытным образцом. При внесении в фарш биозащитной культуры в количестве 5% ПЧ жира в течении 7 суток адекватно значению в свежем жире. В контрольном образце значение ПЧ превышает допустимое для свежего жира через 5 суток.

Значение показателя pH всех образцов фарша сразу после его выработки было равным. После выдерживания в течение 14 ч при температуре (5±1)°С наблюдалось значительное снижение значения показателя pH в опытном образце, что можно объяснить аккумуляцией молочной кислоты и других продуктов обмена бактериальной культуры. В процессе хранения в течении 7 суток pH опытного образца практически не изменялся, лишь незначительное его повышение зафиксировано через 5 суток. В контрольном образце через 14 ч отмечалось некоторое снижение pH, а затем значение этого показателя повышалось, и на 7 сутки достигло значения 6,3, что свидетельствует о развитии в продукте процессов порчи.

Профилограммы, характеризующие органолептические показатели мясного фарша, представлены на рис. 3.



а б

Рис. 3. Органолептические свойства мясного фарша через 14 ч (а) и через 5 суток (б) хранения

Профилограммы, представленные на рис. 3, показывают, что опытный образец мясного полуфабриката, выработанный с биозащитной культурой, имеет наиболее высокие органолептические свойства и через 14 ч, и через 5 суток хранения при температуре (5±1)°С. При хранении опытного образца значительных изменений органолептических показателей не наблюдалось, только несколько понизились оценки сочности, мягкости и цвета. В контроле на 5-й день фиксировалось снижение всех оценок. Ухудшение органолептических свойств контрольного образца по сравнению с опытным проявилось в разнице оценок всех их показателей, составившей от 1-го (цвет) до 3-х (вкус) баллов.

Таким образом исследования авторов показали следующее: использование биозащитных культур повышает физико-химические и органолептические свойства мясного сырья; внесение в составленный мясной фарш биозащитной культуры *Lactobacilus acidophilus* и *Streptococcus thermophilus* в количестве 5% способствует снижению ВУС охлажденного мясного фарша, а также снижению скорости образования перекисных соединений, гидролиза триглицеридов и образования низкомолекулярных жирных кислот в процессе хранения продукта, выработанного с бактериальной культурой; улучшает вкус, запах, сочность, консистенцию продукта; позволяет за счет подавления гнилостных процессов и процессов порчи жира увеличить продолжительность хранения фарша при температуре (5±1)°С до 7 дней.

Литература

1. Хамагаева И.С., Ханхалаева И.А., Заиграева Л.И. Использование пробиотических культур для производства колбасных изделий. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 204 с.
2. Давыдова Р. Стартовые и защитные культуры – естественная микрофлора пищевых продуктов // Мясные технологии. – 2014. – № 3. – С. 28–32.
3. Ишевский А.Л., Гунькова П.И., Кольцова М.В., Рипачева А.Е., Богомолов С.В. Использование бактериальных культур в технологии производства вареных колбас из мяса механической обвалки // Все о мясе. – 2017. – № 6. – С. 7–11.
4. Woraprayote W., Malila Y., Visessanguan W. et al. Bacteriocins from lactic acid bacteria and their applications in meat and meat products // Meat Science. – 2016. – V. 120. – № 10. – P. 118–132.
5. Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. Учеб. пособие для вузов. – М.: Колос, 2001. – 570 с.

Храброва Алина Витальевна
Год рождения: 1996
Университет ИТМО, факультет прикладной биотехнологии и инженерии, студент группы № Т4113
Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология
e-mail: alina1996@mail.ru

Золотухина Татьяна Константиновна
Год рождения: 1996
Университет ИТМО, факультет прикладной биотехнологии и инженерии, студент группы № Т4113
Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология
e-mail: tanya2012-21@mail.ru

Морозкина Светлана Николаевна
Год рождения: 1975
Университет ИТМО, научно-исследовательский центр биоинженерии, к.хим.н.
e-mail: i_norik@mail.ru

Шлейкин Александр Герасимович
Год рождения: 1944
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, д.мед.н., профессор
e-mail: shleikin@yandex.ru

УДК 54.057

СИНТЕЗ АЛЛОБЕТУЛИНА И ЕГО СВОЙСТВА

Храброва А.В., Золотухина Т.К., Морозкина С.Н.
Научный руководитель – д.мед.н., профессор Шлейкин А.Г.

Растительные тритерпеноиды и продукты их синтетических модификаций уверенно продвигаются в качестве перспективных лекарственных средств. Интересным представителем биологически активных растительных метаболитов является аллобетулин. Целью работы являлось изучение и обобщение теоретических и практических знаний о способах получения аллобетулина, а также его свойствах.
Ключевые слова: аллобетулин, природные соединения, пентациклические тритерпеноиды.

Модификации биологически активных природных веществ зачастую приводят к получению новых перспективных соединений, которые порой не только эффективнее предшественников, но и обладают более широким спектром действия (антибактериальными, противовоспалительными, противоопухолевыми, антивирусными и другими свойствами). Это

относится к аллобетулину, основному производному бетулина – экстрактивного вещества коры березы вида Betula pendula, содержание которого в коре может достигать 35% [1].

Аллобетулин (19β,28-эпоксиолеанан-3-ол) (рис. 1) является пентациклическим тритерпеноидом олеананового ряда с брутто-формулой $C_{30}H_{50}O_2$, и молекулярной массой 442,7168 г/моль.

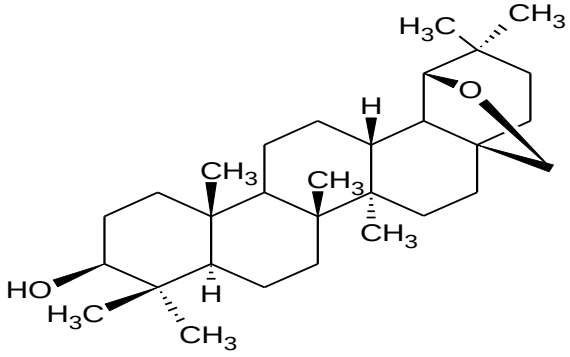


Рис. 1. Строение аллобетулина

Аллобетулин представляет особый интерес для химико-фармацевтической промышленности. Он служит основой для разработки новых противовирусных препаратов, оказывающих ингибирующее действие. Известно также, что аллобетулин проявляет умеренно-выраженное действие в отношении гриппа типа В, а его эфиры, содержащие остатки ароматических биоактивных кислот, проявляют иммуномодулирующие, противовоспалительные и противоязвенные свойства, а также служат в качестве гепатопротекторов.

Существует большое количество способов получения аллобетулина под действием различных реагентов. Используются двухстадийные и одностадийные способы изомеризации бетулинола в аллобетулин.

Среди двухстадийных методов распространен способ получения аллобетулина под действием муравьиной кислоты.

Первыми, кто осуществил изомеризацию бетулина в аллобетулин, были химики Шульце и Пиро в 1992 г. Бетулинол обрабатывали муравьиной кислотой, а затем проводили реакцию омыления (рис. 2). Данный способ является двухстадийным и сложным, но при этом происходит полное расходование реагентов на получение и омыление формиата. Выход целевого продукта не превышает 65%.

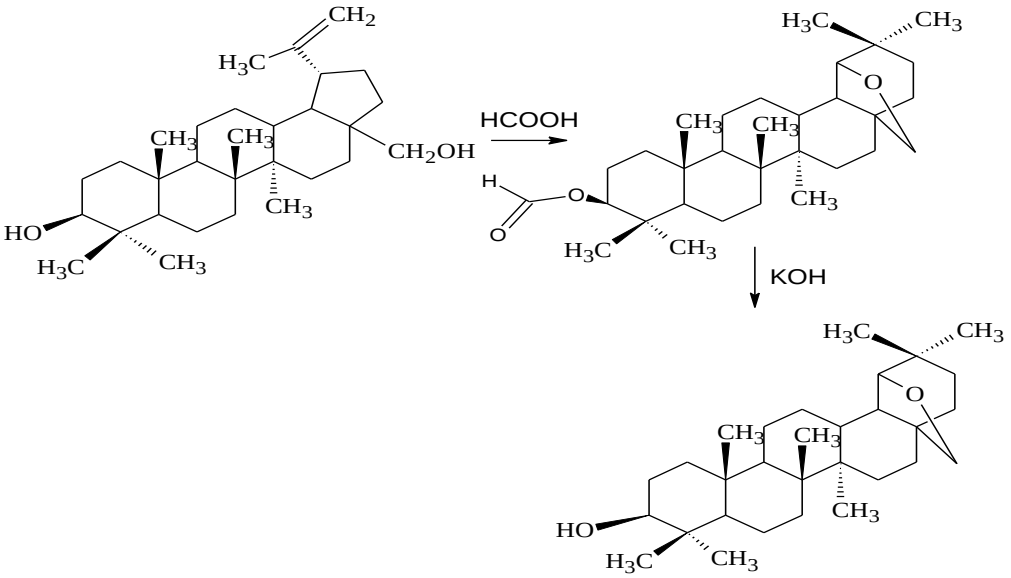


Рис. 2. Получение аллобетулина под действием муравьиной кислоты

Одностадийные способы включают в себя получение аллобетулина из бересты березы путем объединения процессов экстракции бетулина из бересты гексаном или хлористым метиленом и стадии изомеризации бетулина в аллобетулин под действием ортофосфорной кислоты в одной колбе или под действием нанесенного на силикагель $FeCl_3$.

Недостатками данного метода являются: низкий выход конечного продукта (22%); наличие других соединений в экстракте помимо бетулина (лупеол, бетулиновая кислота, кофеат бетулина и др.); использование Сокслета при масштабном синтезе усложняет ход реакции.

Получение аллобетулина может быть осуществлено под действием серной и фосфорной кислот на бетулин (рис. 3). Эти методы были рассмотрены в патенте В.А. Левданского и соавт. (1999). Аллобетулин был получен из внешней части коры березы (бересты) Betula pendula под действием кислот. Синтезы характеризуются высокой чистотой продукта, составляющей 93%, и низким выходом аллобетулина 17–22% и 21% соответственно.

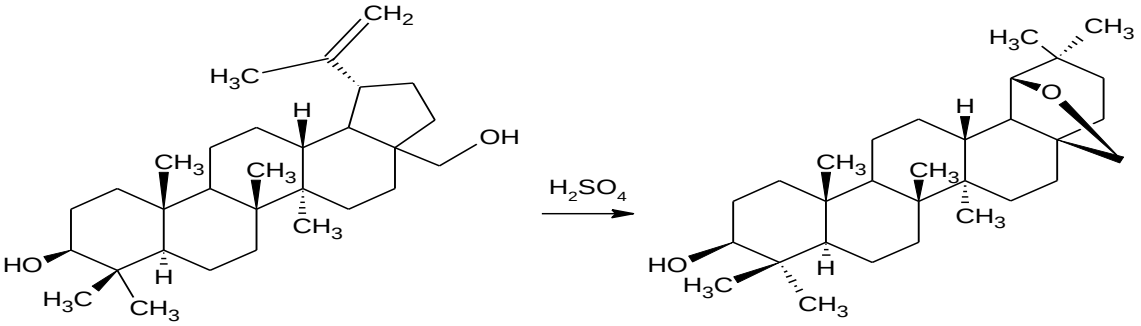


Рис. 3. Получение аллобетулина под действием серной кислоты

Существует также одностадийный способ получения аллобетулина, при котором бетулин взаимодействует с ортофосфорной кислотой, нанесенной на силикагель или активированный уголь, в кислородосодержащих растворителях, алифатических или ароматических углеводородах. В то же время аллобетулин может быть получен реакцией изомеризации бетулина под действием диметилсульфата, $Fe(NO_3)$ в хлороформе, р-толуолсульфокислоты в хлороформе и трифторуксусной кислоты. Существенным недостатком этих методов является дороговизна и невысокий выход целевого продукта.

В патенте С.А. Кузнецовой и соавт. (2008) предложен другой метод получения аллобетулина под действием ортофосфорной кислоты (рис. 4) [2]. Синтез осуществляют в аппарате Сокслета из измельченной коры березы и ортофосфорной кислоты в гексане в течение 10 ч. Выход целевого продукта от массы бересты составляет 20%, а его чистота – 95%.

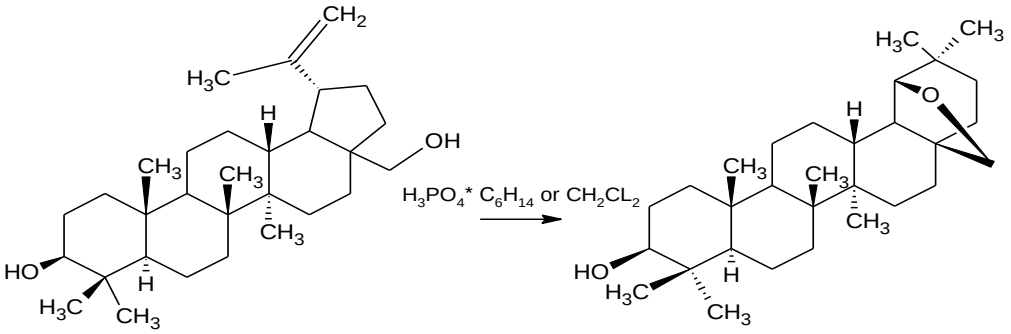


Рис. 4. Получение аллобетулина под действием ортофосфорной кислоты

Известен одностадийный способ получения аллобетулина из бетулина путем изомеризации последнего под действием бромистоводородной кислоты (HBr) в хлороформе (рис. 5) или концентрированной соляной кислоты (HCl). Однако для подобных синтезов необходимо оборудование из дорогостоящих материалов, устойчивых к агрессивному

воздействию кислот, при этом регенерация кислот из реакционной смеси очень трудна, а образование побочного продукта (20,28-эпокси-19βH-лупан-3β-ол) значительно снижает выход аллобетулина (до 20%).

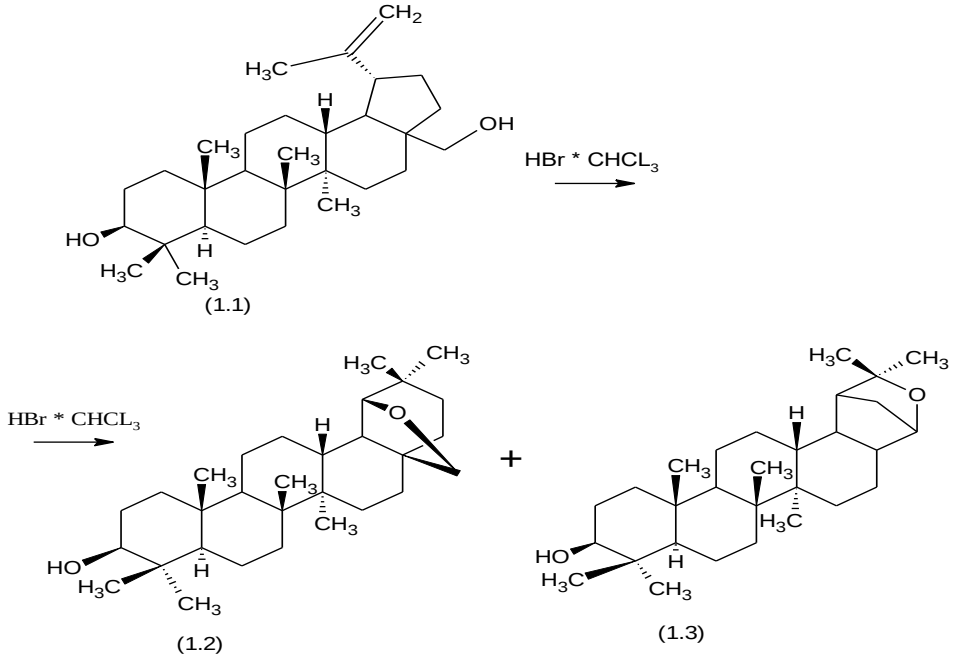


Рис. 5. Получение аллобетулина под действием бромистоводородной кислоты

В патенте [2] приводится еще один способ получения аллобетулина, в котором используется внешняя часть коры березы (рис. 6). Синтез проводят при комнатной температуре в растворе CH_2Cl_2 в присутствии $FeCl_3$, нанесенного на силикагель. Выход аллобетулина составляет 11,9%.

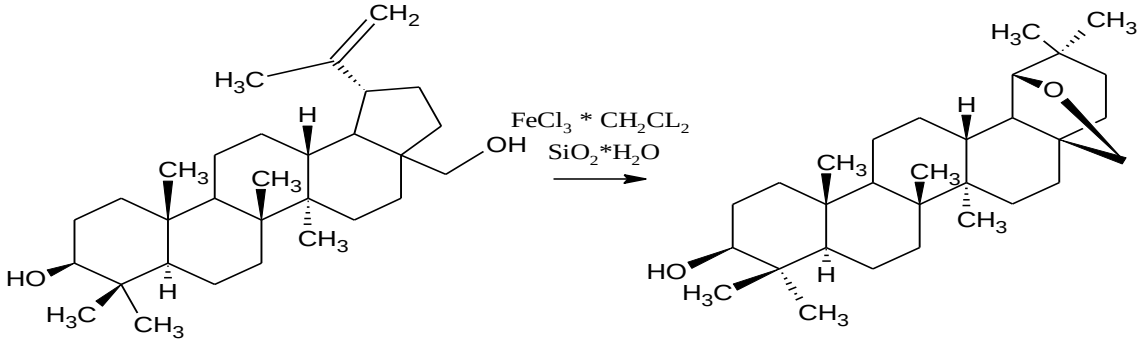


Рис. 6. Получение аллобетулина в присутствии хлорида железа(III)

Недостатком является сложность выделения аллобетулина из реакционной смеси в присутствии гетерогенного катализатора.

В одной из работ [3], был упомянут способ получения аллобетулина из бетулина в присутствии фенилтиомочевины (рис. 7). Выход конечного продукта – 28%.

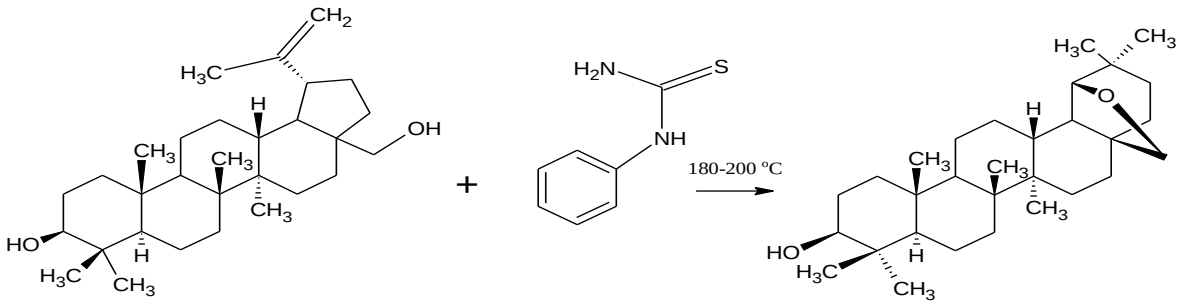


Рис. 7. Получение аллобетулина в присутствии фенилтиомочевины

Также известен способ получения аллобетулина путем изомеризации бетулина под действием гидрата п-толуолсульфокислоты (рис. 8). В результате аллобетулин был получен в виде светло-коричневого остатка. Выход составляет 80–90%.

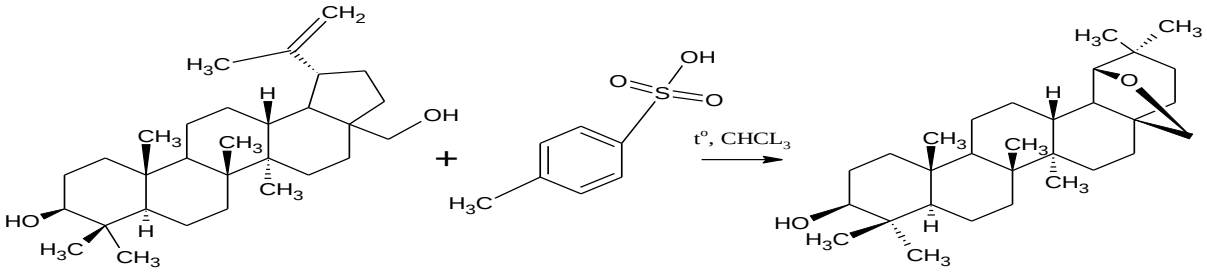


Рис. 8. Получение аллобетулина под действием гидрата п-толуолсульфокислоты

Метод, содержащийся в патенте О.Б. Казаковой [4], является наиболее усовершенствованным из одностадийных методов. Синтез проводят при действии на бетулин, полученный путем экстракции коры березы, каталитическим количеством 20%-ного раствора $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ в хлороформе (рис. 9). Выход целевого вещества – 92–95%.

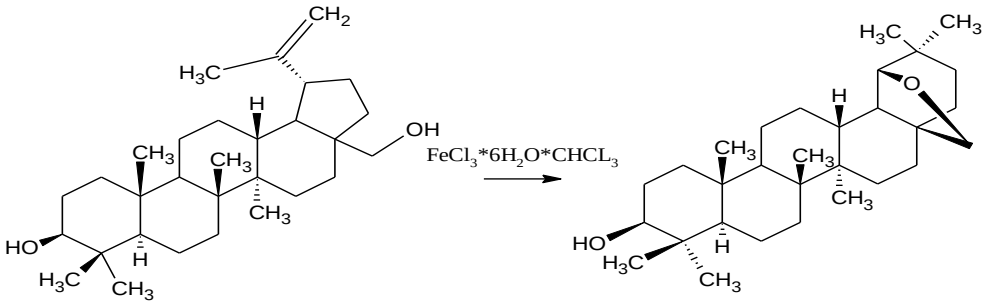


Рис. 9. Получение аллобетулина в присутствии $FeCl_3 \cdot 6H_2O$

Известно, что функциональные спиртовые группы могут быть эффективно окислены нитратом железа $Fe(NO_3)_3$, предварительно адсорбированным на глине или силикагеле (рис. 10). Нитрат железа предварительно измельчают и смешивают с силикагелем или оксидом алюминия. Полученный желтоватый порошок объединяют с бетулином растворенным в CH_2Cl_2, и затем кипятят с обратным холодильником. В этих условиях аллобетулин получают с выходом, превышающим 95%, за 15 мин. Если время реакции увеличить до 6 часов, то аллобетулин превращается в аллобетулон с выходом 70%.

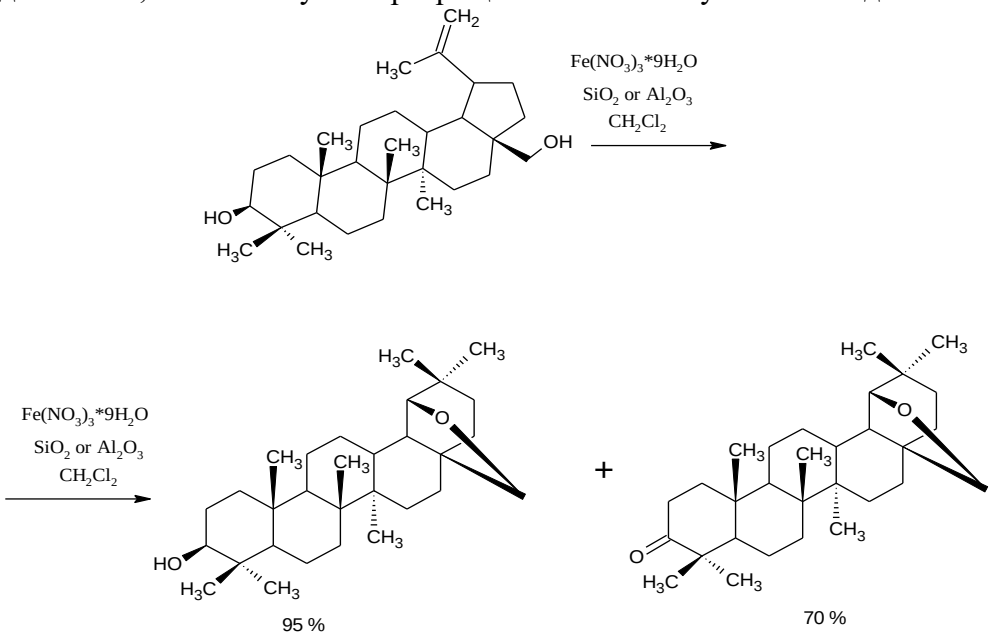


Рис. 10. Получение аллобетулина в присутствии $Fe(NO_3)_3$

Самым удобным способом получения аллобетулина является реакция, осуществляемая путем изомеризации бетулина под действием кислотного агента Амберлист 15 (рис. 11) в органическом растворителе [5].

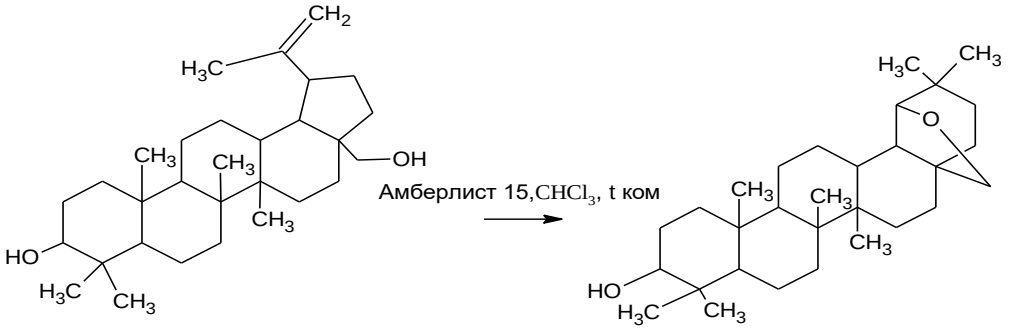


Рис. 11. Получение аллобетулина в присутствии катионита Амберлист 15

Процесс изомеризации проводят под действием сильнокислотного катионита Амберлист 15. Авторы убеждают в том, что данный способ позволяет осуществить реакцию с более высоким выходом аллобетулина.

Катионит Амберлист 15 удобен и прост в использовании, он не токсичен, позволяет проводить реакцию с практически количественным выходом, а также может быть использован множество раз. Процесс выделения целевого продукта достаточно прост и сводится к фильтрованию и удалению растворителя. Выход аллобетулина при этом 80–90%.

Литература

1. Кузнецов Б.Н., Левданский В.А., Кузнецова С.А., Когай Т.И. Синтез биологически активных тритерпеновых соединений на основе бетулина // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия. – 2011. – Т. 4. – № 4. – С. 408–423.
2. Пат. 2334759 РФ, МПК C07J 53/00; C07J 63/00. Способ получения аллобетулина / Кузнецова С.А., Кузнецов Б.Н., Редькина Е.С., Скворцова Г.П.; заявитель и патентообладатель Институт химии и химической технологии СО РАН (ИХХТ СО РАН). – Патент РФ № 2007119736/04; заявл. 28.05.2007; опубл. 27.09.2008, Бюл. № 27. – 4 с.
3. Калиева С.С., Нурпейис Е.Е., Заманова М.К., Бакибаев А.А., Мамаева Е.А., Ташенов А.К. Аллобетулин как основной продукт термической перегруппировки бетулина // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, посвященной 120-летию Томского политехнического университета. – 2016. – С. 167–168.
4. Пат. 2402561 РФ, МПК C07J 53/00. Способ получения аллобетулина / Казакова О.Б., Толстиков Г.А., Медведева Н.И.; заявитель и патентообладатель Учреждение Российской академии наук Институт органической химии Уфимского научного центра РАН. – Патент РФ № 2009118171/04; заявл. 13.05.2009; опубл. 27.10.2010, Бюл. № 30. – 5 с.
5. Lavoie S., Pichette A., Garneau F. Synthesis of betulin derivatives with solid supported reagents // Synth. Commun. – 2001. – V. 31. – № 10. – P. 1565–1571.

Черниховец Екатерина Андреевна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет прикладной биотехнологии и инженерии, студент группы № Т4217
Направление подготовки: 19.04.02 – Алкогольные и безалкогольные напитки
e-mail: chernihovec_ekaterina@mail.ru

Меледина Татьяна Викторовна
Год рождения: 1948
Университет ИТМО, факультет прикладной биотехнологии и инженерии, д.т.н., профессор
e-mail: tatiana.meledina@yandex.ru

УДК 663.465

ПОВЫШЕНИЕ КОЛЛОИДНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ПИВА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МАРОК СИЛИКАГЕЛЯ

Черниховец Е.А.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Меледина Т.В.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

В работе проведено исследование отечественных марок силикагеля для повышения коллоидной стойкости пива. По результатам исследования было выявлено, что использование анализируемого силикагеля значительно снижает мутность пива. Установлено, что эффект от стабилизации сравним с зарубежными аналогами.
Ключевые слова: пиво, мутность, коллоидная стойкость, силикагель.

Одной из причин помутнения пива являются коллоидные частицы размером от 0,01 до 1 мкм. Стойкость пива к помутнению зависит от множества факторов, например, от химического состава используемого сырья, который определяет природу коллоидных частиц, технологии фильтрования сусла и пива.

В состав коллоидных помутнений пива главным образом входят белки, фенольные соединения, полисахариды. Присутствие белков и продуктов их гидролиза является одной из распространенных причин появления мути [1].

В настоящее время многие крупные пивоваренные компании, а также небольшие пивзаводы используют для осветления пива и повышения его коллоидной стойкости различные вспомогательные материалы, одним из которых является силикагель. Силикагель избирательно адсорбирует белки, при этом одновременно частично удаляются полифенолы, которые входят в белково-дубильные комплексы [2].

Силикагель рекомендуют вносить в процессе второго предварительного намыва из расчета 30–50 г/м^2 площади фильтра. Время контакта пива со стабилизатором при этом составляет лишь несколько минут, однако, этого вполне достаточно для проявления стабилизирующего эффекта (в течение 5 мин выдержки удаляется до 90% замутняющих белков) [2].

Силикагель как вспомогательный материал для повышения коллоидной стойкости пива в России не производится, поэтому является актуальным снижение производства отечественного силикагеля [3].

Цель работы – сравнение технологических свойств отечественных и импортных марок силикагеля.

Объектами исследования являлись зарубежный силикагель марки Stabifix и 4 образца силикагеля отечественного производителя ООО «Скат 3». Все образцы силикагеля соответствовали ГОСТ 3956-76 «Силикагель технический. Технические условия».

В связи с отсутствием данных по содержанию влаги в образцах силикагеля были проведены испытания образцов для определения их принадлежности к гидро- или ксерогелю с помощью анализатора влажности, и выявлено, что образцы 1 и 3 относятся к ксерогелям, образцы 2 и 4 – к гидрогелям.

Далее был проведен расчет дозировок внесения стабилизаторов с учетом содержания в нем влаги. Дозировка во всех случаях составляла 30 г/гл в расчете на содержание сухих веществ (СВ) 65% [4].

Стабилизации подвергали пиво с массовой долей СВ 12%, произведенное на МПЗ ООО «Knightberg» (Санкт-Петербург).

Основные физико-химические показатели напитка определяли на пивоанализаторе «Anton Paar» [5].

О количестве и размере коллоидных частиц можно судить по мутности, которая выражается в единицах EBC (European Brewery Convention). В данной работе использовали методику определения мутности пива на мутномере HAFFMANS VOS ROTA. Мутность выражали в ед. EBC. Кроме того, мутность оценивали на фотоэлектрокалориметре при длине волны λ=560 нм [5]. Для калибровки прибора использовали формазиновую суспензию. Выбор формазиновой суспензии связан с тем, что ее свойства позволяют работать как с суслом, так и с пивом, не прибегая к двойной калибровке для различных диапазонов частиц.

Физико-химические показатели пива приведены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели качества 12% пива МПЗ ООО «Knightberg»

Показатели	Значение показателей
Этанол, % об.	4,06
Массовая доля сухих веществ в пиве, %	3,15
Начальное содержание сухих веществ в сусле, %	12,1
Степень сбраживания ADF, %	80,9
Оптическая плотность λ=560 нм, ед.	0,837
Мутность, ед. EBC	3,93

Пиво фильтровали на пластинчатом фильтр-прессе. Для намыва использовали кизельгур средней фракции. Расход составлял 50 г/гл. Для текущего дозирования применяли смесь, состоящую на 2/3 из среднего и на 1/3 из тонкого кизельгура. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2. Показатели, характеризующие коллоидную стойкости пива при использовании разных образцов силикагеля (длительность хранения готового пива 12 дней)

Показатели	Мутность пива до фильтрации	Мутность пива после фильтрации с силикагелем Stabifix (контроль)	Мутность пива после фильтрации с использованием отечественных марок силикагеля			
			1	2	3	4
Оптическая плотность при λ=560 нм, ед.	0,837	0,133	0,154	0,148	0,137	0,126
Мутность, ед. EBC	3,93	0,38	0,44	0,42	0,39	0,36

По результатам анализов пива установлено, что образцы силикагеля производства ООО «Скат-3» соответствуют требованиям, предъявляемым к качеству стабилизатора коллоидной стойкости пива. Согласно полученным в лаборатории данным, применение силикагеля в количестве 30 г/гл позволяет получить пиво стойкостью до 3-х месяцев и обеспечивает селективную адсорбцию белков на уровне 0,4–0,6 ед. EBC.

Литература

1. Меледина Т.В., Дедегкаев А.Т., Афонин Д.В. Коллоидная стойкость пива. – Учеб. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 90 с.
2. Меледина Т.В., Дедегкаев А.Т., Афонин Д.В. Качество пива. Стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация. – СПб.: ИД «Профессия», 2011. – 224 с.
3. Визен Э., Гастл М., Бекер Т. Идентификация помутнений в пиве, ч. 2. // Мир пива. – 2012. – № 1. – С. 58–64.
4. Дедегкаев А.Т. Повышение коллоидной стабильности пива с применением силикагеля и поливинилполипирролидон: автореф. дис… канд. техн. наук 05.18.07. – СПб., 2005. – 110 с.
5. Ермолаева Г.А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия. – СПб.: Профессия, 2004. – 536 с.

Шарипова Сабина Саиджоновна
Год рождения: 1996
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, студент группы № Т4252
Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: sabin.s@list.ru

Ульянов Николай Борисович
Год рождения: 1954
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: nbulianov@corp.ifmo.ru

Сергиенко Ольга Ивановна
Год рождения: 1957
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, к.т.н., доцент
e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

УДК 621.577.4

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ

Шарипова С.С., Ульянов Н.Б., Сергиенко О.И.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Ульянов Н.Б.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617027 «Ресурсосберегающие экологически безопасные биотехнологии функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья».

Рассмотрено внедрение наилучших доступных технологий на предприятиях теплоэнергетического комплекса, предусмотренных в информационно-техническом справочнике ИТС 48-2017 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности». Рассмотрена возможность повышения энергоэффективности тепловой электростанции с использованием низкопотенциальной теплоты на основе применения тепловых насосов в схеме теплофикационной установки и за счет применения системы шариковой очистки конденсаторов турбин. Актуальность работы подтверждается отсутствием данных по оценке экономической и экологической эффективности наилучших доступных технологий на стадии генерации энергии.
Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, теплоэнергетика, энергоэффективность, тепловой насос.

В настоящее время вопрос повышения энергоэффективности и энергосбережения в отраслях топливно-энергетического комплекса приобретает особую значимость. Увеличение стоимости энергоресурсов при одновременной либерализации рынка электроэнергии создает экономические стимулы для внедрения наилучших доступных технологий (НДТ) в

энергетическом секторе. Повышение энергоэффективности на сегодняшнем этапе является непременным условием обеспечения конкурентоспособности, особенно в долгосрочной перспективе, что и является основной мотивацией к внедрению НДТ в энергетическом секторе путем модернизации оборудования или применения новых технологических решений с учетом экологического фактора.

НДТ – технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения [1]. В данной работе рассмотрены две НДТ для внедрения на одной из самых современных теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), расположенной на территории Приморского района Санкт-Петербурга [2]. Аналогичные ТЭЦ работают в энергосистеме как в России, так и в Финляндии. Актуальность предлагаемой темы подтверждается отсутствием данных по оценке экономических и экологических результатов при внедрении НДТ на промышленных объектах, относящихся к категории наиболее опасных предприятий по своему экологическому воздействию.

НДТ 1: внедрение системы шариковой очистки конденсаторов турбин. Добиться повышения эффективности использования энергии можно не только за счет внедрения новых технологических процессов или оборудования, но и за счет применения технологических приемов, обеспечивающих наиболее экономное расходование энергоресурсов.

Установка системы шариковой очистки (СШО) (рис. 1) позволит повысить безопасность и надежность конденсаторов паротурбинной установки (табл. 1), теплообменников и другого теплообменного оборудования путем устранения загрязнений, и твердых отложений в охлаждающих трубках.

Таблица 1. Описание НДТ1

Направление энергосбережения	Наименование мероприятия
Повышение эффективности теплообмена в системе конденсаторов турбин	Внедрение СШО

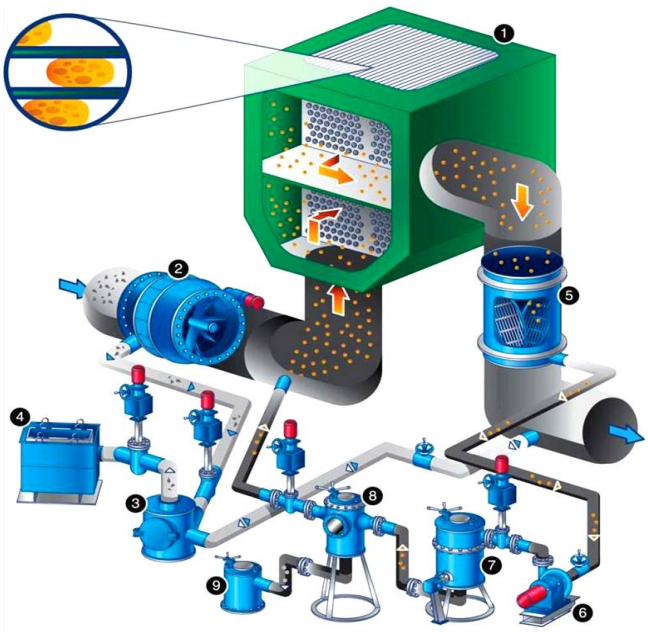


Рис. 1. Оборудование СШО [3]: 1 – конденсатор; 2 – самоотмывающийся фильтр; 3 – грязевой фильтр; 4 – бак сбора мусора; 5 – шарикоулавливающее устройство; 6 – насос подачи шариков; 7 – загрузочная камера; 8 – калибрующее устройство; 9 – бак отработавших шариков

Для очистки трубок конденсатора используются шарики из пористой (губчатой) резины различной твердости с диаметром на 1–3 мм больше внутреннего диаметра трубок конденсатора.

Чистый дисконтированный доход при внедрении НДТ1 за 10 лет составит 10 378 тыс. руб. при внутренней норме рентабельности 23%.

В силу своих преимуществ шариковая очистка получает обширное распространение в мировой энергетике, поэтому при строительстве новых паровых турбин применение СШО осуществляется в обязательном порядке.

НДТ 2. Применение теплового насоса в схеме теплофикационной установки. Внедрение теплового насоса в схеме теплофикационной установки для утилизации (табл. 2) теплоты обратной сетевой воды (ОСВ) позволяет распределить потоки сетевой воды между сетевыми подогревателями и тепловым насосом, тем самым снизив нагрузку на теплофикационные отборы, что позволит снизить расход топлива в камеру сгорания без значительного снижения тепловой нагрузки.

Таблица 2. Описание НДТ2

Направление энергосбережения	Наименование мероприятия
Утилизации теплоты ОСВ	Применение теплового насоса в схеме теплофикационной установки

Структурная схема энергоблока ПГУ-450Т (КПД 51,5%) выполнена по схеме дубль-блок: две одинаковые газотурбинные установки типа V94.2 и паровая турбина приводят свои электрогенераторы [4].

Теплофикационная установка (ТФУ) турбины включает в себя четыре последовательно соединенных устройства для подогрева воды (рис. 2).

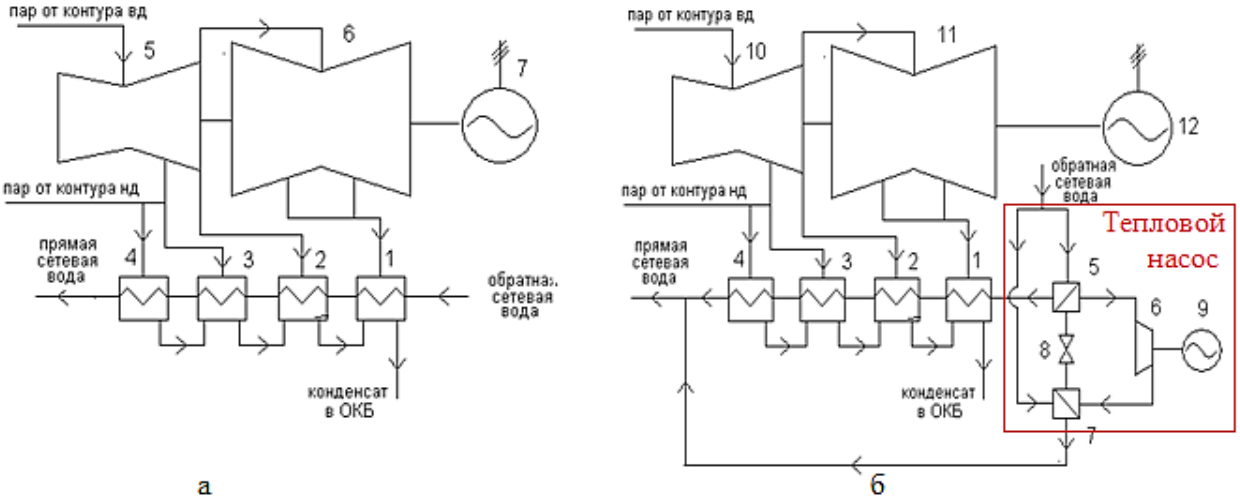


Рис. 2. Схема теплофикационной установки без теплового насоса (а) и с тепловым насосом (б): 1 – первый сетевой подогреватель горизонтального типа (ПСГ1); 2 – второй сетевой подогреватель горизонтального типа (ПСГ2); 3 – первый вертикальный сетевой подогреватель (ПСВ3); 4 – второй вертикальный сетевой подогреватель (ПСВ4); 5 – цилиндр высокого давления (ЦВД); 6 – цилиндр низкого давления (ЦНД); 7 – генератор

Сетевая вода (СВ) последовательно и в равном количестве проходит через горизонтальные сетевые подогреватели ПСГ1 и ПСГ2 (рис. 2, а). Давление в отборе регулируется регулирующим клапаном. Пар на сетевых подогревателях вертикального типа ПСВ4 отбирается из линии пара высокого давления и подается через редукционно-охладительной установки (РОУ) или непосредственно из линии низкого давления. Вертикальные сетевые подогреватели ПСВ3 и ПСВ4 при последовательной схеме включения могут частично или полностью байпасироваться по СВ.

Предполагается, что ОСВ поступая в ТФУ делится на два потока (рис. 2, б). Первый направляется в испаритель теплового насоса (ТН), где отдает тепло хладагенту. Охлажденный поток СВ поступает в сетевые подогреватели. Хладагент после конденсатора поступает в компрессор, после чего поступает в конденсатор ТН. Второй поток СВ поступает в конденсатор ТН и нагревается. Оба потока СВ смешиваются на выходе из ТФУ.

В табл. 3 приводится оценка рисков при реализации НДТ2 по двум параметрам «вероятность» и «влияние», где для каждого задается значение из диапазона «высокое» (А)/ «среднее» (В)/«низкое» (С).

Таблица 3. Оценка рисков для НДТ2

№	Риск	Описание	Вероятность	Влияние	Стратегия и мероприятия по управлению рисками	Документы и форма фиксации ответственности за риски
1.	Ценовые	Изменение стоимости оборудования относительно цены, указанной в смете	С	В	Заключение договора на поставку оборудования и материалов в плановый срок	Договор на поставку оборудования и материалов
2.	Риски контр-агентов	Непоставка оборудования и материалов в срок	С	В	Заключение договора на поставку оборудования и материалов в плановый срок	Договор на поставку оборудования и материалов
3.	Риски контр-агентов	Невыполнение СМР в срок	С	В	Заключение договора на СМР в плановый срок	Договор на выполнение СМР

Результаты эколого-экономической оценки внедрения проектов НДТ1 и НДТ2 (табл. 4) подтверждают целесообразность их внедрения при незначительных рисках. Чистый дисконтированный доход при внедрении НДТ2 за 10 лет составит 7 213 тыс. руб. при внутренней норме рентабельности 25%. Однако при увеличении стоимости энергоресурсов экономический эффект и доходность проекта будут возрастать.

Таблица 4. Проекты НДТ1 и НДТ2

Название проекта	Экономический эффект, тыс. руб./год	Экологический эффект, тыс. $м^3$/год	Инвестиции, тыс. руб.	Срок окупаемости, год
Внедрение СШО	8 881	2113,5	34 225	6,64
Установка теплового насоса	5 660	108,68	18 400	3,25

Экологический эффект определен как сокращение расхода природного газа, однако, при внедрении НДТ1 и НДТ2 это также приведет к сокращению выбросов парниковых газов.

Применение на ТЭЦ тепловых насосов, за счет которых происходит полезное вовлечение выбросов низкопотенциальной теплоты, является перспективной мерой повышения энергоэффективности и экономии органического топлива. Одним из важных достоинств предложенной НДТ является снижение температуры обратной воды, что позволит повысить комбинированную выработку электроэнергии на ТЭЦ на тепловом потреблении. При помощи установки ТН можно увеличить тепловую мощность, и тем самым сэкономить на покупке дорогостоящих сооружений дополнительной котельной и на расширении ТЭЦ, обслуживающей данный район.

Заключение. Переход на НДТ является одной из стратегических задач, стоящих перед теплоэнергетикой. При этом реализация требований НДТ для действующих ТЭЦ должна рассматриваться в контексте проектов комплексной модернизации оборудования.

Рассмотренные проекты для повышения энергетической эффективности одной из крупнейших ТЭЦ России, а именно, внедрение СШО для очистки внутренней поверхности трубок конденсатора паровой турбины от загрязнений и применение теплового насоса в схеме теплофикационной установки ТЭЦ, соответствуют рекомендациям, приведенным в информационно-техническом справочнике ИТС 48-2017 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности» [5].

Оба проекта рекомендованы к внедрению, так как приведут к сокращению потребления невозобновляемых ресурсов и выбросов парниковых газов.

Литература

1. Росстандарт. Федеральное агенство по техническому регулированию и метрологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gost.ru/portal/gost/home/activity/NDT (дата обращения: 06.01.2019).
2. АО «Интер РАО – Электрогенерация» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://irao-generation.ru/stations/sztecg/ (дата обращения: 06.01.2019).
3. «Теплоэнергоремонт» – Инжиниринг. Система шариковой очистки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ter-ing.ru/produkciyauslugi/sistemaochistki (дата обращения: 06.01.2019).
4. Бурман А.П. Основы современной энергетики / Под ред. Е.В. Аметистова. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 452 с.
5. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Информационно-технический справочник ИТС 48-2017 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/456096365 (дата обращения: 06.01.2019).

НАПРАВЛЕНИЕ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Асач Алексей Владимирович
Год рождения: 1985
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
ст. преподаватель
e-mail: avasach@corp.ifmo.ru

Куприянов Дмитрий Владимирович
Год рождения: 1991
Университет ИТМО, факультет систем управления и робототехники,
ст. преподаватель
e-mail: kupriyanov@corp.ifmo.ru

Сафронова Жанна Сергеевна
Год рождения: 1974
Университет ИТМО, факультет технологического менеджмента
и инноваций, к.пед.н., доцент
e-mail: shan_safronova@mail.ru

УДК 378.4

ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ КАЧЕСТВ ЛИЧНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО

Асач А.В., Куприянов Д.В., Сафронова Ж.С.

В работе рассмотрены возможности развития предпринимательских качеств студентов в рамках курса психологии предпринимательства. Приведены примеры научных направлений в рассмотрении феномена предпринимательства, требования к качествам личности предпринимателя. Обозначено, что для осуществления предпринимательской деятельности необходимы особые качества, а для их развития необходима специальная образовательная среда. Выявлены возможности образовательной среды Университета ИТМО через взаимодействие студентов в студенческих клубах, через работу в проектах, предоставляющих широкий спектр возможностей личностного развития, и развития профессиональных интересов. Показаны категории профессиональных интересов исходя из данных классификатора профессий O*Net. Приведен перечень направлений развития предпринимательства (предприимчивости) студента в инфраструктуре образовательной среды Университета ИТМО. Сделан вывод, что образовательная среда университета является предпринимательской.
Ключевые слова: предпринимательство, образовательная среда, самодетерминация, мотивация, инфраструктура, успешность, ценности, интересы, возможности.

Развитие цифровизации, увеличение количества и качества технологий, коренное изменение большинства технологических процессов неминуемо подразумевает распространение гибких и изменчивых форм занятости. Нестандартные формы занятости активизируют риски и актуализируют предприимчивое поведение индивида, предъявляют особые требования к развитию предпринимательских качеств личности.

С точки зрения психологии, предпринимательство представляет собой определенную направленность индивида на самореализацию, на реализацию личных и профессиональных целей, направленность на получение прибыли в условиях рисков, характеризующуюся поиском оптимальных путей взаимодействия с заинтересованными лицами (партнерами, потребителями, административными органами) с предложением новых товаров и услуг.

В научных исследованиях отмечается, что предпринимательством занимаются не только ради прибыли, здесь может превалировать «стремление и умение достичь поставленных целей, самоактуализироваться, быть хозяином своей судьбы, ощутить власть над обстоятельствами», что является существенным отличием предпринимательства от иных видов деятельности [1]. Особую роль в этом процессе может играть социальное предпринимательство – особая инновационная деятельность, изначально направленная на нивелирование или смягчение социальных проблем общества. Социальное предпринимательство имеет особую поддержку в обществе и наиболее полно вписывается в теорию самодетерминации личности, в которой в полной мере согласуются личностные цели и цели других людей, что определяет гармонию между внутренней и внешней мотивацией к предпринимательской деятельности.

Для осуществления предпринимательской деятельности необходимы определенные качества личности, которые будут способствовать удовлетворенности и эффективности. Исходя из социально-психологических исследований современных авторов в области предпринимательства таких как: К.А. Богатырева, С.Н. Гаджиева, Ф. Монко, Г.В. Широкова, А.Г. Шмелев, Е.В. Улыбина, Р. Чавес, Е. Эмерсон, H. Huang и др. можно выделить следующие качества, необходимые для осуществления эффективной предпринимательской деятельности:

- целеустремленность;
- новаторство;
- лидерство;
- гибкость;
- потребность в достижениях;
- высокий уровень личной ответственности;
- нестандартный подход к решению профессиональных задач;
- нестандартность мышления;
- наблюдательность, воображение;
- удовлетворенность творческой, инновационной деятельностью;
- высокий уровень коммуникативных навыков и др. [1–4].

Реализация предприимчивости и собственно предпринимательской деятельности немыслима без многовариативного, многоаспектного и многофункционального общения, здесь необходимы определенные навыки обработки и презентации информации, управление активностью и мотивацией, умение убеждать, работать в команде, учитывать интересы внутренней и внешней среды и пр.

Все эти предпринимательские качества личности могут быть развиты в рамках формирования Soft-Skills в образовательной среде Университета ИТМО.

«На формирования успешных (или неуспешных) предпринимательских представлений и стратегий влияет университетская предпринимательская инфраструктура и специфическая корпоративная культура высшего учебного заведения, которая реализует воспитательные функции в рамках специфики данной корпоративной культуры… Поэтому образовательная и культурная среда вуза должна способствовать формированию конструктивных и адекватных представлений студентов о моделях и стратегиях личностной успешности в предпринимательстве. Это позволит прогнозировать и детерминировать успешную деятельность студентов и выпускников вуза в предпринимательстве» [5].

Формирование личностных интересов и саморазвитие в интересующих областях знаний подразумевает не только самостоятельное изучение и проработку материала, но и активное взаимодействие с людьми со схожими моральными взглядами и культурными ценностями. В рамках Университета ИТМО подобное взаимодействие представлено через разнообразие студенческих клубов и проектов, предлагающих широкий спектр возможностей личностного развития в различных направлениях, способствующих последующему выбору профессиональных интересов.

В соответствии с одним из самых распространенных в мире классификаторов профессий O*Net, все профессиональные интересы можно разделить на шесть категорий.

1. Практический (Realistic). Людям с практическими интересами нравится работа, которая включает практические занятия, практические проблемы и их решение. Часто люди с практическими интересами не любят карьеру, которая включает в себя оформление документов или тесное сотрудничество с другими. Людям с такими интересами нравится работа с разнообразным специализированным оборудованием и прочим инструментом. Они также могут отдавать предпочтение работе вне помещения, связанной с уходом за растениями и животными.
2. Исследовательский (Investigative). Людям с исследовательскими интересами нравится работа, связанная с идеями и мышлением, а не с физической активностью или управлением людьми. Они отдают предпочтение поиску фактов и закономерностей, выявлению сути каких-либо проблем.
3. Артистический (Artistic). Людям с артистическими интересами нравится работа, которая касается художественной стороны вещей, таких как актерское мастерство, музыка, искусство и дизайн. В их работе им нравится творческая составляющая профессии. Работа, которая может быть выполнена без соблюдения набора правил.
4. Социальный или общественный (Social). Люди с социальными интересами любят работать с другими, чтобы помочь им учиться и развиваться. Им нравится работать с людьми больше, чем с предметами, машинами или информацией. Им нравится сам процесс обучения, ощущение полезности людям.
5. Предпринимательский (Enterprising). Людям с предпринимательскими интересами нравится работа, связанная с запуском и реализацией бизнес-проектов. Этим людям нравится действовать, убеждать и руководить людьми, принимать решения и рисковать ради достижения результата.
6. Традиционный (Conventional). Люди с традиционными интересами предпочитают работу, которая следует установленным правилам и процедурам. Они стремятся работать с информацией и обращать внимание на детали, а не разрабатывать идеи. Такие люди предпочитают следовать за сильным лидером и работать в рамках четко сформированных правил.

Исходя из теории самодетерминации любой индивид, реализуя свои внутренние потребности и интересы, способен к повышению качественного уровня своей жизни, удовлетворенности выбором профессии и самореализации. Предполагается, что студенты, грамотно определяя свои внутренние потребности и соотнося их с возможностями образовательной среды вуза, развивают свои предпринимательские качества, свою предприимчивость, что положительным образом сказывается на удовлетворенности обучением, конкурентоспособности в будущем.

Клубную деятельность и прочую студенческую активность можно разделить в соответствии с этой классификацией на шесть групп.

К практической группе можно отнести такие клубы как ССО «Славяне» и КССО «Сириус», которые выбрали своим направлением развития строительную деятельность в различных регионах Российской Федерации, клуб «Лапки помощи», основное направление работы которого помощь приютам с брошенными животными, СЭО «Земляне», занимающиеся помощью в уходе за зелеными насаждениями, волонтерской работой с детьми на темы

экологического воспитания и просвещения, работой в зоопарках и заповедниках. Также в направлении экологического воспитания стоит отметить добровольческий лагерь «Ecological raids». Данный лагерь, являясь международным проектом, принял на три недели обучающихся из Испании, Франции, Словакии, Тайваня, Италии, Польши, Белоруссии, Сербии и России. Участники лагеря очищали и облагораживали территорию вокруг озера Берестовое, обучались основам социального проектирования в экологической сфере и знакомились с культурой.

Исследовательская группа представлена студенческой научной лабораторией оптотехники (СНЛО), которая является коворкинг-пространством, где студенты работают над проектами в области оптики, фотоники и световых технологий, лабораторией «OptiLab» – коллектив молодых специалистов, содействующий профессиональному становлению студентов, как специалистов в области оптико-электронного приборостроения, клубом веб-разработки, дизайна и маркетинга «CodeX», разработки и изучения игр «GameCrunch», центром интеллектуальных игр «Розовая башня» и клубом Novasento [6].

Артистическая группа позволяет студенту развиваться в творческом направлении. Сюда можно отнести клубы по развитию в музыкальной сфере (вокальное сообщество, рок-клуб, ИТМО.РЕП, музыкальный клуб «Живой звук»), литературном жанре (литературный клуб «Феникс»), дизайне (Student Design Club), танце и ином театральном выступлении перед аудиторией (открытая лига юмора «КВН», студия огненных искусств, студия современного танца «Flame», театр миниатюр). К этой группе также можно отнести и все спортивные клубы, объединенные под общим названием «Кронверкские барсы». Среди артистических проектов, объединяющих различные творческие направления, следует выделить ежегодный конкурс «Мистер и Мисс ИТМО».

Наиболее широко в университете представлена социальная группа клубной активности. Здесь следует упомянуть как клубы, занимающиеся волонтерской деятельностью (отряд Невского десанта «Свет») так и педагогические отряды (СПО Крылья, СПО ИнКор, СПО Карамель, СПО Будущее, Школа координаторов волонтеров). Клубы, развивающие навыки общения, такие как «клуб дебатов», «UFights ИТМО» и ENGLISH SPEAKING CLUB и клубы, посвященные путешествиям (ITMO.TRAVEL). Здесь же отдельно стоит отметить Студенческий Отряд Проводников «Аврора». В Университете ИТМО представлен и «Поисковый отряд», занимающийся поиском пропавших без вести солдат, их последующей идентификацией и поиском родственников. Существуют также студенческие группы, целью которых является помощь иностранным студентам, попавшим в наш университет («Buddy system», «International student club»). Представители этого клуба являются участниками такого проекта университета, как «Адаптер». Адаптер – это студент, который курирует группу первокурсников, проводит для них различные мероприятия, обеспечивает необходимой информацией о жизни в университете и помогает решать возникающие вопросы.

В Университете ИТМО проводится большое количество социально направленных проектов: день донора, от сердца к сердцу, праздник детям, весенняя неделя добра. Все эти проекты привлекают внимание большого числа студентов и преподавателей и освещаются в студенческих СМИ. Объединенное студенческое СМИ, которое работает на базе Университета ИТМО называется «Мегабайт». В нее входят радио, видео, интернет-издание, газета и журнал NewTone. В каждом из этих направлений студент может принять участие и получить базовые знания по любому из вышеперечисленных направлений. Так, например, в рамках этого направления работает студия журналистики Университета ИТМО «Глагол».

Предпринимательская группа представлена не так широко. Большинство из вышеперечисленных клубов имеют большее или меньшее отношение к предпринимательству, но все же основным своим направлением выбрали иную деятельность. Среди предпринимательских можно отметить «ITMO Case Club». Это клуб по решению бизнес-кейсов. Однако наибольший интерес здесь привлекают запущенные в университете проекты. Во-первых, это «Future Technologies ITMO» – бизнес-акселератор для высокотехнологичных, «железных» и IT-проектов. от прототипа или технологии до

масштабирования компании. Здесь оказывается весь спектр услуг, необходимых стартапам для ускоренного развития. Студент, обладающей инновационной идеей, может обратиться в этот бизнес-акселератор, где ему окажут любую необходимую помощь и поддержку на всем этапе развития.

Вторым проектом университета, которому стоит уделить внимание является программа «Менторство». Студент, определившийся со своей будущей профессией, может обратиться в Центр карьеры обучающихся и принять участие в этой программе. Ее основная цель – создание эффективной коммуникационной площадки для передачи профессионального опыта от выпускников студентам. В рамках этой программы студен получает наставника из реального сектора экономики, который готов помочь с выбором пути для дальнейшего профессионального и личностного развития.

Еще одной программой, позволяющей студенту по ее окончании определить индивидуальную траекторию развития в вузе, является Student.UP. В рамках этой программы студент получает возможность сформировать ряд навыков путем прохождения лекций, тренингов и мастер-классов по таким темам как: структура студенческой жизни, работа в команде, эффективные коммуникации, конфликтология, дебаты, презентации, публичные выступления, тайм-менеджмент и креативное мышление.

К традиционной группе специальностей можно отнести клубы, основная направленность которых связана с программированием. Естественно, такие клубы будут развивать и прочие навыки, как, например, уже упомянутые, клуб «CodeX», в область работы которого входит как веб-разработка, так и дизайн. Или же клуб разработки и изучения игр «GameCrunch».

Существуют также в Университете ИТМО и такие группы, которые в состоянии объединить в себе практически все возможные перечисленные выше направления. В такой группе относится ФабЛаб. ФабЛаб – лаборатория-мастерская для реализации личных проектов студентов. Одной из основных целей ФабЛаб является активизация самостоятельной творческой и научной деятельности студентов, а задачей – выявление и наиболее полное использование студенческого учебно-научного творческого потенциала.

Предлагаемые студентам возможности позволяют не только интегрироваться в существующие академические группы, но и создать собственные микрогруппы по профессиональным интересам, что активно поощряется образовательной средой вуза. Подобный поиск «своего места» в образовательной среде является платформой для развития предприимчивости, развития социальных связей, саморегуляции на основе самодетерминации без внешнего принуждения.

Данная стратегия организации своего будущего позволяет студентам не только осуществлять самостоятельный выбор, выбирать аутентичные цели, планировать результаты, но и способствует развитию целого комплекса предпринимательских качеств: интеллектуальных, эмоционально-волевых, коммуникативных.

Таким образом, автономность и самореализация в образовательной среде университета позволяет студентам раскрывать свои потенциальные возможности и формировать профессиональные качества.

Литература

1. Гаджиева С.Н., Ханова З.Г. Личность и деятельность предпринимателя в предметном поле психологических исследований // Гуманизация образования. – 2011. – № 3. – С. 39–46.
2. Жидкова Э.В. К вопросу о компетенциях молодого предпринимателя // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2016. – Т. 5. – № 4. – С. 155–158.
3. Конина Г.А. Теоретический анализ социально-психологических характеристик личности социального предпринимателя. Зарубежный опыт // Психология в экономике и управлении. – 2013. – № 2. – С. 14–17.

4. Huang H.-C. Entrepreneurial resources and speed of entrepreneurial success in an emerging market: the moderating effect of entrepreneurship // International Entrepreneurship and Management Journal. – 2016. – V. 12(1). – P. 1–2.
5. Дроздов И.Н. Представления студентов об успешном предпринимателе // Изв. Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. – 2017. – № 2. – С. 112–122.
6. Широкова Г.В., Богатырёва К.А., Галкина Т.А. Эффектуация и каузация: взаимосвязь университетской инфраструктуры и выбора типа поведения в процессе создания бизнеса студентами-предпринимателями // Российский журнал менеджмента. – 2014. – Т. 12. – № 3. – С. 59–86.

Бекирова Валерия Вячеславовна
Год рождения: 1993
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
студент группы № W4250
Направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: dakota2wise@gmail.com

Кустикова Марина Александровна
Год рождения: 1958
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
к.т.н., доцент
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 619.89:006.354

МЕТОД ИСПЫТАНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕСТ-ВЕЩЕСТВА SF_6

Бекирова В.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустикова М.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе рассмотрены средства индивидуальной защиты органов дыхания, испытания, проводимые в ходе работы, дают возможность поэтапно учитывать ключевые параметры, оказывающие влияние на эффективность работы индивидуальной защиты органов дыхания. Это позволит улучшить процесс формирования решений по управлению организацией сбыта индивидуальной защиты органов дыхания на предприятии, повышая, таким образом, эффективность работы департамента по охране труда и всего предприятия в целом.
Ключевые слова: охрана труда, безопасность жизнедеятельности, условия труда, специальная оценка условий труда, вредное воздействие, средства индивидуальной защиты.

Цель работы: частичная или полная изоляция подмасочного пространства от окружающей среды.

Задачи: посредством проверки средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) обеспечить плотное прилегание лицевой части маски респиратора к поверхности лица, тем самым уменьшить количество случаев отравления на рабочем месте, увеличить эффективность производства, снизить риск, оказываемый на рабочих [1–9].

Актуальность заключается в том, что в настоящее время промышленность выпускает ряд высокоэффективных фильтрующих материалов с низким сопротивлением дыханию, но обеспечить плотное прилегание лицевой части маски респиратора к поверхности лица – и сегодня непростая задача.

Сертификация средств индивидуальной защиты является обязательной процедурой, которая обусловлена постановлениями законодательной власти Российской Федерации (РФ), а именно, регламентируется Федеральным законом «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184. Все испытания проводят с использованием средств измерений утвержденных типов на аттестованном испытательном оборудовании. Для испытаний

привлекают практически здоровых людей, годных по состоянию здоровья. Визуальный осмотр образцов проводят перед проведением испытаний. Для начала обязательным является проведение предварительной подготовки образцов:

– моделирование режима носки;
– температурное воздействие;
– устойчивость к механическому воздействию;
– испытания клапана выдоха постоянным воздушным потоком.

По принципу работы СИЗОД можно разделить на два типа – изолирующие и фильтрующие, а по назначению – на промышленные, медицинские и бытовые.

Выделяют два вида сертификатов соответствия Госстандарта России:

1. обязательный сертификат соответствия на товар (сертификат качества продукции);
2. добровольный сертификат соответствия ГОСТ Р.

Для определения коэффициента подсоса в подмасочное пространство используется метод испытания с тест-веществом гексафторида серы (SF_6).

SF_6, он же – шестифтористая сера, он же – элегаз, – неорганическое химическое соединение. Известно оно уже более 100 лет и примерно столько же успешно используется человеком в своих целях. Химические свойства: инертный, нетоксичный, тяжелый газ (в 5 раз тяжелее воздуха).

В настоящее время технический регламент Таможенного союза (ТР ТС) подразумевает проведение испытаний (рисунок) по определению *k*-подсоса различных видов СИЗОД с использованием двух видов тест-веществ ($NaCl/SF_6$) (табл. 1). Актуальность заключается в проведение анализа с целью показать нецелесообразность проведения испытаний по двум видам, что удешевит и ускорит процедуру сертификации, в связи с чем возможно снижение стоимости сертифицируемой продукции.

а б

Рисунок. Испытательные стенд для метода с использованием: NaCl (а); SF_6 (б)

Таблица 1. Выбор тест-вещества

Тип СИЗОД/лицевой части	Тест-вещество		
	Проницаемое изделие	Непроницаемое изделие	Измеряемый показатель
Лицевая часть из изолирующего материала (EN 136 или EN 140)	–	NaCI или SF_6	П.*
Противоаэрозольные	NaCI	NaCI	С.П.**
Противогазовые	SF_6	NaCI или SF_6	П.*
Комбинированные	NaCI и SF_6	–	П.* и С.П.**
	–	NaCI	С.П.**
Дополнительные параметры	SF_6	NaCI или SF_6	П.*
П.* – подсос под СИЗОД/лицевую часть; С.П.** – суммарное проникание через СИЗОД.			

Проводились испытания как на голове-манекене, так и на испытателях, результаты представлены в табл. 2 и 3 соответственно.

Таблица 2. Коэффициент подсоса на голове-манекене

Наименование СИЗОД/лицевой части	Коэффициент подсоса, %	
	Тест-вещество NaCl	Тест-вещество SF_6
Образец 1	1,52	1,61
Образец 2	0,36	0,32
Образец 3	3,92	3,79
Образец 4	2,30	2,39
Образец 5	1,86	1,72

Таблица 3. Коэффициент подсоса на испытателях

Наименование СИЗОД/лицевой части	Испытатель	Коэффициент подсоса, %	
		Тест-вещество NaCl	Тест-вещество SF_6
Образец 1	1	1,22	1,30
	2	1,34	1,27
Образец 2	1	0,20	0,29
	2	0,28	0,37
Образец 3	1	2,49	2,25
	2	2,65	2,48
Образец 4	1	1,67	1,80
	2	1,83	1,78
Образец 5	1	1,58	1,65
	2	1,81	1,88

При определении коэффициента подсоса под СИЗОД/лицевую часть из непроницаемых материалов, результаты при использовании в качестве тест-вещества гексафторида серы (SF_6) и тест-вещества аэрозоля хлорида натрия (NaCl) сопоставимы. Таким образом, на данный момент рассматривается возможность считать альтернативными друг другу данные методы.

В ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» в некоторых пунктах допускается использование обоих методов. Проведение испытаний одновременно по двум этим методам нецелесообразно. Это приведет лишь к увеличению срока проведения испытаний и увеличению их стоимости.

Литература

1. ГОСТ 12.4.294-2015 (EN 149:2001+A1:2009). Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Полумаски фильтрующие для защиты от аэрозолей. Общие технические условия. – Введен 01.06.2016. – М.: Стандартинформ, 2016. – 24 с.
2. Конопелько Л.А., Захарова О.П. Применение метода пламенной фотометрии для анализа аэродисперсных сред на основе аэрозоля хлорида натрия // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2004. – № 4(15). – С. 242–243.
3. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – Введен 21.10.1994. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Стандартинформ, 2012. – 36 с.
4. ГОСТ 12.4.041-2001. Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования. – Введен 01.01.2003. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации; 2003. – 7 с.

5. ГОСТ EN 13274-1-2016. Определение коэффициента подсоса и коэффициента проникания через СИЗОД. – Введен 01.07.2017. – М.: Федеральное агенство по техническому регулированию и метрологии; Стандартинформ, 2016. – 23 с.
6. ГОСТ 12.4.294-2015. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Полумаски фильтрующие для защиты от аэрозолей. Общие технические условия. – Введен 01.06.2016. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии; Стандартинформ, 2016. – 28 с.
7. ГОСТ 12.4.293-2015. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Маски. Общие технические условия. – Введен 01.06.2016. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии; Стандартинформ, 2016. – 30 с.
8. Оборудование для испытаний средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ooo-monitoring.ru/products/sizod (дата обращения: 06.01.2019).
9. Классификации и характеристики СИЗОД [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://fufayka.net/siz/organy-dyxaniya/respiratory.html (дата обращения: 06.01.2019).

Василевская Анастасия Андреевна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
студент группы № W4250
Направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: ana3268401@yandex.ru

Банарь Светлана Александровна
Год рождения: 1963
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
к.геогр.н., доцент
e-mail: banar@mail.ru

УДК 681.518, 630, 528.88, 528.87

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЫРУБОК ЛЕСА ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ВОДОСБОРА Р. СЕЛЕЗНЁВКИ

Василевская А.А., Банарь С.А.
Научный руководитель – к.геогр.н., доцент Банарь С.А.

В работе рассмотрено применение данных дистанционного зондирования Земли для мониторинга вырубок леса на территории водосбора реки Селезнёвки. Использование космических снимков позволяет получать актуальную, достоверную информацию о территории, оценить положительную или отрицательную динамику природных ресурсов, в данном случае – лесных. Космосъемка также востребована в контроле незаконных вырубок леса, позволяет оперативно оценить масштабы ущерба лесному фонду России, также может быть использована прокуратурой в качестве материала, на основании которого может быть возбуждено уголовное дело.
Ключевые слова: экологический мониторинг, аэросъемка, дистанционное зондирование Земли, геоинформационные системы, вырубки леса.

В последние годы повышение эффективности решения экологических проблем востребовано в связи с ухудшением положения по значимым направлениям природоохранной деятельности. В интересах Федерального агентства лесного хозяйства Российской Федерации (ИСДМ Рослесхоз) использовать информационную систему дистанционного мониторинга (ИСДМ) территорий для непрерывного и точного контроля изменений в лесном фонде, а точнее, отслеживать динамику вырубок, в том числе сплошных, которые могут быть несанкционированными. Такие сведения не только помогают актуализировать данные государственного лесного кадастра, но и могут быть переданы в соответствующие инстанции в качестве материалов для расследования дел по незаконным рубкам и привлечения нарушителей к ответственности.

Река Селезнёвка (финское Rakkolanjoki, Ракколанйоки) протекает как по территории Финляндии, так и в Выборгском районе Ленинградской области России. Река берет начало возле финского города Лаппеенранта и впадает в Выборгский залив Финского залива недалеко от поселка Селезнёво. Общая длина реки составляет 53 км, ее российский участок – 20 км, площадь бассейна 623 км^2. Средний уклон – 0,94 м/км, на территории России немного круче – 1,27 м/км. Средняя ширина реки около 20 м [1].

На территории Южной Карелии в Финляндии на берегах реки расположены населенные пункты Лаппеенранта, Рантакюля, Кескисаари и другие. В России Селезневка течет мимо поселков Кутузово, Лужайка, Кравцово, Селезнёво, Харитоново. Такое обилие населенных пунктов по берегам Селезневки, а также присутствие вдоль нее автомобильных дорог делает ее предметом пристального внимания экологов, так как уровень загрязнения природных вод достаточно велик.

В зоне водосбора реки проходит трасса газопровода Nord Stream («Северный поток»), который пересекает Селезнёвку. Именно на этой территории в ходе работы выявилось наибольшее количество вырубок леса, в том числе и рядом с трассой (рис. 1).

Рис. 1. Космический снимок зоны пересечения газопровода и реки Селезнёвки [2]

Для создания проекта использовалась свободная кроссплатформенная геоинформационная система Quantum GIS (QGIS) [3].

Возможности QGIS:

1. просмотр данных;
2. исследование данных и компоновка карт;
3. управление данными (создание, редактирование, экспорт);
4. анализ данных.

QGIS поддерживает все наиболее распространенные форматы данных. Для данной темы наиболее важен функционал QGIS работы с данными из пространственных таблиц Postgresql. Таким образом, QGIS является клиентской программой для доступа к тематическим растровым и векторным слоям, хранящимся в удаленной базе данных.

Электронная карта «NE Gas Pipeline 2017» представляет собой проект, созданный в геоинформационной системе Quantum GIS, содержащий тематические векторные слои, а также растровый слой, полученный в результате обработки данных с космической системы Sentinel-2. Созданный геоинформационный проект представляет пользователям возможности оперативного анализа геоданных с привлечением дополнительной картографической информации, а также возможность корректировки данных. На рис. 2 показана электронная карта трассы газопровода «Северный Поток», построенная в программе Quantum GIS [4].

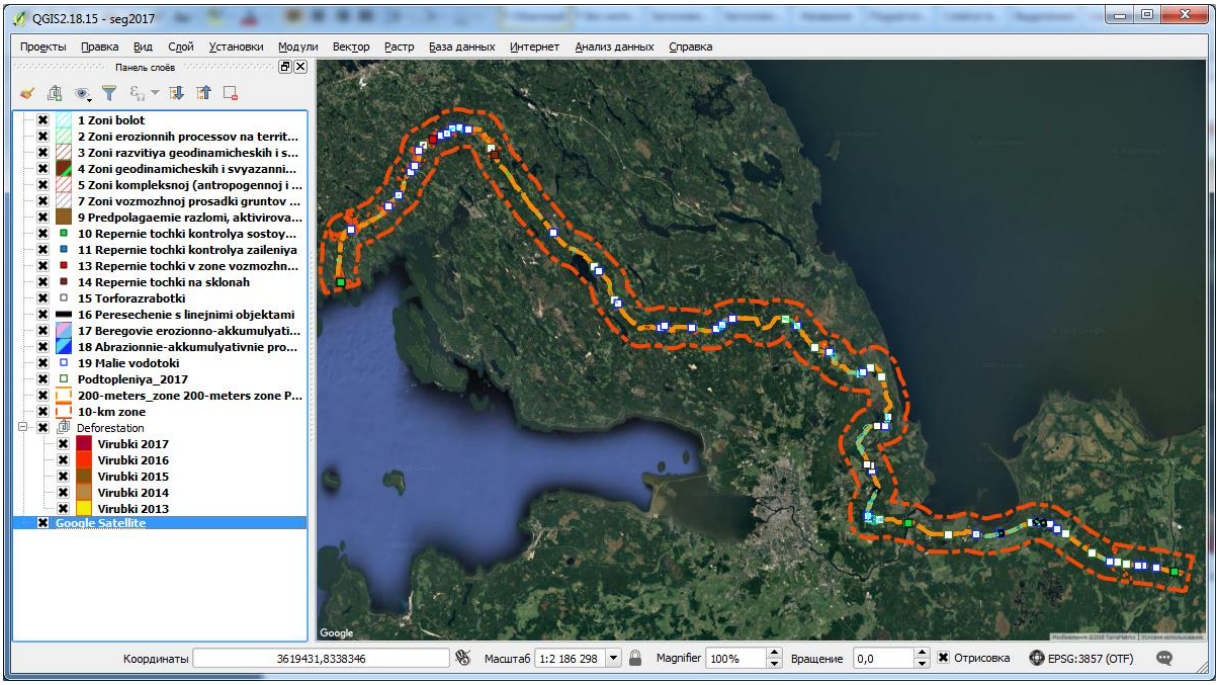


Рис. 2. Электронная карта трассы газопровода «Северный Поток» в программе Quantum GIS

Контроль состояния зон вырубок в рамках экологического мониторинга по космической съемке осуществляется как для новых вырубок (распознавание, картирование, расчет площади, наличие сохраненных обсеменителей), так и для всех, обнаруженных раннее вырубок на предмет быстроты и степени:

1. зарастания;
2. восстановления;
3. заболачивания;
4. подтопления.

В ходе обработки космических снимков территории водосбора р. Селезнёвки в более крупном масштабе за три временных периода: до 2016, 2017 и 2018 года было установлено следующее:

1. площадь водосбора – 1036 км^2;
2. количество вырубок на 2016 год – 255 шт. и их площадь 153 км^2, за 2017 год – 147 шт. и 33,6 км^2, за 2018 – 63 шт. и 6,45 км^2.

Рассчитав площадь водосбора и площадь вырубок авторами установлено, что вырубки занимают примерно 1/5 площади водосбора р. Селезнёвки, что говорит об интенсивном освоении территории и сильном антропогенном воздействии. В то же время вблизи газопровода, помимо «условно старых» вырубок 2016 года, есть и свежие 2017 и 2018 годов, что говорит о возможности развития потенциально опасных геологических процессов, а, следовательно, угрозе качественному состоянию газопровода. Карта вырубок за 2016–2018 годы показана на рис. 3.

Как было ранее сказано, почвы территории водосбора р. Селезнёвки в низинах и на плоских участках местности торфянистые и болотистые. А в районах, где сильно вырубался лес, уровень подземных вод поднимается, и колебания подъѐма уровня увеличиваются еще больше [2].

При разрушении древостоя заболачивание может принять интенсивный характер, что недопустимо в зоне прокладки газопровода. Данные процессы приведут к повреждению трубы – образованию коррозии, а за ней следует разрыв, утечки газа, взрывы и образование огненных факелов, словом, аварийные ситуации, которые в рамках обеспечения техносферной безопасности газопровода необходимо контролировать.

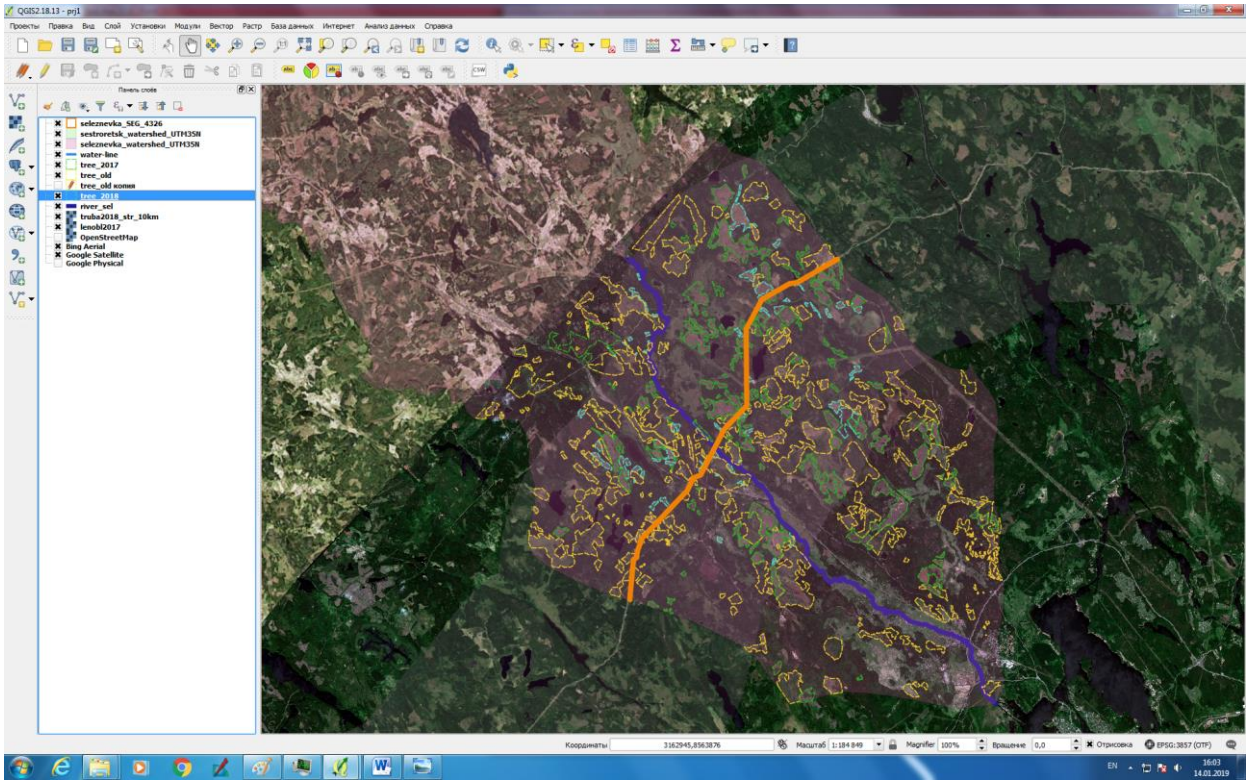


Рис. 3. Карта идентификации вырубок леса за 2016–2018 годы в программе Quantum GIS

С помощью данных дистанционного зондирования можно осуществлять подобный контроль, что в ходе работы было наглядно продемонстрировано, следовательно, подобный способ можно использовать в качестве инструмента для обеспечения техносферной безопасности при эксплуатации газопроводов.

Литература

1. Научно-популярная энциклопедия «Вода России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://water-rf.ru (дата обращения: 06.01.2019).
2. Шимов С.В., Никитина Ю.В. Технология мониторинга вырубок леса с использованием космических снимков высокого пространственного разрешения // Геоматика. – 2011. – № 3. – С. 47–52.
3. Малинников В.А., Стеценко А.Ф., Алтынов А.Е., Попов С.М. Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами: учебное пособие. – М.: Изд-во МИИГАиК, 2009. – 140 с.
4. Толчевская О.Е. База опорных данных для исследования характеристик земельных массивов по данным космической съемки // Экологическая безопасность и сбалансированное ресурсопользование. – 2014. – № 1(9). – С. 9–15.

Возыкова Светлана Дмитриевна
Год рождения: 1993
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, инженер
e-mail: vozykova.s@gmail.com

Кустикова Марина Александровна
Год рождения: 1958
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, к.т.н., доцент
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 502.235

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕРВИСОВ КРАТКОСРОЧНОЙ АРЕНДЫ ЧАСТНОГО ЖИЛЬЯ В ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Возыкова С.Д.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустикова М.А.

В работе проведены анализ и оценка степени распространения краткосрочной аренды частного жилья на примере сервиса Airbnb (Эйрбиэнби) внутри и около особо охраняемых природных территорий в Австралии. Также произведен сравнительный анализ распределения данного сервиса и отелей, что обосновано быстрым ростом подобных сервисов за последние несколько лет, последствия широкого распространения которых еще недостаточно изучены.
Ключевые слова: экономика совместного потребления, особо охраняемые природные территории, Airbnb, экотуризм, аренда жилья.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ), помимо выполнения функции сохранения биоразнообразия, в том числе играют такую важную роль для общества, как рекреационная. С годами туризм в ООПТ становится все более привлекательным для населения многих стран, в том числе и в России, который, в частности, принято называть экологическим туризмом (или экотуризмом) [1]. Считается, что ООПТ также способствуют развитию экологической культуры населения. Система ООПТ в целом постепенно переходит от закрытого типа к более интегрированному, что в России, однако, требует серьезных мер по реорганизации национальных парков, заказников и пр. [2]. Кроме того, одной из проблем, существующих на данный момент, является недостаток средств, рабочих мест и финансирования для нормальной работы ООПТ в России [3]. Тем самым, приток туристов может стать дополнительной возможностью для развития и поддержаний таких территорий [4]. Не стоит, однако, опускать и негативные стороны притока туристов, такие как нарушение уникальных экосистем, в случае неконтролируемого увеличивающегося потока.

Одной из дополнительных возможностей развития туризма в последнее время стали современные сервисы по сдаче в аренду частного жилья на короткий срок, которые относят к сервисам стремительно развивающейся в последние годы экономики совместного потребления. Лидирующий из них – Airbnb (Эйрбиэнби) – согласно исследованиям, стал настолько распространен, что в некоторых случаях может соперничать по посещаемости с

определенными категориями отелей. Помимо этого, было выявлено, что Airbnb имеет преимущество перед отелями в географическом расположении, так как многие квартиры, дома или апартаменты находятся в непосредственной близости с достопримечательностями, памятниками архитектуры и природы, что еще больше привлекает туристов в наши дни. Помимо экономических выгод, взаимодействие местных жителей с приезжающими посредством различных интернет-платформ, в особенности сервисов экономики совместного потребления, построенных также на доверии и обмене знаний и опыта, имеют социальные выгоды. А именно, они поощряют более тесный и глубокий контакт и обмен информацией между людьми [5]. В итоге была выдвинута гипотеза о том, что такого рода сервисы могут также находится в непосредственной близости или внутри ООПТ, что может иметь как положительные, так и отрицательные последствия.

В ходе работы были проведены пространственный и статистический анализы данных сервиса Airbnb в Австралии с целью оценить степень распространения объявлений этого сервиса на территориях и близ территорий ООПТ, а также сравнить эти данные с доступными предложениями отелей. Было выявлено, что многие объявления территориально находятся внутри границ самих ООПТ, а также в непосредственной близости от них. Более 95% всех объявлений находятся в радиусе не более 20 км от границ таких территорий. Также распределение Airbnb в ООПТ, разделенных по категориям МСОП (Международный союз охраны природы), показало, что наиболее посещаемым является тип II «управляемые в целях охраны экосистем и для рекреационного пользования». Однако и внутри ООПТ наиболее строгой категории I «управляемые в научных целях и для охраны ненарушенных («диких») территорий» также находилось доступное для аренды жилье, несмотря на то, что данная категория для туризма не предназначена. Далее были выявлены определенные национальные парки и заказники, а также определенные штаты, внутри которых находилось наибольшее количество объявлений. В сравнительном анализе с местонахождением отелей было определено, что районы с большим количеством ООПТ имели больше спальных мест, доступных через сервис Airbnb, чем через отели, в соотношении примерно равном 60/40.

Несмотря на то, что анализ был проведен по данным на примере Австралии, данные результаты могут послужить примером того, в каком направлении в дальнейшем будут развиваться подобного рода сервисы экономики совместного потребления, как, например, Airbnb. За счет упрощенного, а иногда и полного отсутствия регулирования в отношении подобных сервисов, их присутствие в более недоступных и отдаленных территориях может иметь как положительные, так и негативные последствия, в особенности для таких хрупких экосистем, как представленные в ООПТ. С одной стороны, частное жилье, доступное для аренды туристам и не требующее дополнительных разрешений в близости ООПТ, может привлечь дополнительные возможности для таких территорий. Однако, с другой стороны, полное отсутствие регулирования и контроля над этими сервисами может пагубно повлиять на состояние природных ресурсов в границах территорий. Следовательно, дальнейшие исследования в этой области, разработка разумного регулирования и мер могут благоприятно влиять на развитие ООПТ, а также преждевременное ограничение туристического потока в случае повышения спроса.

Литература

1. Лапочкина В.В., Косарева Н.В., Адашова Т.А. Экологический туризм в России: тенденции развития // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 5(47). – Ч. 1. – С. 100–105.
2. Звягина Е.С. Экологический туризм как фактор изменений особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Российской Федерации: автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. соц. наук: 22.00.04. – 2015.

3. Зеленый мир. Экологическое досье Мира и России. Правовое обеспечение развития системы особо охраняемых природных территорий и актуальные вопросы защиты лесов в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://zmdosie.ru/resursy/les/1287-pravovoe-obespechenie (дата обращения: 27.01.2019).
4. Zervas G., Proserpio D. and Byers J.W. The rise of the sharing economy: Estimating the impact of Airbnb on the hotel industry // Journal of Marketing Research. – 2017. – V. 54(5). – P. 687–705.
5. Ikkala T. & Lampinen A. Monetizing network hospitality: Hospitality and sociability in the context of Airbnb // In Proceedings of the 18th ACM conference on computer supported cooperative work & social computing. – 2015. – P. 1033–1044.

Гнездилова Елена Александровна
Год рождения: 1989
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, студент группы № W41502
Направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: plush224@mail.ru

Тимофеева Ирина Валерьевна
Год рождения: 1988
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, преподаватель
e-mail: ivtimofeyeva@corp.ifmo.ru

Кустикова Марина Александровна
Год рождения: 1958
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, к.т.н., доцент
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 627

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В РОССИИ

Гнездилова Е.А., Тимофеева И.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустикова М.А.

Цель работы: оценка энергоэффективности малых гидроэлектростанций на территории Российской Федерации.
Ключевые слова: гидроэлектростанции, энергоэффективность.

На территории России находятся многочисленные территории с децентрализованным энергоснабжением. И малая гидроэнергетика является экономичным решением этой проблемы. Поскольку, например, присоединение к единой энергосистеме не всегда представляется возможным, а также надежным и экономически выгодным вариантом, как и обеспечение дизельным топливом. По своему гидроэнергетическому потенциалу Россия занимает второе место в мире. При этом размещение экономических гидроресурсов по территории Российской Федерации (РФ) резко неравномерно: порядка 80% приходится на восточные регионы страны (Сибирь, Дальний Восток) и только 20% – на европейские. Из потенциала европейской части России 30% – это районы Поволжья, 40% – районы Севера и Северного Кавказа [1].

Гидроэлектростанция (ГЭС): комплекс сооружений и оборудования, преобразующих гравитационную энергию воды в электрическую энергию.

Малая гидроэлектростанция (МГЭС): ГЭС с установленной мощностью от 100 до 30000 кВт.

Установленная мощность МГЭС: сумма номинальных мощностей, установленных на МГЭС гидроустановок.

Номинальная мощность гидроагрегата: активная электрическая мощность на выводах генератора, соответствующая номинальному режиму работы электрической машины [2].

Основные виды МГЭС:

- плотинная МГЭС: МГЭС, в которой для создания напора используются как плотина, так и здание ГЭС;
- русловая МГЭС: плотинная МГЭС, в которой здание ГЭС используется для создания напора;
- приплотинная МГЭС: плотинная МГЭС, в которой здание ГЭС не участвует в создании напора;
- деривационная МГЭС: МГЭС, в которой напор создается за счет естественного перепада уровней водотока при напорной или безнапорной деривации;
- смешанная МГЭС: МГЭС, в которой напор создается как за счет плотины, так и за счет естественного перепада уровней, реализуемого при помощи деривации.

Имеются два основных класса гидравлических турбин:

1. реактивные турбины, использующие преимущественно потенциальную часть энергии потока. Наиболее распространенными реактивными турбинами являются радиально-осевые турбины (РО) и поворотно-лопастные (ПЛ). Реже применяются пропеллерные турбины (ПР);
2. активные, или струйные (ковшовые) турбины, которые используют кинетическую энергию потока [3].

Информация о мощности гидроэлектростанций на начало 2018 года предоставлена в таблице [1].

Таблица. Действующие МГЭС

Название ГЭС	Установленная мощность, МВт	Среднемноголетняя выработка, млн кВт·ч	Год пуска	Собственник	Водоток	Регион
Егорлыкская	30	60,7	1962	ПАО «РусГидро»	р. Егорлык	Ставропольский край
Ириклинская	30	70	1958	АО «Интер РАО – Электрогенерация»	р. Урал	Оренбургская обл.
Палакоргская	30	165	1967	ПАО «ТГК-1»	р. Нижний Выг	Респ. Карелия
Сходненская	29	31	1937	ФГБУ «Канал имени Москвы»	канал им. Москвы (Химкинское водохранилище)	г. Москва
Краснополянская	21,6	166,3	1949	ООО «ЛУКОЙЛ-Экоэнерго»	р. Мзымта	Краснодарский край
Иваньковская	28,8 (25)*	119	1937	ФГБУ «Канал имени Москвы»	р. Волга	Московская обл.
Баксанская	27	144	1936	ПАО «РусГидро»	р. Баксан	Респ. Кабардино-Балкария
Беломорская	27	128	1962	ПАО «ТГК-1»	р. Нижний Выг	Респ. Карелия

Название ГЭС	Установленная мощность, МВт	Среднемноголетняя выработка, млн кВт·ч	Год пуска	Собственник	Водоток	Регион
Нижне-Териберская	26,5	54,2	1987	ПАО «ТГК-1»	р. Териберка	Мурманская обл.
Нива-1	26	134,9	1952	ПАО «ТГК-1»	р. Нива	Мурманская обл.
Кондопожская	25,6	131	1929	ПАО «ТГК-1»	р. Суна	Респ. Карелия
Пальеозерская	25	116	1954	ПАО «ТГК-1»	р. Суна	Респ. Карелия
Толмачевская-2	24,8	87,6 (35,51)*	2010	ПАО «Камчатский газоэнергетический комплекс»	р. Толмачева	Камчатский край
Широковская	23,8	99,4	1947	ПАО «Т Плюс»	р. Косьва	Пермский край
Гизельдонская	22,8	53,4	1934	ПАО «РусГидро»	р. Гизельдон	Респ. Северная Осетия – Алания
Межшлюзовая	22	135	1961	ФБУ «Администрация Волго-Балтийского бассейна внутренних водных путей»	р. Волга	Волгоградская обл.
Толмачевская-3	18,4	65,4 (26,13)*	2000	ПАО «Камчатский газоэнергетический комплекс»	р. Толмачева	Камчатский край
Юшкозерская	18	85	1980	ПАО «ТГК-1»	р. Кемь	Респ. Карелия
Гергебильская	17,8	61,5	1938	ПАО «РусГидро»	р. Каракойсу	Респ. Дагестан
Головная Зарамагская	15	29,8	2009	ПАО «РусГидро»	р. Ардон	Респ. Северная Осетия – Алания
Гунибская	15	57	2004	ПАО «РусГидро»	р. Каракойсу	Респ. Дагестан
Сенгилеевская	15	71,1	1953	ПАО «РусГидро»	Невинномысский канал	Ставропольский край
Егорлыкская-2	14,2	31	2011	ПАО «РусГидро»	р. Егорлык	Ставропольский край
Свистухинская	11,8	55,9	1948	ПАО «РусГидро»	Невинномысский канал	Ставропольский край
Нугушская	11,25	32	1967	ООО «Нугушский гидротехнический узел»	р. Нугуш	Респ. Башкортостан

Название ГЭС	Установленная мощность, МВт	Среднемноголетняя выработка, млн кВт·ч	Год пуска	Собственник	Водоток	Регион
Кайтакоски	11,2	71,8	1959	ПАО «ТГК-1»	р. Паз	Мурманская обл.
Майкопская	9,4	–	1952	ООО «ЛУКОЙЛ-Экоэнерго»	р. Белая	Респ. Адыгея
Чирюртская-2	9	–	1964	ПАО «РусГидро»	р. Сулак	Респ. Дагестан
Дзауджикауская	8	–	1948	ПАО «РусГидро»	р. Терек	Респ. Северная Осетия – Алания
Верхотурская	7	–	1949	ПАО «Т Плюс»	р. Тура	Свердловская обл.
Фаснальская	6,4	–	2008	АО «Турбохолод»	р. Сонгутидон	Респ. Северная Осетия – Алания
Енашиминская	5,4	–	1961	ООО «Енашиминская ГЭС»	р. Енашимо	Красноярский край
Ляскеля	4,8	–	2011	АО «Норд Гидро»	р. Янисйоки	Респ. Карелия
Новотроицкая	3,68	–	1953	ПАО «РусГидро»	р. Большой Егорлык	Ставропольский край
Хямекоски	3,56	–	1903	ПАО «ТГК-1»	р. Янисйоки	Респ. Карелия
Карамышевская	3,52	–	1937	ФГБУ «Канал имени Москвы»	р. Москва	Московская обл.
Перервинская	3,52	–	1937	ФГБУ «Канал имени Москвы»	р. Москва	Московская обл.
МГЭС-3	3,5	–	2000	ПАО «РусГидро»	канал Баксан-Малка	Респ. Кабардино-Балкария
Верхне-Рузская	3,2	–	1978	АО «Мосводоканал»	р. Руза	Московская обл.
Перепадная (ГЭС-32)	3,2	–	1977	АО «Мосводоканал»	канал Яуза-Руза	Московская обл.
Рузская (ГЭС-34)	3,2	–	1996	АО «Мосводоканал»	р. Руза	Московская обл.
Истринская	3,06	–	1935	АО «Мосводоканал»	р. Истра	Московская обл.
Харлу	3	–	1936	ПАО «ТГК-1»	р. Янисйоки	Респ. Карелия
Игнойла	2,7	–	1937	ПАО «ТГК-1»	р. Шуя	Респ. Карелия
Сызранская	2,7	–	1929	ООО «Сызранская городская	р. Сызранка	Самарская обл.

Название ГЭС	Установленная мощность, МВт	Среднемноголетняя выработка, млн кВт·ч	Год пуска	Собственник	Водоток	Регион
				электросеть»		
Павлодольская	2,62	–	1965	ПАО «РусГидро»	р. Терек	Респ. Северная Осетия – Алания
Можайская	2,5	–	1962	АО «Мосводоканал»	р. Москва	Московская обл.
Вогульская	2,4	–	1967	АО «Интер РАО – Электрогенерация»	р. Вогулка	Свердловская обл.
Орловская	2,4	–	1954	ПАО «МРСК Северного Кавказа»	канал Малка-Кура	Ставропольский край
Ново-Тверецкая	2,4	–	1947	ФГБУ «Канал имени Москвы»	р. Тверца	Тверская обл.
Толмачевская-1	2	–	1999	ПАО «Камчатский газоэнергетический комплекс»	р. Толмачева	Камчатский край
Ахтынская	1,8	–	1997	ПАО «РусГидро»	р. Ахтычай	Респ. Дагестан
Быстринская	1,71	–	1995	ПАО «Камчатскэнерго»	р. Быстрая	Камчатский край
Североокурильская	1,66	–	2000	МКП «Теплоэлектросистемы Северо-Курильского городского округа»	р. Матросская	Сахалинская обл.
Вытегорская	1,52	–	1961	ФБУ «Администрация «Волго-Балт»	Волго-Балтийский канал	Вологодская обл.
Максютинская	1,52	–	1957	АО «Норд Гидро»	р. Великая	Псковская обл.
Шильская	1,52	–	1958	АО «Норд Гидро»	р. Великая	Псковская обл.
Малая Краснополянская	1,5	–	2005	ООО «ЛУКОЙЛ-Экоэнерго»	р. Бешенка	Краснодарский край
Порожская	1,445	–	1910	МО Саткинский район	р. Большая Сатка	Челябинская обл.
Аракульская	1,32	–	2008	ПАО «РусГидро»	р. Хиривалю	Респ. Дагестан
Шиназская	1,32	–	2008	ПАО «РусГидро»	р. Шиназчай	Респ. Дагестан
Кокадой	1,304	–	2014	Министерство промышленности и энергетики Чеченской Республики	р. Аргун	Чеченская Респ.

Название ГЭС	Установленная мощность, МВт	Среднемноголетняя выработка, млн кВт·ч	Год пуска	Собственник	Водоток	Регион
Лыковская	1,3	–	1953	ООО «Лыковская ГЭС»	р. Зуша	Орловская обл.
Пиени-Йоки	1,28	–	1920	ПАО «ТГК-1»	р. Тулемайоки	Респ. Карелия
Суури-Йоки	1,28	–	1920	ПАО «ТГК-1»	р. Тулемайоки	Респ. Карелия
Большой Зеленчук	1,26	–	2017	ПАО «РусГидро»	р. Большой Зеленчук	Респ. Карачаево-Черкесия
Питкякоски	1,26	–	1940	ПАО «ТГК-1»	р. Китенйоки	Респ. Карелия
Белохолуницкая	1,25	–	2007	ООО «Белохолуницкий машиностроительный завод металлоконструкций»	р. Белая Холуница	Кировская обл.
Озернинская	1,25	–	1967	АО «Мосводоканал»	р. Озерна	Московская обл.
Рузская-2	1,25	–	1964	АО «Мосводоканал»	р. Руза	Московская обл.
Магинская	1,2	–	2007	ПАО «РусГидро»	р. Маги	Респ. Дагестан
Новокарачаевская	1,2	–	2013	ЗАО «Фотон»	р. Кубань	Респ. Карачаево-Черкесия
Ульяновская-1	1,2	–	2006	УМУП «Ульяновскводоканал»	Ульяновский водоканал	Ульяновская обл.
Правдинская	1,14	–	1999	АО «Янтарьэнерго»	р. Лава	Калининградская обл.
Акбашская	1,0	–	1995	ПАО «РусГидро»	Акбашский канал	Респ. Кабардино-Балкария
Амсарская	1,0	–	2007	ПАО «РусГидро»	р. Маги	Респ. Дагестан
Верхне-Уральская	1,0	–	1961	Росимущество	р. Урал	Челябинская обл.
Томская	1,0	–	2014	ООО «Томская генерирующая компания»	Томский водоканал	Томская обл.
Каллиокоски	0,975	–	2014	АО «Норд Гидро»	р. Тохмайоки	Респ. Карелия
Мухольская	0,9	–	1961	ПАО «РусГидро»	р. Черек Балкарский	Респ. Кабардино-Балкария

Название ГЭС	Установленная мощность, МВт	Среднемноголетняя выработка, млн кВт·ч	Год пуска	Собственник	Водоток	Регион
Белоусовская	0,76	–	1961	ФБУ «Администрация «Волго-Балт»	Волго-Балтийский канал	Вологодская обл.
Джазаторская	0,63	–	2007	ООО «Джазаторская гидроэлектрическая станция»	р. Джазатор	Респ. Алтай
Рюмякоски	0,63	–	2013	АО «Норд Гидро»	р. Тохмайоки	Респ. Карелия
Агульская	0,6	–	2006	ПАО «РусГидро»	р. Чирахчай	Респ. Дагестан
Бавтугайская	0,6	–	2000	ООО «Энергострой ЛТД»	р. Сулак	Респ. Дагестан
Кора-Урсдонская	0,6	–	2000	ПАО «РусГидро»	р. Урсдон	Респ. Северная Осетия – Алания
Эшкаконская	0,6	–	2009	ООО «Нижегородский институт прикладных технологий»	р. Эшкакон	Респ. Карачаево-Черкесия
Лужская-2	0,54	–	1956	ПАО «ТГК-1»	р. Быстрица	Ленинградская обл.
Беканская	0,5	–	1951	ПАО «РусГидро»	оз. Бекан	Респ. Северная Осетия – Алания
Курушская	0,5	–	1951	ПАО «РусГидро»	р. Усухчай	Респ. Дагестан
Озерская	0,5	–	2000	АО «Янтарьэнерго»	р. Анграпа	Калининградская обл.
Ульяновская-2	0,5	–	2011	УМУП «Ульяновскводоканал»	Ульяновский водоканал	Ульяновская обл.
Кировская	0,496	–	2015	Мин. промышленностии энергетики Чеченской Республики	р. Сунжа	Чеченская Республика
Мечетлинская	0,445	–	2002	ООО «Башкирская генерирующая компания»	р. Большой Ик	Респ. Башкортостан
Ессентукская	0,4	–	1954	ПАО «МРСК Северного Кавказа»	р. Подкумок	Ставропольский край
Кайру	0,4	–	2004	МО Улаганский район	р. Кайру	Респ. Алтай

Название ГЭС	Установленная мощность, МВт	Среднемноголетняя выработка, млн кВт·ч	Год пуска	Собственник	Водоток	Регион
Майкопская малая	0,4	–	1999	АО «Адыгэнергострой»	р. Белая	Респ. Адыгея
Североку-рильская-2	0,4	–	2000	МКП «Тепло-электросистемы Северо-Курильского городского округа»	р. Матросская	Сахалинская обл.
Карабашская	0,36	–	1999	ПАО «Татнефть»	р. Бугульминский Зай	Респ. Татарстан
Листвянская	0,35	–	1937	АО «Мосводоканал»	канал имени Москвы	Московская обл.
Акуловская	0,28	–	1937	АО «Мосводоканал»	канал им. Москвы	Московская обл.
Пироговская	0,28	–	1937	ФГБУ «Канал имени Москвы»	р. Клязьма	Московская обл.
Ичалковская	0,264	–	1995	ОАО «Ичалковская ГЭС»	р. Пьяна	Нижегородская обл.
Ново-Цнинская	0,22	–	1951	ФГБУ «Канал имени Москвы»	р. Цна	Тверская обл.
Киселевская	0,2	–	2008	Серовский городской округ	р. Каква	Свердловская обл.
Сурская	0,2	–	2004	ФГУ «Сурский гидроузел»	р. Сура	Пензенская обл.
МГЭС на р. Чаваш	0,165	–	1995	Курорт Уш-Белдир	р. Чаваш	Республика Тыва
Хоробров-ская	0,16	–	2003	ПАО «РусГидро»	р. Нерль	Ярославская обл.
Карманов-ская	0,1	–	2003	АО «Мосводоканал»	р. Яуза	Московская обл.
Слакская	0,1	–	1999	ООО «Башкирская генерирующая компания»	р. Курсак	Респ. Башкортостан

* – фактические значения.

Огромный гидроэнергетический потенциал России до сих пор используется не в полной мере. Развитие малой гидрогенерации является экологически приемлемым и экономически целесообразным методом решения целого комплекса проблем, связанных с энергобезопасностью и дефицитом электроэнергии на отдельных территориях нашей страны.

Литература

1. Дворецкая М.И., Жданова А.П., Лушников О.Г., Слива И.В. Возобновляемая энергия. Гидроэлектростанции России. Справочник / Под общей ред. к.т.н., проф. В.В. Берлина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – 224 с.
2. ГОСТ Р 51238-98. Нетрадиционная энергетика. Гидроэнергетика малая. Термины и определения. – Введен 01.07.1999. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. – 8 с.
3. ГОСТ Р 55260.3.1-2013. Гидроэлектростанции. Часть 3-1. Гидротурбины. Технические требования к поставке. – Введен 01.07.2015. – М.: Стандартинформ, 2014. – 26 с.

Лунчиков Иван Сергеевич
Год рождения: 1989
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
студент группы № W41502
Направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: kyky7pyky@mail.ru

Быковская Елена Александровна
Год рождения: 1986
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
ст. преподаватель
e-mail: brownies@mail.ru

Кустиков Юрий Анатольевич
Год рождения: 1949
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
к.т.н., доцент
e-mail: y.a.kustikov@vniim.ru

Кустикова Марина Александровна
Год рождения: 1958
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
к.т.н., доцент
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 006.86; 006.013

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПАНИЙ

Лунчиков И.С., Быковская Е.А., Кустиков Ю.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустикова М.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

Рассмотрен комплекс работ, выполняемых для развития системы метрологического обеспечения измерительных технологий при добыче, транспортировке и поставке газа потребителям в Российской Федерации. Данные работы являются одной из актуальных прикладных научных проблем.
Ключевые слова: метрологическое обеспечение, стандартизация, контроль качества, углеводороды, нефтепродукты.

В последние годы наблюдается подъем российской нефтехимической промышленности, а также интенсивное развитие международной системы единства газоаналитических измерений. В связи с чем значительно выросло количество новых

измерительных задач в области добычи, переработки и транспортировки нефтепродуктов. Важную роль тут занимает появление новых технологий. Ведь при внедрении любой новой технологии автоматически возникают новые измерительные задачи для осуществления входного контроля сырья, промежуточного контроля технологических процессов, выходного контроля товарной продукции [1], что является одной из прикладных научных проблем, направленной на снижение энергетических затрат на объектах топливно-энергетического комплекса (ТЭК) страны, что особенно актуально в начале XXI века [2].

В данной работе проанализированы вопросы метрологического обеспечения испытаний углеводородной газовой продукции в Российской Федерации, и рассмотрены основные недостатки существующей системы.

В связи с необходимостью адаптации российской системы измерений к мировой практике, укрепления правовой базы для международного сотрудничества в области метрологии, а также с учетом современных потребностей национальной экономики в 2008 году был принят новый Закон «Об обеспечении единства измерений» [3]. В соответствии с ним товарный оборот природного газа (ПГ) относится к сфере действия государственного регулирования обеспечения единства измерений. Поэтому измерения, обеспечивающие контроль качества ПГ, должны выполняться с использованием нормативной и технической документации в виде стандартов на методы измерений или аттестованных методик измерений; средств измерений, внесенных в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации [4]; утвержденных типов стандартных образцов (ГСО), используемых для градуировки и поверки рабочих средств измерений и обеспечивающих прослеживаемость результатов измерений к национальным первичным эталонам единиц величин [5].

Вследствие чего российские поставщики газа оказались в сложной ситуации. Остро встали вопросы достоверного контроля товарной продукции, вопросы согласованности результатов оценки качества ПГ при использовании различных аналитических методов и др. Действовавшая на тот период времени нормативная документация по контролю качества газа, не соответствовала современным международным требованиям с точки зрения как технических и методических решений, так и нормирования показателей точности методов и их метрологического обеспечения (МО), что вызывало определенные сложности при взаиморасчетах между поставщиком и потребителем при поставке газа за рубеж.

Имеющиеся недостатки существующей системы метрологического обеспечения (рис. 1), в частности, отсутствие дифференцированного подхода к различным по составу типам углеводородных газов, что проявляется как в нормативных документах, так и в имеющейся базе стандартных образцов состава [6], были частично устранены.

Рис. 1. Система нормативных документов по метрологическому обеспечению [4]

За последнее десятилетие ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» выполнены работы по замене устаревших стандартов и регламентов новыми, которые гармонизированы с ИСО и европейскими стандартами для контроля состава и показателей качества природного газа (рис. 2).

Рис. 2. Система метрологического обеспечения контроля качества ПГ

При этом в ПАО «Газпром» разработана система метрологического обеспечения контроля качества природного газа, которая обеспечивает прослеживаемость результатов измерений к государственному первичному эталону единиц молярной доли и массовой концентрации компонентов в газовых средах ГЭТ 154-01 и делает результаты контроля качества природного газа международнопризнанными [5, 7–10].

Литература

1. Конопелько Л.А., Колобова А.В., Попова Т.А., Даянов А.А. Разработка и производство стандартных образцов углеводородный смесей для нефтегазовой отрасли // Измерительная техника. – 2013. – № 5. – С. 61–66.
2. Гриценко А.И. Природный газ России в XXI веке: фундаментальные и прикладные научные проблемы // Газовая промышленность. – 1998. – № 8. – С. 2–5.
3. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ.
4. Метрологическое обеспечение в ОАО «Газпром», стандартизация и сертификация в области обеспечения единства измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://metrol.expoprom.ru/archive/2010/Presentations/3/Gazprom.pdf (дата обращения: 28.01.2019).
5. Конопелько Л.А., Колобова А.В., Попова Т.А., Пивоварова Н.О., Смирнов В.В., Бахметьев П.И. Метрологическое обеспечение контроля качества природного газа // Измерительная техника. – 2011. – № 9. – С. 49–53.
6. Лахов В.М., Конопелько Л.А., Бегак О.Ю., Окрепилов М.В. Актуальность совершенствования метрологического обеспечения испытаний углеводородной газовой продукции // Измерительная техника. – 2011. – № 9. – С. 54–57.
7. Хацкевич Е.А. Государственная система метрологического обеспечения хроматографических средств измерений для контроля качества природных газов: дис. … док. техн. наук: 05.11.15. – ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева». – СПб., 2006. – 310 с.
8. Энергетическая стратегия России на период до 2020 г. / Утв. Распоряж. Правительства РФ № 1234-р от 28.08.2003.

9. Белонин М.Д., Подольский Ю.В. Нефтегазовый потенциал России и возможности его развития. – СПб.: Недра, 2006. – 376 с.
10. Конопелько Л.А., Кустиков Ю.А. Калибровочные и измерительные возможности высшей точности РФ, включенные в международную базу данных в области химико-аналитических измерений // Измерительная техника. – 2011. – № 9. – С. 12–17.

Макарова Елена Сергеевна
Год рождения: 1994
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, аспирант
Направление подготовки: 03.06.01 – Физика и астрономия
e-mail: makarova_helena_2011@email.ru

Новотельнова Анна Владимировна
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, к.т.н., доцент
e-mail: novotelnova@yandex.ru

УДК 536.2.083

ПОИСК ПУТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ВИСМУТА НА РАЗЛИЧНЫХ ПОДЛОЖКАХ

Макарова Е.С., Новотельнова А.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Новотельнова А.В.

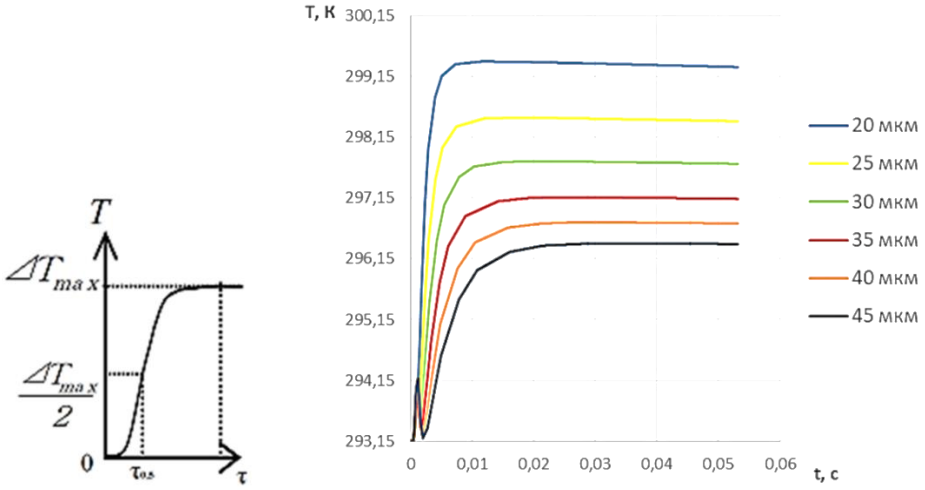
Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе рассмотрены проблемы измерения теплопроводности тонких пленок висмута различными методами. Сложность определения теплофизических параметров тонких пленок связана с малостью их толщины по сравнению с толщиной подложки и вкладом подложки в результаты измерений.
Ключевые слова: тонкие пленки, flash метод, 3ω-метод, теплопроводность, коэффициент температуропроводности, висмут, анизотропия.

Введение. Особенности физических свойств низкоразмерных структур, связанные с размерными эффектами, все больше привлекают исследователей. Исследование фундаментальных закономерностей в тонких пленках, нанотрубках и квантовых точках являются одними из основных задач современной физики. Наибольшей проблемой в изучении свойств таких объектов является исследование теплопроводности. В настоящее время происходит поиск методов измерения теплопроводности тонкопленочных структур. Одной из проблем измерения теплопроводности тонких пленок является малая толщина и наличие подложки. В настоящее время существуют несколько методов измерения теплопроводности, которые могут быть использованы для изучения свойств тонких пленок. Наибольшее распространение получили метод laser flash, 3ω-метод.

Сложности измерения теплопроводности тонких пленок висмута усугубляются наличием ярко выраженной анизотропии его свойств. Для анизотропных материалов необходимо иметь возможность измерять теплопроводность в различных направлениях. Особенно это актуально для пленок висмута, так как сейчас разработаны технологии получения пленок, позволяющие варьировать их структуру и задавать ориентацию кристаллитов в пленке, что может отражаться на электро- и теплофизических свойствах тонкопленочных структур.

Метод laser flash. Метод laser flash является одним из нескольких способов измерения теплопроводности материалов. Обычный метод laser flash, предложенный Паркером и др. [1], основан на том, что лицевая часть образцов подвергается воздействию короткого лазерного импульса. Изменение температуры в результате воздействия регистрируется с тыльной стороны образца (рис. 1, а).



а б

Рис. 1. Пример температурного отклика, полученного с тыльной стороны образца (а); график температурного отклика для образца из полиимида разной толщины, покрытого графитом. Процесс измерения смоделирован в программе COMSOL Multiphysics. Толщина графитового покрытия с обеих сторон полиимида 5 мкм (б)

Паркером было показано, что коэффициент температуропроводности α зависит от толщины образца h_1 и времени необходимого для разогрева образца до половины от максимальной температуры $\tau_{1/2}$ и выражается следующей формулой:

$$\alpha = 1{,}36976 \cdot \frac{h_1^2}{\pi^2 \tau_{1/2}}. \quad (1)$$

При этом рассматриваются идеальные условия: полагается, что длительность лазерного импульса мала, и тепловыми потерями можно пренебречь.

Этот метод получил широкое распространение, так как подготовка образца довольна простая, время измерения относительно невелико, и во многих случаях достигается хорошая точность измерений.

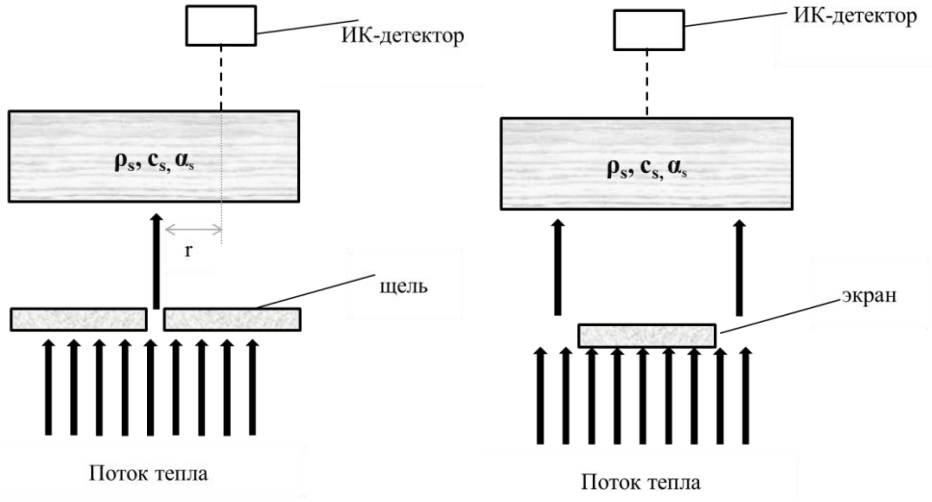
Для измерения теплопроводности тонких пленок непосредственно использовать метод laser flash невозможно, из-за нарушения первого условия. Так как толщина пленки очень мала, то время нагрева пленки становится соизмеримым с временем лазерного импульса (рис. 1, б). Толщина пленки варьируется от нескольких микрометров до нескольких десятков нанометров. Один из способов измерения температуропроводности пленочных образцов заключается в уменьшении длительности лазерного импульса.

Авторы [2–4] предлагают исследовать теплопроводность тонкопленочных образцов, немного видоизменив метод путем введения системы щелей. Такая модификация позволяет исследовать теплопроводность пленки в направлении параллельно плоскости пленки.

Существует две разновидности модифицированного метода laser flash, основанные на введении в измерительную установку дополнительной системы щелей.

Первый способ был предложен для прямоугольных образцов [2, 3]. Суть метода заключается в том, что из лазерного пучка вырезается прямоугольная полоска приблизительно толщиной около 1–2 мм, этот пучок падает на поверхность пленки и тепловой отклик измеряется с другой стороны на некотором расстоянии от центра падения пучка (рис. 2, а). Тепло распространяется от центра к краям.

При исследовании этого метода с помощью моделирования в программе COMSOL Multiphysics, было найдено оптимальное расстояние *r*=2,75 мм для образцов, выполненных из металлов (медь, железо, платина, алюминий, олово). При использовании неметаллических образцов: диэлектрики, полупроводники и полуметаллы (слюда, полиимид, кремний, висмут), необходимо индивидуально подбирать оптимальное расстояние.



а б

Рис. 2. Модифицированный метод laser flash. Тепло распространяется от центра к краям (а) и от периферии к центру (б)

Второй модифицированный метод предложен в [4]. По сути, этот способ похож на первый. Преимущество этого метода заключается в отсутствии необходимости смещать ИК-детектор. В центр пятна, засвечиваемого лазерным лучом, необходимо поставить экран, не пропускающий лучи на образец. Тепло в образце будет распространяться от краев образца к центру (рис. 2, б). Диаметр экрана, необходимого для измерений образца может быть рассчитан в программе COMSOL Multiphysics.

Оба этих метода на практике были опробованы для однородных металлов. Данных об исследованиях двухслойных или многослойных образцов этими методами авторами не найдено.

Обнаруженны проблемы, ограничивающие использование laser flash метода:

1. ограничение по толщине образца: наименьшая толщина, определенная для используемой в опытах металлической фольги составляет 5 мкм;
2. отсутствие данных об апробации методов для исследования пленок, находящихся на подложке;
3. с помощью моделирования в программе COMSOL Multiphysics, было получено, что при соотношении толщины пленки и толщины подложки 1:10, основной вклад в измерение теплопроводности будет вносить подложка, поэтому определить теплопроводность тонкой пленки не представится возможным;
4. возникает проблема, связанная с использованием слоя графита, которым необходимо покрывать образцы при реализации laser flash метода. При исследованиях однородных образцов, рекомендуемой толщины (1–5 мм) толщиной графита пренебрегают, так как его толщина много меньше толщины исследуемого образца. В случае пленок, толщина слоя графита становится соизмеримой с толщиной исследуемой пленки, а иногда и превышает толщину пленки. В работе [5] было исследованы физические характеристики слоя графита. Толщина слоя графита изменяется приблизительно от 5 до 15 мкм. Плотность и теплоемкость исследуемой структуры сильно изменяются из-за пористости напыляемого графита. Поэтому необходимо контролировать толщину графитового покрытия для тонкопленочных образцов.

3ω-метод. Данный метод применяется для исследования теплопроводности тонкопленочных структур. Исследуется только поперечная составляющая теплопроводности. Переменный ток протекает через резистивный нагреватель, при этом ток не должен протекать по самой пленке. Это условие выполняется в том случае, если сопротивление измеряемой пленки намного выше сопротивления резистивного нагревателя, либо применяют дополнительную электрическую изоляцию между пленкой и подложкой. При прохождении тока, резистивный нагреватель нагревается. Так как пленка и резистивный нагреватель имеют тепловой контакт, то часть тепла от резистивного нагревателя переходит к образцу. Количество тепла, отданного проволокой образцу, пропорционально падению напряжения в третьей гармонике [6].

Тепло от резистивного нагревателя должно распространяться на величину, превышающую толщину резистивного нагревателя, а также не уходить дальше пятой части толщины образца. В этом случае можно считать исследуемую среду бесконечно большой. Поэтому необходимо производить предварительный расчет интервала частот, необходимых для измерения образца заданного состава.

Преимуществом данного метода служит то, что толщина подложки может быть довольно большой – сотни микрометров, а толщина пленки около десятков нанометров.

Однако предварительные эксперименты, проведенные в Университете Монпелье (Франция), показывают ограниченность данного метода, заключающуюся в невозможности исследования тонких пленок висмута на диэлектрической подложке. Предварительные расчеты показывают, что исследования могут быть проведены, если использовать в качестве подложки кремний.

Основной недостаток метода – ограниченность выбора состава подложки и невозможность использовать диэлектрические подложки для исследования. Так как подложка влияет на структуру пленок и на их физические характеристики пленок [7], ограничение на использование в исследованиях только подложки определенного состава может быть существенно.

Выводы. Измерение теплопроводности тонких пленок висмута является сложной технической задачей. Универсального метода для измерения теплопроводности тонких пленок пока не существует.

Метод laser flash возможно применять для тонкопленочных образцов, если время лазерного импульса уменьшить. Однако уменьшать до бесконечности время длительности лазерного импульса невозможно. Существуют модификации данного метода, которые позволяют измерять продольную теплопроводность образца. При этом результат измерений не зависит от продолжительности лазерного импульса, а зависит только от соотношения толщин пленки, подложки и толщины графитового покрытия. Ограничений на состав вещества, из которого должна быть выполнена подложка, нет.

При исследовании тонких пленок висмута 3ω-метод имеет преимущество перед методом laser flash. Толщина подложки может быть любой, при этом толщина пленки висмута может составлять несколько нанометров. Существуют ограничения при выборе состава подложки. Подложка должна быть выполнена из кремния.

Литература

1. Parker W.J., Jenkins R.J., Butler C.P., Abbott G.L. Flash method of determining thermal diffusivity, heat capacity, and thermal conductivity // J. Appl. Phys. – 1961. – V. 32. – P. 1679–1684.
2. Ohta H., Shibata H., Waseda Y. New attempt for measuring thermal diffusivity of thin films by means of a laser flash method // Review of Scientific Instruments. – 1989. – V. 60(3). – P. 317–321.

3. Shibata H., Ohta H., Waseda Y. New Laser-Flash Method for Measuring Thermal Diffusivity of Isotropic and Anisotropic Thin Films // Materials Transactions, JIM. – 1991. – V. 32. – № 9. – P. 837–844.
4. Нищев К.Н., Новопольцев М.И., Беглов В.И., Окин М.А., Лютова Е.Н. Измерение температуропроводности тонких металлических слоев методом лазерной вспышки // Изв. вузов. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2015. – № 4(36). – С. 101–110.
5. Lim K.-H. et al. Improvement of the thermal diffusivity measurement of thin samples by the flash method // Thermochimica Acta 494. – 2009. – P. 71–79.
6. Beaudhuin M. Thermal conductivity measurement of thin layers by the 3ω method. – Technical note TN-2006/00375, Philips Report, based on M. Beaudhuin, M.Sc. thesis, INPG, 2006. – 75 p.
7. Grabov V.M., Komarov V.A., Kablukova N.S. Galvanomagnetic properties of thin films of bismuth and bismuth-antimony alloys on substrates with different thermal expansions // Physics of the Solid State. – 2016. – V. 58. – № 3. – P. 622–628.

Маслова Софья Сергеевна
Год рождения:1996
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
студент группы № W41502
Направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: soffiyam@mail.ru

Кустикова Марина Александровна
Год рождения: 1958
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
к.т.н., доцент
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 504.06

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ШУМОЗАЩИТНЫЕ ЭКРАНЫ

Маслова С.С.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустикова М.А.

В работе рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на акустическую долговечность и эффективность экранов, такие как материал, плотность шумопоглощающего материала, установка и сборка экрана, агрессивность среды и обслуживание в период эксплуатации. В дальнейшей работе необходимо будет предложить идеи по разработке модернизированного шумозащитного экрана, опираясь на разработки зарубежных коллег.
Ключевые слова: шум, шумозащитные экраны, факторы воздействия, акустическая эффективность, акустическая долговечность, материал.

Актуальность темы исследования. В современном мире человек живет в условиях постоянного воздействия природных, техногенных, экологических, социальных и других факторов окружающей среды, влияющих на его безопасность жизнедеятельности и здоровье. Одним из таких вредных факторов является шум. Шумозащитный экран (ШЭ) является основным способом защиты от повышенного шумового воздействия, исходящего от транспорта на оживленных автомагистралях, железнодорожных путях, а также от производств. На территории Российской Федерации (РФ) использование ШЭ, как средство защиты от вредного шумового воздействия, только набирает обороты, но на данный момент времени под влиянием множества факторов ШЭ не дают расчетных характеристик, заявленных производителем.

Цель работы – это поиск данных и формирование информационной базы для проведения исследования по вопросам влияния ШЭ. Необходимо провести большой анализ как зарубежной, так и отечественной литературы для подтверждения выводов о необходимости модернизации ШЭ на территории РФ.

Для снижения вредного акустического воздействия на окружающую среду и здоровье населения был проведен анализ и рассмотрены факторы, влияющие на долговечность и акустическую эффективность конструкции. Также проведен анализ воздействия каждого из факторов на рассматриваемые объекты, и сделан вывод о мероприятиях, необходимых для достижения наибольшей долговечности ШЭ.

1. Агрессивность среды. К факторам агрессивности среды, негативно влияющим на эстетический внешний вид ШЭ и сохранность их акустических свойств, относятся: климатические условия района расположения; термические воздействия на конструкцию [1].
2. Материалы из которых изготавливаются ШЭ:
   – древесина. Деревянные экраны подвержены ухудшению акустических качеств, так как планки/доски, образующие экран, будут деформироваться или сжиматься, в результате чего возникнут зазоры между досками, а в случае повреждения – подвержены гниению. Для решения этих проблем производители используют высококачественные лесоматериалы и подвергают обработке под давлением все элементы с соответствующими предохраняющими средствами, благодаря этой пропитке ШЭ имеют ряд преимуществ. В настоящее время для изготовления ШЭ используют преимущественно импрегнированную древесину.
   Ряд достоинств и недостатков ШЭ и импрегнированной древесины приведен в табл. 1.

Таблица 1. Достоинства и недостатки ШЭ из импрегнированной древесины

	Достоинства	Недостатки	Срок эксплуатации
ШЭ из импрегнированной древесины	Эстетический внешний вид	Пожароопасность при отсутствии специальной обработки	25 лет
	Влагостойкость		
	Экологичность		
	Легкость монтажа	Деформация от перепадов температур	
	Прочность		
	Не является проводником электричества		
	Устойчивость к агрессивности среды		

   – металл. Наиболее часто используемыми являются оцинкованная, нержавеющая сталь и алюминий. Изделия из металла можно использовать в любой местности. Правда, нужно проследить, чтобы металлы, входящие в контакт друг с другом, были совместимы и не оказывали взаимного неблагоприятного воздействия. Достоинства и недостатки металлических ШЭ приведены в табл. 2–4.

Сталь является сравнительно недорогим и популярным в строительстве металлом, представляя собой сплав железа с углеродом и другими элементами [2].

Таблица 2. Достоинства и недостатки ШЭ из оцинкованной стали

	Достоинства	Недостатки	Срок эксплуатации
ШЭ из оцинкованной стали	Не горюч	Высокая стоимость материала	20 лет
	Простота установки	Неэстетический внешний вид	
	Устойчивость к коррозии	Дает блики	
		Является электропроводником	

Известно, что конструкции из алюминия легкие и прочные, надежны в эксплуатации. На территории РФ используются чаще всего.

Таблица 3. Достоинства и недостатки ШЭ из алюминия

	Достоинства	Недостатки	Срок эксплуатации
Алюминиевый ШЭ	Прочность	Высокая стоимость материала	25 лет
	Легкость	Неэстетический внешний вид	
	Не горюч		
	Простота установки	Дает блики	
	Устойчивость к коррозиии	Является электропроводником	

Нержавеющая сталь – это сталь с включением большого количества химических элементов для того, чтобы сплав мог эффективно сопротивляться коррозии.

Таблица 4. Достоинства и недостатки ШЭ из нержавеющей стали

	Достоинства	Недостатки	Срок эксплуатации
ШЭ из нержавеющей стали	Устойчивость к коррозии	Высокая стоимость материала	25 лет
	Не горюч	Блестит на солнце/дает блики	
	Простота установки	Является электропроводником	
	Устойчивость к агрессивности среды		

– бетон – один из наиболее широко распространенных конструкционных материалов. Бетонные инструкции (сборные или монолитные) при правильном изготовлении и применении являются одними из наиболее долговечных материалов для многих дорожных конструкций, включая ШЭ. Этот материал способен противостоять многим факторам окружающей среды.

Факторы воздействия окружающей среды в первую очередь влияют на структурную целостность экрана, а не на его акустические характеристики (табл. 5).

Таблица 5. Достоинства и недостатки бетонных ШЭ

	Достоинства	Недостатки	Срок эксплуатации
Бетонные ШЭ	Недорогой вид сырья	Подвержен накоплению пыли	25 лет
	Прочность		
	Не горюч	Поверхность подвергается истиранию	
	Простота производства		
	Выносит перепады температур	Подвержены вандализму	
	Пригоден для всех видов монтажа		
	Один из самых долговечных материалов		

– пластик/поликарбонат. Существует возможность создания ШЭ из прозрачной пластмассы или акрила. Они не закрывают водителям транспортных средств, не мешают местным жителям или работникам, задача которых состоит в технической поддержке экрана [3].

Существенные недостатки и главные достоинства пластиковых ШЭ представлены в табл. 6. Экраны, состоящие из этого материала, могут быть уместны почти в любых условиях.

Таблица 6. Достоинства и недостатки материала ШЭ из пластика

	Достоинства	Недостатки	Срок эксплуатации
Пластик/поликарбонат	Эстетический внешний вид	Горюч	12 лет
	Недорогой вид сырья	Деформируется от перепада температур	
	Отлично переносит влагу	Подвержены воздействию ультрафиолета, необходимо нанести защитное покрытие	
	Можно придать любой внешний вид	Мутнеют со временем, необходимо нанести защитное покрытие	
	Легкость монтажа	Больше подвержены вандализму	
	Можно повторно переработать	Необходимо регулярно очищать панели для поддержания прозрачности	
	Не закрывают обзор водителям (если прозрачные)		

– закаливание стекла – это процесс термообработки, в результате которого оно становится более прочным за счет устранения центров кристаллизации. ШЭ из закаленного стекла привлекают своим внешним видом, но при всем этом они имеют и другие достоинства и недостатки (табл. 7).

Таблица 7. Достоинства и недостатки ШЭ из закаленного стекла

	Достоинства	Недостатки	Срок эксплуатации
ШЭ из закаленного стекла	Эстетический внешний вид	Хрупкость	12 лет
	Не воздействует солнечный свет	Высокая стоимость материала	
	Влагостойкость	Больше подвержены вандализму	
	Можно придать любой внешний вид	Дает блики	
	Легкость монтажа	Необходимо регулярно очищать панели для поддержания прозрачности	
	Можно повторно переработать	При повреждении не ремонтопригоден	
	Не препятствует обзору		

Композиты могут состоять из двух или более первичных материалов, таких как фанера со стекловолокнистой оболочкой, или древесная стружка, смешанная с бетонной смесью. Именно от смешения компонентов меняются свойства получаемого в результате материала.

Объединение нескольких исходных материалов может привести к изменению их свойств (табл. 8).

Таблица 8. Достоинства и недостатки материала

	Достоинства	Недостатки	Срок эксплуатации
Композитные ШЭ	Прочность	Высокая стоимость материала	20 лет
		Низкая ремонтопригодность	
	Износоустой-чивость	Горючесть некоторых композитов	
		Чувствительность некоторых композитов к ультрафиолету	

3. Качество сборки и установки ШЭ. Некачественная, недобросовестная сборка и установка ШЭ, связанная с несоблюдением инструкции по установке от производителя, сразу повышает риск ухудшения характеристик. Плохое качество установки часто проявляется в виде четко видимых дефектов, таких как неровные или невертикальные опоры, некачественный монтаж изоляции между акустическими элементами или между акустическими элементами и опорами, а также зазоры между панелями или между самым нижним элементом экрана и землей. Помимо этого, правильно распределить шумопоглощающий материал, чтобы тот не сполз, в зависимости от конструкции экрана, для этого может потребоваться демонтаж акустических элементов.

Привлечение опытных монтажников, которые знакомы с изделиями, в сочетании с визуальными проверками только что установленного экрана, либо по завершении, либо во время установки, являются наиболее важными факторами в обеспечении правильной установки ШЭ [4].

4. Вандалоустойчивость. Вандалоустойчивость ШЭ – это способность ШЭ противостоять непредусмотренным механическим повреждениям, разрушению.

Это непременно считается одним из главных факторов, который влияет на акустическую долговечность ШЭ. Если поверхность панелей легко поддается

механическому воздействию, из-за которого образуются внешние дефекты, то в последствие экран постепенно начнет разрушаться, так как нарушена целостность конструкции.

5. Качество шумопоглощающего материала. Помимо предыдущих проблем должное внимание необходимо уделить шумопоглощающему материалу.

Согласно ГОСТ 23499-2009 «Материалы и изделия звукоизоляционные и звукопоглощающие строительные» звукопоглощающие волокнистые материалы и изделия должны изготавливаться плотностью от 20 до 200 кг/м^3.

Звукопоглощающие материалы и изделия должны выпускаться полной заводской готовности или в виде составных элементов, предназначенных для применения в звукопоглощающих конструкциях [5].

При несоблюдении требований к шумопоглощающему материалу – ШЭ теряет свою эффективность, становится уязвимым для факторов, воздействующих извне.

6. Обслуживание ШЭ во время эксплуатации. Некоторые дефекты можно будет обнаружить лишь в результате проверок во время объезда, особенно там, где есть значительные повреждения акустических элементов, например, недостающие/сломанные акустические элементы, выступающая звукопоглощающая облицовка и т.д. Однако могут потребоваться комплексные проверки для обнаружения других дефектов.

Помимо этого, нужно всегда следить за эстетическим внешним видом ШЭ. Прозрачные элементы ШЭ регулярно должны очищаться, чтобы не мешать обзору и со временем, из-за начавшегося процесса разрушения в связи с нерегулярной мойкой, не уменьшить срок долговечности.

Выводы. В проделанной работе были рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на акустическую долговечность и эффективность экранов, такие как материал, плотность шумопоглощающего материала, установка и сборка экрана, агрессивность среды и обслуживание в период эксплуатации.

На территории Российской Федерации использование ШЭ, как средство защиты от вредного шумового воздействия, только набирает обороты, в то время как зарубежом с начала XX века используются самые новые разработки и идеи по защите населения от негативного воздействия шума. В дальнейшей работе необходимо будет предложить идеи по разработке модернизированного ШЭ, опираясь на разработки зарубежных коллег.

Литература

1. Сердюков А.А. Виды шумозащитных экранов // Молодой ученый. – 2016. – № 10. – С. 304–306.
2. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Логос, 2013. – 201 с.
3. Conference of European Directors of Roads (CEDR) / State of the art in managing road traffic noise: noise barriers // Technical Report 2017-02/January. – 2017.
4. QUESTIM – Assessing the acoustic durability of noise barriers on NRA road networks./ Conference of European Directors of Roads(CEDR) / Call 2012: Noise: Integrating strategic noise management into the operation and maintenance of national road networks // March. – 2014.
5. ГОСТ 23499-2009. Материалы и изделия звукоизоляционные и звукопоглощающие строительные. – Введен 01.04.2011. – М.: Стандартинформ, 2011. – 27 с.

Маюрова Александра Сергеевна
Год рождения: 1993
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, аспирант
Направление подготовки: 05.06.01 – Науки о земле
e-mail: asmaiurova@gmail.com

Кустикова Марина Александровна
Год рождения: 1958
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, к.т.н., доцент
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 504.4.054

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОГНОЗА РАЗВИТИЯ ЭТНИЧЕСКИХ ТРАДИЦИЙ ПИТАНИЯ В ОБЬ-ИРТЫШСКОМ РЕГИОНЕ

Маюрова А.С.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустикова М.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе рассмотрена типизация мест обитания моллюсков – возбудителей описторхоза. Было выявлено влияние биотических и абиотических факторов на распространение моллюсков, а также зависимость степени инвазии от этнических традиций питания некоторых категорий населения.
Ключевые слова: метацеркарий, описторхоз, инвазия.

Возбудитель описторхоза человека – *Opisthorchis felineus* впервые был обнаружен К. Виноградовым, профессором Томского университета, больше века назад. Несмотря на это, и сегодня описторхоз является большой проблемой – он считается достаточно распространенной болезнью с упорным, рецидивирующим течением. Возбудитель описторхоза – плоский червь из подкласса двуусток, класса сосальщиков (*Trematoda*), тип Плоские черви (*Plathelminthes,* или *Platodes*) – кошачья или сибирская двуустка (*Opisthorchis felineus*) [1].

Взрослые особи живут в печени, желчном пузыре, иногда в поджелудочной железе у человека и плотоядных животных. Болезнь, вызываемая сибирской двуусткой, называется, болезнью Виноградова или описторхозом. Тело кошачьей двуустки имеет небольшие размеры (длина 8–19 мм, а ширина 1–3 мм), форма тела листовидная удлиненная. Тело паразита желтого цвета, почти прозрачная, кроме средней части тела, там находится матка, набитая яйцами. Яйца овальные, мелкие, желтого цвета с крышечкой на переднем полюсе [1].

В полном цикле развития участвуют два промежуточных хозяина – моллюски и карповые рыбы, а также один окончательный – человек или плотоядные животные. Кошачья (сибирская) двуустка может жить у человека около 20 лет, локализуется в желчном пузыре, протоках поджелудочной железы, желчных протоках печени у хищных млекопитающих и человека. Кошачья двуустка своим воздействием на организм хозяина вызывают нервно-

рефлекторное токсическое воздействие. Обнаружена взаимосвязь заболевания описторхозом с образованием опухолей гепатобилиарной (печеночной) системы. Международное агентство по исследованию рака отнесло *Opisthorchis felineus* к канцерогенам человека первой группы.

Выделяют острую и хроническую фазу описторхоза, для болезни характерно тяжелое течение, при которой происходит поражение органов локализации гельминтов, но и значительное влияние инвазии на формирование различных патологий [2]. Описторхоз обладает широким спектром клинических проявлений, при этом мало симптомные и латентные формы инвазии преобладают у коренных жителей эндемичных регионов. Существуют данные, доказывающие отрицательное влияние паразитов на течение различных болезней, сопровождающиеся нарушением иммунологической толерантности (сахарный диабет 1-го типа, гломерулонефрит, псориаз) [1]. Но при этом есть доказательства иммуносупрессивного эффекта инвазии описторхов, с возможным подавлением активности хронического воспаления в кишечнике.

Человек заражается, употребляя в пищу сырую (строганину), не до конца прожаренную и мало просоленную рыбу, в которой имеются метацеркарии (личинки) гельминтов. Период инкубации длится примерно 2 недели [1]. Самыми крупными очагами заражения описторхоза в России являются бассейны таких крупных рек как Обь, Иртыш, Волга, Кама, Днепр. По данным официальной статистики на территории России число лиц, зараженных *O. felineus*, превышает 2 млн человек.

Самый крупный и напряженный очаг описторхоза в мире – Обь-Иртышский, охватывающий 10 краев и областей России и Казахстана. В бассейне Среднего Приобья пораженность местного населения достигает 51–82% (в отдельных районах – 90% и более). Уже в 1-й год проживания в эндемичном очаге заражаются 11,5–17,9% новоселов, через 1,5 года – 42%, постепенно уровень инвазии растет, и через 10 лет показатели инвазированности местного и пришлого населения сравниваются.

Проблема изучения зараженности описторхисом в Обь-Иртышском регионе (ОИР) очень актуальна, поэтому целью данного исследования стало определение степени инвазии личинками *Opisthorchis felineus* рыб семейства Карповых в водоемах ОИР, а также влияние этнических традиций питания населения данного региона на степень инвазии.

Задачи:

- изучить типизацию мест обитания моллюсков – первых промежуточных хозяев возбудителей описторхоза;
- изучить традиции питания населения в ОИР;
- выявить влияние биотических и абиотических факторов на распространение моллюсков – первых промежуточных хозяев возбудителей описторхоза.

Одной из категорий населения, выбранной для анализа в данной работе, являются представители коренных малочисленных народов Севера, так как их рацион в основном состоит из рыбы. Существует множество традиционных способов приготовления рыбы, такие как сыроядение, замораживание, варение, вяление, сушение, копчение, слабый подогрев. В большинстве своем данные способы обработки рыбы недостаточны для уничтожения метацеркарий описторхид, которые находятся в рыбе. Таким образом, процент зараженности описторхозом у малочисленных народов крайне высок [3].

В Западной Сибири очаг описторхоза распространен от юга Обь-Иртышского бассейна до Полярного круга (в бассейне р. Надым, правобережном притоке р. Оби). До этих же границ распространяются один вид рода Opisthorchophorus – O. trocheli (Paash) и один вид рода Boreoelona – B. contortrix (Lindh.) (Долгин и др., 1980). Значит, эти виды могут являться промежуточными хозяевами описторхоза на этих широтах. Но один из этих видов – B. contortrix (Lindh.) распространен и в бассейне нижнего и среднего Енисея, где очагов описторхоза нет (Гольд, Бочарова, 1998), поэтому его можно уверенно исключить из списка возможных промежуточных хозяев этого заболевания. Выпадает из списка промежуточных

хозяев описторхоза и B. sibirica (West.), который относится к тому же роду, что и B. contortrix (Lindh.) и тоже распространен в бассейне Енисея.

Наиболее вероятными промежуточными хозяевами описторхоза являются следующие представители семейства Bithyniidae [4].

Битинииды активны летом. Их сбор производили в июле – августе 2016–2017 годов с помощью гидробиологического сачка, а также производили сбор моллюсков с погруженных в воду предметов (камни, палки, водная растительность).

Проводили измерение каждой особи рыбы, определяли возраст (по чешуе). Свежую и свежемороженую рыбу просматривали на наличие метацеркариев описторхид.

Рыбу определяли по определителю Beobachten und bestimmen «Fische Europas» и Никонов Г.И. «Живое серебро» Обь – Иртышья. Все данные записывались на листах, где под номерами фиксировались результаты промеров, возраст, образцы чешуи и ставилась отметка о наличии совокупности метацеркариев описторхид. Из-за сложности в определении метацеркариев до вида, авторы ограничились определением только до рода.

В окрестностях Сургута во всех малых реках 100% язей и ельцов заражены метацеркариями описторхид, начиная с двухлетнего возраста. Во всех отловленных экземплярах плотвы метацеркариев описторхоза не было обнаружено. Рыба, обитающая и не покидающая водоемы со стоячей или слабопроточной водой, не подвергается заражению. Заражение рыбы происходит при попадании в реку Обь. Чем более удален район лова рыбы от Оби, тем вероятнее, что она не заражена. Первоначальное заражение происходит в мышцах под спинным плавником, затем в мышцах от головы до конца спинного плавника. В брюшных мышцах личинок нет.

В 56 экземплярах 7–8-летних язей (р. Аган, Тромёган, Обь) метацеркарии описторхид были найдены только у трех особей (т.е. у 5% отловленных рыб). У 78 экземпляров 6–8-летних ельцов, 8–10-летней плотвы метацеркарий не было обнаружено. Поэтому перед авторами встал вопрос изучения биологии и экологии первого промежуточного хозяина возбудителя описторхоза. Сбор моллюсков производился в июле-августе в различных типах водоемов.

Увеличение концентрация всех веществ в воде объясняется низким уровнем паводка в 2017 году и, как следствие, все концентрации минеральных веществ со временем только увеличивались.

Таким образом, можно предположить, что заражения метацеркариями описторхид рыб карповых пород в 2016–2017 годах было слабым или отсутствовало совсем, так как первого промежуточного хозяина возбудителя описторхоза в водоемах разного типа не наблюдалось.

Литература

1. Николаева Н., Николаева Л., Гигилева О. Описторхоз (эпидемиология, клиника, диагностика, лечение) Красноярская государственная медицинская Городская клиническая больница №20 им. И.С. Берзона. – Красноярск, 2003. – 25 с.
2. Биология. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. М.С. Гиляров. – 3-е изд. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. – С. 535, 169.
3. Департамент здравоохранения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Приказ № 146/52 от 28 марта 2013 о дополнительных мерах по профилактике и организации медицинской помощи больным описторхозом. Ханты-Мансийск.
4. Долгин В.Н., Новиков Е.А. Битинииды Западной Сибири и описторхоз (Molluska, Gastropoda, Pectinibranchia, Bithyniidae) // Сборник научных трудов «Актуальные проблемы биологии, медицины и экологии». – 2004. – Вып. 1. – С. 34–39.

Монгуш Чинчи Буяновна
Год рождения: 1996
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
студент группы № W41502
Направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: chinchi96@mail.ru

Кустикова Марина Александровна
Год рождения: 1958
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
к.т.н., доцент
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 678.011

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Монгуш Ч.Б.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустикова М.А.

Работа посвящена жизненному циклу полимерных материалов. Рассмотрены основные понятия, стадии жизненного цикла, воздействующие факторы на полимерные материалы и виды деструкции. Были выявлены основные способы модификации полимерных материалов, пути возврата вторичных полимеров в новый цикл. В работе также отражена важность использования отходов полимерных материалов, ввиду экономической целесообразности и увеличивающегося дефицита первичного полимерного сырья.
Ключевые слова: полимеры, полимерные материалы, жизненный цикл, деструкция, стабилизация, модификация.

В настоящее время в промышленности выпускается большое количество марок полимерных материалов (ПМ), которые используются для изготовления изделий различного назначения. На каждой стадии жизненного цикла материалы подвергаются воздействию различных факторов (температура, влага, кислород, ультрафиолетовое (УФ)-излучение и др.). Вследствие этого материалы деструктируют и теряют свои технологические и эксплуатационные свойства. Создается необходимость в введении в ПМ модификаторов. Наряду с этим, увеличивается дефицит первичного полимерного сырья, изготавливаемого из нефтепродуктов. Следовательно, возврат отработанной полимерной продукции в новый цикл позволит сэкономить первичное сырье и электроэнергию, а также получать товары, пригодные для различных отраслей народного хозяйства [1].

Существуют различные определения термина «полимеры». В Энциклопедии полимеров (1974 г.) приводится достаточно краткое объяснение. Полимеры – высокомолекулярные соединения, молекулы которых (макромолекулы) состоят из большого числа одинаковых группировок, соединенных химическими связями. В свою очередь, полимерные материалы – это материалы, изготовленные на основе полимеров, обычно многокомпонентные и многофазные [2].

При создании изделий из ПМ решают две главные задачи. Во-первых, правильно подобрать материал, который полностью соответствовал заданным условиям эксплуатации и

был технологичным при переработке. Во-вторых, максимально сохранить свойства ПМ в течение всего требуемого срока службы [3].

Жизненный цикл ПМ можно представить следующим образом [3]:

1. синтез;
2. грануляция;
3. компаундирование (получение ПМ);
4. переработка (получение продукции);
5. эксплуатация продукции;
6. сбор отходов;
7. возврат отходов в производство ПМ и продукции.

В течение всего жизненного цикла ПМ подвергаются негативному воздействию различных факторов (тепло, кислород, высокие напряжения сдвига, влага, УФ-излучение и др.). Перечень воздействующих факторов и виды деструкции представлены в табл. 1 [4].

Таблица 1. Основные факторы, воздействующие на ПМ, и виды деструкции ПМ на стадиях их жизненного цикла

Стадии жизненного цикла ПМ	Факторы, воздействующие на ПМ	Виды деструкции
Синтез	–	–
Грануляция	Тепло и кислород	Термоокислительная
	Напряжение сдвига	Механическая
	Влага	Гидролитическая
	Примеси (кислоты, металлы и пр.)	Различные виды химической деструкции
Компаундирование (получение композиционного ПМ)	То же	То же
Первичная переработка в продукцию	То же	То же
Эксплуатация продукции при определенных условиях в течение заданного срока	Тепло и кислород	Термоокислительная
	УФ-излучение	Фотодеструкция
	Влага	Гидролитическая
	Химические вещества (водные растворы кислот и щелочей, амины, кислоты, спирты, масла, жиры, гликоли, органические растворы, металлы и пр.)	Гидролиз, аминолиз, ацитолиз, алколиз и пр.
Сбор и вторичная переработка отработанной первичной продукции в гранулированную форму для получения вторичной продукции (последующий жизненный цикл)	Тепло и кислород	Термоокислительная
	Напряжение сдвига	Механическая
	Влага	Гидролитическая
	Примеси (кислоты, металлы и пр.)	Различные виды химической деструкции

В целом, вышеперечисленные факторы играют значительную роль, изменяя строение макромолекул или взаимодействие между цепями. В свою очередь, от этих факторов зависят ценные свойства полимеров, которые могут ухудшаться в процессе всего жизненного цикла.

Одним из путей увеличения жизненного цикла ПМ – модификация ПМ, включая стабилизацию, в зависимости от конкретного типа изделия и назначения. Главной задачей стабилизации является сохранение исходных свойств полимерных веществ и материалов при воздействии различных факторов (тепла, радиации, химических воздействий и др.) [5].

Выделяют базовую и специальную (целенаправленную) стабилизацию, которые взаимодополняют друг друга. Базовая является обязательной, ее осуществляют на стадии синтеза или грануляции. Основная цель – создать «базовый» иммунитет полимеров, защитив от наиболее общих негативных воздействий. Специальная стабилизация позволяет защитить полимер от специфических воздействий. Материал модифицируют уже на стадии компаундирования или переработки. Перечень видов стабилизации представлен в табл. 2 [3].

Таблица 2. Стабилизация и ее виды

Название стабилизации	Вид стабилизации
Базовая	–
Специальная	Термоокислительная
	Стабилизация от механодеструкции
	Стабилизация структуры полимерных ПМ
	Стабилизация вторичных ПМ
	Светостабилизация
	Стабилизация ПМ от термоокислительного старения

Стабилизирующие концентраты применяют и при переработке их отходов ПМ, поскольку в них содержатся уже возможные инициаторы деструкции, потому что по сравнению с первичным материалом, полимер в отходах является деструктированным, т.е. качество значительно снизилось [5].

Существуют два основных способа возврата полимерных отходов в новый жизненный цикл. Первый – возврат отходов, образующихся при производстве продукции. В данном случае экономически целесообразно возвращать в то же самое производство. Второй вариант – возврат продукции после окончания срока ее службы на стадию компаундирования или в повторную переработку. Данный способ подразумевает собой последовательные стадии сбора, отмывки, дробления, измельчения полимерных отходов и последующего придания им готовых форм [3].

Таким образом, в проделанной работе были рассмотрены основные понятия, стадии жизненного цикла, основные факторы, воздействующие на ПМ, и виды деструкции. Выделены способы модификации ПМ, отражены главные пути возврата отработанной полимерной продукции в новый жизненный цикл. В последнее время остаются актуальными задачи – поиск путей продления срока и службы ПМ, способов утилизации многокомпонентной полимерной продукции, использование вторичных полимеров в последующих циклах, разработка системы цен на вторичное сырье.

Литература

1. Шаповалов В.М. и др. Рециклинг полимерных материалов // Обращение с отходами. – 2012. – № 9. – С. 9–11.
2. Энциклопедия полимеров / Под ред. В.А. Каргина и В.А. Кабанова. – М.: Сов. энцикл., 1972–1977. – Т. 1–3.
3. Калинчев Э.Л. и др. Прогрессивные технологии стабилизации полимерной продукции // Полимерные материалы. – 2008. – № 7. – С. 3–14.
4. Грасси Н. Химия процессов деструкции полимеров. – М.: Издатинлит, 1959. – 252 с.
5. Нейман М.Б. Старение и стабилизация полимеров. – М.: Наука, 1964. – 332 с.

Переслегина Екатерина Александровна
Год рождения: 1996
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
студент группы № W41521
Направление подготовки: 27.04.01 – Стандартизация и метрология
e-mail: katerina_pereslegina@mail.ru

Конопелько Леонид Алексеевич
Год рождения: 1941
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
д.т.н., профессор
e-mail: lakonopelko@corp.ifmo.ru

УДК 543

АНАЛИЗ МЕТОДИК ИСПЫТАНИЙ СПЕЦОДЕЖДЫ НА ИСТИРАНИЕ. ПОДБОР АБРАЗИВА

Переслегина Е.А.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Конопелько Л.А.

Существующий абразив для проведения испытаний на истирание защитной одежды доставляется из-за рубежа, стоимость доставки и время его ожидания существенно увеличивают стоимость проведения испытаний. В связи с этим требуется провести поиск отечественных аналогов, имеющих близкие характеристики к изложенным в стандарте на соответствующие испытания.
Ключевые слова: защитная одежда, стойкость к истиранию, абразив, поверхностная плотность, Мартиндейл.

Стойкость ткани к истиранию является одним из основных показателей, характеризующих ее прочность, зависит от строения поверхности ткани, а также от продолжительности воздействия, приводящего к ее разрушению в различных частях одежды [1].

Стойкость к истиранию – один из главных факторов, по которому проверяются ткани для защитной одежды согласно техническому регламенту Таможенного союза (ТР ТС) ТР ТС 019/2011. Лаборатории проводят испытания на соответствие продукции техническому регламенту по методике изложенной в ГОСТ Р ИСО 12947-1-2011 «Материалы текстильные. Определение устойчивости к истиранию полотен по методу Мартиндейла». Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 12947-1:1998 «Textiles – Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method».

В стандарте подробно изложены характеристики абразива (шерстяной ткани), при помощи которого проводится истирание испытуемого образца пробы (табл. 1).

Таблица 1. Технические требования, предъявляемые к шерстяной ткани для истирания

Характеристика ткани	Требования		Метод определения
	Основа	Уток	
Средний диаметр волокна, мкм	27,5±2,0	29,0±2,0	ИСО 137
Линейная плотность пряжи, текс	63±4/2 кольцевая	74±4/2 кольцевая	ИСО 2060
Крутка одиночной пряжи направления Z, кручений/м	540±20	500±20	ИСО 2061
Результирующая крутка	450±20	350±20	ИСО 2061

Характеристика ткани	Требования		Метод определения
	Основа	Уток	
направления *S*, кручений/м			
Количество нитей на 10 см	175±10	135±8	ИСО 7211-2
Поверхностная плотность, г/м^2	215±10		ИСО 3801
Содержание жировых веществ, %	0,8±0,3		ИСО 3074

Характеристики абразива, изложенные в стандарте, имеют небольшой разброс значений. В связи с этим очень сложно подобрать подходящую шерстяную ткань для испытаний.

Испытательными лабораториями в Европе принято использовать ткань одного артикула, которую производят в Великобритании. Российским лабораториям приходится заказывать именно эту ткань, чтобы результаты считались действительными. Стоимость доставки абразива и время его ожидания значительно увеличивает стоимость проведения испытаний на истирание. В результате возникла необходимость в поиске отечественных аналогов шерстяной ткани, имеющей свойства, близкие к изложенным в стандарте.

В Российской Федерации действует ГОСТ 18976-73 «Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию». Согласно этому стандарту испытания на истирание проводятся на машине ДИТ-М, а в качестве абразива применяется серошинельное сукно артикула 6405 по ГОСТ 27542-87 «Ткани суконные чистошерстяные и полушерстяные ведомственного назначения. Технические условия. Анализ характеристик других тканей», приведенных в ГОСТ 27542-87. Было выявлено три образца, наиболее близко подходящих по поверхностной плотности (табл. 2), и три образца, близко подходящих по количеству нитей на 10 см (табл. 3).

Таблица 2. Характеристика тканей, подходящих по поверхностной плотности

Наименование ткани	Артикул	Поверхностная плотность при нормированной влажности, г/м^2	Число нитей на 10 см	
			По основе	По утку
Сукно приборное	3907	307_{-15}	164±5	153±8
Сукно матросское с водоотталкивающей пропиткой	4406	490_{-25}	177±5	153±8
	4420	490_{-25}	177±5	153±8

Таблица 3. Характеристики тканей, подходящих по числу нитей на 10 см

Наименование ткани	Артикул	Поверхностная плотность при нормированной влажности, г/м^2	Число нитей на 10 см	
			По основе	По утку
Сукно приборное	3907	307_{-15}	164±5	153±8
Сукно шинельное с водоотталкивающей пропиткой	3406	760_{-30}	164±5	150±7
Сукно подкладочное	5403	750_{-20}	164±5	126±6

Анализ характеристик данных тканей, приведенных в ГОСТ 27542-87 позволит выявить образцы, наиболее близко подходящие по требуемым характеристикам.

Чтобы принимать решение о замене абразива, следует провести испытания на истирание при помощи как оригинального абразива, так и аналогов, а полученные результаты сравнить между собой со значениями в техническом регламенте ТР ТС 019/2011.

Литература

1. Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): учебник для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2004. – 448 с.

Попова Мария Александровна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
студент группы № W4251
Направление подготовки: 27.04.01 – Стандартизация и метрология
в высокотехнологичном секторе экономики
e-mail: popovamary23@yandex.ru

Пинчук Ольга Афанасьевна
Год рождения: 1951
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, к.т.н, доцент
e-mail: oapinchuk@yandex.ru

УДК 006.9:53.089.68

РАЗРАБОТКА СТАНДАРТНОГО ОБРАЗЦА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА В ДИАПОЗОНЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ОТ 1550 ДО 1800 МКМ

Попова М.А., Пинчук О.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Пинчук О.А.

Существующий парк анализаторов гранулометрического состава недостаточно обеспечен стандартными образцами утвержденного типа в диапазоне размеров частиц от 700 до 2500 мкм. В работе представлены результаты разработки стандартных образцов гранулометрического состава со средним диаметром в диапазоне от 1600 до 1800 мкм (СМС-1700).
Ключевые слова: стандартный образец, гранулометрический состав, средний диаметр, метрологические характеристики, бюджет неопределенности, среднее квадратическое отклонение.

Во многих отраслях промышленности отмечается тенденция к использованию крупнозернистых частиц различной природы, например, при получении минеральных удобрений, медицинских препаратов, химических веществ и т.д. Важнейшей характеристикой крупнозернистых частиц является их размер, так как именно от него зависят качество и область применения произведенных материалов. Для определения размеров частиц в миллиметровом диапазоне применяют различные методы, основными из которых являются прямой метод (например, с использованием микрометра) и метод оптической микроскопии.

Парк отечественных и импортных приборов, предназначенных для контроля дисперсных параметров частиц, постоянно расширяется. В соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2017 важнейшим фактором, определяющим правильность и надежность поверок, испытаний или калибровок средств измерений (СИ) является прослеживаемость результатов измерений к эталонам [1]. Основные средства обеспечения прослеживаемости – это стандартные образцы (СО) веществ и материалов, которым в результате испытаний присваиваются аттестованные значения величин. Стандартные образцы – это наиболее доступные и мобильные средства передачи единиц величин. По своему назначению стандартные образцы являются неотъемлемым элементом метрологического обеспечения измерений, выполняемых как в области оценки соответствия, так и в области обеспечения единства измерения (ОЕИ).

Анализ существующего парка анализаторов гранулометрического состава показал, что в промышленности применяются анализаторы различных типов (более 7 типов), которые работают в широком диапазоне измерений от 10 до 3500 мкм и имеют несколько встраиваемых модулей, позволяющих проводить измерения, как сухих образцов, так и диспергированных в жидкости. Для обеспечения указанных средств измерений

стандартными образцами в ВНИИМ им. Д.И. Менделеева проводятся работы по разработке стандартных образцов гранулометрического состава в виде монодисперсных стеклянных сфер (СМС), перечень которых представлен в табл. 1 [2]. Аттестуемой характеристикой является средний диаметр частиц (*D*, мкм).

Таблица 1. СО гранулометрического состава

Индекс стандартного образца	№ ГСО в Госреестре	Интервал допускаемых аттестованных значений	Расширенная неопределенность (*U**) при коэффициенте охвата *k*=2, %
СМС-55	10156-2012	50–60	5
СМС-250	10205-2013	200–300	5
СМС-500	10206-2013	450–550	5
СМС-650	10207-2013	600–700	5
СМС-3000	10123-2012	2500–3500	5

* – соответствует границам относительной погрешности, ± (*P*=0,95).

Из табл. 1 следует, что в диапазоне размеров частиц от 700 до 2500 мкм отсутствуют стандартные образцы утвержденного типа.

Так как стандартные образцы являются расходуемыми материалами, то применение зарубежных СО российскими лабораториями крайне нецелесообразно из-за их высокой стоимости.

Следовательно, важной задачей является разработка стандартного образца гранулометрического состава, интервал допускаемых аттестованных значений среднего диаметра которого находится в диапазоне от 1600 до 1800 мкм (СМС-1700).

В работе представлены результаты разработки СО гранулометрического состава СМС-1700, который представляет собой сыпучий материал в виде стеклянных монодисперсных сфер. Стандартный образец СМС-1700 предназначен для поверки, градуировки и калибровки анализаторов размеров частиц, а также для контроля метрологических характеристик при проведении испытаний средств измерений с целью утверждения типа для анализаторов размеров частиц, например, Mastersizer 3000, CAMSIZER, Analysette 22 и др.

Подготовка материала СО. В качестве исходного материла СО использовался сыпучий материал в виде стеклянных сфер типа S, изготовленных из содо-известнякового стекла арт. № 4506 (фирма-изготовитель Sugmund Lindner GmbH, Германия) [3], по аналогии с ранее аттестованными СО (табл. 1).

Для отделения нужной фракции выполнялся просев исходного материала СО при помощи сит лабораторных (ГОСТ Р 51568) в соответствии с табл. 2.

Таблица 2. Размеры ячеек сит для СО СМС-1700

Индекс СО	Размер ячейки сит, мкм	
	нижнего	верхнего
СМС-1700	1400	1800

Материал СО, объемом около 1000 см^3, после просева переносился с нижнего сита в выпарительную чашку и просушивался в сушильном шкафу при температуре (55±5)°С в течение 3 часов. Охлажденный до комнатной температуры материал СО, помещался в банку из полиэтилена, которая плотно закрывалась крышкой для предотвращения попадания влаги внутрь из окружающего воздуха.

Определение метрологических характеристик. Определение метрологических характеристик СО, диаметра частиц (*D*, мм), осуществлялось с помощью микрометра типа МК №Ш-3980. Для определения среднего диаметра отбирались пять образцов сыпучего

материала из разных по высоте частей банки, каждый из которых имел массу около 3 г. Из каждого образца для измерений диаметра с помощью микрометра использовалось по 50 частиц. Всего число частиц составляло 250 штук, что в соответствии с [4] является достаточным для определения метрологических характеристик.

Результаты измерений, полученные с помощью микрометра, прослеживаются к государственному первичному эталону единицы длины (ГЭТ 2-2010).

Проведена проверка выполнения нормального закона распределения для результатов измерений, построена гистограмма и полигон (рисунок). Из рисунке видно, что полученные результаты принадлежит нормальному закону распределения.

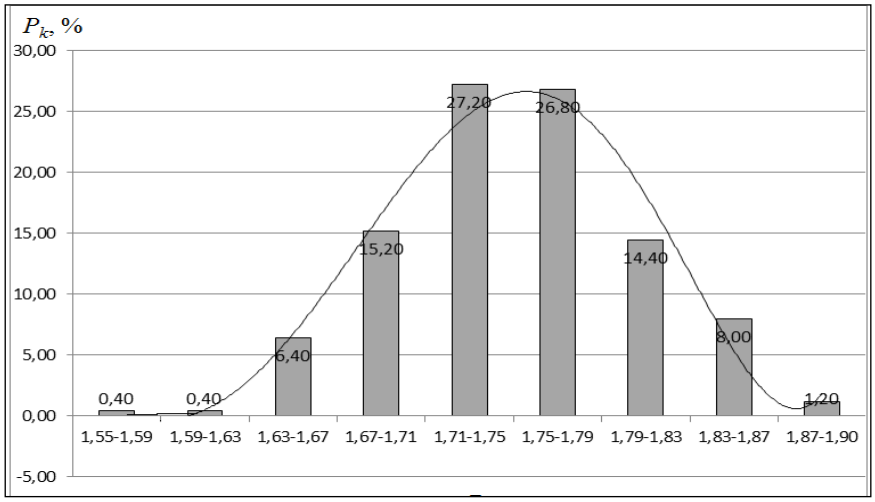


Рисунок. Гистограмма и полигон распределения данных

Статистическая обработка результатов многократных измерений для каждого из пяти образцов проводилась в соответствии с ГОСТ Р 8.736 [5]. Результаты вычислений оценки измеряемой величины, за которую принято среднее арифметическое значение измеряемой величины ($D_{ср}$, мм), среднеквадратического отклонения S результатов измерений для каждого образца и среднеквадратического отклонения среднего арифметического $S_{Dср}$ представлены в табл. 3. Так как количество результатов измерений n=50 проверка гипотезы о принадлежности к нормальному распределению проведена в соответствии с составным критерием. Проверка наличия грубых погрешностей, осуществленная в соответствии с критерием Граббса, показала их отсутствие.

Таблица 3. Результаты вычислений среднего диаметра ($D_{ср}$, мм) частиц, среднеквадратического отклонения S результатов измерений диаметра частиц для каждого образца и среднеквадратического отклонения среднего арифметического $S_{Dср}$

Показатель	Результаты вычислений, мм				
	1	2	3	4	5
$D_{ср}$, мм	1,747	1,739	1,741	1,725	1,720
S, мм	0,052	0,061	0,057	0,050	0,053
$S_{Dср}$, мм	0,007	0,009	0,008	0,007	0,008

Среднее значение диаметра частиц для пяти проб, D, мм: рассчитано по формуле:

$$D = \sum_{i=1}^{5} \frac{D_{cpi}}{5} = 1,73 \text{ мм}, \quad (1)$$

где i – номер пробы.

Оценка составляющих неопределенности. Расчет расширенной неопределенности проводился в соответствии с Руководством ЕВРАХИМ/СИТАК [6].

Суммарная стандартная неопределенность (u_C) среднего диаметра рассчитывалась по формуле:

$$u_C = \sqrt{u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2 + u_A^2}, \quad (2)$$

где u_{B1} – относительная стандартная неопределенность измерений среднего диаметра частиц с помощью микрометра МК; u_{B2} – относительная стандартная неопределенность, определяемая несферичностью частиц; u_{B3} – относительная стандартная неопределенность измерений среднего диаметра методом оптической микроскопии; u_A – относительное стандартное отклонение результатов измерений среднего диаметра.

Абсолютная погрешность измерений с помощью микрометра составляет 0,04 мм. Считая распределение прямоугольным, рассчитана u_{B1} в соответствии с формулой:

$$u_{B1} = \frac{0,04 \cdot 100}{\sqrt{3}D} = 1,33\,\%. \quad (3)$$

Для определения относительной стандартной неопределенности, определяемой несферичностью частиц, использовались результаты измерений, полученные методом оптической микроскопии в соответствии с методикой измерений дисперсных параметров частиц методом оптической микроскопии Хд1.456.457-1 МИ. Рассчитан относительный размах (K, %) результатов измерений диаметра частицы под углом 90° для 20 частиц несферической формы по формуле:

$$K = 10 \cdot \sum_{j=1}^{20} \frac{\left|D_{j1} - D_{j2}\right|}{(D_{j1} + D_{j2})} = 2,8\%, \quad (4)$$

где j – номер частицы; D_{j1}, D_{j2} – диаметры j частицы, измеренные под углом 90°. Считая распределение прямоугольным, относительная стандартная неопределенность, связанная с несферичностью частиц u_{B2}, рассчитывалась по формуле:

$$u_{B2} = \frac{K}{\sqrt{3}} = 1,6\%. \quad (5)$$

Расширенная неопределенность измерений диаметра частиц в соответствии с методикой измерений дисперсных параметров частиц методом оптической микроскопии Хд1.456.457-1 МИ составляет 3%, следовательно, стандартная неопределенность, обозначенная u_{B3}, равна 1,5% (коэффициент охвата равен 2, P=0,95).

Относительная стандартная неопределенность измерений диаметра частиц с помощью микрометра, определяемая разбросом результатов измерений для пяти проб, рассчитана по формуле:

$$u_A = \frac{100}{\mathrm{D}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{5} (D - D_i)^2}{n(n-1)}} = 0,29\%, \quad (6)$$

где i – номер пробы; n – число проб, n=5.

Суммируя результаты оценок составляющих неопределенности, находим u_C, по формуле (2):

$$u_C = \sqrt{u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2 + u_A^2} = \sqrt{1,33^2 + 1,60^2 + 1,50^2 + 0,29^2} = 2,59\%.$$

Тогда относительная расширенная неопределенность измерений (U) для коэффициента охвата, равного двум, определялась по формуле:

$$U = 2u_c = 2,59 \cdot 2 = 5,2 \approx 5\%. \quad (7)$$

Выводы. Представленные в работе результаты разработки стандартного образца гранулометрического состава (среднего диаметра) дают основание присвоить относительную

расширенную неопределенность измерений среднего диаметра частиц для коэффициента охвата k=2 равной 5%, что соответствует границам относительной погрешности, δ, (P=0,95).

Результат измерения среднего диаметра СО СМС-1700 представлен в табл. 4.

Таблица 4. Результаты разработки СО СМС-1700

Индекс СО	Аттестуемая характеристика	Обозначение единицы величины	Измерен-ное значение	Расширенная неопределенности (U*) при коэффициенте охвата 2, %
СМС-1700	Средний диаметр частиц (D)	мкм	1730	5

* – соответствует границам относительной погрешности, ±δ, (P=0,95).

Литература

1. Питерских И.А. Обеспечение прослеживаемости при выборе средств поверки для СИ физико-химического состава и свойств веществ // Стандартные образцы. –2007. – № 5. – С. 26–28.
2. РОССТАНДАРТ Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: fhi.vniim.ru/em/gso-granul (дата обращения: 06.01.2019).
3. Sigmund Linder [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sili-cis.ru/groups/page-36.htm (дата обращения: 06.01.2019).
4. Jillavenkatesa A., Dapkunas S.J., Lum L.-S.H. Particle size characterization // National Institute of Standards and Technology. – 2001. – Special Publication 960-1. – P. 164.
5. ГОСТ Р 8.736-2011. Измерения прямые и многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. – Введен 01.01.2013. – М.: Стандартинформ, 2013. – 24 с.
6. Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях. Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК. – СПб., 2002. – 142 с.

Попчук Виктория Викторовна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
студент группы № W41502
Направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: vikapopchuk1995@gmail.com

Кустикова Марина Александровна
Год рождения: 1958
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
к.т.н., доцент
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 669.042

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА ОАО «ЖЕЛДОРРЕММАШ» (Г. НОВОСИБИРСК)

Попчук В.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустикова М.А.

В работе проведен анализ одной из главных проблем металлургической промышленности на сегодняшний день – загрязнение атмосферы вредными веществами, которые образуются в ходе эксплуатации различного технологического оборудования. В качестве примера рассматриваются ваграночные печи, используемые в литейном производстве для переплавки чугуна. Проанализирован качественный и количественный состав продуктов неполного сгорания топлива, образующихся в ходе работы агрегата. Приведено обоснование необходимости применения дополнительных технических средств, направленных на дожигание отходящих газов. Главное достоинство предложенного мероприятия – снижение количества выбросов вредных веществ в атмосферу, а также возможность использования печного оборудования в соответствии с установленными нормами.
Ключевые слова: металлургическая промышленность, литейное производство, ваграночные печи, печное оборудование, промышленная безопасность, загрязнение атмосферы, оксид углерода, экология.

Металлургия – одна из наиболее значимых отраслей в российской экономике. Доля металлургической промышленности в ВВП России составляет около 4,7%, в промышленном производстве – около 18%, в экспорте – около 14% [1]. Более 80% объема промышленного производства черной металлургии России приходится на 9 крупных компаний.

Однако вклад тяжелой промышленности в загрязнение окружающей среды намного выше ее вклада в экономику. Оценивая общее состояние промышленной безопасности на металлургических предприятиях, отмечается, что многие вопросы обеспечения безопасной деятельности, по-прежнему, не решаются в полном объеме. На сегодняшний день одна из наиболее значимых проблем для тяжелой промышленности – это выбросы вредных веществ в атмосферу. Согласно различным открытым данным, речь идет о 27% от выбросов всей российской промышленности в атмосферу (15% приходится на долю черной, еще 22% – цветной металлургии). Столь высокие показатели связаны в первую очередь с тем, что традиционные технологии, применяемые в металлургическом производстве, перестают

соответствовать современным требованиям. Выбросы парниковых газов, связанные с промышленными процессами и использованием продукции в сфере металлургии составляют примерно 49%.

Литейное производство, одна из отраслей металлургии, продукцией которой являются отливки, получаемые в литейных формах при заполнении их жидким сплавом [2]. Технологические процессы их изготовления характеризуются большим числом операций, при выполнении которых выделяются пыль, аэрозоли и газы. Источниками загрязнений являются плавильные агрегаты, печи термической обработки, сушила для форм, стержней и ковшей и т.п. Работа данного оборудования сопровождается выделением таких вредных веществ, как углекислый и сернистый газы, азот и его окислы, водород, аэрозоли, пары углеводородов и др. На атмосферный воздух приходится более 70% всех вредных воздействий литейного производства [3]. Интенсивное выделение вредных веществ происходит в процессе плавки металла. Качественный и количественный состав загрязняющих соединений зависит от особенностей металлозавалки, состояния футеровки печи, технологии плавки и используемых энергоресурсов.

В литейных цехах наибольшее количество вредных веществ образуется при эксплуатации вагранок – вертикальные печи шахтного типа, предназначенные для выплавки чугуна. В большинстве случаев используются ваграночные печи открытого типа, где проводится только грубая очистка газов от пыли в мокрых или сухих искрогасителях. Образующиеся газы, не проходя этап специальной очистки, выбрасываются в атмосферу. Опытным путем установлено, что на 1 т выплавки чугуна образуется 150–330 кг оксида углерода, 1,3–1,7 кг оксида серы и около 2,2 кг углеводородов. Данные вещества не только загрязняют окружающую среду, но и, находясь в воздухе рабочей зоны, способны оказывать токсическое воздействие на организм человека. Стоит также отметить, что среди всех побочных продуктов, образуемых в ходе эксплуатации вагранок, наибольшая доля приходится на оксид углерода – 28%, появление которого обусловлено неполным сгоранием топлива внутри печного пространства. В таблице представлен спектр действия оксида углерода.

Таблица. Воздействие оксида углерода

Воздействие оксида углерода	
На окружающую среду	На организм человека
В ходе реакций с OH в атмосфере образует сильный парниковый газ – углекислый. Это, в свою очередь, увеличивает концентрацию метана. Накопление парниковых газов ведет к повышению температуры в нижних слоях атмосферы.	Вытесняет кислород из оксигемоглобина крови, что препятствует переносу кислорода из легких к тканям; вызывает удушье, нарушает тканевое дыхание, и уменьшает потребление тканями кислорода.

Для обеспечения полноты сгорания топлива в вагранку необходимо подавать некоторый избыток воздуха. Именно поэтому топочный процесс рекомендуется осуществлять при минимальном коэффициенте избытка воздуха, тогда в отходящих газах не содержится окись углерода. Однако фактическое значение подаваемого в печь воздуха несколько меньше теоретически необходимого, так как в противном случае происходит нежелательного окисление чугуна, вследствие этого в отходящих газах всегда присутствует оксид углерода. На сегодняшний день в России использование вагранок открытого типа разрешено лишь в исключительных случаях – при наличии взрывобезопасных устройств дожигания продуктов неполного сгорания топлива.

На рассматриваемом предприятии используются вагранки открытого типа, которые относятся к морально устаревшему оборудованию. Использование таких мощностей сопровождается высокими энергозатратами, низкой конкурентоспособностью готовой продукции и стремительно растущей нагрузкой на окружающую среду. Кроме того,

происходит непрерывный рост риска для экологических, социальных и экономических ценностей. Современные научные достижения позволяют осуществлять переход к вагранкам закрытого типа – печи, в которых на каждом рабочем этапе происходит полная очистка газа, а теплота, содержащаяся в газах, используется для нагрева дутьевого воздуха.

Существует несколько путей решения проблемы, связанной с использованием морально и технически устаревшего оборудования:

1. вывод неэффективных мощностей и внедрение более высокотехнологичных;
2. модернизация имеющегося оборудования.

Выбор той или иной стратегии предприятием зависит в первую очередь от экономических факторов, которые связаны со способностями организации к капиталовложениям, эксплуатационным затратам и т.д. Выведение низкоэффективного оборудования и его последующая замена на более высокотехнологичное – наиболее характерный способ перевооружения предприятий, занимающих лидирующие позиции в металлургической отрасли, так как именно они обладают наиболее широкими экономическими возможностями. Мелкосерийные производства, к которым также относится рассматриваемое Новосибирское литейное производство, зачастую обладают более скромным капиталом, поэтому проблемы промышленной безопасности целесообразнее решать путем совершенствования имеющихся технических средств. В рассматриваемом примере – это внедрение дополнительного устройства дожигания отходящих газов, основное назначение которого, – снижение концентрации оксида углерода до установленного нормативами значения – 0,01% [4].

Данное устройство устанавливается выше загрузочного окна на 1,3 м. В этой области создаются потоки высокоскоростных струй продуктов сгорания (воздух и природный газ). Поэтому при попадании в эту область слабо перемешанных потоков ваграночных газов и подсосанного воздуха (через завалочное окно) происходит интенсивное перемешивание и горение двух основных газовых потоков. Таким образом, окись углерода полностью дожигается, выбросы в атмосферу снижаются до установленных норм. На рис. 1 представлена условная схема установки устройства на печь.

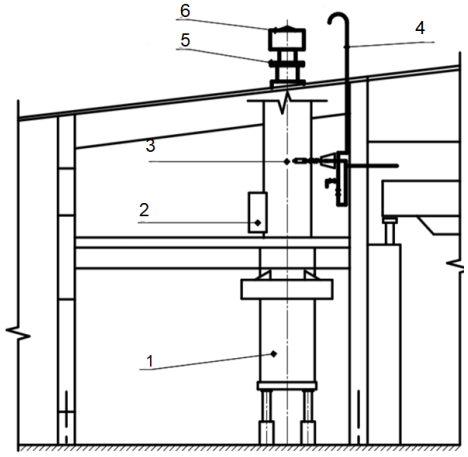


Рис. 1. Условная схема расположения устройства дожигания отходящих газов: 1 – вагранка; 2 – завалочное окно; 3 – газовая горелка; 4 – продувочный трубопровод; 5 – узел прохода через кровлю; 6 – дефлектор

Устройство для дожигания отходящих газов должно соответствовать нормам взрывобезопасности [5]. При работе газовой горелки возможны два вида неустойчивости горения пламени: проскок пламени в горелку и отрыв пламени от горелки. Метан, которым снабжается горелка, легче воздуха, поэтому при его утечке происходит заполнение верхнего пространства площадки газом. Кроме того, накапливаясь в закрытом помещении, он становится взрывоопасным при концентрации в воздухе от 4,4% до 17%. Ввиду этого

обстоятельства, необходимо установить газосигнализаторы, имеющие возможность оптического и акустического сигнала при обнаружении превышения пороговых значений. Их расположение следующее: при использовании метана – установка в верхней части помещения. Количество датчиков определяется исходя из количества теоретически возможных мест утечки газа. Установка осуществляется на расстоянии 0,5 м от потолка. Газосигнализаторы способны не только предупредить персонал об опасности, но и произвести автоматическое отключение оборудования, для этого на подводящие к устройству газопроводы устанавливаются электромагнитные клапаны, которые в случае обнаружения пороговых значений перекрывают подачу газа к вагранке. Кроме того, по нормам промышленной безопасности колошниковая площадка должна быть оборудована стационарными газосигнализаторами, регистрирующими концентрацию оксида углерода. Предельно допустимая концентрация для человека составляет 20 мг/м^3. Угарный газ (CO) является одним из наиболее токсичных компонентов продуктов горения, входящих в состав дыма, и выделяется при тлении и горении почти всех горючих веществ и материалов. Проникновение данного вещества в помещение возможно через неплотности кожуха ваграночных печей, которые образуются вследствие износа оборудования. Опасность появления ваграночного газа в рабочей зоне связано с тем, что его плотность почти не отличается от плотности воздуха, поэтому заполнение происходит в нижней части площадки. Датчики контроля устанавливаются на высоту 1,8 м от пола, что примерно равняется среднестатистическому человеческому росту. На рис. 2 представлена примерная схема установки предложенных устройств, при условии, что используемый газ в горелке – метан.

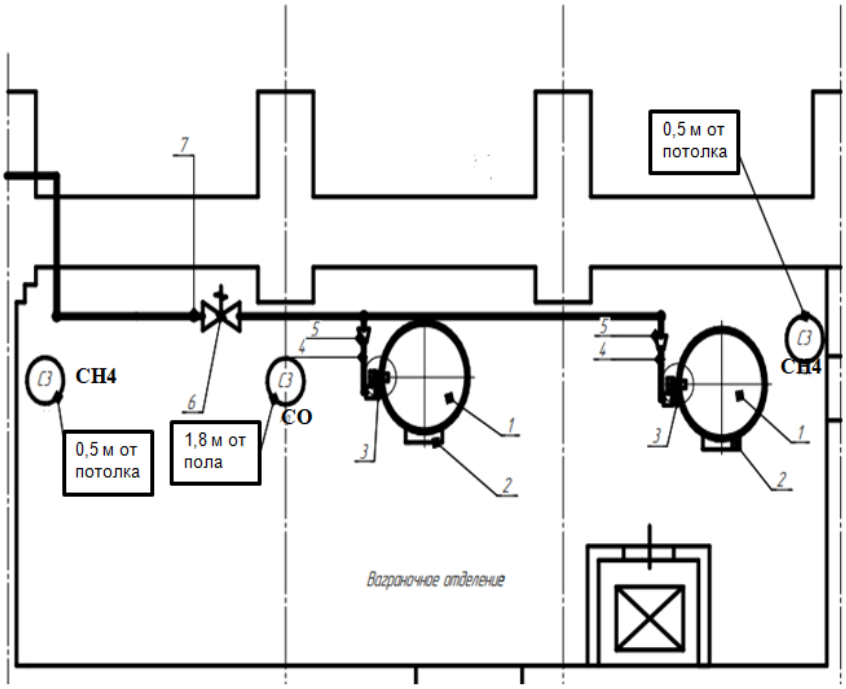


Рис. 2. Схема расположения предложенных приборов контроля (вид сверху): 1 – вагранка; 2 – завалочное окно; 3 – газовая горелка; 4 – кран шаровой; 5 – манометр; 6 – противовзрывной электромагнитный клапан; 7 –продувочный трубопровод; СЗ – сигнализаторы

В настоящее время вопросы о защите окружающей среды и человека от воздействия техногенной среды стоят наиболее остро, чем когда-либо. Однако на основании проделанной работы, можно сделать вывод о том, что они не являются непреодолимыми, а их успешное решение достигается путем комплексного подхода. В представленной работе было показано, что модернизация морально устаревших агрегатов способна в разы увеличить экологичность и безопасность производства.

Литература

1. Металлургия в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/ (дата обращения: 06.01.2019).
2. Литейное производство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.stroitel-new.ru/ (дата обращения: 06.01.2019).
3. Балдин А.Н., Яковлев А.И., Тепляков С.Д., Шпектор А.А., Жуковский С.С. Инженерная экология литейного производства. – М.: Машиностроение, 2010. – 352 с.
4. ГОСТ 12.2.046.0-2004. Оборудование технологическое для литейного производства. Требования безопасности. – Введен 01.01.2006. – М.: Стандартинформ, 2005. – 31 с.
5. ПБ. 11-551-03. Правила безопасности в литейном производстве. – Введен 24.04.2003. – М.: ПИО ОБТ, 2003. – 72 с.

Рогожина Алисия Антоновна
Год рождения: 1996
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
студент группы № W41502
Направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: rogozhinali@yandex.ru

Кустикова Марина Александровна
Год рождения: 1958
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
к.т.н., доцент
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 67.08

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И МУСОРОСОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Рогожина А.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустикова М.А.

В работе проводился анализ существующей ситуации на рынке переработки отходов в России. Рассмотрены основные экономические факторы, оказывающие влияние на эффективность деятельности мусоросортировочных и мусороперерабатывающих предприятий. На основе статистических данных и данных из типовых бизнес-проектов была проведена оценка экономической эффективности предприятий, занятых в индустрии сортировки и переработки отходов. Были выявлены основные проблемы, препятствующие развитию отрасли, привлечению инвестиций и строительству новых заводов.

Ключевые слова: отходы, твердые коммунальные отходы, экономическая эффективность, мусороперерабатывающие предприятия, мусоросортировочные станции, экономические факторы.

Главной мировой тенденцией решения проблемы твердых коммунальных отходов (ТКО) является их вовлечение в промышленную переработку на основе использования малоотходных ресурсосберегающих технологий, позволяющих организовать деятельность предприятий с наименьшими затратами и максимально возможной выгодой, не оказывая негативного влияния на окружающую среду [1].

В России рынок переработки отходов начал развиваться совсем недавно. В настоящее время в нашей стране фактически отсутствует высокотехнологичная индустрия утилизации отходов производства и потребления [2]. Имеющиеся мощности не способны качественно обработать постоянно увеличивающийся объем отходов.

В ряде российских городов уже появились предприятия по переработке отходов и изготовлению из них необходимых товаров, но их еще очень мало.

Для обеспечения эффективной технической и экономической политики в области промышленной переработки ТКО следует выбирать оптимальные технические решения при проектировании и строительстве новых заводов [3].

Для проектирования и строительства каждого нового завода необходимо провести маркетинговые исследования, оценить стоимостные показатели, степень отработанности и

готовности выбранных технологий к промышленному применению и возможности их адаптации к российским условиям.

Технология комплексной переработки ТКО в наибольшей степени отвечает современным экономическим и экологическим требованиям [4].

Использование только одного конкретного метода переработки ТКО (например, сжигания) приводит к увеличению затрат и усилению негативного воздействия технологии на окружающую среду. Реализация некоторых технологий термической обработки ТКО возможна лишь в схеме комплексной переработки ТКО, поскольку они предъявляют определенные требования к составу и свойствам сырья [5].

Для повышения заинтересованности бизнеса в расширении масштабов переработки ТКО и привлечения на рынок новых игроков в лице частных предприятий необходимо предложить эффективные и экономически выгодные проекты.

Частным предприятиям по переработке ТКО характерны мобильность, гибкость графика выполнения работ, рабочая сила, знакомая со спецификой работ.

Экономическая эффективность предприятия определяется как соотношение между результатом его деятельности и затратами на производство продукции.

Для примера расчета экономической эффективности принят типовой бизнес-проект мусороперерабатывающего комплекса (МПК), состоящего из сортировочной линии и линии переработки отходов.

Для оценки эффективности МПК необходимо учитывать следующие экономические факторы:

- затраты на строительство или аренду помещения, ремонт, оборудование, персонал, коммунальные услуги, документацию, рекламу, доставку отходов транспортирующей компанией;
- срок окупаемости проекта;
- рентабельность проекта;
- чистая прибыль от реализации вторичного сырья.

Рентабельность производства – это отношение прибыли от реализации к сумме затрат на производство и реализацию продукции [6]. В контексте рассматриваемой темы, предприятия, занятые в сфере переработки ТКО, получают прибыль от реализации сырья готового для вторичной переработки и частично уже переработанного готового продукта.

Время от начала проектно-изыскательских работ до окончания строительства со сдачей в эксплуатацию данного МПК составляет в среднем около 1 года [7].

Финансовые результаты проекта определены на основе существующих нормативных документов и в уровне текущих цен (таблица) [7].

Таблица. Результаты проекта МПК

Наименование показателя	Сумма, тыс. руб. (с учетом НДС)
Общая сумма капитальных затрат на реализацию проекта	52743,0
Стоимость годовой товарной продукции МПК	53157,7
Общий доход предприятия	69343,6
Внутрипроизводственные издержки	54014,2
Чистая прибыль за год	14346,0

При оценке эффективности учитывался годовой объем перерабатываемых ТКО в 50 тыс. т [7].

Коммерческая эффективность проекта: срок окупаемости составит 2,7 года [7].

Бюджетный эффект инвестиционного проекта: годовые налоговые отчисления составят 9222,8 тыс. руб. [7].

Социально-экономическая эффективность проекта: ежегодные отчисления в социальные фонды составят 3563,2 тыс. руб. [7].

Экологическая эффективность проекта: ежегодная экономия площади складирования за счет сортированных вторичных ресурсов составит 2596 м^2 [7].

Результаты расчета основных показателей, характеризующих коммерческую, бюджетную и социально-экономическую эффективность проекта, свидетельствуют о его рентабельности, экономической и экологической целесообразности [7].

Анализ показывает, что переработка отходов является перспективным и экономически эффективным способом борьбы с отходами, способным приносить прибыль.

В нашей стране, богатой природными ресурсами, первичное сырье стоит дешево, поэтому привлечение бизнеса к переработке отходов достаточно трудная задача.

По оценкам специалистов главным препятствием развития индустрии вторичной переработки ТКО в нашей стране является малая мощность высокотехнологичных производств. Это связано, прежде всего, с низким качеством сырья. На данный момент на предприятиях по переработке ТКО пригодное для вторичного использования сырье извлекается из общей массы отходов и требует дополнительной сортировки и очистки. По разным оценкам в России суммарная доля извлекаемых вторичных ресурсов составляет не более 15%. Повышение процента извлечения вторичного сырья позволит увеличить экономическую эффективность предприятий, специализирующихся на переработке ТКО, и сделает данную отрасль более привлекательной для бизнеса. Единственным решением данной проблемы является повсеместное внедрение системы раздельного сбора отходов.

Литература

1. Прямоносова Л.С. Основы формирования подсистемы управления отходами в системе градостроительного развития региона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-formirovaniya-podsistemy-upravleniya-othodami-v-sisteme-gradostroitelnogo-razvitiya-regiona (дата обращения: 06.01.2019).
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cleandex.ru/articles/2008/03/18/processing_consumer_waste25 (дата обращения: 06.01.2019).
3. Иванцова Е.А. Проблемы и перспективы управления твердыми бытовыми отходами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-upravleniya-tverdymi-bytovymi-othodami (дата обращения: 06.01.2019).
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ztbo.ru/o-tbo/lit/texnologii-otxodov/kompleksnaya-pererabotka-otxodov-tbo (дата обращения: 06.01.2019).
5. Внукова Н.В., Беспалова М.В., Зубова Ю.С., Горох Н.П. Твердые бытовые отходы: объективная реальность, проблемы накопления и переработки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/tvyordye-bytovye-othody-obektivnaya-realnost-problemy-nakopleniya-i-pererabotki (дата обращения: 06.01.2019).
6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Рентабельность (дата обращения: 06.01.2019).
7. Постановление администрации города Алатыря от 05.06.2015 № 465 «Об утверждении генеральной схемы санитарной очистки территории города Алатыря Чувашской Республики».

Сехин Сергей Владимирович
Год рождения: 1994
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, студент группы № W4262
Направление подготовки: 16.04.01 – Теплофизические процессы и технологии
e-mail: sergei.sehin@yandex.ru

Захарова Виктория Юрьевна
Год рождения: 1982
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, к.т.н.
e-mail: viktoriasju@yandex.ru

УДК 621.52

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В КОМПАКТНОМ НАСОСЕ РУТСА

Сехин С.В.
Научный руководитель – к.т.н. Захарова В.Ю.

В работе получена расчетная модель для оптимизации геометрии насоса Рутса, которая включает расчет напорно-расходной характеристики и тепловых потерь в устройстве. Рассмотрены различные методики расчета проводимости щелевых каналов в насосе. Минусы имеющихся методик отражают востребованность разработки математической модели для расчета потерь расхода через зазоры в микронасосах.

Ключевые слова: насос Рутса, напорно-расходная характеристика, численное моделирование, оптимизация геометрии, тепловые потери.

В настоящее время находят довольно широкое применение насосы Рутса, представляющие собой двухроторные нагнетательные устройства, роторы которых состоят из двух или трех кулачков. В работе ставилась цель: разработка математической модели для оптимизации геометрии насоса Руста. Необходимость оптимизации вызвана тепловым расширением материалов конструкции и технологическими погрешностями изготовления.

Разработка отечественных насосов Рутса является актуальной задачей, так как в России практически не производятся насосы для газового анализа. Большинство методик рассчитано для крупногабаритных устройств. Также данные разработки приветствуются в рамках импортозамещения. На данный момент в основном применяются зарубежные модели.

В 1989 году Е.С. Фролов сформулировал зависимости для расчета коэффициента качества профиля и быстроты действия [1]. Причем данные формулы могут применяться при моделировании двухроторных насосов любого размера. Однако описанная методика расчета расхода газа через зазор применима только к крупногабаритным устройствам.

В большинстве работ по данной тематике [2–5] разработанные методики по расчету проводимости каналов рассчитаны для насосов больших давлений и низких скоростей течения газа, а также отличаются высокой сложностью.

В статье А.В. Бурмистрова описано несколько методик по расчету проводимости каналов [6]. Одна из них показала адекватные результаты и была включена в методику для рассматриваемого устройства.

В работе И.М. Ячикова и А.В. Вострикова [7] приводится методика вычисления тепловых потерь, которая также оказалась применима для рассматриваемого устройства.

Принцип работы рассматриваемого устройства строится следующим образом. Два синхронно противоположно вращающихся ротора прокручиваются бесконтактно в одиночном корпусе, прокачивая воздух из впускного канала в выпускной. Роторы приводятся в движение двигателем.

Геометрическая модель насоса имеет следующие особенности. Входное и выходное отверстия заканчиваются патрубками. Наибольший размер модели составляет 101 мм. Внешние границы модели являются внутренними стенками камеры. В конструкции технологически предусмотрены зазоры между роторами, роторами и камерой.

Геометрическая модель и последующие численные расчеты создавалась в программе ANSYS. На основе предварительных расчетов было выяснено, что напорно-расходная характеристика насоса лучше при трех кулачках, образующие которых перпендикулярны профилю ротора.

Зазоры в насосе смоделированы отдельно для увеличения точности решения. При построении сетки они разбивались на четыре элемента по толщине для корректного описания пограничных слоев. При расчете использовалась технология Immersed Solid, моделирующая вращение элементов в стационарной среде без перестроения сетки этой среды, что позволило сократить время расчета.

Материал роторов в расчетах не учитывался ввиду отсутствия влияния на результат. В качестве жидкой среды использовался воздух при температуре 25°С при атмосферном давлении. Скорость вращения роторов была принята постоянной и равной 4500 оборотов в минуту. Был задан турбулентный режим течения воздуха. Тепловые эффекты в расчете не рассматривались.

Первый этап расчета заключался в нахождении максимальных значений расхода и перепада давления вход/выход. Для получения расхода на входе и выходе задавалось нулевое давление, а для получения перепада давления – расход. Далее были получены остальные точки напорно-расходной характеристики (НРХ) путем повышения давления на выходе.

На рис. 1 представлена НРХ насоса Рутса, полученная численным методом. Как видно, для рассчитанных значений была использована линейная аппроксимация.

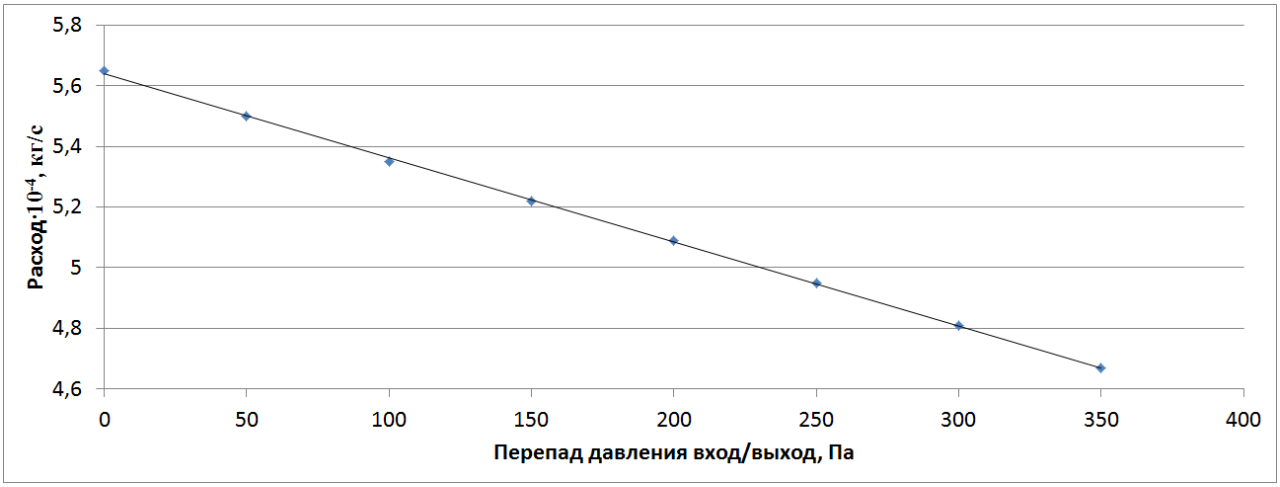


Рис. 1. НРХ на основе численного моделирования

Далее представлена методика аналитического расчета НРХ насоса Рутса и тепловых потерь. На основе геометрических соотношений была разработана математическая модель расчета площади профиля ротора.

Коэффициент качества профиля находится по формуле [1]:

$$\chi = 1 - \frac{S}{\pi R_1}, \quad (1)$$

где S – площадь профиля ротора; R_1 – внешний радиус роторов.

Тогда геометрическая быстрота действия равна [1]:

$$S_R = 2\pi R_1^2 h \chi n, \quad (2)$$

где h – высота роторов; n – число оборотов, с.

Суммарное давление рассчитывается по формуле:

$$P = P_d + P_{io} + P_l, \quad (3)$$

где P_d – динамическое давление; P_{io} – потери давления на входе и выходе; P_l – давление нагрузки.

Потери расхода через зазоры находятся по формуле [6]:

$$Q = \sqrt{2}\delta^2 H \left(\frac{\delta}{R_{\text{I}}} - \frac{\delta}{R_{\text{II}}} \right)^{1/2} \frac{\overline{P}}{9\pi\eta}, \quad (4)$$

где δ – минимальное значение зазора между камерой и ротором или между роторами; H – внутренняя высота камеры; R_{I} – радиус меньшей дуги; R_{II} – радиус большей дуги; $\overline{P}$ – среднее значение суммарного давления (принимается как половина); η – динамическая вязкость воздуха.

По результатам аналитического расчета была построена напорно-расходная характеристика насоса. Сравнивая ее с численной (рис. 2), можно заключить, что погрешность расчетов оказалась не более 10%, что является приемлемым результатом.

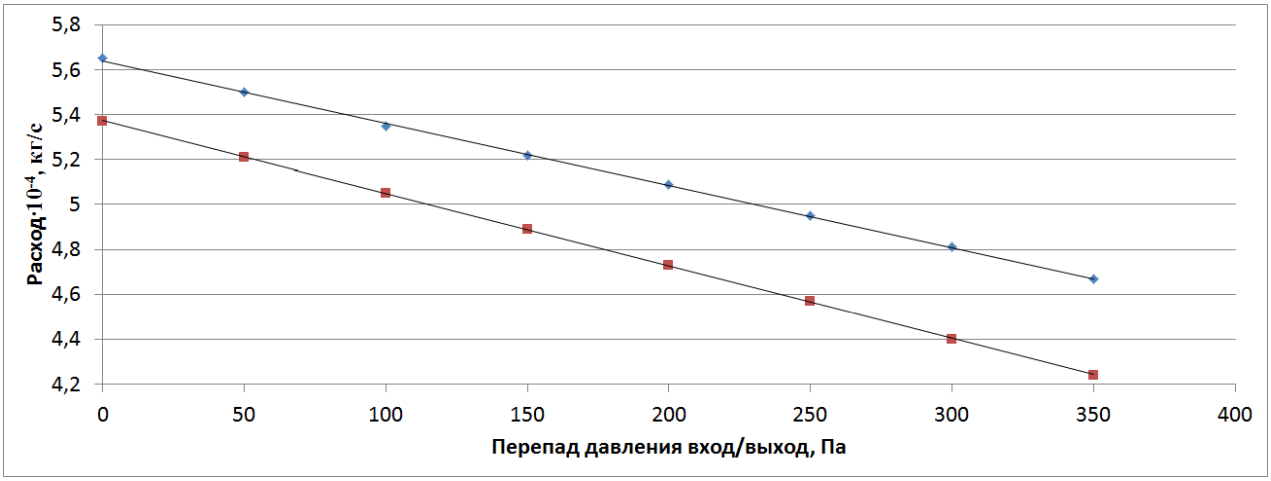


Рис. 2. Сравнение результатов расчетов

Тепловые потери рассчитываются по формуле:

$$\Phi = Q_r (P - P_l) + \Phi_b, \quad (5)$$

где Q_r – реальный расход; P – суммарное давление; Φ_b – мощность тепловыделений в подшипниках, полученная по эмпирическим закономерностям.

На рис. 3 представлен график зависимости тепловых потерь от внешнего перепада давления для различной доли от величины исходных зазоров. Как видно, чем меньше зазор, тем выше потери.

Разработана математическая модель для расчета тепловых и гидравлических потерь в компактном насосе Рутса. Погрешность аналитического расчета НРХ составила не более 10%. Разработанная модель насоса сейчас используется для дальнейших расчетов теплового режима работы устройства и оптимизации геометрии зазоров для учета теплового расширения.

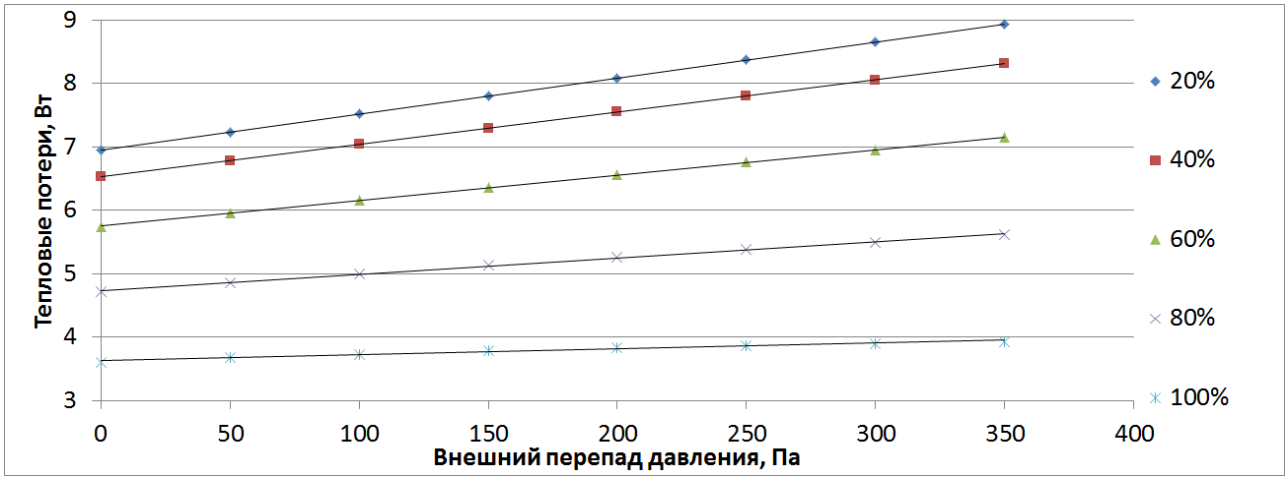


Рис. 3. Тепловые потери

Литература

1. Фролов Е.С., Автономова И.В., Васильев В.И. и др. Механические вакуумные насосы. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.
2. Захаров А.А., Сунгатуллин И.А., Саликеев С.И., Бурмистров А.В. Расчет проводимости профильных каналов спиральных безмасляных вакуумных насосов // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 7. – С. 193–196.
3. Саликеев С.И., Райков А.А., Бурмистров А.В. Расчет проводимости профильных щелевых каналов бесконтактных безмасляных вакуумных насосов в вязкостном режиме течения газа // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение». – 2013. – № 4. – С. 71–80.
4. Сафронов А.А., Никулин Н.К. Влияние перетеканий на откачную характеристику двухроторного вакуумного насоса типа Рутс во всем диапазоне рабочих давлений // Евразийское научное объединение. – 2018. – Т. 1. – № 2. – С. 46–50.
5. Бурмистров А.В. Создание и исследование бесконтактных вакуумных насосов: диссерт. д-ра техн. наук. – Казань, 2006. – 451 с.
6. Бурмистров А.В., Райков А.А., Саликеев С.И. Методы расчета проводимости криволинейных каналов в вязкостном режиме течения газа // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 11. – С. 140–142.
7. Ячиков И.М., Востриков А.В. Моделирование тепловыделения в подшипнике качения при использовании эмпирических формул и эластогидродинамической теории // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2015. – № 1. – С. 27–32.

Снытко Юрий Николаевич
Год рождения: 1972
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, аспирант
Направление подготовки: 12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии
e-mail: snytko72@mail.ru

Тюрикова Екатерина Павловна
Год рождения: 1992
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, аспирант
Направление подготовки: 12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии
e-mail: kt.net@yandex.ru

Кустикова Марина Александровна
Год рождения: 1958
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, к.т.н., доцент
e-mail: marinakustikova@mail.ru

Конопелько Леонид Алексеевич
Год рождения: 1941
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, д.т.н., профессор
e-mail: lakonopelko@corp.ifmo.ru

УДК 543.422, 543.422.3-74

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ФРЕОНОВ В УСЛОВИЯХ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ ВОЕННО-МОРСКИХ СУДОВ

Снытко Ю.Н., Тюрикова Е.П., Кустикова М.А.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Конопелько Л.А.

Рассмотрены требования к газоанализаторам для контроля фреона. Проведен анализ методов контроля концентрации фреонов, применяемых в автоматических газоанализаторах. Рассмотрены недостатки метода оптической абсорбционной спектроскопии и пути их решения. Рассмотрен принцип работы газоанализатора, использующего пневматическую модуляцию.
Ключевые слова: фреон, газоанализатор, абсорбционная спектроскопия, пневматическая модуляция.

Термином фреоны обозначают группу, объединяющую газообразные вещества и низкокипящие жидкости. В промышленности фреоны применяются в основном в качестве хладогентов. Другое применение фреонов в системах пожаротушения в качестве огнегасителя.

Доказано, что накапливаясь в атмосфере, фреоны способны разрушать молекулы озона, контактируя с ними, и тем самым повреждать озоновый слой атмосферы. Кроме того, продукты горения фреонов при нагревании их свыше 250–400°С являются токсичными.

Существуют следующие направления контроля фреонов:

1. контроль предельно допустимой концентрации (ПДК) фреонов в замкнутых объемах, где возможно длительное нахождение людей (герметичные отсеки кораблей, в частности ледоколов). Требуемый диапазон измерения 0–500 мг/м^3;
2. контроль ПДК фреонов в замкнутых объемах, где возможно нахождение людей в течение рабочего времени (склады хранения фреонов, производства фреонов, помещения, где установлены емкости с фреоном огнегасителем, помещения, где установлены мощные холодильные установки). Требуемый диапазон измерения 1000–5000 мг/м^3;
3. контроль ПДК фреонов в замкнутых объемах, где произошло срабатывание системы пожаротушения на основе фреона огнегасителя. Требуемый диапазон измерения 1000–10000 мг/м^3.

В таблице приведены наиболее часто применяемые в промышленности фреоны.

Таблица. Фреоны, широко используемые в промышленности

Обозначение	Химическая формула	Название	ПДК рабочей зоны, мг/м^3	ПДК жилой зоны, мг/м^3
227ea	C_3F_7H	Гептафторпропан	3000	–
114B2	$C_2Br_2F_4$	Тетрафтордибромэтан	1000	–
12	CCl_2F_2	Дифтордихлорметан	3000	100
22	$CHClF_2$	Дифторхлорметан	3000	100
134A	$C_2H_2F_4$	Тетрафторэтан	3000	–

Наиболее сложной является задача контроля фреонов в герметичных отсеках морских судов, которая совмещает все три направления контроля.

Дополнительно к газоанализаторам, применяемым на морских судах, дополнительно предъявляются следующие требования:

1. устойчивость к качке и наклонам;
2. селективность;
3. большой диапазон измерения;
4. работа без обслуживания в течении 1 года;
5. одновременное измерение двух целевых веществ;
6. срок службы не менее 15 лет.

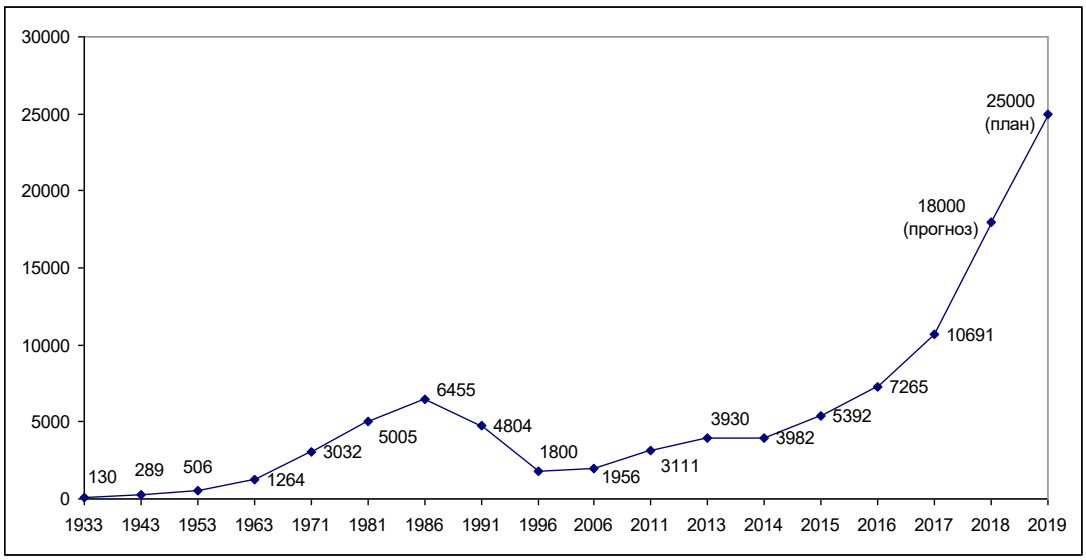


Рис. 1. Изменения объемов перевозок по СМП

В настоящее время наблюдается значительный рост объемов перевозок по Северному морскому пути (СМП) (объемы перевозок приведены на рис. 1).

Согласно указу Президента РФ от 7 мая 2018 года «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», ежегодные объемы перевозок по СМП должны достичь 80 млн т к 2024 году (п. 15 параграф «а»).

Для обслуживания СМП требуется наличие парка судов ледового класса.

В настоящее время строится три, и планируется к закладке пять атомных ледоколов, оснащаемых системами пожаротушения на основе фреона.

В связи с вышесказанным измерения содержания фреонов имеет важное значение.

Для контроля содержания фреонов в настоящее время используются электрохимические, полупроводниковые и оптико-абсорбционные газоанализаторы, описание работы которых приведено ниже.

Принцип действия электрохимических газоанализаторов основан на измерении электрического тока в растворах электролитов при их взаимодействии с анализируемым газом.

Электрохимический метод имеет ряд недостатков:

1. малый ресурс сенсора и печей разложения;
2. отсутствие работоспособности при влажности менее 45%;
3. низкое быстродействие;
4. невозможность измерения высоких концентраций фреонов (более 1000 мг/м^3).

В основе работы полупроводниковых газоанализаторах лежит изменение проводимости чувствительного слоя при хемосорбции на его поверхности молекул химически активных газов. Селективность анализа достигается варьированием состава чувствительного слоя и его температуры (при помощи встроенного нагревателя). В полупроводниковых газоанализаторах с кристаллическими чувствительными элементами измеряют проводимость монокристалла или более сложной полупроводниковой структуры с *p*-*n*-переходами при изменении зарядового состояния поверхности, т.е. концентрации или распределения зарядов на ней.

Газоанализаторы на основе полупроводниковых сенсоров имеют ряд недостатков, а именно:

1. малый ресурс сенсора;
2. отсутствие селективности;
3. невозможность измерения малых концентраций фреона (0–500 мг/м^3).

В методе оптической абсорбционной спектроскопии и в газоанализаторах, основанных на данном методе, измеряется изменение интенсивности зондирующего излучения, прошедшего через поглощающую газовую среду [1]. При измерении концентрации газовой среды фреоны выступают в роли фильтра, в котором происходит поглощение излучения от источника с определенной длиной волны.

Для того чтобы поглощение излучения произошло, необходимо выполнение двух условий:

1. поглощаются лишь волны такой частоты, которая совпадает с частотой того или иного колебания молекулы;
2. колебание должно вызывать изменение дипольного момента молекулы.

По этой причине молекулы, не имеющие дипольного момента (например, H_2, N_2, O_2, а также металлы), не поглощают инфракрасное излучение.

Анализатор, основанный на методе оптической абсорбционной спектроскопии, имеют недостаточную селективность (при наличии высоких концентраций неизмеряемых компонентов) и не устойчив к качке и наклонам, что ограничивает его применение для контроля фреонов на морских судах.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что решение задачи контроля фреона в герметичных помещениях судов возможно с помощью оптико-электронного

газоанализатора, обладающего высокой избирательностью, стойкого к наклонам и качке, высоким ресурсом (долговечностью), отсутствием необходимости в техническом обслуживании в межповерочных интервалах, а также пригодного для сертификации и серийного производства.

Для обеспечения стойкости оптико-электронного газоанализатора к воздействию внешних факторов необходимо обеспечить модуляцию полезного сигнала в рабочей камере. Особенностью данного газоанализатора (газовая схема представлена на рис. 2) является использование метода модуляции (изменения) давления анализируемой газовой смеси (ГС) в рабочей камере [2].

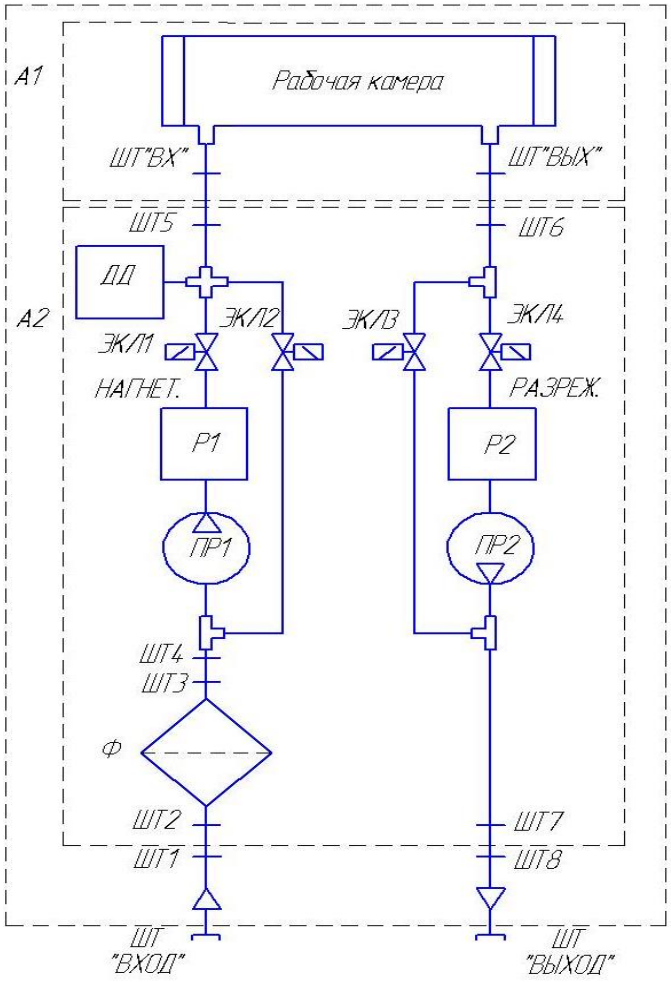


Рис. 2. Газовая схема газоанализатора

Анализируемая ГС поступает через основной входной фильтр (Ф), на побудитель расхода (ПР1). ПР1 создает избыточное давление анализируемой ГС в резервуаре (Р1). Электромагнитный клапан (ЭКЛ1) открывается (ЭКЛ2 закрыт) и ГС под давлением из Р1 поступает в рабочую камеру. В рабочей камере создается избыточное давление, массовая концентрация измеряемого компонента в рабочей камере увеличивается пропорционально увеличению давления, ослабляя оптический поток, прошедшего через рабочую камеру. Затем ЭКЛ1 закрывается и открывается ЭКЛ3, происходит падение давления в рабочей камере до атмосферного. ЭКЛ3 закрывается и открывается ЭКЛ4. ГС из рабочей камеры поступает в резервуар Р2, в котором ПР2 создает разрежение. В рабочей камере создается разряжение, массовая концентрация измеряемого компонента в рабочей камере уменьшается пропорционально уменьшению давления, значение оптического потока прошедшего через рабочую камеру увеличивается. ЭКЛ4 закрывается, открывается ЭКЛ2. Разрежение в рабочей камере вырастает до атмосферного.

Циклограмма работы электромагнитных клапанов повторяется с периодом 2,6 с, обеспечивая модуляцию избыточного давления анализируемой ГС в рабочей камере (рис. 3). Глубина модуляции в каждую сторону составляет 20% от значения текущего атмосферного давления. Соответственно, значение полезного сигнала составит 40% от максимального значения. Данной величины полезного сигнала достаточно для обеспечения необходимого соотношения сигнал-шум, требуемой чувствительности и избирательности.

Дальнейшее увеличение глубины модуляции приводит к снижению ресурса механических частей побудителей расхода и клапанов.

Резервуары Р1 и Р2 создают буферный объем между побудителями расхода и рабочей камерой, обеспечивают равномерную работу побудителей расхода ПР1 и ПР2.

Избыточное давление, разрежение и текущее значение атмосферного давления в рабочей камере контролируется датчиком давления (ДД) и устанавливается на заданном уровне регулировкой производительности побудителей расхода ПР1 (ПР2).

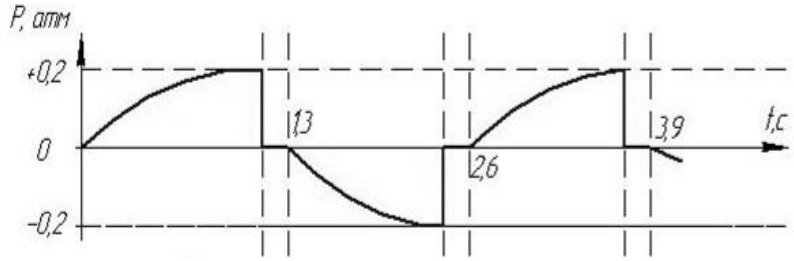


Рис. 3. Модуляция избыточного давления анализируемой ГС в рабочей камере

В результате проведенных испытаний газоанализатора, использующего модуляцию давления анализируемой ГС в рабочей камере, была подтверждена устойчивость к воздействию внешних факторов (наклоны, качка, температура, давление).

Подтверждены метрологические характеристики данного газоанализатора, в части диапазона и погрешности измерения, позволяющие контролировать одним газоанализатором ПДК жилой зоны (0–100 мг/м^3) и осуществлять контроль концентрации фреонов в замкнутых объемах, где произошло срабатывание системы пожаротушения (1000–10000 мг/м^3).

В результате проведенных исследований и разработок, создан новый оптико-абсорбционный газоанализатор фреона, обладающий высокой селективностью, чувствительностью, большим ресурсом работы, не требующий обслуживания в межповерочном интервале и удовлетворяющий требованиям к газоанализаторам, применяемым на морских судах для контроля концентрации фреона.

Литература

1. Алов Н.В. и др. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.А. Ищенко. – СПб.: Академия, 2010. – 416 с.
2. Газоанализатор многокомпонентный для селективного измерения концентрации хладонов в системах жизнеобеспечения / Снытко Ю.Н., Трубаров В.А.; пат. №186910; заявл. 19.04.2018; опубл. 11.02.2019.

Тазитдинов Рамиль Рашитович
Год рождения: 1992
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, аспирант
Направление подготовки: 13.06.01 – Электро- и теплотехника
e-mail: t.r-ITMO@mail.ru

Круглов Алексей Александрович
Год рождения: 1974
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, к.т.н., доцент
e-mail: al-x-kru@yandex.ru

Юнусов Муродуллохон
Год рождения: 1993
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, студент группы № W4202
Направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения
e-mail: murod-93@mail.ru

УДК 621.56/.59

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПРОЦЕССА ЗАМОРАЖИВАНИЯ КАПЛИ В ВАКУУМНОЙ УСТАНОВКЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИНАРНОГО ЛЬДА

Тазитдинов Р.Р., Круглов А.А., Юнусов М.
Научный руководитель – к.т.н. Круглов А.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе рассмотрена методика процесса кристаллизации капли в вакууме. Рассмотрены три случая промерзания капли. Приведены уравнения тепломассопереноса при промерзании капли для этих случаев.
Ключевые слова: бинарный лед, жидкий лед, хладоноситель, вакуумно-выпарная установка, ice slurry.

Значительный рост цен на гидрофторуглероды (ГФУ) хладагенты, вызванный подписанием Кигалийской поправки к Монреальскому протоколу, возродил интерес к применению природных хладагентов, а также к вакуумно-испарительным установкам [1]. Вакуумные холодильные установки служат для производства бинарного льда, который представляет собой смесь воды и ледяных кристаллов размером менее 0,5 мм [2, 3]. Бинарный лед обладает высокой охлаждающей способностью за счет скрытой теплоты плавления ледяных частиц [4], и перекачивается с помощью обычных центробежных насосов.

При проектировании вакуумно-испарительной установки для производства бинарного льда методом распыления, необходимо определить время замерзания капель в факеле.

Расчет процесса замерзания капли можно разделить на два этапа (без учета начального охлаждения в жидком виде и переохлаждения после кристаллизации):

– замерзание части жидкости за счет накопленного переохлаждения;
– промерзания оставшейся части жидкости.

В процессе охлаждения капли происходит мгновенное замерзание части жидкости за счет накопленной температуры переохлаждения. Соответственно, чем больше переохлаждение, тем большая часть жидкости капли мгновенно замерзнет. Этот процесс описывается уравнением теплового баланса [5]:

$$m_{ж}h_{ж}(T_{тр}) + m_{л}h_{л}(T_{тр}) = (m_{ж} + m_{л})h_{ж}(T_{пер}),$$

где $m_{ж}$ и $m_{л}$ – масса жидкой и твердой фазы в капле, кг; $h_{ж}(T_{тр})$ и $h_{л}(T_{тр})$ – энтальпия жидкости и льда при температуре тройной точки, кДж/кг; $h_{ж}(T_{пер})$ – энтальпия жидкости при температуре переохлаждения.

В момент мгновенного замерзания относительно небольшой части жидкости за счет переохлаждения в капле происходит выравнивание температуры до 273,15 К. После выравнивания температуры продолжится промерзание капли, т.е. замерзание оставшийся части жидкости при постоянной температуре. Тепловой баланс в процессе кристаллизации зависит от схемы промерзания капли. Возможны три варианта: А – внутрь, Б – наружу и В – боковое (рисунок).

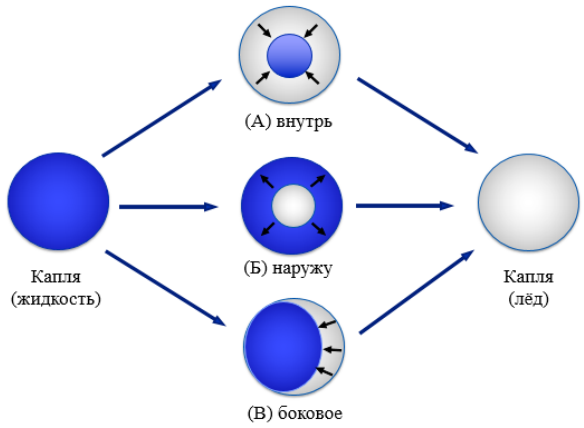


Рисунок. Схема промерзания капли

Промерзание внутрь. При промерзании капли внутрь на поверхности капли образуется ледяная корка. Соответственно тепломассоперенос будет осуществляться за счет сублимации льда с поверхности капли. Тепловой баланс для этого процесса можно записать как:

$$h_{л}\Delta m_{ож} = h'_{с}\Delta m_{сл} - k(T_{\infty} - T_{тр})\Delta\tau,$$

где $h_{л}$ – теплота плавления льда, кДж/кг; $h'_{с}$ – теплота сублимации льда, кДж/кг; $\Delta m_{сл}$ – изменение массы при сублимации льда, кг; k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м^2·К); $\Delta m_{ож}$ – изменение массы жидкости при замерзании, кг; T_{∞} – температура окружающей среды, К; $T_{тр}$ – температура тройной точки воды, К; $\Delta\tau$ – время процесса, с.

$$\Delta m_{сл} = KA_{к}M_{вп}\left(\frac{P_{нас}}{RT_{к}} - X\frac{P_{\infty}}{RT_{\infty}}\right)\Delta\tau,$$

где $A_{к}$ – площадь поверхности капли, м^2; K – коэффициент массопереноса, м/с; $M_{вп}$ – молекулярная масса водяного пара, кг/моль; $P_{нас}$ и $T_{к}$ – давление и температура на поверхности капли, Па и К; P_{∞} и T_{∞} – давление и температура окружающей среды, Па и К; X – концентрация паров; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К).

$$k = \frac{(2+0{,}6\mathrm{Re}_к^{1/2}\mathrm{Pr}^{1/3})\lambda_\infty}{d_к},$$

где Re – число Рейнольдса; Pr – число Прандтля; λ_∞ – теплопроводность водяного пара, Вт/(м·К); $d_к$ – диаметр капли, м.

Промерзание наружу. При промерзании капли изнутри наружу ледяная часть образуется внутри капли. Тепломассоперенос будет осуществляться за счет испарения воды с поверхности капли, тепловой баланс для этого процесса:

$$h_л \Delta m_{ож} = h_и \Delta m_{иж} - k\left(T_\infty - T_{тр}\right)\Delta\tau,$$

где $h_и$ – теплота испарения, кДж/кг; $\Delta m_{иж} = \Delta m_{сл}$ – изменение массы при испарении жидкости, кг.

Боковое промерзание. При боковом промерзании капли ледяная корка образуется не по всей поверхности капли. Тепломассоперенос осуществляется за счет сублимации льда и испарения воды с поверхности капли, а тепловой баланс для этого процесса можно записать:

$$h_л \Delta m_{ож} = h_и \Delta m_{иж} + h'_с \Delta m_{сл} - k\left(T_\infty - T_{тр}\right)\Delta\tau,$$

где $h_л$ – теплота плавления льда, кДж/кг; $h'_с$ – теплота сублимации льда, кДж/кг; $h_и$ – теплота испарения, кДж/кг; $\Delta m_{иж}$ – масса испарившейся жидкости, кг; $\Delta m_{сл}$ – масса сублимированного льда, кг; k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м^2·К); $\Delta m_{ож}$ – масса оставшейся жидкости, кг; $\Delta\tau$ – время процесса, с.

$$\Delta m_{иж} = KA_{кж}M_{вп}\left(\frac{P_{нас}}{RT_к} - X\frac{P_\infty}{RT_\infty}\right)\Delta\tau;\ \Delta m_{сл} = KA_{кл}M_{вп}\left(\frac{P_{нас}}{RT_к} - X\frac{P_\infty}{RT_\infty}\right)\Delta\tau,$$

где $A_{кж}$ – площадь поверхности жидкой части капли, м^2; $A_{кл}$ – площадь поверхности замерзшей части капли, м^2.

$$A_{кл} = f\left(\pi d_{к,лж}\right);\ A_{кж} = (1-f)\left(\pi d_{к,лж}\right),$$

где f – замерзшая часть капли.

Диаметр и плотность двухфазной капли:

$$d_{к,лж} = \sqrt[3]{6(m_л + m_ж)/\pi\rho_{лж}};\ \rho_{лж} = \frac{\rho_л \cdot \rho_ж}{f\cdot\rho_ж + (1-f)\cdot\rho_л}.$$

Как только капля полностью замерзнет ($f = 1$), физические свойства капли принимаются соответствующими ледяной частице, в дальнейшем происходит понижение ее температуры.

Вывод. Использование рассмотренной методики в математической модели расчета процесса получения бинарного льда в вакуумно-испарительной установке позволит более точно выполнять расчеты при разработке конструкции оборудования.

Литература

1. Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. Монреальский протокол – Honoris // Холодильная техника. – 2018. – № 3. – С. 24–28.
2. Маринюк Б.Т., Крысанов К.С., Ермолаев А.Е. Вакуумные холодильные установки и холодоаккумуляторы водного льда // Труды кафедры «холодильная и криогенная техника» Техника низких температур, сборник научных статей. – 2006. – С. 42–46.
3. Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. Айс-сларри и однофазные хладоносители // Холодильная техника. – 2004. – № 3. – С. 2–4.
4. Pronk P., Meewisse J.W., Infante Ferreira C.A., Witkamp G.J. Ice slurry production with a circulating fluidized bed heat exchanger // In Proceedings of the international congress of refrigeration. Washington, DC; 2003.
5. Wang C., Xu R., Chen X., Jiang P., Liu B. Study on water flash evaporation under reduced pressure // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2019. – V. 131. – P. 31–40.

Тюрикова Екатерина Павловна
Год рождения: 1992
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, аспирант
Направление подготовки: 12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии
e-mail: kt.net@yandex.ru

Кустикова Марина Александровна
Год рождения: 1958
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, к.т.н., доцент
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 504.05

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОМАРКЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Тюрикова Е.П.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Кустикова М.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе поднимался вопрос особенностей анализа биомаркеров при помощи оптических методов, применимых в области экологического мониторинга. Рассмотрены факторы, влияющие на жизненный цикл биомаркеров в естественной среде обитания, по которым возможно оценить угнетение экосистемы. Рассмотрено явление автофлуоресценции, влияющее на конечный результат измерений оптическими методами.
Ключевые слова: конфокальная микроскопия, биоиндикация, экологический мониторинг, автофлуоресценция.

Под воздействием антропогенных воздействий биологические системы изменяют свои свойства, по которым можно судить об изменении во всей экосистеме. Такими маркерами могут служить отдельные растения, исчезновение или появление определенных живых организмов, изменение состава почв или воздушной среды. Однако более достоверные сведения можно получить при изучении морфологического состава аналитическими и физико-химическими методами на молекулярном уровне биомаркеров.

Целью работы являлось определение особенностей анализа биомаркеров при исследовании оптическими методами.

Для выполнения поставленной цели необходимо было выполнить следующие задачи:

1. сформировать общую характеристику биомаркеров, применимых для экологического мониторинга;
2. выполнить анализ используемых оптических методов и систем, позволяющих детектировать изменения на молекулярном уровне;
3. установить факторы, влияющие на точность снятия результатов и идентификацию угнетающих параметров;

4. разработать рекомендации для проведения экологического мониторинга оптическими методами.

По результатам выполненной работы следовало сделать выводы о проведенном исследовании и сформировать рекомендации для дальнейших работ.

Под экологическим мониторингом обычно подразумевают длительный процесс наблюдения за биогеоценозом, который проводится госслужбами или предприятиями в рамках отчета перед госслужбами. В большинстве случаев все сводится к определению предельно допустимого уровня или предельно допустимой концентрации запрещенных и опасных веществ.

Биоиндикация – это определение биологически значимых нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ [1]. Разделяют пассивную биоиндикацию (наблюдение без вмешательств) и активную или биотестирование.

Биоиндикаторы обладают важным параметром – чувствительностью, т.е. откликом на изменения в окружающей среде. К наиболее чувствительным биоиндикаторам можно отнести лишайники, мхи, водоросли.

Наиболее общее описание биоиндикатора, подходящего для задач экологического мониторинга:

- его наличие в естественных условиях биосистемы (нельзя внедрить со стороны);
- распространенность;
- устойчивость к факторам стресса биосистемы;
- корреляция между величиной воздействия фактора стресса и откликом на него.

Особым преимуществом растений перед другими видами биоиндикаторов является отсутствие возможности покинуть место обитания, поэтому растения вынуждены адаптироваться под различные факторы стресса.

Исследовать биомаркеры можно на различных уровнях: от изучения структуры молекул одного экземпляра до всей популяции в масштабах экосистемы. Так как в своем большинстве растения имеют схожее строение, можно предположить, что и на молекулярном уровне они будут идентично реагировать на внешние факторы стресса. Отслеживать реакцию растений логичнее всего по белкам и нуклеиновым кислотам, так как они играют огромную роль в обмене веществ.

К оптическим методам исследования биомаркеров на молекулярном уровне относят: классическую микроскопию, лазерную микроскопию, конфокальную флуоресцентную микроскопию, спектрометрию и т.д. Данные методы позволяют наблюдать такие процессы, как изменение концентрации сахарозы и фруктозы, изменение энергетического баланса, активность макромолекул. Однако к наиболее точным методам относят флуоресцентную микроскопию. Данный метод обладает преимуществом в выборочном окрашивании белков биомаркеров для упрощения их наблюдения.

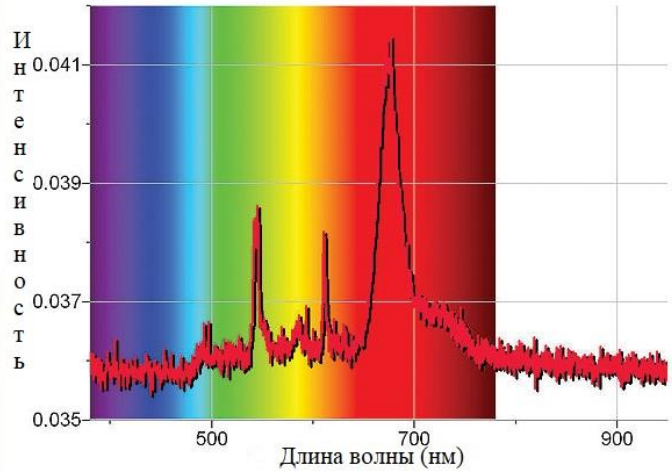


Рисунок. Флуоресценция хлорофилла [2]

Основной проблемой при наблюдении растений методом флуоресцентной микроскопии является наличие собственной автофлуоресценции объекта. На рисунке приведена диаграмма флуоресценции хлорофилла при его облучении. Исходя из анализа диаграммы, можно выделить три пика: первый на 555 нм, второй на 610 нм и третий пик занимает область от 650 до 700 нм.

Для окрашивания растений могут быть использованы разные красители-флуорохромы. В данном случае предлагается использовать алгоритм по увеличению точности наблюдения: внедрение флуорохромов, излучающих длины волн, не входящие в данные пики – например, краситель DAPI, обладающий максимумом возбуждения на длине волны 358 нм и излучающий на длине волны 461 нм, а также выполнять дополнительное вырезание спектров автофлуоресценции. Для этого необходимо снять образец без внедрения флуорохрома, произвести формирование картинки-маски, показывающей спектры автофлуоресценции, и при сканировании образца с внедренным флуорохромом произвести вырезку спектров. Однако данную методику можно использовать только при подтверждении не перекрытия спектров флуоресценции и автофлуоресценции, что в противном случае влечет за собой потерю данных.

В результате исследований были выполнены следующие этапы:

1. сформирована общая характеристика биомаркеров, применимых для экологического мониторинга; описаны требования, которым должны удовлетворять объекты исследования;
2. выполнен анализ оптических методов, применимых при работе с биоиндикаторами; выбран метод флуоресцентной конфокальной микроскопии;
3. определено, что наибольший вклад в неопределенность снятия результатов вносит собственная автофлуоресценция объекта;
4. предложена методика по устранению автофлуоресценции биомаркеров.

Следующим этапом исследования предложено математическое моделирование процесса устранения автофлуоресценции объектов.

Литература

1. Ляшенко О.А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды: учебное пособие. – СПб.: СПб ГТУРП, 2012. – 67 с.
2. Determination of Chlorophyll in Olive Oil [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vernier.com/innovate/determination-of-chlorophyll-in-olive-oil/ (дата обращения: 06.01.2019).

Цветков Вадим Александрович
Год рождения: 1996
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, студент группы № W4127
Направление подготовки: 16.04.03 – Проектирование тепломассообменного оборудования
e-mail: wadimtsvetkov@mail.ru

Молодова Юлия Игоревна
Год рождения: 1969
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики, к.т.н., доцент
e-mail: julia_molodova@mail.ru

УДК 621.513

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОЗДАНИЯ ПОРШНЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Цветков В.А.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Молодова Ю.И.

В работе рассмотрены типы поршневых уплотнений для машин объемного действия, математическая модель рабочего процесса в уплотнении поршня кольцами. Приводится описание программы КОМДЕТ при расчете уплотнительных узлов ступени машин объемного действия. Рассмотрен пакетный комплекс ANSYS как универсальная программная система конечно-элементного анализа, приемлемая для проектирования поршневых уплотнений и компрессоростроения в целом, а также последовательность работы в нем.
Ключевые слова: поршневые уплотнения, течение газа, математическая модель, CAE-системы, ANSYS.

Предъявляемые к машинам объемного действия (МОД) требования работоспособности и надежности выполняются при принятии оптимальных и безопасных проектных решений. При проектировании МОД следует обратить особое внимание на конструкцию поршневого уплотнения, именно данный узел обеспечивает достаточную герметичность рабочей камеры машины. В ходе возвратно-поступательного движения поршня на уплотнение действуют сила трения в паре поршень-цилиндр и радиальные газовые усилия. Данное обстоятельство делает поршневое уплотнение наиболее «уязвимым» узлом в составе МОД и зачастую приводит к недопустимому износу уплотнения и увеличению утечки газа.

Выбор типа поршневого уплотнения базируется на основе исходных сведений о компрессоре. К используемым видам уплотнений относят: поршневые кольца, лабиринтовые и манжетные. Схема, представленная на рис. 1, демонстрирует наибольшее разнообразие конструкций у поршневых колец в сравнении с другими видами поршневых уплотнений, что подчеркивает возможность варьировать различными вариантами компоновки колец для подбора наиболее оптимального.

Метод физического моделирования является способом получения наиболее точных расчетных параметров при проектировании поршневых уплотнений. Однако постановка эксперимента требует дополнительных финансовых издержек, время- и трудозатрат. В связи с этим данный метод уступает методу математического моделирования и расчету в программных комплексах с использованием ЭВМ.

Рис. 1. Виды поршневых уплотнений

Математическая модель рабочего процесса в уплотнении поршня кольцами основана на использовании уравнений термодинамики переменной массы. Компрессорный цикл в цилиндре происходит за время поворота коленчатого вала на 2π. Этот угол разбивают на z участков $\Delta\varphi=2\pi/z$, и задаются произвольно начатыми условиями параметров газа при угле поворота $\varphi=0$ по всему уплотнению. Определяют изменение параметров газа в межкольцевых объемах при повороте на угол $\Delta\varphi$ (в разностном виде для двух соседних точек j и $j+1$), используя уравнения:

$$\Delta U_{s(j+1)} = \left(\frac{\omega\Delta Q_s}{\Delta\varphi} + i_{s-1}\bar{m}_{s-1} - i_s\bar{m}_s\right)_j \left(\frac{\Delta\varphi}{\omega}\right); \Delta m_{s(j+1)} = (\bar{m}_{s-1} - \bar{m}_s)_j \left(\frac{\Delta\varphi}{\omega}\right);$$

$$U_{s(j+1)} = U_{s(j)} + \Delta U_{s(j+1)}; m_{s(j+1)} = m_{s(j)} + \Delta m_{s(j+1)};$$

$$p_{s(j+1)} = (k-1)\left(\frac{U_{s(j+1)}}{V_s}\right); T_{s(j+1)} = \left(\frac{m_{s(j+1)}V_s}{m_{s(j+1)}R}\right),$$

где ΔU_s, Δm_s – изменение внутренней энергии газа в межкольцевом пространстве с номером s и масса газа в нем; $\bar{m}_s$ – расход газа из цилиндра в уплотнение; ΔQ_s – теплообмен газа со стенками за время поворота вала на $\Delta\varphi$; $p_{s(0)}$, $T_{s(0)}$, $U_{s(0)}$, $m_{s(0)}$ – начальные давления, температура, внутренняя энергия и масса газа в межкольцевом пространстве с номером s [1].

Для проведения исследования течения газа в уплотнительном узле ступени компрессора возможно использование программы КОМДЕТ. Прикладная программа расчета КОМДЕТ была разработана научной группой профессора И.К. Прилуцкого, она предназначена для изучения рабочих процессов, протекающих в машинах объемного действия, прогнозирования интегральных и текущих параметров компрессионных и детандерных ступеней, поиска и обоснования «оптимальных» технических решений на стадии проектирования новых или модернизации существующих компрессионных и расширительных машин [2].

Программа адаптирована для получения следующих параметров газа в межкольцевом пространстве уплотнения: давление p и температура T на входе в щели, расход газа M, перепад давления на поршневых кольцах Δp. При расчете возможен выбор конструктивных параметров уплотнения (рис. 2) и анализ интересующих параметров газа в уплотнительном узле при его различных вариантах.

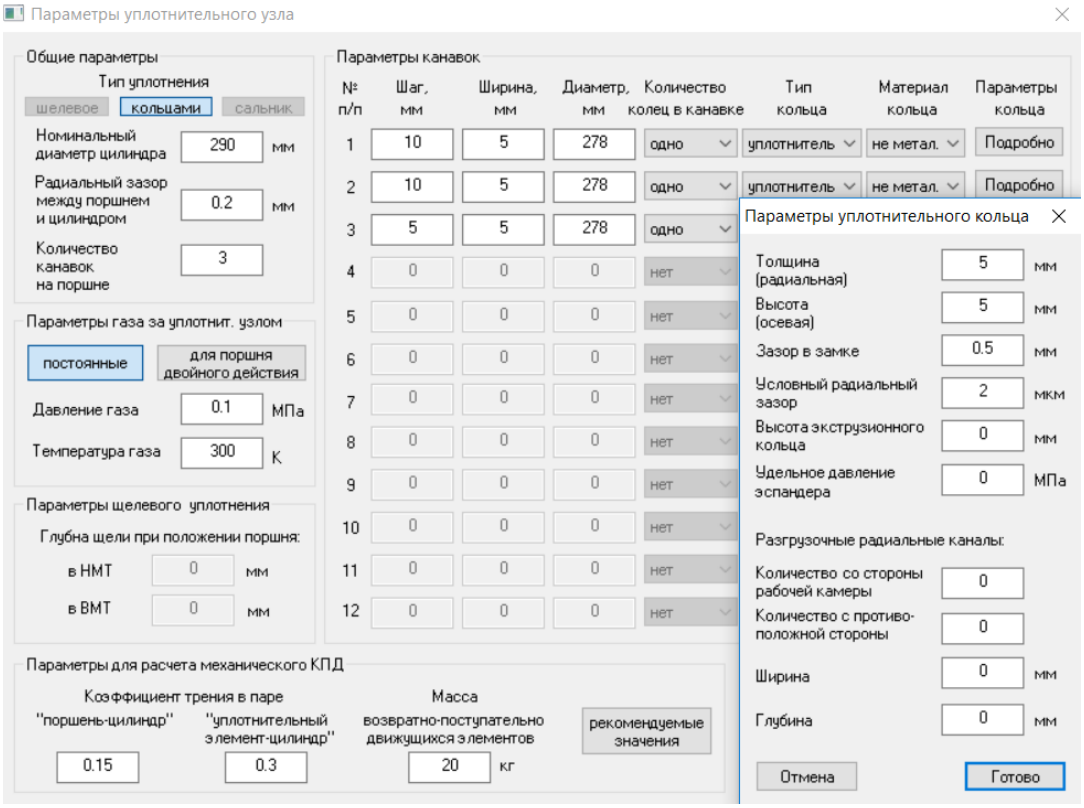


Рис. 2. Интерфейс программы КОМДЕТ при выборе параметров уплотнительного узла

В настоящее время происходит интенсивное развитие информационных технологий, используемых в проектировании. Программные комплексы, направленные на решение инженерных задач, можно разделить на две группы: CAD-системы (Computer-Aided Design), предназначенные для автоматизации процесса проектирования и CAE-системы (Computer-Aided Engineering), которые позволяют моделировать разнообразные физические процессы.

Наиболее популярными программными комплексами являются ANSYS, NASTRAN, ABAQUS, COMSOL и др. Отечественный рынок CAE-систем представлен такими программными продуктами как FIDESYS, ЛОГОС, ЛИРА и др. Некоторые программы имеют ограниченный набор технологий учета свойств материалов, а также не позволяют решать задачи механики жидкости и газа, что является существенным недостатком. В настоящей работе рассмотрено решение задачи в ANSYS.

ANSYS – это многоцелевой пакет программ для численного моделирования физических процессов и явлений в области прочности, гидрогазодинамики, теплофизики, электромагнетизма, акустики [3]. Комплекс базируется на методе конечных элементов и эффективен по своему инструментарию. Программная версия 2018 г. (ANSYS 19.2) объединяет и связывает 24 модуля, из которых наиболее привлекательными для задач компрессоростроения являются: Transient Structural (решение задач динамики конструкций), Transient Thermal (анализ тепловых полей), Fluid Flow (моделирование физических процессов в жидкостях и газах) и др.

Этапы решения задач посредством ANSYS включают в себя следующий алгоритм действий:

1. создание/импорт геометрической модели;
2. покрытие расчетной области сеткой конечных элементов/конечных объемов;
3. выбор физико-математической модели, описание расчетной схемы, задание граничных условий;
4. процесс решения задачи, контроль за сходимостью решения;
5. обработка и анализ результатов.

Перечисленные этапы (1–5) визуально продемонстрированы на рис. 3 на примере исследования поршневого кольца при помощи модулей Transient Structural (В) и Transient Thermal (Г).

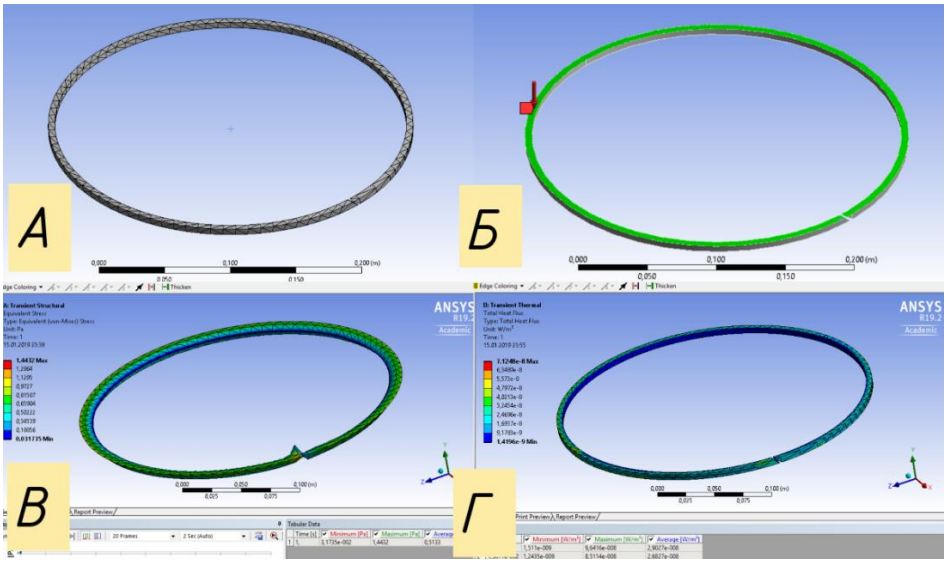


Рис. 3. Анализ модели поршневого кольца в ANSYS: А – этапы 1, 2; Б – 3; В – 4, 5 (Transient Structural); Г – 4, 5 (Transient Thermal)

Математическое моделирование является наиболее обоснованным методом получения необходимых расчетных параметров по сравнению с натурными испытаниями. На сегодняшний день CAD- и CAE-системы стали основными инструментами для инженеров, позволяющие повысить эффективность труда проектировщика. Таким образом, при создании МОД является правильным использование специализированных компьютерных программ, моделирующих процессы в МОД при различных типах поршневых уплотнений. ANSYS как современная CAE-система может быть рекомендована для использования в учебном процессе.

Литература

1. Фотин Б.С., Пирумов И.Б., Прилуцкий И.К., Пластинин П.И. Поршневые компрессоры: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Холодильные и компрессорные машины и установки». – Л.: Машиностроение, 1987. – 372 с.
2. Прилуцкий И.К., Прилуцкий А.И., Иванов Д.Н., Арсеньев И.А. Программа КОМДЕТ (Инструкция пользователю). Метод. указ. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2009. – 25 с.
3. Федорова Н.Н., Вальгер С.А., Данилов М.Н., Захарова Ю.В. Основы работы в ANSYS 17. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 210 с.

Шац Кристина Олеговна
Год рождения: 1996
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
студент группы № W4250
Направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: tyo-plet@yandex.ru

Кустикова Марина Александровна
Год рождения: 1958
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
к.т.н., доцент
e-mail: marinakustikova@mail.ru

Челибанов Владимир Петрович
Год рождения: 1952
Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
к.хим.н., доцент
e-mail: vpchelibanov@corp.ifmo.ru

УДК 661.98

ПРОБЛЕМЫ РОСТА КОНЦЕНТРАЦИЙ ОКСИДОВ АЗОТА В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Шац К.О., Кустикова М.А.
Научный руководитель – к.хим.н., доцент Челибанов В.П.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе рассмотрена проблема роста концентраций оксидов азота в России и за рубежом. Загрязнение воздуха – на сегодняшний день один из самых серьезных экологических рисков для здоровья человека и одна из основных предотвратимых причин смерти и заболеваний в мире. Состояние загрязнения атмосферного воздуха в региональном и глобальном масштабе контролируется, чтобы выяснить причины высоких уровней концентрации примесей, установить неблагоприятное влияние на здоровье населения и окружающую среду и разработать мероприятия по охране атмосферы.
Ключевые слова: загрязнение воздуха, источники загрязнения, оксиды азота, качества атмосферного воздуха, воздействия на здоровье человека.

В 2017 году рост выбросов загрязняющих веществ составил 1,5%. Такой прирост стал максимальным годовым показателем за последние 13 лет. Уменьшение динамики выбросов наблюдались в 2008–2010 годах, в период финансового кризиса, а также в 2012–2014 годах. С 2015 года отслеживается рост выбросов загрязняющих веществ.

Оксиды азота при воздействии на человека нарушают функции легких и бронхов. В группе риска находятся дети и взрослые, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями. Превышение уровня загрязнений приводит к развитию болезней органов дыхания, вызывает затруднение дыхания, кашель у детей, повреждает некоторые виды растений.

Загрязнение воздушной среды приводит к ухудшению здоровья населения. К этому выводу ученые пришли после многочисленных эпидемиологических исследований. Обнаружилась связь между загрязнением воздуха широким спектром неблагоприятных последствий для здоровья населения в целом. Эффекты влияния представляют собой перечень от бессимптомного незаметного воздействия до преждевременной смерти.

Хотя в загрязнении воздуха участвуют различные отрасли хозяйства, и его воздействие ощутимо не только вблизи источников загрязнения, но и по всей планете, борьба с ним очень часто ведется по узкоотраслевому принципу, в то время как решение этой проблемы, которая ведет к многочисленным серьезным последствиям, требует совместных действий на международном уровне.

Влияние загрязнения на человека зависит от типа загрязняющего вещества, от превышения предельно допустимой концентрации, от продолжительности и повторяемости воздействия. Более чувствительные группы населения, которые чаще подвергаются риску развития серьезных последствий для здоровья под воздействием загрязненного воздуха – это дети, беременные женщины, пожилые люди и хронические больные. Высокие уровни загрязнения затрагивают группы людей, которые живут вблизи оживленных транспортных магистралей, а также представителей определенных профессиональных групп.

Более 40% оксидов азота выбрасываются автомобильным транспортом. Транспорт является источником почти 40% первичных выбросов мелкодисперсного вещества (PM2.5) [1].

Двуокись азота (NO_2) является воздушным загрязнителем, который образуется в процессе горения. Главные антропогенные источники поступление NO_2 в атмосферу – тепловые электростанции, отопительные котельные и технологические процессы в промышленности. Основным источником загрязнения является автотранспорт. Большую часть состава выбросов NO_X представляется NO, который окисляется до NO_2 с озоном и другими окислителями [2].

Большая часть азота находится в инертном состоянии в составе атмосферы. Химически активный азот определяется как сумма биологических, фотохимических и фотохимических активных соединений азота в биосфере и атмосфере. Соединения азота могут переноситься в результате адвекции воздушных масс на большие расстояния, вызывая при этом негативные последствия для окружающей седы и человека. Поступающие в биосферу соединения азота могут вызывать целый ряд нежелательных последствий глобального масштаба. Это подкисление озер, рек и почвы, загрязнение поверхностных и подземных вод, эвтрофикация поверхностных вод, снижение биоразнообразия флоры и фауны. Присутствие в воздухе взвешенных частиц, содержащих соединение азота, также вызывает ухудшение здоровья людей, повреждение растений. Вследствие фотохимических реакций, в которых участвуют оксиды азота, летучие углеводороды (выхлопы автотранспорта и промышленные выбросы) и ряд других веществ.

Основная часть загрязняющих веществ находится в газообразном и жидком состояниях. В России их доля от всех загрязняющих атмосферу вещей в 2017 году составила 94,5% [3]. Выбросы оксида углерода составили более половины объемов загрязняющих веществ в России, более трети пришлось на углеводороды, диоксид серы и оксиды азота.

По данным Росстата, в 2017 году общий объем выбросов загрязняющих атмосферу веществ составил 32,1 млн т. Из них стационарными источниками выброшено 17,5 млн т, к ним относятся неподвижные технологические агрегаты: трубы котельных и заводов, вентиляционные шахты, дефлекторы и т.д. 14,6 млн т выброшено передвижными источниками – автомобильный и железнодорожный транспорт.

В 2017 году рост выбросов загрязняющих веществ составил 1,5%. Такой прирост стал максимальным годовым показателем за последние 13 лет. Уменьшение динамики выбросов наблюдалось в 2008–2010 годах, в период финансового кризиса, а также в 2012–2014 годах. С 2015 года отслеживается рост выбросов загрязняющих веществ. Причиной такой динамики называют рост объемов эмиссии от передвижных источников. Рост продажи легковых автомобилей в 2017 году составляет 12,5% от продаж 2016 года по данным PwC. Снижение выбросов от стационарных источников в 2017 году по сравнению с 2000 годом уменьшилось на 7,1%. Предприятия модернизируют и повышают эффективность производства, вводят новые ресурсосберегающие производственные мощности.

Непосредственная зависимость динамики выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников связана с динамикой экономического роста страны и ее промышленного сектора (рисунок).

Рисунок. Динамика выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников и годовой индекс промышленного производства в России, %, 2000–2017 годы [3]

В 2017 году наименьшее количество выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в России были зафиксированы в Ингушетии, Калмыкии и Кабардино-Балкарии.

Наибольшие объемы выбросов загрязняющих атмосферу веществ в 2017 году были зафиксированы:

1. в Красноярском крае (13,6% от общероссийского объема, в основном за счет алюминиевого завода «Русал» и трех угольных ТЭЦ Сибирской генерирующей компании);
2. в Кемеровской области (8,5% от общероссийского объема, в основном за счет угольных компаний АО «УК «Северный Кузбасс», АО «Междуречье» и др., а также алюминиевого завода «Русал»);
3. в Ханты-Мансийском автономном округе – Югра (8,1% от общероссийского объема, за счет выбросов предприятий компаний «Сургутнефтегаз», «КанБайкал Резорсез Инк», «Мол-Западная Сибирь», «РН-Юганскнефтегаз»);
4. в Свердловской области (5,3% от общероссийского объема, за счет предприятий ПАО «Энел Россия», пяти линейных производственных управлений магистральных газопроводов компании ООО «Газпром трансгаз Югорск», а также Качканарского и Высокогорского горно-обогатительного комбината и ОАО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат») [3].

По данным Европейской счетной палаты отмечается, что в настоящее время загрязнение воздуха представляет собой наибольший экологический риск для общественного здравоохранения в Европе, контролировать который правительству становится все сложнее.

«The Guardian» пишет, что с многомиллионными штрафами в Европейском суде сталкивается правительство Великобритании, которое, как оказалось, с 2010 года нарушает лимиты качества воздуха в Европейском Союзе (ЕС). В августе 2018 года Великобритания была в числе 11 стран, которых обвинили в Европейском бюро по охране окружающей среды в численной корректировки запасов для эффективного повышения предела своих прошлых выбросов диоксида азота.

Великобритания, Франция, Германия, Венгрия, Италия и Румыния не соблюдают нормы загрязнения воздуха. Как следствие этого, в мае 2018 года был подан иск Европейской комиссией против этих шести стран-членов ЕС. Государства не применяют надлежащих мер для уменьшения превышений показателей. Германия, Великобритания и Франция обвиняются в превышении значений загрязнений диоксида азота, остальные страны в высоком уровне взвешенных частиц PM10.

Ведущее государственное информационное агентство России «ТАСС» известило, что в 2010 году уровень диоксида азота в Великобритании значительно превышал нормы предельно допустимых выбросов из-за выбросов от дизельных автомобилей. За 2016 год по данным ВОЗ, зафиксирован уровень диоксида азота в некоторых районах Оксфорда вдвое выше нормы, где также превышен допустимый максимум по мелкодисперсным твердым частицам. Для устранения данной проблемы Городской совет Оксфорда и совет графства Оксфордшир (Великобритания) планируют реализовать проект создания зоны нулевых выбросов до 2035 года. Автомобилям с бензиновым и дизельным двигателем будет запрещено движения в таких зонах. В ходе проекта правительство ожидает уменьшение уровня выбросов диоксида азота на три четверти. Для реализации данного проекта будут проведены дополнительные нормы, такие как установка дополнительных зарядных станций, парковочных рядов и понижение плат за парковку для электромобилей.

«Germany.one» сообщает, что превышения уровня загрязнения диоксидом азота в 2017 году были зафиксированы в 70 городах Германии (самый высокий уровень был в Мюнхене), в 2016 году в список состоял из 90 городов.

В научном журнале «Экология и жизнь» сообщается, что уже в 2018 году первым немецким городом, запретившим дизельные автомобили, стал Гамбург. Запрет относится к двум основным трассам города суммарной протяженностью более 2000 метров. На этих участках запрещен проезд для автомобилей, которые не соответствуют последним нормам выбросов Euro 6. Исключения введены только для местных жителей, предприятий, транспортных средств доставки, машин скорой помощи и мусоровозов.

Пропорционально количество дизельных автомобилей в Италии и Великобритании примерно одинаково. Однако проблема с ростом загрязнения NO_2 в Италии связана также с промышленными источниками выбросов, которые расположены в городских районах и пригородах.

Тенденция к понижению количества оксида азота является заметной, но этого, как показывает опыт, недостаточно, чтобы избежать необратимого нарушения здоровья человека и окружающей среды. В связи с этим Европарламентом было принято решение о снижении количества выбросов пяти основных загрязнителей воздуха, включая NO_2, которое должно вступить в силу в 2030 году.

Литература

1. Оценка риска для здоровья от загрязнения воздуха – общие принципы. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2016 год.
2. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека. Региональные публикации ВОЗ, Европейская серия, № 85.
3. Аналитический центр при правительстве Российской Федерации. Бюллетени о текущих тенденциях российской экономики. Бюллетень 39. Экология и экономика: рост загрязнения атмосферы страны. Июль 2018.

НАПРАВЛЕНИЕ
ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ

Ларченко Кристина Васильевна
Год рождения: 1996
Университет ИТМО, химико-биологический кластер,
студент группы № Х4240
Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья
e-mail: larchenko.pups@yandex.ru

Метелица Мария Александровна
Год рождения: 1992
Университет ИТМО, химико-биологический кластер,
студент группы № Х4240
Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья
e-mail: masha9292@mail.ru

Самукова Полина Александровна
Год рождения: 1990
Университет ИТМО, химико-биологический кластер,
студент группы № Х4240
Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья
e-mail: vol4en@yandex.ru

Шлейкин Александр Герасимович
Год рождения: 1944
Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
д.мед.н., профессор
e-mail: shleikin@yandex.ru

УДК 577.154.25:616-092.18

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОПРОТЕКТОРНОГО ДЕЙСТВИЯ АНТИОКСИДАНТОВ

Ларченко К.В., Метелица М.А., Самукова П.А., Шлейкин А.Г.
Научный руководитель – д.мед.н., профессор Шлейкин А.Г.

Рассмотрены собственные и литературные данные о применении антиоксидантных препаратов в лечении нейродегенеративных заболеваний. Обоснован поиск новых нейропротекторных средств, обладающих мультифакторным действием, для терапии травматических поражений нервной системы.

Ключевые слова: антиоксиданты, нервные болезни.

Антиоксиданты (АО) выполняют роль многофункциональных регуляторов иммунитета и широкого спектра жизненно важных клеточных функций. Бóльшая часть их биологических функций связана с ограничением реакций свободно-радикального окисления (СРО) и перекисного окисления липидов (ПОЛ), индуцируемых свободными радикалами кислорода и азота.

В физиологических условиях эндогенные прооксиданты выполняют различные биологические функции. В частности, они регулируют продолжительность жизни белковых молекул, участвуют в интерферонзависимых реакциях иммунитета, запускают механизм антистрессорной защиты. При неконтролируемом СРО формируется окислительный стресс, являющийся патофизиологическим звеном различных видов патологии, в том числе преждевременного старения, нарушений неспецифической резистентности и иммунитета [1]. Продукты СРО и ПОЛ снижают стабильность биологических мембран, участвуют в цитолизе и в аутоиммунных реакциях, угнетают функцию лимфоцитов, вызывают повреждения структуры белков, в том числе ферментов, снижают синтез иммуноглобулинов [2]. Для обезвреживания агрессивных продуктов – активных форм кислорода и других свободных радикалов, образуемых в процессе фагоцитоза, в ксантиноксидазной и некоторых других реакциях, используются эндогенные АО, а при необходимости назначаются антиоксидантные препараты [3, 4]. С целью повышения устойчивости организма к действию различных повреждающих факторов наиболее часто применяются аскорбиновая кислота (АК) и токоферол (ТФ) в различных сочетаниях с другими витаминами, липоевой кислотой, некоторыми аминокислотами и минеральными веществами. Так, в качестве адаптогенного средства, повышающего неспецифическую резистентность организма при лучевой болезни, рекомендуется препарат, содержащий АК, гистидин и триптофан. Лицам, подвергающимся действию вибрации, укачивания и физических нагрузок, назначают поливитаминный состав, включающий АК и ТФ. Аналогичные средства, содержащие также ретинол, рутин, глутаминовую кислоту и метионин, рекомендуются в восстановительном периоде после тяжелых нагрузок и для ускорения адаптации к вредным условиям окружающей среды [2]. В комплексные препараты антиоксидантного действия включают селен, который входит в состав Se-зависимой пероксидазы, катализирующей разложение органических перекисей и перекиси водорода [5]. Важным внутриклеточным АО служит трипептид глутатион, однако его применение ограничивается неспособностью проходить через плазматические мембраны клеток.

Благодаря антитоксическому и мембраностабилизирующему действиям АО применяются не только в качестве адаптогенов и общеукрепляющих средств, но также и в терапевтических целях. Особое значение придается АО в коррекции патологических состояний нервной системы. Это обусловлено тем, что нервная ткань характеризуется высоким содержанием ненасыщенных липидных компонентов, подверженных реакциям перекисного окисления, высоким уровнем метаболизма кислорода, наличием свободного, не связанного с ферритином железа, способного запускать реакции СРО, а также низкой активностью ферментов антиоксидантной защиты. Эти факторы послужили обоснованием для применения АО при нервной патологии. Накоплен большой экспериментальный и клинический материал о том, что гиперпродукция продуктов СРО и дефицит АО способствуют развитию или усугубляют течение нейродегенеративных заболеваний [6, 7].

В частности, были установлены снижение антиоксидантного статуса у больных рассеянным склерозом и положительный эффект применения АО при этом заболевании [8]. К наиболее опасным неврологическим заболеваниям, являющимся причиной высокой смертности пациентов, относятся последствия травм спинного мозга. После первичной травмы в нервной ткани развиваются вторичные поражения, включающие реакции ПОЛ. Поэтому применяемая на ранней стадии болезни антиоксидантная терапия, направленная на обезвреживание индукторов и продуктов СРО, предотвращает развитие дальнейших осложнений [9].

В настоящее время наиболее перспективными нейропротекторами считаются жирорастворимые АО стероидной природы. К ним относятся 21-аминостероиды, известные под названием «лазароиды» [10]. Благодаря структурному сходству с холестеролом лазароиды способны внедряться в липидный слой биологических мембран. Они оказались эффективными ловушками пероксинитрита, образующегося из супероксида и оксида азота

[11], и ингибиторами железо-зависимого ПОЛ [12]. По данным ряда авторов лазароиды благодаря мультифакторному действию ослабляют посттравматическую дегенерацию и способствуют восстановлению нервной ткани [13].

Вместе с тем в патогенезе посттравматических осложнений наряду с активацией СРО и ПОЛ участвуют факторы воспаления и апоптоза, что диктует необходимость поиска новых терапевтических средств, способных более эффективно восстанавливать пораженные нервные структуры, действуя на различные ключевые звенья патологического процесса.

Литература

1. Соколовский В.В., Шлейкин А.Г. Роль окислительно-восстановительных процессов в организме при действии повреждающих факторов // Живые системы под внешним воздействием. – 1992. – С. 132–136.
2. Шлейкин А.Г. Сопряженность антиоксидантной и иммунной систем организма при развитии аутоиммунных процессов // Иммуноопосредованный ремитирующий рассеянный склероз. – 2003. – С. 88–100.
3. Шлейкин А.Г. Обоснование антиоксидантной профилактики заболеваний у работников микробиологических производств // Гиг. труда. – 1991. – № 9. – С. 30–32.
4. Соколовский В.В. Антиоксиданты в профилактике и терапии заболеваний // Междунар. мед. обзоры. – 1993. – № 1. – С. 11–14.
5. Зыбина Н.Н., Бисага Г.Н., Фролова М.Ю. «Окислительный стресс» при рассеянном склерозе // Иммуноопосредованный ремитирующий рассеянный склероз. – 2003. – С. 101–125.
6. Шлейкин А.Г. Антиоксидантная система и нервная патология // Рассеянный склероз: основы здоровья. – 1994. – С. 131–140.
7. Путилина Ф.Е., Галкина О.В., Ещенко Н.Д., Диже Г.П., Красовская И.Е. Свободнорадикальное окисление. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2008. – 161 с.
8. Головкин В.И., Шлейкин А.Г., Полканова Е.К. Антиоксидантное действие Чаванпраша при рассеянном склерозе // Мед.-соц. аспекты рассеянного склероза (Мат. конф.). – 2001. – С. 22–23.
9. Александров М.В., Соколовский В.В., Федорова Т.Ф. и др. Агрегация клеток крови и окислительный стресс в патогенезе ишемического инсульта // Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Инсульт. – 2004. – Вып. 10. – С. 39–46.
10. Chabrier P.E., Auguet M., Spinnewyn B., Auvin S. et al. BN 80933, a dual inhibitor of neuronal nitric oxide synthase and lipidperoxidation: a promising neuroprotective strategy // Proc Natl Acad Sci USA. – 1999. – V. 96(19). – P. 10824–10829.
11. Bao F. Liu D. Peroxynitrite generated in the rat spinal cord induces apoptotic cell death and activates caspase-3 // Neuroscience. – 2003. – V. 116(1). – P. 59–70.
12. Bydon M., Lin J., Macki M., Gokaslan Z.L., Bydon A. The current role of steroids in acute spinal cord injury // World Neurosurg. – 2014. – V. 82(5). – P. 848–854.
13. Maria R.C. Lazaroids and neuroprotection: What Benefit? // J. of Pharmacol. & Clin. Res. – 2017. – V. 2(2). – P. 001–002.

Нужина Юлия Викторовна
Год рождения: 1995
Университет ИТМО, химико-биологический кластер,
студент группы № A41424
Направление подготовки: 19.04.01 – Молекулярная робототехника и биосенсорные системы
e-mail: nujina@scamt-itmo.ru

Гандалипов Эрик Рафикович
Год рождения: 1997
Университет ИТМО, факультет лазерной и световой инженерии,
студент группы № B3366
Направление подготовки: 19.03.01 – Биотехнология и биоинженерия
e-mail: gandalipov@scamt-itmo.ru

Брюшкова Екатерина Александровна
Год рождения: 1986
Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН
e-mail: e.bryushkova@gmail.com

Колпащиков Дмитрий Михайлович
Год рождения: 1977
Университет ИТМО, химико-биологический кластер, к.хим.н.;
Университет центральной Флориды, отделение химии
e-mail: kolpashchikov@scamt-itmo.ru

УДК 57.088.1

APTAMER-BASED SENSORS FOR RNA DETECTION

Нужина Ю.В. (Университет ИТМО)**, Гандалипов Э.Р.** (Университет ИТМО)**,**
Брюшкова Е.А. (Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН)
Научный руководитель – к.хим.н. Колпащиков Д.М.
(Университет ИТМО; Университет центральной Флориды)

The purpose of the study is to develop a self-assembling aptamer-based nanosensor targeting human androgen receptor mRNA. In order to do this, a three-dimensional structure consisting of oligonucleotides, deoxyribozymes and an aptamer sensor was designed and studied. The developed nanosensor is capable of efficiently cleaving target RNA molecule and produce a fluorescent signal upon binding to the RNA molecule. The results could be used to develop novel biosensor systems for possible applications in laboratory diagnostics.

Keywords: aptamer, biosensor, deoxyribozyme, DNAzyme, RNA.

The first ideas suggesting that nucleic acids could participate in other biological processes apart from storage of genetic information emerged soon after the discovery of the ability of nucleic acids to form complex three-dimensional structures. This was confirmed in 1982 with discovery of a naturally-occurring RNA molecule exhibiting catalytic activity, which previously was observed only in proteins. In the following years, multiple catalytic DNA molecules (deoxyribozymes) as well as catalytic RNA molecules (ribozymes) were synthesized and investigated. Moreover, unlike deoxyribozymes, various catalytic RNA molecules were shown to occur naturally within many forms of life. The newly-discovered molecules have quickly attracted a lot of attention focused on their prospective practical applications in research and clinical practice [1]. As catalysts, ribozymes and deoxyribozymes possess several inherent advantages over proteins: they are much easier to identify and synthesize, cheaper to produce, and the secondary structures formed by them are highly stable even in the absence of tertiary structures. Furthermore, due to their higher chemical stability, lower cost and easier synthesis, deoxyribozymes tend to be more suitable for application purposes compared to ribozymes.

One of the most promising practical uses for deoxyribozymes are possible applications in biosensing, especially detection of specific nucleic acid sequences. For instance, RNA-cleaving deoxyribozymes can be used in combination with different biosensing platforms to improve output signal parameters. Fluorescent sensors are particularly useful for this purpose providing the opportunity of immediate highly-specific detection of nucleic acids.

A common approach involves using deoxyribozymes as hybridization probes that fluoresce when RNA cleavage separates a fluorophore from its quenchers. However, such probes are usually very expensive, quite unstable and might be lacking targeting specificity. In order to address this issue, deoxyribozymes could be combined with split aptamer probes that self-assemble and emit fluorescent signal upon binding to analyte [2]. The secondary structure of aptamer is more stable, they have higher binding specificity relatively low costs of synthesis. A biosensor probe obtained using this approach gains improved sensitivity achieved by catalytic amplification of the signal.

Our project aims to develop a self-assembling aptamer-based nanosensor targeting human mRNA. For our project, human androgen receptor mRNA was chosen as a target for nanosensor. Overexpression of androgen receptor causes different pathological conditions. One example of a such androgen-mediated disorder is androgenetic alopecia [3]. The 60 nt. long sequence was selected based on analysis of human mRNA reference sequences to identify suitable region that has to be highly conserved among all transcript variants to allow for maximum mRNA coverage. The sequence should also have low single-nucleotide polymorphisms (SNP) rates to minimize the effect of variation on nanosensor specificity. For visualization purposes, we labelled 5'-end of RNA oligonucleotide with 6-FAM tag. For research on detection we used non-labelled RNA oligonucleotide. Prospective future applications of the nanosensor can be used in laboratory diagnostics, with possible opportunities for clinical translation.

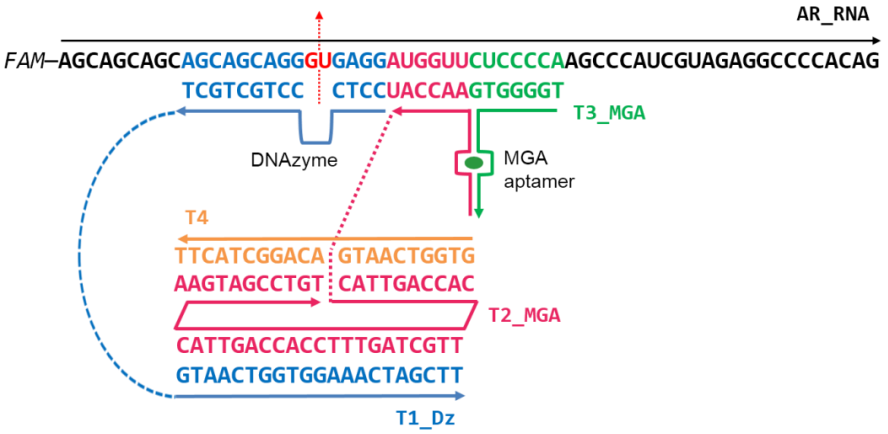


Fig. 1. Aptamer-based nanosensor design. AR_RNA – target RNA sequence;
T1_Dz – deoxyribozyme; T2_MGA and T3_MGA – parts of aptamer; T4 – structural oligonucleotide

High selectivity of the sensor is expected because both aptamer and deoxyribozyme have to be specifically bound to target RNA. Aptamer binding is facilitated by deoxyribozymes: by cleaving RNA, they make the sequence spatially more accessible for aptamer binding arms. However, this catalytic activity can be used as an efficient biocompatible theranostic platform that can be further developed for prospective clinical applications as a method of RNA interference.

Using principles of DNA origami construction, we have developed a aptamer-based nanosensor design consisting of hybridized deoxyribozymes, a split aptamer probe and structural oligonucleotides (Fig. 1).

Thermodynamic characteristics of all oligonucleotides were analyzed using The Nucleic Acid Package (NUPACK) software. Prediction and analysis of oligonucleotide folding as a part of a composite nanosensor was carried out using Mfold web tool [4]. As a suitable aptamer-based fluorescent probe for optimal signal output we used malachite green RNA aptamer [5] in the nanosensor design (MGA nanosensor). The ability of nanosensor to self-assemble after 12 h incubation at physiological temperature (+37°C) was analyzed using agarose gel electrophoresis. The results confirmed that the nanosensor was able to successfully self-assemble. Then, the efficiency of target RNA cleavage following 10 h incubation with target RNA at +37°C was evaluated using polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE). The MGA nanosensor demonstrated sufficient cleavage efficiency, however its performance could be improved upon. Target RNA cleavage efficiency of free deoxyribozymes used in MGA nanosensor was also evaluated using PAGE after incubation with target RNA at +37°C. Both deoxyribozymes demonstrated robust and rapid catalytic activity, efficiently cleaving target RNA in 3 h. Finally, the ability of the nanosensor to function as detection platforms was studied using spectrophotometry by measuring fluorescence intensity of emission spectra of nanosensor. The assembled nanosensor were incubated with 1 μM target RNA for 24 h at +37°C, then stored at +4°C for 1 h. Oligonucleotides and aptamers composing the nanosensor that didn't undergo self-assembly process were used as controls. Excitation wavelength of 610 nm was used for MGA nanosensor and the emission wavelengths were scanned from 630 nm to 700 nm in 1 nm increments. As a result, spectral emission scans of MGA nanosensor were acquired. The results have demonstrated that malachite green aptamer in MGA nanosensor was reporting with a high intensity and good signal quality (Fig. 2).

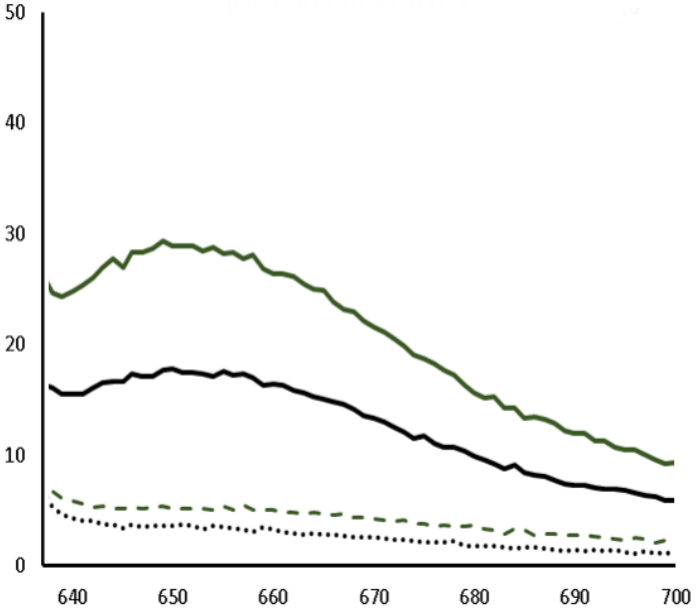


Fig. 2. Spectral emission scan of active MGA nanosensor (green), tiles of nanosensor that were not assembled (black), inactivated nanosensor (dashed) and MGA aptamer (dotted)

The obtained results allow us to develop an improved design using malachite green aptamer that will efficiently cleave target RNA while giving a fluorescent output that is high enough for detection. The main challenge facing our project is successful determination of nanosensor design

that would provide an optimal compromise between efficient RNA cleavage and high fluorescence intensity. However, the resultant designs could not provide a sufficient effect that combines both cleavage and detection.

In this work we have designed highly specific aptamer-based RNA-cleaving molecular sensor targeting human androgen receptor. We have developed and investigated two designs of the sensors based on their ability to assemble, cleave target RNA and report detection signals. Further work is needed to improve upon these results in order to obtain a functional platform that can be used for detection and diagnostics.

This work was supported by RFBR grant (according to the research project № 18-34-00898).

References

1. Zhou W., Ding J., Liu J. Theranostic DNAzymes // Theranostics. – 2017. – V. 7. – P. 1010–1025.
2. Zhou W., Huang P., Ding J., Liu J. Aptamer-based biosensors for biomedical diagnostics // The Analyst. – 2014. – V. 139. – P. 2627.
3. Yang Y.-C., Fu H.-C., Wu C.-Y., Wei K.-T., Huang K.-E. and Kang H.-Y. Androgen Receptor Accelerates Premature Senescence of Human Dermal Papilla Cells in Association with DNA Damage // PLoS ONE. – 2013. – V. 8. – P. 79434.
4. Zuker M. Mfold web server for nucleic acid folding and hybridization prediction // Nucleic Acids Res. – 2003. – V. 31. – P. 3406–3415.
5. Kolpashchikov D. Binary Malachite Green Aptamer for Fluorescent Detection of Nucleic Acids // Journal of the American Chemical Society. – 2005. – V. 127. – P. 12442–12443.

СОДЕРЖАНИЕ

Направление «ПИЩЕВЫХ БИОТЕХНОЛОГИЙ И ИНЖЕНЕРИИ»..... 4
Адади П., Баракова Н.В. Способы повышения биодоступности каротиноидов 5
Борисова А.А. Эффективность использования возобновляемых источников энергии в энергокомплексе 9
Борисова А.А. Разработка предложений в области ресурсосбережения на примере компании «Фортум» 13
Горбунов Г.Н., Эмем О.Ч. Энергоэффективная система огневого обезвреживания твердых коммунальных отходов в городе Лагос, Нигерия 18
До Тхи Зунг, Петрова О.В. Накопление мышьяка в компонентах экосистем, находящихся под воздействием промышленных объектов 21
Егоров А.Н. Влияние кавитации на гидролиз при получении пектина 24
Егорова О.А. Влияние СВЧ-обработки цитрусового сырья на выход пектина..... 28
Зуева Е.Н., Павлова А.С. Экологические аспекты внедрения электрохимической системы CIP на предприятии по производству безалкогольных напитков 32
Ибрахим М.Н.Г., Баракова Н.В. Извлечение бета-глюкана из послеспиртовой ячменной барды 37
Коршунова Н.А., Баракова Н.В. Спектроскопия в среднем инфракрасном диапазоне и буферная емкость вин и виноматериалов как экспресс-методы для их идентификации.....41
Кузнецова К.Г., Молодкина Н.Р. Исследование особенностей целлюлолитических микроорганизмов, применяющихся для снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду 47
Кыздарбек У. Исследование свойств гранатового сока и продуктов его переработки 49
Лымарь П.И., Юльметова Р.Ф. Современные экоупаковки в хлебопекарном производстве 56
Мальченко А.В., Павлова А.С. Комплексное управление твердыми коммунальными отходами и их утилизация в россии и странах Балтийского региона..... 60
Минина П.А. Метод получения водорода с использованием микробиологических процессов и технологий 64
Молдованов Д.В. Возможности совершенствования процессов и аппаратов для сушки суспензий..... 67
Никитенко П.С., Сергиенко О.И. Особенности применения новой редакции стандарта ИСО 50001 в области энергетического менеджмента..... 72
Нсенгумуремый Д., Агембо Э. Применение ультразвуковой обработки для модификации пищевых волокон 76
Nsengumuremyi D., Sabirov A.A. Analysis of biotechnological properties of the strain of E. Coli transformed using nanostructue..... 80
Орипова А.А., Динкелакер Н.В. Исследование биоаккумуляции тяжелых металлов во внутренних органах и тканях лососевых рыб 84
Орипов У., Орипова А.А. Управление отходами производства и потребления на основе экотехнопарков: опыт Финляндии и России 88
Осетрова Е.М. Энергетическая утилизация газообразных отходов металлургического производства 93
Павлова А.С., Рожкова К.В. Анализ значимых экологических аспектов для компании по производству безалкогольных напитков 96
Панова А.С. Сравнительная характеристика наилучших доступных технологий очистки сточных вод перерабатывающей мясной промышленности..... 99

Пликина А.В., Федоров А.С., Гунькова П.И. Исследование факторов, определяющих термоустойчивость белкового сыра 103
Попова И.С. Энергетическая эффективность применения биогазовых установок при переработке отходов молочного производства 107
Разумова Д.В., Сергиенко О.И. Выбор наилучшей доступной технологии утилизации нефтесодержащих отходов 110
Сахнова А.А. Перспективы перехода к интегрированной системе менеджмента экологической безопасности и охраны труда на промышленных предприятиях.....113
Семенова Т.С. Накопление тяжелых металлов в сложной экосистеме зарастающих озер на примере раковых озер Ленинградской области Выборгского района 120
Соболева П.В. Повышение ресурсной эффективности производства строительных материалов: опыт Научного центра устойчивого развития Лейденского университета, Нидерланды..... 124
Струговцова В.В., Иванова М.В., Рипачева А.Е. Влияние биозащитных культур на физико-химические и органолептические свойства мясного сырья 128
Храброва А.В., Золотухина Т.К., Морозкина С.Н. Синтез аллобетулина и его свойства . 132
Черниховец Е.А. Повышение коллоидной стабильности пива за счет использования отечественных марок силикагеля..... 138
Шарипова С.С., Ульянов Н.Б., Сергиенко О.И. Наилучшие доступные технологии как инструмент повышения энергоэффективности теплоэлектроцентралей 141

Направление «НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА»..... 146
Асач А.В., Куприянов Д.В., Сафронова Ж.С. Возможности развития предпринимательских качеств личности в образовательной среде Университета ИТМО 147
Бекирова В.В. Метод испытания средств индивидуальной защиты органов дыхания с использованием тест-вещества SF_6..... 153
Василевская А.А., Банарь С.А. Идентификация вырубок леса по данным космической съемки водосбора р. Селезнёвки..... 157
Возыкова С.Д. Распространение сервисов краткосрочной аренды частного жилья в особо охраняемых природных территориях 161
Гнездилова Е.А., Тимофеева И.В. Энергетическая эффективность малых гидроэлектростанций в России 164
Лунчиков И.С., Быковская Е.А., Кустиков Ю.А. Метрологическое обеспечение измерений при контроле качества продуктов нефтегазовых компаний 172
Макарова Е.С., Новотельнова А.В. Поиск путей измерения теплофизических свойств тонких термоэлектрических пленок висмута на различных подложках..... 176
Маслова С.С. Анализ факторов, оказывающих воздействие на шумозащитные экраны.....181
Маюрова А.С. Разработка модели прогноза развития этнических традиций питания в Обь-Иртышском регионе 186
Монгуш Ч.Б. Жизненный цикл полимерных материалов..... 189
Переслегина Е.А. Анализ методик испытаний спецодежды на истирание. Подбор абразива. 192
Попова М.А., Пинчук О.А. Разработка стандартного образца гранулометрического состава в диапозоне размеров частиц от 1550 до 1800 мкм 194
Попчук В.В. Совершенствование системы безопасности на объектах металлургической промышленности на примере литейного цеха ОАО «Желдорреммаш» (г. Новосибирск)..... 199
Рогожина А.А. Оценка экономической эффективности мусороперерабатывающих предприятий и мусоросортировочных станций 204

Сехин С.В. Математическая модель для расчета тепловых и гидравлических потерь в компактном насосе Рутса 207
Снытко Ю.Н., Тюрикова Е.П., Кустикова М.А. Анализ методов детектирования фреонов в условиях герметичности помещений военно-морских судов 211
Тазитдинов Р.Р., Круглов А.А., Юнусов М. Разработка методики расчета процесса замораживания капли в вакуумной установке для производства бинарного льда.... 216
Тюрикова Е.П. Особенности исследования биомаркеров с использованием оптических методов для экологического мониторинга 219
Цветков В.А. Современные тенденции создания поршневых уплотнений 222
Шац К.О., Кустикова М.А. Проблемы роста концентраций оксидов азота в России и за рубежом 226

Направление «ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ» 230
Ларченко К.В., Метелица М.А., Самукова П.А., Шлейкин А.Г. Исследование нейропротекторного действия антиоксидантов..... 231
Нужина Ю.В. (Университет ИТМО)**, Гандалипов Э.Р.** (Университет ИТМО)**,**
Брюшкова Е.А. (Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН). Aptamer-based sensors for RNA detection……234

АЛЬМАНАХ НАУЧНЫХ РАБОТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО
Том 5

В авторской редакции
Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО
Дизайн обложки Н.А. Потехина
Зав. РИО Н.Ф. Гусарова
Редактор Л.Н. Точилина
Подписано к печати 10.10.2019
Заказ № 4240
Тираж 100 экз.