



АЛЬМАНАХ

НАУЧНЫХ РАБОТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

2021

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО
(Университет ИТМО)**

**АЛЬМАНАХ
НАУЧНЫХ РАБОТ
МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ
Университета ИТМО**

Том 1
Часть 2



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург

2021

УДК_082.2

ББК_94.3

Альманах научных работ молодых учёных Университета ИТМО. Том 1.
Часть 2. СПб.: Университет ИТМО. 2021. 279 с.

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель редколлегии:

Баранов Игорь Владимирович

доктор технических наук, профессор, директор мегафакультета биотехнологий и низкотемпературных систем Университета ИТМО.

Члены редколлегии:

Тамбулатова Екатерина Викторовна

кандидат технических наук, заместитель директора мегафакультета биотехнологий и низкотемпературных систем, декан факультета низкотемпературной энергетики

Румянцева Ольга Николаевна

кандидат технических наук, доцент, заместитель директора мегафакультета биотехнологий и низкотемпературных систем

Курушкин Михаил Вячеславович

кандидат химических наук, декан факультета биотехнологий

Кривошапкин Павел Васильевич

кандидат химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник химико-биологического кластера, директор научно-образовательного центра химического инжиниринга и биотехнологий

ISBN 978-5-7577-0648-1

ISBN 978-5-7577-0650-4 (Том 1, часть 2)



Университет ИТМО (Санкт-Петербург) – национальный исследовательский университет, ведущий вуз России в области информационных, фотонных и биохимических технологий. Альма-матер победителей международных соревнований по программированию: ICPC (единственный в мире семикратный чемпион), Google Code Jam, Facebook Hacker Cup, Яндекс.Алгоритм, Russian Code Cup, Topcoder Open и др. Приоритетные направления: IT, фотоника, робототехника, квантовые коммуникации, трансляционная медицина, Life Sciences, Art&Science, Science Communication. Входит в ТОП-100 по направлению «Автоматизация и управление» Шанхайского предметного рейтинга (ARWU) и занимает 74 место в мире в британском предметном рейтинге QS по компьютерным наукам (Computer Science and Information Systems). С 2013 по 2020 гг. – лидер Проекта 5-100.

© Университет ИТМО, 2021

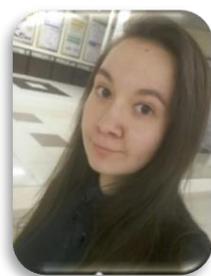
© Авторы, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Издание содержит результаты научных работ молодых ученых, доложенные 1-4 февраля 2021 года на Пятидесятой научной и учебно-методической конференции Университета ИТМО по тематике: пищевых биотехнологий и инженерии; низкотемпературная энергетика; химико-биологическое направление.

Конференция проводится в целях ознакомления общественности с результатами научных исследований, выполненных в рамках: государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, стратегии развития Университета ИТМО до 2027 года, грантов Президента РФ для поддержки молодых российских ученых, грантов РФФИ, РФФИ, по постановлению Правительства РФ N 218 от 9 апреля 2010 года " Об утверждении Правил предоставления субсидий на развитие кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций реального сектора экономики в целях реализации комплексных проектов по созданию высокотехнологичных производств", по постановлению Правительства РФ № 220 от 09 апреля 2010 г. «О мерах по привлечению ведущих ученых в российские образовательные организации высшего образования, научные учреждения и государственные научные центры Российской Федерации», государственной поддержки центров Национальной технологической инициативы на базе образовательных организаций высшего образования и научных организаций, федерального проекта "Цифровые технологии", национальной программы «Цифровая экономика в Российской Федерации» и по инициативным научно-исследовательским проектам, выполняемыми преподавателями, научными сотрудниками, аспирантами, магистрантами и студентами Университета, в том числе в содружестве с предприятиями, организациями Российской Федерации, а также международными сообществами для увеличения эффективности научно-исследовательской деятельности и подготовки кадров и специалистов высшей квалификации.

**НАПРАВЛЕНИЕ
«ПИЩЕВЫХ БИОТЕХНОЛОГИЙ И ИНЖЕНЕРИИ;
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА;
ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ»**



Миниахметова Айгуль Васимовна

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет пищевых биотехнологий,
студент группы № Т42505с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: minaigul86@mail.ru



Сергиенко Ольга Ивановна

Год рождения: 1957
Университет ИТМО,
факультет пищевых биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: oisergienko@itmo.ru

УДК 005.35

**СОЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА
ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КАК ИНСТРУМЕНТ
МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

А.В. Миниахметова, О.И. Сергиенко

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

Аннотация

Рассмотрена инициатива по применению методики оценки сокращения продолжительности жизни в зависимости от условий труда и проживания. Приводится пример анализа условий на рабочем месте с учетом социальных аспектов безопасности производства. Результаты анализа могут быть применены для оценки социальной ответственности компании. Такой подход может применяться в рамках системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда – ИСО 45001.

Ключевые слова

Социальная ответственность, социальная оценка жизненного цикла, охрана труда, риск-ориентированное мышление.

С развитием вопроса социальной ответственности организаций, в целях достижения устойчивого развития человечества, становится актуальным применение интегрированных систем менеджмента организацией в сферах управления экологически ответственной деятельностью предприятия, а также в сфере более ответственного отношения к вопросам охраны здоровья сотрудников и безопасности условий их рабочих мест. При этом важно учесть, что сотрудники являются важной составляющей организации производства, осуществления иной хозяйственной деятельности компании. Учет их интересов регламентируется практически во всех международных стандартах семейства ISO как представителей заинтересованной стороны.

Для определения сфер социальной ответственности организации может служить стандарт ГОСТ Р ИСО 26000-2012 [1], который ставит одним из вопросов ответственность в сфере охраны труда.

Главная цель функционирования системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда (далее ОЗБТ) заключается в применении мер, предотвращающих

травмы и ущерб здоровью сотрудников, а также обеспечение безопасных для здоровья сотрудников условий труда рабочих мест [2].

Одним из инструментов систем менеджмента охраны труда предлагается применение социальной оценки жизненного цикла, принципы проведения которой изложены в «Руководстве по социальной оценке жизненного цикла продукта», разработанным UNEP (сокр. от United Nations Environment Programme - Программа ООН по окружающей среде) в сотрудничестве с SETAC (сокр. от Society of Environmental Toxicology and Chemistry). В данном документе здоровье и безопасность является одним из шести категорий воздействия, которые учитываются при проведении такой оценки [3].

Социальная оценка жизненного цикла использует данные, которые могут быть общими, специфичными для определенной ситуации, а также могут быть количественными, полуколичественными или качественными. Такая оценка дополняет экологическую оценку жизненного цикла и метод учета затрат в жизненном цикле продукта социальными и социально-экономическими аспектами, которые могут включать показатели заработной платы, пособий, уровень безработицы, свободы ассоциаций и коллективных переговоров, здоровья и безопасности, соблюдение прав человека; этических норм. Такая оценка обеспечивает более полное представление о влиянии жизненного цикла продукции на окружающую среду и человека [3].

Воздействие вредных факторов на здоровье человека определяется совокупностью факторов, их уровнями и длительностью пребывания человека в зонах их воздействия.

Для проведения количественной оценки социальной нагрузки предприятия в сфере сокращения продолжительности жизни работников в условиях рабочей среды предлагается применить методические рекомендации [4]. При суточной миграции человека во вредных условиях жизненного пространства суммарная оценка ущерба здоровью может быть определена через подсчет времени сокращения продолжительности жизни в сутках по следующей формуле с учетом неблагоприятных факторов производства:

$$\text{СПЖ}_{\text{пр}} = (K_{\text{пр}} + K_{\text{т}} + K_{\text{н}}) \cdot (T - T_{\text{н}}),$$

где $K_{\text{пр}}$, $K_{\text{т}}$, $K_{\text{н}}$ – ущерб здоровью на основании оценки класса условий производства, тяжести и напряженности труда, сут/год; T – возраст человека, год; $T_{\text{н}}$ – возраст начала трудовой деятельности.

Данная оценка является информативным показателем, который позволит оценить уровень воздействия условий труда на здоровье сотрудников. Для определения значений показателей $K_{\text{пр}}$ и $K_{\text{н}}$ использовалась табл. 1 [4].

Для определения значения показателя $K_{\text{т}}$ используется табл. 2 [4].

Таблица 1

Скрытый ущерб здоровью на основании общей оценки класса условий труда

Фактические условия труда	Класс условий труда	Ущерб, суток за год $K_{\text{пр}}$ ($K_{\text{н}}$)
1 фактор класса 3.1.	3.1.	2,5
2 фактора класса 3.1.	3.1.	3,75 +
3 и более факторов класса 3.1.	3.2	5,1
1 фактор класса 3.2.	3.2	8,75 +
2 и более факторов класса 3.2	3.3	12,6
1 фактор класса 3.3	3.3	18,75 +
2 и более факторов класса 3.3	3.4	25
1 фактор класса 3.4	3.4	50,0 +

продолжение таблицы

Фактические условия труда	Класс условий труда	Ущерб, суток за год $K_{пр}$ (K_n)
2 и более факторов класса 3.4	4	75,1
Наличие факторов класса 4	4	75,1

Таблица 2

Скрытый ущерб здоровью по показателю тяжести трудового процесса

Фактические условия труда	Класс условий труда	Ущерб, суток за год K_T
1	2	3
Менее 3 факторов класса 2	2	-
1	2	3
3 и более факторов класса 2	3.1	2,5
1 фактор класса 3.1	3.1	3,75
2 и более факторов класса 3.1	3.2	5.1
1 фактор класса 3.2	3.2	8,75
2 фактора класса 3.2	3.3	12.6
Более 2 факторов класса 3.2	3.3	18,75

Расчет носит вероятностный характер и позволяет оценить влияние наиболее весомых факторов, характеризующих качество жизни конкретного человека.

Для проведения расчетов важно учитывать классы условий труда, которые подразделяются на четыре уровня. Градация условий труда зависит от степени отклонения действующих факторов производственной среды и трудового процесса от гигиенических нормативов. Для оценки условий труда для установления класса данных условий применяется Руководство [5].

При распределении по классам учитываются такие физические факторы рабочей среды, как: температура воздуха на рабочем месте, 0°C : в теплый период, холодный период; токсичное вещество, кратность превышения ПДК; промышленная пыль, кратность превышения пдк; вибрация, превышение пду; промышленный шум, превышение пду; ультразвук, превышение пду; интенсивность теплового излучения; освещенность рабочего места; разряд работы; микроклимат.

Также выделяют факторы рабочей среды, в зависимости от тяжести трудового процесса: физическая динамическая нагрузка (единицы внешней механической работы за смену, $\text{кг} \cdot \text{м}$); масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную (кг); стереотипные рабочие движения (количество за смену); статическая нагрузка - величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий ($\text{кгс} - \text{с}$); рабочая поза; наклоны корпуса (вынужденные более 30°), количество за смену; перемещения в пространстве, обусловленные технологическим процессом: по горизонтали; по вертикали.

И в зависимости от напряженности трудового процесса: интеллектуальные нагрузки; сенсорные нагрузки; эмоциональные нагрузки; монотонность нагрузок; режим работы [5].

Следующим этапом проведения оценки является вычисление удельного ущерба здоровью персонала организации, которая приводится к единице производимой ею продукции за определенный период, 1 год. Для расчета удельного ущерба ущерб здоровью сотрудников на единицу продукции предлагается применить следующую формулу:

$$\text{СПЖуд} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{СПЖ}i}{N_{\text{общ}}},$$

где СПЖуд – удельный ущерб здоровью сотрудников на единицу продукции; СПЖ_т – затраты здоровья сотрудника за определенный промежуток времени, сут./т год; *i* – от 1 до *n* – количество работников, занятых на производстве; N_{общ} – выпускаемая продукция в натуральном выражении, например, т/год.

В качестве примера применения методики была рассмотрена ООО «Биофабрика». Это российский производитель растительно-пшеничного волокна (клетчатки). Производственные мощности компании позволяют выпускать до 250 тонн продукции в месяц, 3000 т в год. Компания была создана в 2015 году в Санкт-Петербурге [6]. Организация ведет открытую политику в сферах качества и безопасности своей продукции, охраны труда. Для расчетов были использованы данные результатов проведения специальной оценки условий труда рабочих мест компании ООО «Биофабрика» за 2019 год, которые актуальны на сегодняшний день [6].

Результаты расчетов представлены в табл. 3. Был рассчитан ущерб здоровью для одного сотрудника за 1 год и последующие годы – до 5 лет работы в организации. Известно, что общее среднее количество производимой продукции компанией в год составляет 3 тыс. тонн. Таким образом, для производства 1 т продукции ежегодно затрачивается 0,1 суток общего здоровья сотрудников, или около 2,4 часа общей продолжительности жизни (табл. 3).

Таблица 3

Результаты расчетов ущерба здоровью сотрудников

Специальность работника	Кол.-во работников по специальности	Ущерб здоровью работника в зависимости от количества лет работы, сут/лет					Общий ущерб здоровья работников за год работы, сут/год	Производство продукции за год, т/год	Ущерб здоровью на единицу продукции в течении года, сут/т
		1	2	3	4	5			
Старший оператор производственной части	3	26	53	79	105	131	79	3000	0,1
Оператор производственной части	8	26	53	79	105	131	210		
Заведующий складом	1	3	5	8	10	10	3		
Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования	3	3	5	8	13	13	8		
ИТОГО:	15	31	63	94	128	154	299	3000	0,1

Одним из важных этапов функционирования менеджмента ОЗБТ является формирование рекомендаций по улучшению условий рабочего места, снижения рисков травмоопасности, снижения напряженности трудового процесса и т.д.

Так, были сформированы рекомендации по улучшению условий труда, в зависимости от вредных факторов в каждой из рабочей зоны, представленные в табл. 4.

Таблица 4

Рекомендации по улучшению условий труда

Специальность работника	Рабочие помещения	Наименование факторов производственной среды	Рекомендации
1	2	3	4
Старший оператор производственной части	Участок упаковки; участок подачи сырья; участок формирования паллетов	Шум (от двигателя, от оборудования); вибрации (от двигателя); АПФД (пыль); напряженность (число объектов одновременного наблюдения, плотность сигналов); тяжесть труда (общ. физ. нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза, наклоны корпуса, раб. поза, перемещение в пространстве)	Организовать рациональные режимы труда и отдыха. Применение средств звукопоглощения. Повышение продуктивности работы вентиляционных механизмов в промышленных помещениях
Оператор производственной части	Участок упаковки Участок подачи сырья Участок формирования паллетов	Шум (от двигателя, от оборудования) Вибрации (от двигателя) АПФД (пыль) Напряженность (число объектов одновременного наблюдения, плотность сигналов) Тяжесть труда (общ. физ. нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза, наклоны корпуса, раб. поза, перемещение в пространстве)	Организовать рациональные режимы труда и отдыха. Применение средств звукопоглощения. Повышение продуктивности работы вентиляционных механизмов в промышленных помещениях
1	2	3	4
Заведующий складом	Склад Кабинет	Система искусственного освещения Шум и вибрация (от двигателя) Напряженность (число объектов одновременного наблюдения, плотность сигналов) Тяжесть труда (раб. поза, перемещение в пространстве)	Обеспечение рабочих мест необходимым количеством света. Применение средств звукопоглощения. Создание мест для отдыха и оздоровления условий труда. Модернизация оборудования в производственных помещениях
Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования	Территория организации	Шум и вибрации (от оборудования) Тяжесть труда (общ. физ. нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза, наклоны корпуса, раб. поза, перемещение в пространстве)	Организовать рациональные режимы труда и отдыха. Применение средств звукопоглощения. Создание мест для отдыха и оздоровления условий труда

Данная методика может быть применена как дополнение к экологической оценке жизненного цикла производства функциональных продуктов питания, то есть к продуктам с заданными свойствами, направленными на качественное и количественное улучшение свойств продуктов питания, в зависимости от цели их применения.

Так, жизненный цикл функциональных продуктов питания зависит от цели их применения, используемых ингредиентов, способов производства, которые будут отличаться условиями производственной среды, уровнями воздействия, в том числе потому что отличаются входными и выходными потоками.

Представленная в работе методика является количественной оценкой, которая позволяет выявить стадии производства, на которых происходит наибольший ущерб здоровью работникам, Применяя инструменты менеджмента ОЗБТ, можно предотвратить или уменьшить степень отрицательного воздействия.

Применение методики СОУТ позволяет определять факторы условий труда наибольшего влияния на организм (здоровье) работников; усиливать контроль за возможными рисками, принимать меры для снижения потенциальных рисков; выполнять количественную оценку воздействия производства на работников на протяжении жизненного цикла продукта; позволит повысить участие работников в функционировании системы менеджмента; повысит мотивацию персонала и создаст условия для развития единой корпоративной культуры за счет понимания каждым сотрудником своей роли в достижении единых целей организации, улучшит обмен информацией внутри организации.

Все перечисленное способствует созданию «положительного» имиджа компании в условиях рынка как социально-ответственной организации перед заинтересованными сторонами – работниками компании, подрядчиками, обществом; повысит эффективность системы менеджмента; будет способствовать устойчивому развитию компании; а также постоянному улучшению системы менеджмента в сфере охраны здоровья и безопасности труда, что и требуется стандартом ГОСТ Р ИСО 45001-2016.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 26000-2012 Руководство по социальной ответственности. Введен 15.03.2013. М.: Стандартиформ. 2014. 115 с.
2. ГОСТ Р ИСО 45001-2016 Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда. Требования и рекомендации по применению. Введен 01.03.2017. М.: Стандартиформ. 2018. 72 с.
3. Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators. Volume 1. 2017. 31 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.lifecycleinitiative.org/training-resources/global-guidance-lcia-indicators-v-1/> (дата обращения: 20.12.2020).
4. Методические указания по выполнению контрольной работы по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» /ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ/ Составитель Лисниченко В.В. Северодвинск: ИСМАРТ (СевмашВТУЗ). 2015. 34 с.
5. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Введен 01.11.2005. М.: Стандартиформ. 2005. 142 с.
6. ООО «Биофабрика» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://biofabrica.pro/?utm_source=direct&utm_content=8790292661&utm_term=функциональная%20смесь&yclid=280824383070566764 (дата обращения: 10.01.2020).



Миннигазимова Линара Ильдаровна
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы W41501,
направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность,
e-mail: Linara_12@mail.ru

УДК 504.054

ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ПЕСЧАНЫХ ПОБЕРЕЖИЙ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА ЧАСТИЦАМИ РАЗЛИЧНЫХ ФРАКЦИЙ

Л.И. Миннигазимова, И.В. Тимофеева
Научный руководитель – к.т.н. М.А. Кустикова

Аннотация

В работе рассмотрены результаты исследования загрязненности песчаных побережий восточной части Финского залива. Отбор проб осуществлялся двумя методами - «Frame» и «SandRake». В результате исследования было выявлено, что накопление мусора зависит от течений, формы береговой линии и антропогенной нагрузки. Таким образом, южное побережье Невской губы и северное побережье открытой части Финского залива оказались наиболее загрязненными.

Ключевые слова

Мониторинг, морской мусор, Балтийское море, Невская губа, загрязнённость побережий.

Практически каждый день наука делает новые открытия, прогресс человечества достиг небывалых масштабов. Однако в современном мире, вместе с ростом уровня жизни, растёт и негативное влияние на окружающую среду. Помимо истощения многих природных ресурсов планеты, происходит увеличение отходов, часть из которых попадает в водные объекты.

В 90-е годы 20 века океанограф Чарльз Мур обнаружил скопление мусора в Тихом океане и назвал его «большим тихоокеанским мусорным пятном» и заставил говорить весь мир о проблеме отходов [1].

Проблема загрязнения прибрежной зоны морским мусором с каждым годом становится все актуальней. Морской мусор — это мусор, который случайно попал в водную среду или на берег, или был намеренно оставлен людьми. Как часть взаимодействия водной и наземно-воздушных сред, морские побережья важны для общего состояния окружающей среды. Пластмассовые изделия являются наиболее распространенным материалом морского мусора и представляют наибольшую опасность для экосистем [2]. Оценить реальный масштаб загрязнения мусором в морской среде невозможно. Пластик не разлагается в естественной среде, а распадается на невидимые части под воздействием солнечных лучей и соленой воды, а по пищевой цепочке (планктон-рыба-человек) попадает в организм человека. Эти частицы адсорбируют на себе токсичные вещества и вызывают негативные последствия для живых организмов [3].

Эффективным способом определения источника загрязнения является проведение качественного мониторинга распространения и накопления морского мусора на

песчаных побережьях. Результаты мониторинга позволяют установить единую картину загрязнений морских побережий различными частицами.

В 1999 году представители ОСПАР (ОСПАР — конвенция по защите морской среды, подписанная в 1992 году) в Северо-Восточной Атлантике запустили пилотный проект «Marine Beach Litter», который стал первым в Европе общерегиональным стандартизированным методом мониторинга макромусора на побережьях в регионе ОСПАР [4].

Для оценки аккумуляции частиц различных фракций методы мониторинга морского мусора были адаптированы немецкими учеными. Метод «SandRake» («грабли») и «Frame» метод предназначены для оценки аккумуляции микромусора (2-5 мм), а также мезомусора (5-25 мм) и макромусора (более 25 мм) в верхнем слое песка (30-50 мм) от зоны заплеска до линии растительности [5].

«Frame» метод направлен на детальное изучение зоны заплеска (зоны воздействия волн и накопления материала) с полигона площадью 40 м², отбор микромусора проводится путем просеивания песка через сито 2 мм. «SandRake» метод используют при изучении более обширных зон побережья (от зоны заплеска до линии растительности) с полигона площадью 50 м² при помощи просеивания песка специальным инструментом – «грабли» [5].

Полевые исследования проводились летом 2019 года на 13 пляжах Финского залива на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области. На рис. 1 представлена карта с расположением точек исследования.

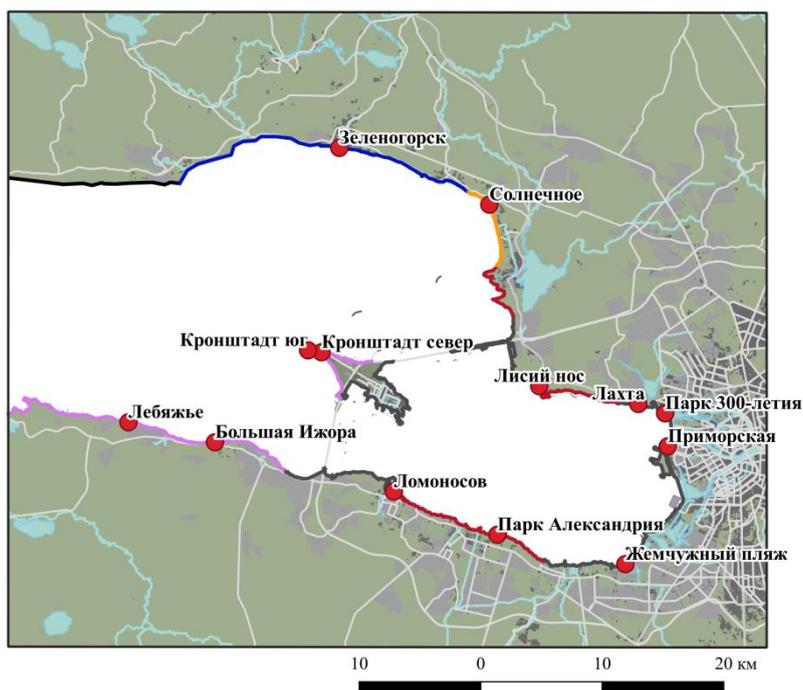


Рис. 1. Места отбора проб морского мусора

На основе результатов исследования о загрязненности морским мусором песчаных побережьях Восточной части Финского залива был осуществлён сравнительный анализ размера, состава, веса и количества найденных фрагментов в открытой части залива и внутри Невской губы.

Помимо пластика различного происхождения, морской мусор на побережьях состоит из множества различных материалов, в основном из стекла, строительного мусора, металла, бумаги и остатков от сигаретных фильтров. На рис. 2 представлено

распределение мусора всех фракций по типу материалов, отобранного «Frame» методом в зоне заплеска на песчаных побережьях Невской губы и открытой части Финского залива.

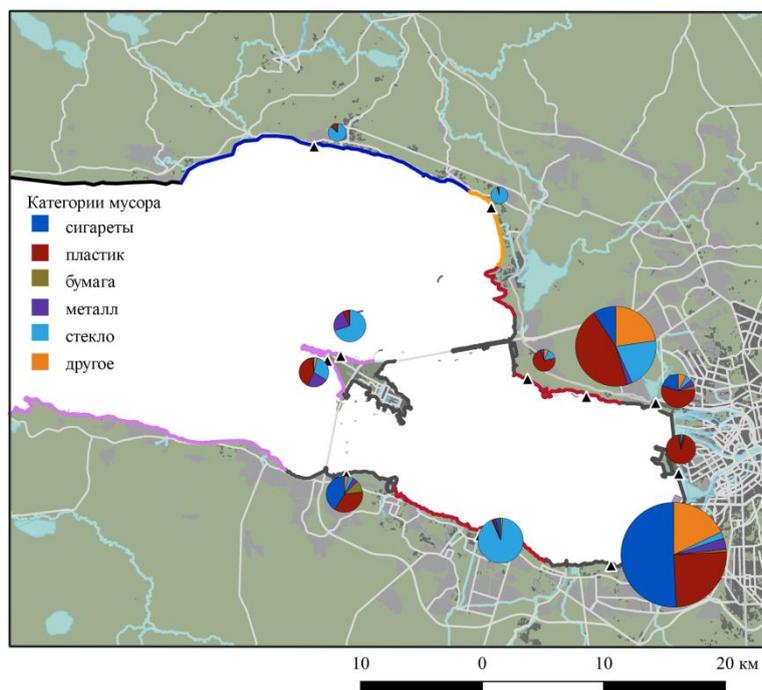


Рис. 2. Распределение мусора всех фракций по типу материалов в зоне заплеска

На всех исследуемых побережьях был обнаружен пластик. Наиболее загрязненным в зоне заплеска оказался Жемчужный пляж, который пользуется популярностью среди жителей города. На этом побережье больше половины всех найденных фрагментов – это остатки сигаретных фильтров. Практически весь найденный мусор на побережье в парке «Александрия» является стеклом, а на пляже у станции метро «Василеостровская» преобладает пластик. На северном побережье Невской губы больше половины найденных частиц оказались пластиковыми. К категории мусора «другое» на побережье в поселке Лисий нос и на Жемчужном пляже были отнесены влажные салфетки, то есть нетканый материал, который был обнаружен на данных побережьях. В целом побережья Невской губы загрязнены больше, чем побережья открытой части Финского залива.

Ввиду погодных условий, преобладающих ветров, системы течений и особенностей береговой линии северное побережье Невской губы загрязнено меньше, чем южное. Наличие тростника в водной среде служат своеобразным фильтром и задерживает поступление морского мусора на северные побережья.

Пляжи, расположенные в черте города, подвергаются большей антропогенной нагрузкой. Такие виды мусора, как нетканый материал, ватные палочки попадают на побережья во время прилива, что указывает на недостаточную обработку сточных вод очистными сооружениями. Тем не менее, практически весь найденный мусор был вынесен на берег со стоками реки Невы.

Большое количество остатков сигарет было обнаружено на городских пляжах. Сигаретные фильтры опасны тем, что выделяют токсины и превращаются в микропластик.

Почти весь металлический мусор, найденный на территории заказника «Западный Котлин», является фрагментами обшивки кораблей, так как в непосредственной близости от южной оконечности острова проходит единственный корабельный фарватер.

Около 28 % от всего найденного мусора в зоне заплеска оказался меньше 2 мм. Особое внимание заслуживают пластиковые гранулы – сырьё для изготовления полимерных изделий, которые были обнаружены почти на всех исследованных пляжах.

Наличие мусора на обширных участках пляжа обусловлено интенсивностью антропогенной нагрузки, количеством и качеством уборочных мероприятий. Северные побережья, на которых располагается курортная зона, пользуется большей популярностью, следовательно, выше антропогенная нагрузка, чем на южные пляжи. Таким образом, в открытой части Финского залива северное побережье загрязнено больше, чем южное. Помимо антропогенной нагрузки, на такое распределение влияет форма береговой линии. На рис. 3 изображена схема течений в Невской губе и распределение мусора всех фракций по типу материалов, отобранного «SandRake» методом в открытой части Финского залива. Сток реки Невы вместе с различными частицами, проходя через Северные ворота Комплекса защитных сооружений, врзается в северное побережье. Частицы выбрасывает на берег, и происходит накопление материала. На обширной части материковых побережий преобладает пластик (более 50 % найденных фрагментов), а на острове Котлин – металл. На всех исследуемых побережьях открытой части залива был обнаружен пластик (рис. 3).

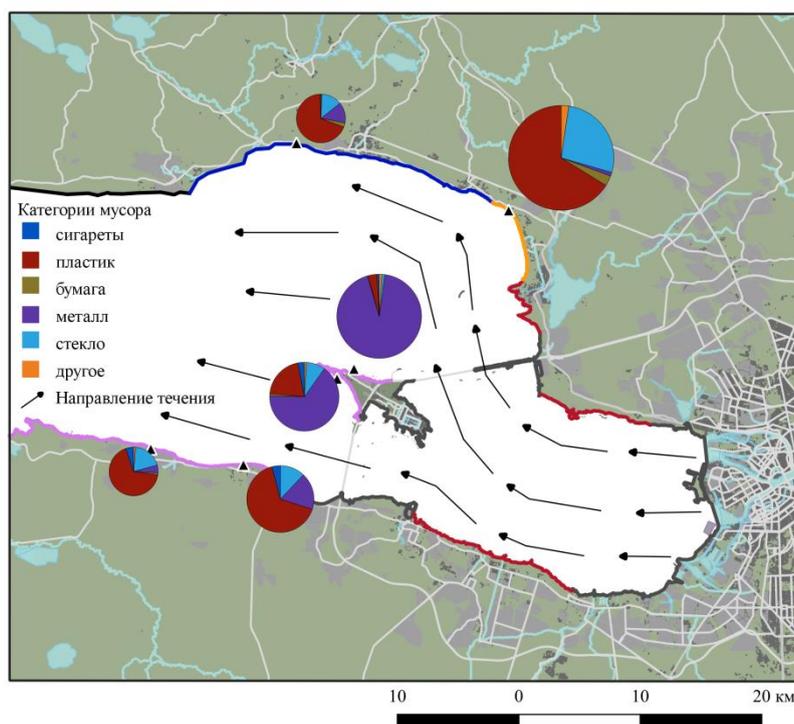


Рис. 3. Распределение мусора всех фракций на обширном участке побережья по типу материалов и направление течений в Невской губе

Легкие частицы пластика, доля которых 61 % от найденного мусора, размером менее 5 мм выносит на берег со штормовыми волнами. А при уборке пляжа они не захватываются уборочными машинами и остаются незамеченными при уборке, осуществляемой непосредственно людьми.

Результаты исследования показали, что наиболее загрязненным оказалось южное побережье Невской губы и северное побережье открытой части Финского залива. На степень загрязненности влияет качество и количество мероприятий по уборке, преобладающие ветра и антропогенная нагрузка, близость строительных объектов и северная станция аэрации.

Состав и количество морского мусора в разных зонах может сильно различаться. Но эти два метода мониторинга морского мусора позволяют установить источник загрязнения. В зону заплеска мусор поступает в основном с волнами и ежедневными приливами, ближе к растительности мусор, скорей всего, был оставлен отдыхающими или принесен ветром.

Для уменьшения загрязнения песчаных побережий необходимо принимать меры, такие как установка дополнительных мусорных контейнеров в местах отдыха, увеличение уборочных мероприятий, модернизация очистных сооружений. Мусор в морской среде – это большая проблема, которая будет только усугубляться.

Литература

1. Moore C.J. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat // *Environment Research*. 2008. №108. С. 131-139.
2. HELCOM (2018): State of the Baltic Sea – Second HELCOM holistic assessment 2011-2016. *Baltic Sea Environment Proceedings* 155p. С. 6-7.
3. Пластиковый мусор и микропластик в Мировом океане. Глобальное предостережение и исследование, призыв к действиям и руководство по изменению направления политики. ЮНЕП, 2016, Найроби / UNEP (2016). *Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change*. United Nations Environment Programme, Nairobi. С. 44.
4. Monitoring of marine litter on beaches in the OSPAR region// *OSPAR Commission*. 2007. N. 306/2007. С. 15.
5. Haseler M., Schernewski G., Balciunas A., Sabaliauskaite V., Monitoring methods for large micro- and meso-litter and applications at Baltic beaches. *J Coast Conserv*. 2017 DOI 10.1007/s11852 -017-0497-5. С. 1-6.



Митрофанова Елена Сергеевна

Год рождения: 1998

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

студент группы № W4150,

направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность,

e-mail: elenatmn98@gmail.com



Козликова Анна Владимировна

Год рождения: 1998

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

студент группы № W4151,

направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность,

e-mail: annterrrio@mail.ru

УДК 608.2

**АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С УТИЛИЗАЦИЕЙ СРЕДСТВ
ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ**

Е.С. Митрофанова, А.В. Козликова

Научный руководитель – доцент М.А. Кустикова

Аннотация

В работе рассмотрена проблема утилизации средств индивидуальной защиты после их контакта с патогеном COVID-19. Проанализированы способы первичной обработки и обеззараживания СИЗ, а также существующие способы их утилизации. Предложено практичное и эффективное решение по обеззараживанию и преобразованию средств защиты без их перемещения с мест использования.

Ключевые слова

Средства индивидуальной защиты, полимерные отходы, пандемия COVID-19, переработка.

В условиях современного мира возникают новые проблемы, с последствиями которых приходится сталкиваться научному сообществу. Пандемия Covid-19 в 2020 году преподнесла не только социальные, экономические и эпидемиологические проблемы и последствия, но и новую экологическую катастрофу, связанную с огромным количеством одноразовых средств индивидуальной защиты (СИЗ).

В данной области появились сразу несколько задач, которые нуждались в оперативном решении. Во-первых, система здравоохранения почувствовала резкую потребность в увеличении мощностей по производству СИЗ. Во-вторых, встал вопрос об утилизации, обеззараживании или возможной переработке СИЗ. Для его решения – перспективы переработки СИЗ в экономически конкурентоспособный продукт – проведено исследование в данном вопросе. Целью данной работы является изучение существующих методов переработки, утилизации и обеззараживания СИЗ, контактировавших с патогеном Covid-19.

Медицинские отходы в зависимости от степени их эпидемиологической, токсикологической и радиационной опасности, а также негативного воздействия на среду обитания подразделяются на пять классов опасности.

СИЗ, контактировавшие с COVID-19 в медицинских учреждениях, относятся преимущественно к классу опасности В, поскольку он относится ко второй группе патогенности. СИЗ, используемые в бытовых условиях, относятся к классу Б.

Так как СИЗ, находившиеся в контакте с патогенной средой, могут быть источниками поражения людей или должны подвергаться дезинфекции, то в современной мировой практике придерживаются следующих методов обеззараживания [1]:

а) кипячение с добавлением 1–2% кальцинированной соды или 0,3% порошка СФ-2, что применимо для хлопчатобумажной (х/б) одежды резинового или прорезиненного материала;

б) замачивание в дезинфицирующих растворах;

с) паровоздушный способ применяется для всех видов одежды и СИЗ, зараженных вегетативными и споровыми формами микробов, за исключением кожаных и меховых изделий, способ достаточно эффективен и надежен, так как большинство болезнетворных микробов погибает при температуре около 100°C, которую имеет влажный пар при нормальном давлении;

д) пароформалиновым способом можно обрабатывать также изделия из кожи и меха при температуре 58–59°C, добавление формалина усиливает дезинфицирующие свойства, продолжительность зависит от степени характера заражения.

Согласно письму Роспотребнадзора от 9.04.2020 г. № 02/6475-2020-32, в России применены следующие методы обеззараживания СИЗ.

Изделия многократного применения необходимо протирать спиртосодержащим дезинфекционным средством с концентрацией этилового спирта не менее 70%, изопропилового – не менее 60% каждые 2 часа.

Многоразовая защитная одежда должна погружаться в раствор дезинфицирующего средства или подвергаться автоклавированию.

Многоразовая защитная одежда из нетканых материалов погружается в растворы кислородактивных, хлорактивных дезинфицирующих средств в соответствии с инструкцией по применению или подлежит автоклавированию в паровом стерилизаторе водяным насыщенным паром.

Защитная одежда и СИЗ однократного применения повторному применению не подлежат и должны быть утилизированы в соответствии с требованиями к медицинским отходам класса В.

Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), используемые медицинскими работниками, являются одноразовыми, поскольку теряют свои фильтрующие характеристики в процессе носки. Однако в современных условиях пандемии COVID-19 остро встала проблема нехватки СИЗОД, что привело к разработке новых методов обеззараживания, которые бы позволяли повторно использовать средство защиты с допустимыми потерями в защитных свойствах. Рассмотрим данные методы на примере дезинфекции респиратора типа FFP3 [2]:

1. Использование паров окиси этилена.

Исследования показали, что при применение газообразной окиси этилена в разрешенных концентрациях ниже предельного уровня обнаружения, в силу его канцерогенных свойств, в течение часа и при температуре 55°C позволяет большей части моделей респиратора сохранить свои фильтрующие свойства.

2. Воздействие ультрафиолетового излучения.

Известно, что воздействие волн УФС на вирус разрушает структуру его ДНК и РНК посредством фотодимеризации. Тем не менее, существует ряд недостатков: 1) дезинфекция может быть неполной из-за наличия затемненных участков

в респираторе; 2) эффективность обработки зависит от типа лампы, дозы излучения и времени воздействия; 3) при длительном воздействии возможна деформация респиратора из-за термического воздействия. Следовательно, данный метод не подходит для обработки СИЗОД такого типа, поскольку эффект достигается только при высоких дозах облучения, что приводит к разрушению материала.

3. Использование гипохлорида натрия.

Вымачивание респираторов в растворах гипохлорида натрия различных концентраций (0,525–6%) обладает доказанной эффективностью и не ведет к снижению фильтрующей способности. Однако для нейтрализации выделений хлора требуется дополнительная обработка водой.

4. Использование озона.

Озон способен вызывать окислительную реакцию в клеточной оболочке вируса посредством разрушения липидов и белков и устранить вирус в течение 4-10 минут без потери фильтрующей свойств респиратора. Однако доказано его пагубное влияние на легкие, поэтому его использование для обеззараживания СИЗОД неприемлемо из-за риска, связанного с летучестью и раздражающими свойствами вещества.

5. Применение сухого и влажного тепла.

Применение тепла является достаточно эффективным методом, так как нагрев вызывает необратимые структурные повреждения белков в вирусе, что препятствует связыванию с клетками «хозяина». Метод подходит для обработки СИЗОД, но требует корректировки времени и температуры воздействия для сохранения технических, фильтрующих свойств СИЗ и эффективного уничтожения всех патогенных микроорганизмов.

6. Применение паров перекиси водорода.

Применение паров H_2O_2 не снижает фильтрующую эффективность и уничтожает патоген до неопределимых уровней. Использование данного метода может достигать 30 циклов, после чего наступает деформация. Процесс включает кондиционирование, выделение газа, выдержку и аэрацию VH_2O_2 .

Таким образом, можно выделить 2 метода по обработке СИЗОД, после применения которых возможно их повторное использования, без потери фильтрующей способности или с потерями в пределах допустимых значений, без деформации и безопасными для человека.

Тем не менее, проблема утилизации СИЗ стоит довольно остро, даже несмотря на возможность их повторного использования. Технологии обращения с отходами, которые уже применяются в мире, можно классифицировать так [3]:

- 1) сжигание;
- 2) захоронение;
- 3) переработка.

Для утилизации полимерных отходов применяется несколько методов. Выбор зависит от состава поступающего сырья и необходимых характеристик для вторичных товаров. Составом определяются свойства сырья, которые ограничивают применение некоторых методов. Методы утилизации и переработки полимерных отходов [3]:

- захоронение;
- механическое дробление;
- термическое воздействие;
- формовка;
- химические;
- физические;
- биологические.

Каждый житель Земли в среднем в год производит около двух кубометров мусора – это примерно 400 кг. В связи с пандемией коронавируса на городских улицах, пляжах

и даже на морском дне можно столкнуться с так называемым «ковидным мусором» – масками, перчатками, упаковками от дезинфицирующих средств. По данным *Environmental Science & Technology Journal*, каждый месяц выбрасываются 129 млрд масок и 65 млрд перчаток. При сроке разложения в 450 лет эти отходы представляют собой настоящую экологическую бомбу замедленного действия [4].

В России также ведется разработка технологий по переработке. Так, например, одна из первых специализированных урн была создана Ростехом. В начале августа «Росхимзащита» Госкорпорации Ростех начала установку антибактериальных контейнеров со специализированной системой сбора и обезвреживания средств индивидуальной защиты в общественных местах.

Медицинские отходы будут утилизироваться на двух новых заводах, которые «РТ-Инвест» построит на территории комплексов по переработке отходов. «Для утилизации будет применяться пиролиз или пиролизная инсинерация. В первой камере происходит разложение отходов на молекулы, можно сказать, до газов. Во второй – газы сжигаются с выработкой энергии. Одна такая установка может перерабатывать 45-50 тысяч тонн медотходов в год и выдавать 3-5 МВт электроэнергии», – рассказывает глава «РТ-Инвест» Андрей Шипелов [4].

Это самая современная технология, которая позволяет эффективно уничтожать медицинские отходы любого класса опасности. В России она еще не применялась.

В России технологии переработки и утилизации пластика известны, но мощности пока недостаточно развиты. Нет системы отдельного сбора отходов. Несущественна работа по объяснению проблематики и обучению, не подключена система образования. Низка сознательность жителей, менталитет сильно различается в городских агломерациях и сельской местности, хотя все мы — граждане с одинаковыми правами и обязанностями.

Французская компания *Tesalys* представила линейку мобильных установок *Steriplus* разной мощности и производительности, в которых можно обезвредить одноразовые маски и одежду из нетканых материалов [5].

Эта компания специализируется на создании устройств, предназначенных для утилизации расходных материалов и инвентаря, которые могли подвергнуться заражению. Компания имеет опыт создания установок для безопасной переработки медицинских отходов в зоне вспышки эпидемии Эбола в Африке.

Устройство измельчает отходы (внутри мощный шредер, нарезающий пластик ровно до такого размера, чтобы превратить его в гранулы, которые можно повторно переработать) и обеззараживает их паром при температуре от +135°C (исследования показали, что вирус погибает под воздействием температуры +60 °C за 15 минут) [5].

Во время пика пандемии установку *Steriplus* передали в китайский город Ухань – очаг эпидемии. За час она может переработать до 100 кг отходов.

Кроме того, в компании прорабатывают возможность монтажа установок в мобильном трейлере. Это очень реалистичный практический подход, позволяющий оперативно решать задачи там, где это необходимо. Но данный пример показывает, что данная проблема может быть решена. Ультрафиолетовое излучение в необходимой дозе может разрушить липидную оболочку, что не сможет обеспечить сжигание. В перспективе данный метод можно приспособить в переработки СИЗ в перспективный продукт потребления.

В идеале больница должна упаковать использованные СИЗ и отправить их в радиационный центр для вторичной переработки, а не утилизировать. Электронно-лучевая установка разделена пополам; одна сторона предназначена для загрязненного оборудования, а другая - для последующей переработки чистого оборудования. Если больница является местной, к погрузочной станции на зараженной стороне прибывает грузовик. Ящики СИЗ будут загружаться на конвейерную ленту, движущуюся со скоростью три фута в минуту, и транспортироваться по всему объекту для

облучения. Ящик проходит под пучком напряжением 10 миллионов электрон-вольт и излучает в него дозу 25 килоджоулей на килограмм - типичную дозу, рекомендованную Управлением по контролю за продуктами и лекарствами (FDA) для стерилизации медицинских устройств. Это полностью стерилизует все, что находится на коробке или внутри нее, путем разрыва связей ДНК и РНК и предотвращает размножение любого живого организма. Затем коробка перемещается в чистую часть учреждения, где новый грузовик транспортирует обработанный материал обратно в больницу, из которой он прибыл, и СИЗ можно перераспределить внутри больницы [4].

Облучение электронным пучком - распространенный, проверенный и одобренный FDA метод стерилизации медицинских устройств. Облучение электронно-лучевыми, гамма- и рентгеновскими методами составляет около 50% рынка всех стерилизуемых медицинских устройств во всем мире. Комплекс электронно-лучевого излучения уже оборудован для промышленного использования и, согласно исследованиям Staack, может обрабатывать и перерабатывать 10 000 масок в час.

Литература

1. СанПиН 2.1.7.2790-10 Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами. 2010. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902251609>.
2. Rowana N.J. Unlocking the surge in demand for personal and protective equipment (PPE) and improvised face coverings arising from coronavirus disease (COVID-19) pandemic – Implications for efficacy, re-use and sustainable waste management. 2020. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7481258/>.
3. Бесконтактная утилизация: как переработают «ковидный» мусор // «РосТех» // URL: <https://rostec.ru/news/beskontaktnaya-utilizatsiya-ka>.
4. Когда СИЗ становятся мусором. // ГЕТСИЗ.РУ. // URL: <https://getsiz.ru/sredstva-zashchity-vliyayut-li-oni-na-ehkologiyu.html>.
5. Официальный сайт компании Terracycle. URL: <https://zerowastebboxes.terracycle.com/>.



Назарова Анастасия Владимировна

Год рождения: 1994
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
аспирант,
направление подготовки: 05.18.12 – Процессы
и аппараты пищевых производств,
e-mail: naz.nastasya@gmail.com



Молодкина Нелли Ринатовна

Год рождения: 1984
Университет ИТМО,
Факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: nrkh25@hotmail.com



Сергиенко Ольга Ивановна

Год рождения: 1957
Университет ИТМО,
Факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

УДК 504.064

**АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО
ВОЗДУХА НЕПРИЯТНО ПАХНУЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ
НА ПТИЦЕВОДЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ**

А.В. Назарова, Н.Р. Молодкина

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 620147 «Получение вторичных сырьевых и энергетических ресурсов на основе принципов Циркулярной экономики».

Аннотация

В работе рассмотрен количественный химический анализ неприятно пахнущих веществ на птицефабрике для определения качества атмосферного воздуха с точки зрения загрязнения запахом. Выявлен перечень приоритетных неприятно пахнущих веществ для конкретной птицефабрики в Ленинградской области, рассмотрены существующие аттестованные методики анализа, применяемые в испытательной лаборатории и приведены результаты анализа. Полученные данные являются первым этапом для дальнейшей разработки системы очистки газов на птицефабрике с целью борьбы с запахом.

Ключевые слова

Загрязнение воздуха, неприятно пахнущие вещества, запах, количественный химический анализ, порог восприятия, предельно-допустимая концентрация, птицеводческий сектор.

Основными источниками запаха в птицеводческом секторе являются отходы жизнедеятельности птиц, перья, подстилочный материал и пыль. В результате разложения вышеперечисленных отходов образуется газовая смесь с преобладающим большинством неприятно пахнущих компонентов. Скорость образования запаха, газов от помета, микроорганизмов, твердых частиц и других компонентов зависит от погоды, времени, вида, содержания, системы обработки помета, типа корма и системы управления.

Количественная оценка выбросов или уровней выбросов газов, запаха, пыли и микроорганизмов как из точечных источников (птичников), так и из территориальных источников (установки для хранения и обработки помета и помет, вносимый на пахотные земли) изучается как в России, так и за рубежом. Однако точная количественная оценка выбросов затруднительна, поскольку очень много факторов (время года и день, температура, влажность, скорость ветра, солнечная интенсивность и другие погодные условия, интенсивность вентиляции, тип помещения, свойства или характеристики помета, а также виды птиц, плотность размещения и возраст) участвуют в образовании и распространении переносимых по воздуху неприятно пахнущих соединений [1-3]. Кроме того, не существует стандартизированных методов сбора, измерения и расчета таких компонентов, что приводит к значительной вариабельности и широким диапазонам в опубликованной литературе. Фактически были исследованы уровни выбросов лишь нескольких переносимых по воздуху неприятно пахнущих соединений: аммиак, меркаптан, дигидросульфид, диметилсульфид, метиламин.

Для проведения химического анализа перечня неприятно пахнущих веществ особое внимание уделено выбору методик исследования или измерения. При выборе методик анализ учитывались возможности испытательной лаборатории – оснащенность оборудованием, реактивами, стандартными образцами и осуществленная процедура внедрения методики исследования в деятельность испытательной лаборатории. Также выбор методик исследования или измерения осуществлялся с учетом их назначения, области распространения, диапазонов определения показателей, а также информации о наличии влияющих факторов и установленных показателей качества методики. Указанные характеристики методик исследований и измерений - ключевой ориентир для получения наиболее точных результатов анализа в отсутствии стандартизированных методов для птицеводческого комплекса.

Выбранные методики с наилучшими характеристиками среди методик, удовлетворяющих критериям, описанным выше, приведены в табл. 1.

Отбор проб атмосферного воздуха проводился в соответствии с требованиями выбранных методик. Отбор проб осуществлялся в холодное время года, температура воздуха составляла 2°C, влажность 73%, атмосферное давление 749 мм рт. ст., скорость ветра 6 м/с и направление ветра ЮЗ. На каждой точке производилось 3 измерения по каждому загрязняющему веществу для установления максимально разовой концентрации во время обработки результатов. Условия доставки и хранения проб до химического анализа были строго соблюдены в соответствии с требованиями методик по каждому неприятно пахнущему веществу.

Количественный химический анализ проводился с использованием поверенного оборудования: спектрофотометр ПЭ-5400УФ для фотометрического метода, газовый хроматограф Кристалл 5000.2 для метода газовой хроматографии, весы Pioneer PA214C для гравиметрического метода, а также газоанализатор ГАНК-4 для прямых измерений. Результаты исследования от птичника с наибольшими концентрациями неприятно пахнущих веществ представлены в табл. 2.

Таблица 1

Характеристики выбранных методик исследования и измерения

Показатель	Методика отбора проб и исследования/ измерения	Диапазон измерения по методике, мг/м ³	Метод	Влияющие факторы	Метрологические характеристики (при доверительной вероятности 0,95)
Аммиак	МВИ-4215-002-56591409-2009	(0,024-10)	Прямого измерения	Нет сведений	Погрешность до ±20 %
Метиламин	МУК 4.1.622-96	(0,002 - 0,04)	Газовой хроматографии и	Определению не мешают: вода, углеводороды, спирты, кетоны, амины	Погрешность, до ±25 %
Меркаптан	МУК 4.1.619-96	(0,000005-0,0001)	Газовой хроматографии	Определению не мешают сероводород и углеводороды.	Погрешность до ±24,5 %
Дигидросульфид	РД 52.04.795-2014	(0,006-0,075)	Фотометрический	Нет сведений	Погрешность, до ±25 %
Диметилсульфид	МУК 4.1.598-96	(0,001 - 0,05)	Газовой хроматографии	Определению не мешают: нормальные углеводороды, этиловый, пропиловый, бутиловый спирты	Погрешность до ±21,7 %
Пыль	РД 52.04.186-89 Ч.1 п.5.2.6	(0,26-50)	Гравиметрический	Нет сведений	Погрешность до ±11 %

Таблица 2

Результаты анализа атмосферного воздуха

Наименование ЗВ	Концентрация ЗВ	Нормативное значение (ПДК, ОБУВ) [2]	Порог восприятия [3]
-	мг/м ³	мг/м ³	мг/м ³
дигидросульфид	0,025	0,008	0,00058
диметилсульфид	0,0049	0,08	0,00424
меркаптан (метантиол)	0,0001	0,0068	0,0001
метиламин	0,036	0,04	0,021
пыль меховая (шерстяная, пуховая)	1,17	н/д	н/д
аммиак	0,98	0,2	0,5

Так как методики, по которым осуществлен аналитический контроль атмосферного воздуха, разработаны с целью обеспечения контроля соответствия уровня содержания загрязняющих веществ их гигиеническим нормам, то критерием сравнения полученных результатов выступают предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно безопасным уровням воздействия (ОБУВ).

Полученные результаты показали, что большинство концентраций неприятно пахнущих веществ, испускаемых птицефабрикой, находятся в допустимых пределах согласно ПДК. Но наличие запаха определяется органолептически, что свидетельствует о том, что критерием сравнения полученных результатов должен являться не ПДК, а порог восприятия неприятно пахнущего вещества, То есть такая концентрация неприятно пахнущего вещества, которая улавливается носовыми рецепторами человека. Именно эта концентрация должна выступать нормативной величиной для эффективной борьбы с выбросами неприятно пахнущих веществ.

Литература

1. Casey K.D., Bicudo J.R., Schmidt D.R.; Singh A., Gay S.W., Gates R.S., Jacobson L.D., Hoff S.J. Air quality and emissions from livestock and poultry production/waste management systems. In *Animal Agriculture and the Environment: National Center for Manure and Animal Waste Management White Papers*; ASABE: St. Joseph, MI, USA, 2006. pp. 1–40.
2. ГН 2.1.6.3492-17 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений".
3. Measurement of odor threshold by triangle odor bag method. *Odor measurement review*. Tokyo (Japan): Office of Odor, Noise and Vibration. 2003.



Назин Максим Алексеевич

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
магистрант,
направление подготовки: 27.04.01 – Стандартизация и метрология,
e-mail: maksim1997naz@gmail.com



Кустикова Марина Александровна

Год рождения: 1958
Университет ИТМО,
Факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н, доцент,
e-mail: makustikova@itmo.ru

УДК 628.544

**ВНЕДРЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO
В АВТОМАТИЧЕСКУЮ СОРТИРОВКУ ОТХОДОВ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА**

М.А. Назин, М.А. Кустикова

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова

Аннотация

В статье рассказывается о разрабатываемой системе автоматизированного процесса сортировки ТКО. Для правильного обращения с отходами необходимо грамотно построить этапы их переработки – сортировки, перевозки и непосредственно утилизации, чтобы снизить риски для жизни людей и нагрузки на окружающую среду. В работе предложен метод разделения пяти видов отходов: стекла, металла, бумаги, магнитов и пластика. Реализация проекта осуществляется с помощью аппаратно-программных средств для построения систем автоматики и робототехники Arduino.

Ключевые слова

Ардуино, инфракрасный датчик, индуктивный датчик, твердые отходы, стекло, металл, пластик.

Проблема сортировки бытовых отходов является очень актуальной в современном мире. Она предполагает дальнейшую переработку и утилизацию отходов, что очень влияет на экологию нашей планеты.

В настоящее время сортировка бытовых отходов происходит вручную. Это возможно по нескольким причинам:

- 1) наличие дешевой рабочей силы;
- 2) нет линий, позволяющих сортировать мусор без прямого вмешательства человека.

Для размещения бытовых, малоопасных промышленных и строительных отходов в Ленинградской области имеется 11 полигонов, около 60 санкционированных

и 70 несанкционированных свалок. Ежегодный объем принимаемых отходов составляет около 5 млн. м³.

Отходы поступают из домов, офисов, предприятий и других видов сельскохозяйственной деятельности. Жилые комплексы и частные сектора, где живут люди, являются одними из основных источников отходов.

На сегодняшний день в Санкт-Петербурге есть три завода по сортировке отходов, на которых применяется ручное разделение отходов. Процесс разделения проходит так. Из грузовика отходы выгружаются на место временного хранения, а затем часть отходов отправляется на однородное планирование. После однородного планирования отходы отправляются на неавтоматическую сортировочную платформу с ленточным конвейером, где каждый рабочий отбирает определенный вид отходов, они сразу бросают отобранный мусор вниз в специальные бункеры под помещением с лентой.

В то же время в мире разработаны сортирующие комплексы многих типов, имеющие различные конфигурации, благодаря которым твердые бытовые отходы могут сортироваться по составу пригодных для переработки материалов.

Первый из них – это сортировочная машина Beston. Beston Machinery занимается переработкой отходов с 1998 года. Сортировщик мусора Beston может отделять большой мусор диаметром более 400 мм, включая песок, мебель, мешки, ветки и т. д. Между тем, распределитель обеспечивает равномерную подачу. Равномерный процесс распределения закладывает прочную основу для следующих процессов, таких как разбивание мешков, сортировка и т. д.

Второй комплекс – это машина для сортировки мусора Kingitger, обеспечивает более эффективный процесс сортировки смешанных отходов с более высоким уровнем сбора. Благодаря расширенному процессу сортировки смешанные муниципальные твердые отходы можно разделить на несколько типов материалов, включая пластик и бумагу, органические отходы, кирпич и камни, металл и другие горючие отходы.

Актуальность данной темы заключается в том, что количество отходов на каждого жителя города ежегодно увеличивается, сбор и утилизация отходов выполняются с нарушением, что, в свою очередь, обусловлено значительным количеством и разнообразием состава образующихся отходов. Проблема усугубляется еще и тем, что нет точных сведений о количестве и качестве образующихся отходов. Экономическая ситуация в стране способствует тому, что большое количество мелких предприятий работает без строгой отчетности по отходам, период работы этих предприятий бывает непродолжительным, но отходы успевают поступить в окружающую среду. Некоторая неразбериха с выдачей лицензий на вывоз отходов привела к тому, что мусор сваливают в неустановленных местах.

Сортировка и переработка отходов являются эффективными способами уменьшения количества выброшенных отходов. К сожалению, эти практики не получили широкого распространения в стране. Люди проявляют небрежность, когда дело доходит до надлежащей утилизации отходов, игнорируя этикетки и выбрасывая вторсырье, которое все еще можно использовать повторно. Большинство людей не знают или игнорируют тот факт, что разделение и переработка отходов может снизить затраты, уменьшить расход наших ресурсов и уменьшить количество образующихся отходов. Типичный состав мусора, который выбрасывают люди, – это 7% металлов, 4% стекла, 5% пластика, 15% бумаги, 3% текстиля и 45.3% биоразлагаемых веществ, что означает, что только оставшиеся 20,7% отходов действительно должны поступать на наши свалки. В нашей стране центры утилизации отходов выполняют ручной процесс сортировки отходов, что повышает уровень взаимодействия с человеком. Для уменьшения влияния человека на процесс сортировки мы планируем внедрить систему, которая сведет к минимуму вмешательство человека в процесс сбора и сортировки отходов.

Целью данной работы является проектирование модулей программно-аппаратного комплекса по сортировке ТКО.

Ознакомившись с предложением сортирующего и перерабатывающего оборудования на рынке, главная задача это – линия сортировки отходов без использования ручного труда, с низкими затратами на осуществление и использовании современных технологий определения различных типов твердых коммунальные отходы.

В работе разрабатывается автоматическая система с использованием контроллеров Arduino mega 2560, датчика влажности, ИК-датчика, фотоэлектрического инфракрасного датчика обнаружения, индуктивного и емкостного датчика, все они взаимосвязаны с контроллером таким образом, что функционируют в правильной последовательности для обнаружения материалов, непрерывно движущихся по ленте [1].

Человек будет выбрасывать отходы в один мусорный бак, внутри – приемные бункеры, которые расположены точно напротив положения датчика, чтобы собирать отходы, которые могут быть в дальнейшем переработаны.

ИК-датчик используется для обнаружения присутствия какого-либо объекта в баке путем инфракрасного излучения. Когда объект обнаружен, он сигнализирует контроллеру о запуске системы. Датчик влажности используется в основном для отделения органических отходов (мокрых) от сухих отходов. Поэтому он размещается в начале ленты. Он измеряет изменение электрического сопротивления. Используется фотоэлектрический датчик для обнаружения прозрачных пластиковых бутылок и емкостный датчик для обнаружения стекла и бумаги.

Выбор датчиков

В ходе проведенного исследования был произведен подбор подходящего оборудования, которое сможет решить поставленную задачу. Выбор оборудования осуществлялся на основе характеристик, расстояния обнаружения объекта перед собой и скорости отклика.

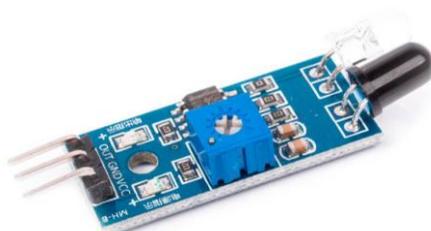


Рис. 1. IR sensor YL-63

Инфракрасный датчик препятствий YL-63 (рис. 1) обнаруживает объекты в диапазоне расстояний почти от нуля и до установленного предела, не вступая с ними в непосредственный контакт. Датчик в системе предназначен для сортировки стекла от других отходов.

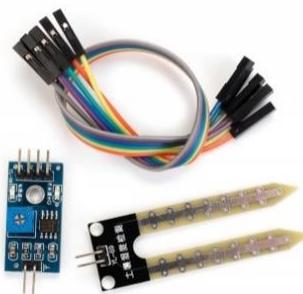


Рис. 2. Датчик YL-69 и YL-38

Используя датчик влажности (рис. 2) Arduino, можно поддерживать необходимые параметры среды в автоматическом режиме. Датчик измеряет сопротивление и на его основании определяет уровень влажности. У сухого сопротивление существенно выше, чем у влажной земли. Подстроечный резистор позволяет точно настроить чувствительность сенсора. Купить датчик влажности почвы можно для реализации проектов обустройства автоматизированной системы полива в теплице или оранжерее, цветнике или зимнем саду. Доступная цена позволяет активно использовать сенсоры на разных участках обрабатываемой земли. Используя датчик влажности почвы, своими руками можно создать систему управления поливом, которая позволит собирать максимальный урожай. В комплекте есть для этого все необходимое, за исключением микросхем Ардуино. Два светодиодных индикатора облегчают подключение и работу с датчиком [3].



Рис. 3. Индуктивный датчик приближения

Индуктивный 3-проводной NPN датчик приближения **LJ12A3-4-Z-BX** (рис. 3) предназначен для определения приближения к датчику металлических поверхностей. Питается датчик от напряжения постоянного тока от 6В до 36В. Выход - нормально разомкнутый.

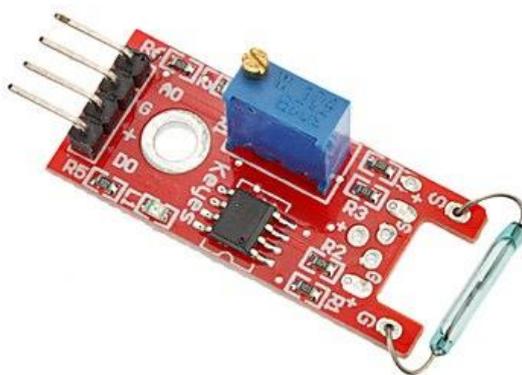


Рис. 4. Магнитный датчик с герконом

Модуль (рис. 4) реагирует на постоянное магнитное поле, создаваемое расположенным вплотную небольшим магнитом. Чувствительный элемент – геркон, находится на торце платы. Это стеклянная колба, внутри – пружинящие контакты из специального сплава. Под действием магнитного поля контакты замыкаются.

После подбора датчиков был составлен предполагаемый принцип работы проектируемой установки (рис. 5). Внутри емкостей для сбора мусора будут размещены датчики для сбора информации о содержащихся отходах. Например, датчик влажности используется в основном при отделении органических отходов (мокрых) от сухих.

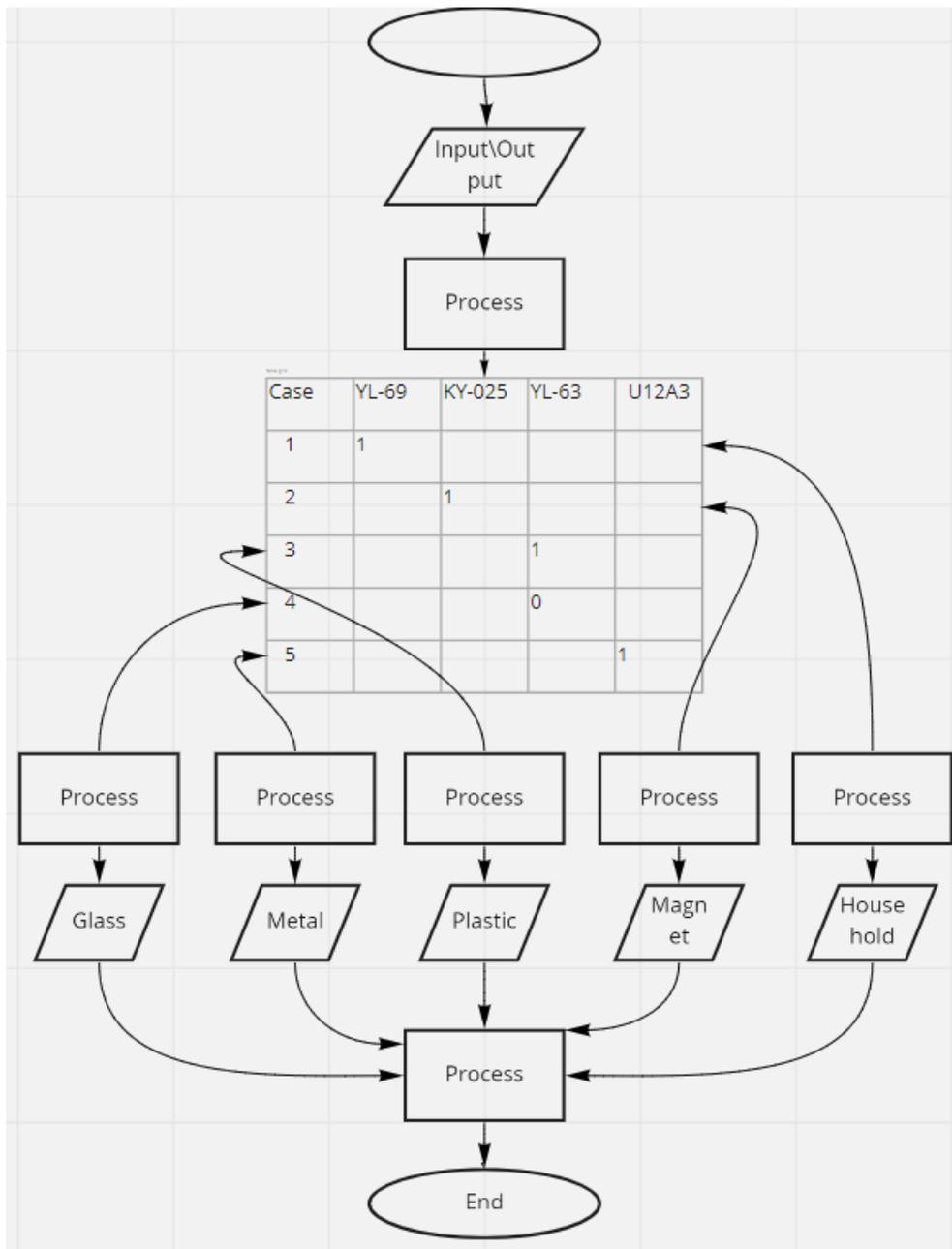


Рис. 5. Схема работы системы

Поэтому он размещается в начале ленты. С его помощью измеряют изменение электрического сопротивления. Фотоэлектрический датчик предназначен для обнаружения прозрачных пластиковых бутылок, емкостный датчик – для обнаружения стекла и бумаги.

ИК-датчик используется для обнаружения присутствия какого-либо объекта в емкости путем ИК-излучения. Когда объект обнаружен, он сигнализирует контроллеру о запуске системы [2].

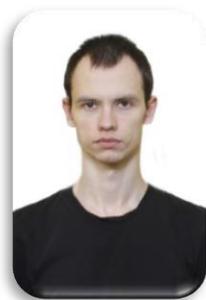
Результаты

В ходе выполнения работы выполнен сравнительный анализ элементной базы системы, выбраны датчики с требуемыми параметрами. Разработана схема подключения датчиков и модулей для системы сортировки отходов. В настоящий момент выполняется отладка стенда.

Предложенная система может быть внедрена на частных предприятиях, на муниципальном уровне или в некоторых небольших отраслях промышленности для более эффективного разделения металлических, пластиковых, стеклянных и бумажных отходов по доступной цене. Использование контроллера имеет дополнительные преимущества, такие как сокращение рабочей силы с улучшенной точностью и скоростью обращения с отходами, а также позволяет избежать риска работы в опасных местах.

Литература

1. D. Caratelli, A. Lay-Ekuakille, P. Vergallo, A. Massaro, A. Yarovoy. A FDTD/SEM Model for Accurate Analysis of Time-Domain Radiation Properties of Antenna-Based Sensors, *Measurement*, Vol.46. Issue 1. January 2013. pp. 985-992.
2. A. Massaro, F. Spano, A. Lay-Ekuakille, P. Cazzato, R. Cingolani, A. Athanassiou. Design and Characterization of Nanocomposite Pressure Sensor Implemented in Tactile Robotic System, *IEEE Transactions on Instrumentation & Measurement*, Issue 8. vol. 60. 2011 pp 2967-2975.
3. J. Yang, and T. Pretz. Intelligent Solid Waste Processing Using Optical Sensor Based Sorting Technology” in *Proc. of 3rd International Congress on Image and Signal Processing (CISP)*. vol. 4. 2010. pp.1657-1661.



Наумов Федор Валерьевич
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
аспирант группы №7950,
направление подготовки: 05.04.03 – Машины и аппараты,
процессы холодильной и криогенной, техники,
систем кондиционирования и жизнеобеспечения,
e-mail: feodornaumov@yandex.ru



Зайцев Андрей Викторович
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: zai_@inbox.ru

УДК 621.565.952.1

PRE-FEED МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГАЗИФИКАЦИИ СПГ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ПЛАВУЧЕГО ЭНЕРГОБЛОКА

Ф.В. Наумов, А.В. Зайцев

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Зайцев

Аннотация

Данная работа относится к прикладному моделированию для pre-FEED (предпроектного расчета) системы регазификации сжиженного природного газа (СПГ) для применения при подготовке газового топлива плавучего энергоблока (ПЭБ). С помощью разработанной компьютерной программы проведены расчеты и анализ изменения режима работы конкретной системы регазификации, а также зависимость необходимой площади теплообмена при разных нагрузках генератора ПЭБ и температурах воздуха.

Ключевые слова

Атмосферный испаритель, система регазификации, сжиженный природный газ, плавучий энергоблок, подготовка топлива.

В качестве экологичного, эффективного топлива для плавучего энергоблока можно использовать природный газ (ПГ) [1]. Транспортируют топливо в виде СПГ, который перед сжиганием в цилиндрах генератора энергоблока, необходимо преобразовать в пар.

В данной работе для предварительной оценки проекта рассмотрена атмосферная схема регазификации, поскольку она является экологичной, а также не требует наличия водяного бассейна, используя доступный теплоноситель – воздух. Для этого были рассчитаны конструктивные параметры системы регазификации для различного расхода ПГ на выходе, обеспечивающего необходимый уровень мощности при его сжигании в генераторах плавучих энергоблоков. При этом, чтобы оценить применимость схемы регазификации, расчеты проведены для различной температуры окружающей среды.

Все численные эксперименты проведены с помощью разработанной автором программы, которая включает в себя расчет теплофизических свойств продукта, расчеты секций кипения и подогрева ПГ. Для верификации программы были использованы

исходные и выходные данные из доступных источников (в том числе опытные данные) [2, 3]. Некоторые отсутствующие исходные данные были заданы автором. В результате 7 испытаний выявлено, что программа может дать макс. отн. погрешность в 15%.

Всего проведено две группы численных экспериментов. Цель первой группы – выявление характера изменения конструктивных параметров системы газификации при изменении расхода ПГ на выходе и температуры окружающей среды. Цель второй группы – выявить характер изменения режимных параметров регазификации с неизменной конструкцией при изменении температуры воздуха и расхода ПГ.

В табл. 1 перечислены необходимые исходные данные для двух групп численных экспериментов.

Таблица 1

Исходные данные для расчётов

Параметры окружающей среды	
Атмосферное давление, МПа	0,1015
Скорость воздуха, м/с	0
Относительная влажность воздуха, %	50
Конструктивные параметры испарителя	
Внешний диаметр трубы, м	0,036
Внутренний диаметр трубы, м	0,03
Длина внешнего ребра, м	0,062
Длина внутреннего ребра, м	0,0095
Ширина внешнего ребра, м	0,0025
Ширина внутреннего ребра, м	0,0015
Количество внешних ребер, шт	8
Количество внутренних ребер, шт	6
Высота ТО элемента, м	2,992
Теплопроводность материала трубы, Вт/(м·К)	132
Недорекуперация, °С	15,0
Состав СПГ (моль/моль)	
Метан, %	99
Этан, %	0,5
Пропан, %	0,5
Режимные параметры регазификации	
Среднее давление ПГ, МПа	0,501
Температура насыщенного СПГ на входе, °С	–154
Время работы (до оттайки), час	4,0
Параметры генератора ПЭБ	
Удельный расход теплоты сгорания топлива, кДж/кВт·ч	7600
Параметры продуктового ПГ	
Давление, МПа	0,5–0,6
Температура, °С	0–60

При этом с учетом принятой недорекуперацией 15 °С температура ПГ на выходе из испарителя будет на 15 °С ниже температуры воздуха, т.е. для достижения на входе в генератор температуры газа выше нуля при температуре воздуха, например, равной –4 °С придется дополнительно подогревать газ не менее чем на 20 °С.

Обе группы численных экспериментов содержат по три подгруппы, отличающиеся заданной температурой окружающего воздуха: –4 °С, 18 °С и 40 °С. Данные температуры связаны с выбором расположения системы регазификации в средиземноморье [4].

Пример полученных результатов по первой группе численных экспериментов представлен в табл. 2.

Таблица 2

Результаты численного эксперимента 1 (температура воздуха $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$)

	Мощность МВт·ч						
	10	20	30	40	60	80	90
Объемный расход ПГ, м ³ /ч	432	863	1295	1726	2589	3452	3883
Объемный расход СПГ, м ³ /ч	4,06	8,12	12,18	16,24	24,36	32,49	36,55
Участок испарения							
Критерий Рейнольдса	22359	22513	22462	22513	22513	22513	22531
Потери давления, кПа	0,208	0,421	0,625	0,841	1,262	1,682	1,891
Средняя толщина инея, мм	16,1						
Температура поверхности инея, К	260,26						
Площадь поверхности теплообмена, м ²	333	666	999	1333	1999	2665	2998
Участок перегрева							
Средняя скорость потока ПГ, м/с	1,98	2,00	1,99	2,00	2,00	2,00	2,00
Критерий Рейнольдса	16197	16309	16271	16309	16309	16309	16321
Потери давления, кПа	15,99	32,32	48,32	64,65	96,97	129,29	145,62
Средняя толщина инея, мм	12,5						
Температура поверхности инея, К	260,26						
Площадь поверхности теплообмена, м ²	621	1240	1860	2479	3719	4959	5578
Конструктивные параметры испарителя							
Суммарная площадь поверхности теплообмена, м ²	954	1906	2859	3812	5718	7624	8576
Количество трубок, шт	289	576	865	1153	1729	2306	2594
Размеры сечения одного теплообменного блока, м×м	2,26×2,26						
Количество блоков, шт	5,9	11,8	17,7	23,5	35,3	47,1	52,9
Площадь основания суммарная, занятая теплообменными блоками, м ²	30,1	60,3	90,4	120,0	180,3	240,6	270,2

Для второй группы численных экспериментов была выбрана система регазификации, рассчитанной при температуре окружающей среды $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ниже приведены параметры такой системы (исходные параметры, указанные ранее, не приведены):

- суммарная площадь поверхности теплообмена, м² 8576
- количество трубок, шт 2594
- размеры сечения одного теплообменного блока, м×м 2,26×2,26
- количество блоков, шт 52,9
- площадь основания суммарная, занятая
- теплообменными блоками, м² 270,2

Пример полученных результатов по второй группе численных экспериментов представлен в табл. 3.

Таблица 3

Результаты численного эксперимента 2 (температура воздуха –4 °С)

	Мощность МВт·ч			
	10	30	60	90
Объемный расход ПГ, м ³ /ч	458	1374	2707	3883
Объемный расход СПГ, м ³ /ч	4,06	12,18	24,36	36,55
Участок испарения				
Критерий Рейнольдса	2503	7510	15020	22531
Потери давления, кПа	~0,005	0,09	0,62	1,891
Средняя толщина инея, мм	16,1			
Температура поверхности инея, К	260,26			
Площадь поверхности теплообмена, м ²	333	999	1999	2998
Участок перегрева				
Средняя скорость потока ПГ, м/с	0,23	0,69	1,38	2,00
Критерий Рейнольдса	1754	5265	10615	16321
Потери давления, кПа	~5,54	31,59	88,44	145,62
Средняя толщина инея, мм	11,9	11,9	12,0	12,5
Температура поверхности инея, К	260,26			
Площадь поверхности теплообмена, м ²	8243	7577	6577	5578
Параметры газифицированного СПГ на выходе из испарителя				
Температура, °С	-4,0	-4,2	-7,9	-19,0
Давление, МПа	~0,498	0,485	0,456	0,427

Краткий анализ результатов расчетов атмосферного испарителя первой группы численных экспериментов

Зависимость расхода СПГ и ПГ от нагрузки является прямо пропорциональной, линейной (рис. 1).

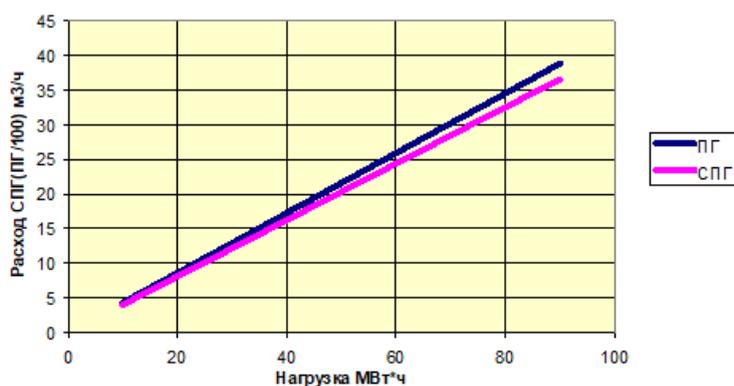


Рис. 1. Прямо пропорциональная и линейная зависимость

Гидравлическое сопротивление линейно возрастает с увеличением нагрузки (рис. 2). На рис. 3 приведена прямо пропорциональная и линейная зависимость требуемой суммарной площади поверхности теплообмена от нагрузки генератора при различных температурах окружающей среды. На рис. 4 показана обратно пропорциональная и линейная зависимость требуемой поверхности теплообмена от температуры воздуха для различных нагрузок генератора.

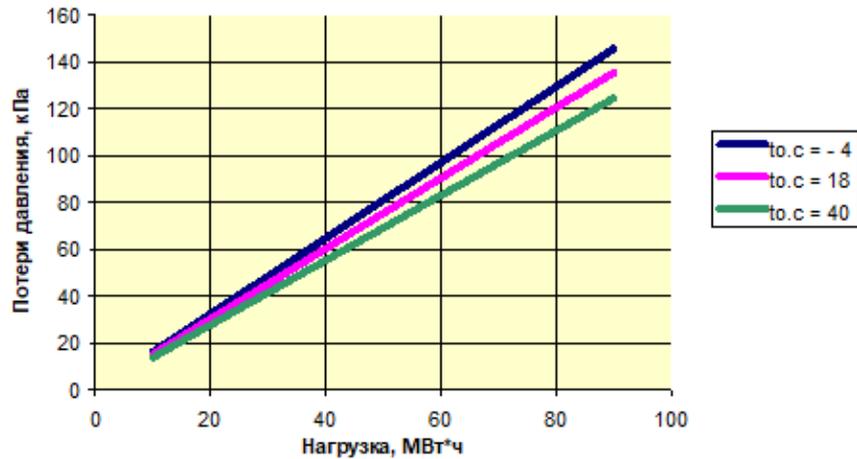


Рис. 2. Прямо пропорциональная и линейная зависимость

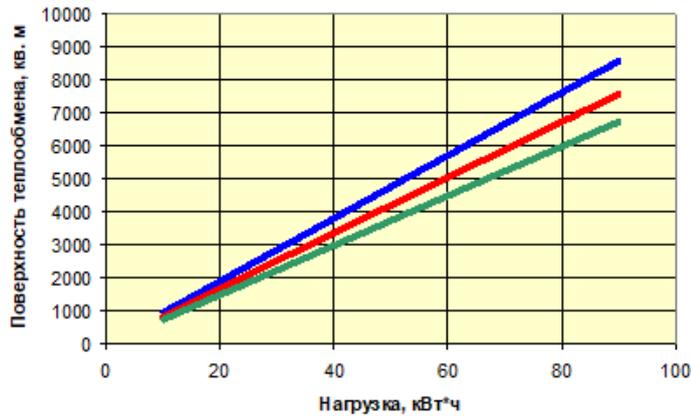


Рис. 3. Прямо пропорциональная и линейная зависимость

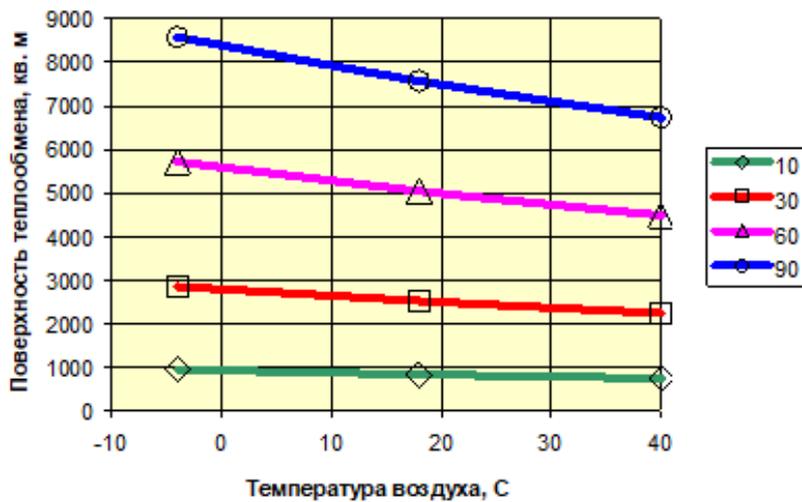


Рис. 4. Прямо пропорциональная и линейная зависимость

Приведенные выше графики носят линейный характер, т.е. не существует некой оптимальной конструкции испарителя, позволяющей достичь экстремального значения рассматриваемых параметров (температуры и расхода ПГ). Наилучший вариант определяется дополнительными требованиями, накладываемыми на конструкцию.

С другой стороны, линейная аппроксимация графиков позволяет получить простейшие зависимости, которые могут быть заложены в систему автоматического регулирования работой регазификатора.

Краткий анализ результатов расчетов атмосферного испарителя второй группы численных экспериментов

Изменение нагрузки генератора привели к изменению плотности и, соответственно, изменению расходов ПГ и СПГ.

Физические процессы при излишне большой поверхности теплопередачи (более мощный испаритель, чем требуется) остаются такими же, как при номинальных размерах. Однако наличие неэффективного участка приводит к дополнительному небольшому подогреву газа и росту гидравлических потерь.

Срок работы испарителя до переключения не уменьшается, т.к. толщина инея в направлении движения потока постоянно уменьшается, и определяющей является толщина инея в зоне испарения. Наоборот, дополнительная часть аппарата позволяет постепенно сдвигать зону испарения по направлению потока, что увеличивает время работы до переключения.

Общие результаты

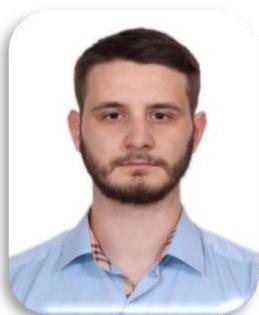
Результаты расчетов показывают, что при достаточно больших нагрузках гидравлическое сопротивление потоку СПГ/ПГ также становится существенным, и давление пара на выходе из теплообменного аппарата может быть меньше требуемого 0,5–0,6 МПа. Для решения данной проблемы следует увеличить давление СПГ на входе в испаритель, создаваемое насосом подачи СПГ, примерно до 0,7 МПа.

Вывод

С помощью разработанного компьютерного моделирования можно вносить необходимые изменения на начальных стадиях проектирования ПЭБ в систему регазификации СПГ.

Литература

1. Костылев И.И. Развитие газозовов сжиженного природного газа для удовлетворения потребностей в нем мирового рынка. Российские проекты сжиженного природного газа / Костылев И.И., Евдокимов Г.П. // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2016. № 6 (40). С.42–57.
2. Pandey A. & Singh, Vishal & Shah M & Acharya D. (2017). Performance testing and analysis of vertical ambient air vaporizers. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 171. 012094. 10.1088/1757-899X/171/1/012094.
3. Атмосферные испарители. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.monitoring-npo.ru/oborudovanie/atmosfernyye-ispariteli>, свободный. (дата обращения: 25.02.2021).
4. Средиземноморский климат. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D1%82, свободный. (дата обращения: 25.02.2021).



Николаев Евгений Михайлович

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т42505с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: nikolaev_evgeniy_97@mail.ru



Молодкина Нелли Ринатовна

Год рождения: 1984
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент (квалификационная категория «доцент практики»),
e-mail: nrkh25@hotmail.com



Максименко Надежда Ивановна

Год рождения: 2000
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т33501,
направление подготовки: 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: maksimenko@scamt-itmo.ru



Кочурова Анастасия Игоревна

Год рождения: 2002
Университет ИТМО,
инженерно-исследовательский факультет,
студент группы №В3221,
направление подготовки: 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: kochnas229@gmail.com



Сарамотина Владислава Алексеевна

Год рождения: 1999
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т3450,
направление подготовки: 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: vlada-24-07@mail.ru

УДК 504.062: 663.54, 663.14.031, 663.14.039.3

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЭКСТРАКЦИИ УГЛЕВОДОВ ИЗ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЭТАНОЛА

**Е.М. Николаев, Н.И. Максименко, А.И. Кочурова, В.А. Сарамотина
Научный руководитель – к.т.н., доцент практики Н.Р. Молодкина**

Статья выполнена в рамках НИР №620147 «Получение вторичных сырьевых и энергетических ресурсов на основе принципов Циркулярной экономики».

Аннотация

Статья посвящена исследованию режимов экстракции углеводов из биомассы микроводорослей в процессе получения биоэтанола в качестве альтернативного топлива. Используется отработанная биомасса микроводорослей с биологических очистных сооружений, реализуя тем самым принципы безотходного производства и экономики замкнутого цикла.

Ключевые слова

Экстракция углеводов, получение биоэтанола, утилизация отработанной биомассы, переработка микроводорослей, экономика замкнутого цикла.

В условиях перенаселения планеты, роста потребления энергоресурсов и угрозы скорого их истощения, а также увеличения выбросов в атмосферу, угрозы истощения плодородных земель, сокращения их количества и загрязнения мировых водных ресурсов в результате жизнедеятельности человека существует острая необходимость соблюдения принципов устойчивого развития - переработки и повторного использования отходов. Образующиеся в результате очистки сточных вод микроводоросли требуют утилизации и могут быть использованы в качестве сырья для производства биоэтанола, как альтернативного топлива.

На сегодняшний день существуют 3 поколения сырья для производства альтернативного топлива: масличные с/х культуры (кукуруза, соя, сахарный тростник и т.д.); древесина, трава, а также непищевые остатки с/х культур, и, наконец, наше исследуемое сырье – водоросли.

Целью данного исследования является разработка оптимального технологического режима экстракции углеводов микроводорослей для получения биоэтанола.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи: изучить влияние температурной обработки на сырье, подбор оптимальной концентрации микроводорослей и продолжительности экстракции смеси.

В связи с текущей ситуацией в мире последние годы наблюдается активный рост производства биоэтанола, что отражено на рис. 1. На рис. 2 продемонстрировано очевидное преимущество микроводорослей по производительности литров биоэтанола с 1 га территорий в год. Это можно объяснить их высокой урожайностью и низкими требованиями к условиям для культивации, в отличие от сельскохозяйственных высших культур, требующих больших территорий.

На рис. 3 представлен общий план путей накопления углерода и энергии в клетке микроводоросли. Для определения целесообразности использования микроводорослей в качестве сырья для производства биоэтанола необходимо знать состав её клетки, который может отличаться в зависимости от рода водоросли. Но известен усредненный состав клетки микроводоросли: белки – (30 – 50)%; жиры – (8 – 15)%; углеводы – (20 – 40)%.

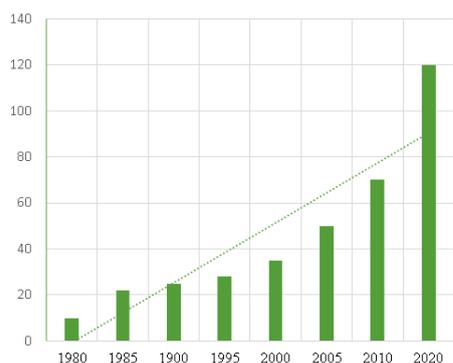


Рис. 1. Динамика производства биоэтанола в мире, млн. тонн

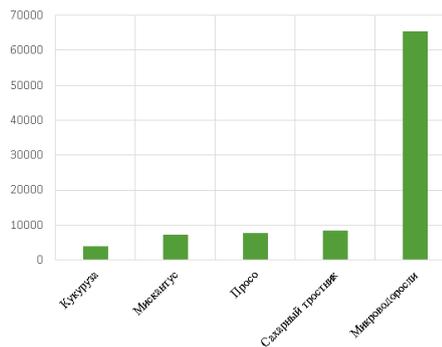


Рис. 2. Этанол, л/(га*год)

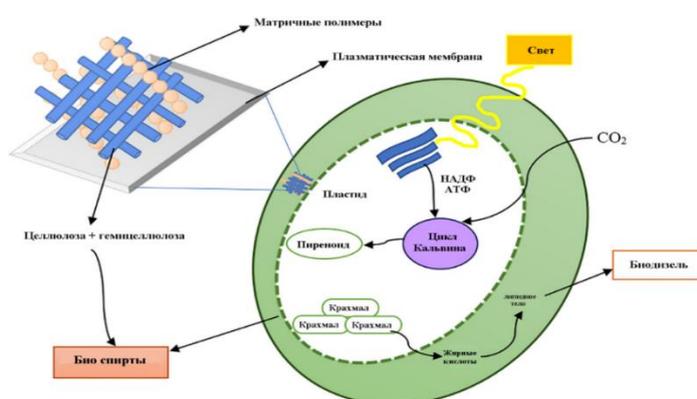


Рис. 3. Общий план путей накопления углерода и энергии в клетке микроводоросли [1]

Исходя из имеющихся данных, необходимо проанализировать влияние предварительной обработки сырья на клетку микроводоросли для определения степени разрушения клетки и доступа к углеводам для дальнейшего сбраживания. На рис. 4 и 5 представлены фотографии микроскопа до и после химической и ферментативной обработки. На фото можно заметить изменения в размере и форме клетки, что может свидетельствовать о структурных изменениях сырья и пригодности к экстракции, поскольку клеточные стенки нарушены, а значит, есть доступ к углеводам, которые в будущем обеспечат спиртовое брожение [2, 3].

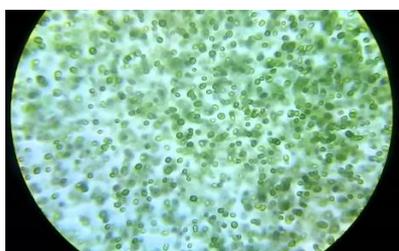


Рис. 4. Фотографии микроскопа до химической и ферментативной обработки



Рис. 5. Фотографии микроскопа после химической и ферментативной обработки

Для изучения процесса экстракции были изучены источники и разработана методика. Она включала в себя: приготовление раствора биомассы микроводорослей с известной концентрацией, нагрев раствора на водяной бане, центрифугирование

раствора и анализ супернатанта на рефрактометре, изображение которого представлено на рис. 6. Известно, что 1°Вх – 1 г. сахарозы/100 мл. раствора.



Рис. 6. Рефрактометр

Для понимания сложности исследований при анализе супернатанта на рефрактометре стоит разобраться в терминах.

Редуцирующие сахара – это все моносахариды и некоторые дисахариды, в том числе мальтоза и лактоза, которые относятся к группе редуцирующих (восстанавливающих). Сахароза представляет собой единственный нередуцирующий среди распространенных сахаров.

Экстрагируемые вещества – это вещества из раствора, практически не смешивающиеся с исходной смесью. При работе на рефрактометре подразумевается, что и они также могут преломлять луч, т.е. учитываться. Но среди них могут быть вещества, не участвующие или даже мешающие будущему процессу брожения [4, 5].

В табл. 1 – 6 и рис. 7 – 12 представлены результаты исследований супернатантов различных концентраций, экстрагированных из биомассы микроводорослей при различных температурах в течение различного времени.

Таблица 1

Результаты рефрактометрического исследования супернатанта различных концентраций при температуре 30°C

Температура экстракции – 30°C		Экстракция в течение 5 мин., °Вх	Экстракция в течение 10 мин., °Вх	Экстракция в течение 15 мин., °Вх
Концентрация супернатанта раствора микроводорослей	5%	0,8	0,8	0,8
	10%	-	1,6	-
	12,5%	-	1,9	-
	15%	-	2,23	-

Таблица 2

Результаты рефрактометрического исследования супернатанта различных концентраций при температуре 40°C

Температура экстракции – 40°C		Экстракция в течение 10 мин., °Вх	Экстракция в течение 30 мин., °Вх
Концентрация супернатанта раствора микроводорослей	10%*	1,5	1,6
	10%	1,6	1,7
	12,5%	2	2,1
	15%	2,6	2,6

* – при комнатной температуре (вне водяной бани)

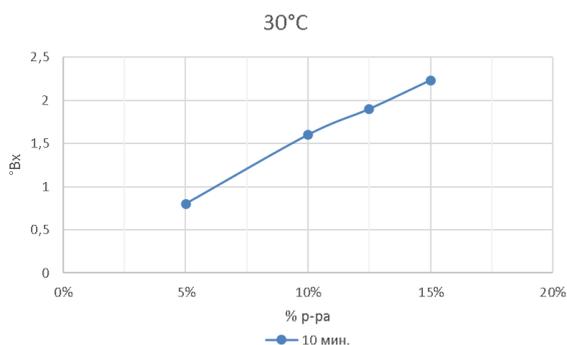


Рис. 7. График зависимости °Вх от концентрации исследуемого раствора

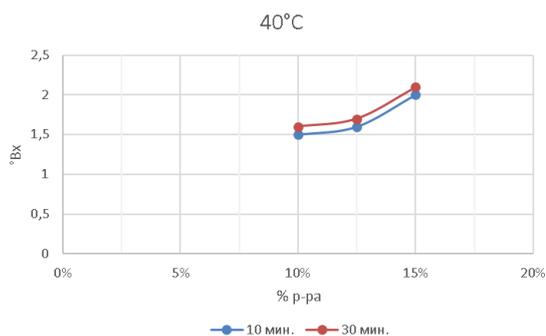


Рис. 8. График зависимости °Вх от концентрации исследуемого раствора

Таблица 3

Результаты рефрактометрического исследования супернатанта различных концентраций при температуре 50°C

Температура экстракции – 50°C		Экстракция в течение 10 мин., °Вх	Экстракция в течение 60 мин., °Вх
Концентрация супернатанта раствора микроводорослей	10%*	-	1,4
	10%	1,6	2,0
	12,5%	1,9	2,3
	15%	2,5	3,0

* – при комнатной температуре (вне водяной бани)

Таблица 4

Результаты рефрактометрического исследования супернатанта различных концентраций при температуре 60°C

Температура экстракции – 60°C		Экстракция в течение 10 мин., °Вх	Экстракция в течение 60 мин., °Вх	Экстракция в течение 120 мин., °Вх
Концентрация супернатанта раствора микроводорослей	10%	1,6	1,79	2
	12,5%	2,03	2,25	2,5
	15%	2,5	2,85	3,025

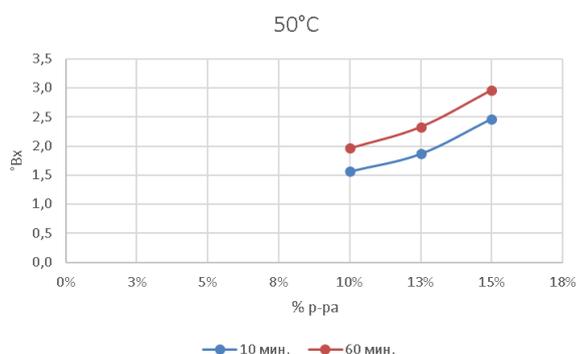


Рис. 9. График зависимости °Вх от концентрации исследуемого раствора

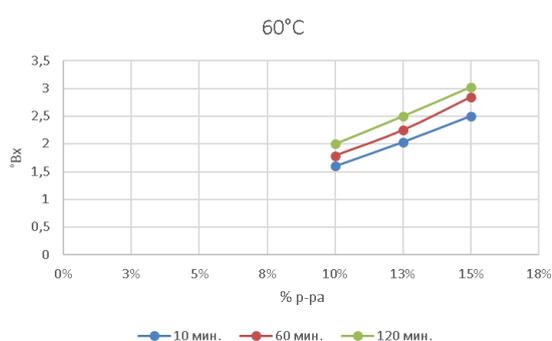


Рис. 10. График зависимости °Вх от концентрации исследуемого раствора

Таблица 5

**Результаты рефрактометрического исследования супернатанта
 различных концентраций при температуре 70°C**

Температура экстракции – 70°C		Экстракция в течение 10 мин., °Вх	Экстракция в течение 60 мин., °Вх	Экстракция в течение 60 мин.*, °Вх	Экстракция в течение 120 мин., °Вх	Экстракция в течение 180 мин., °Вх
Концентрация супернатанта раствора микроводорослей	10%	1,7	1,8	2,1	2,1	2,8
	12,5%	2,0	2,3	2,7	2,6	3,0
	15%	2,63	2,8	3,3	3,1	4,1

* – предварительно измельченное сырье в мельнице до тонкой дисперсии

Таблица 6

**Результаты рефрактометрического исследования супернатанта
 различных концентраций при температуре 80°C**

Температура экстракции – 80°C		Экстракция в течение 60 мин., °Вх	Экстракция в течение 60 мин.*, °Вх	Экстракция в течение 120 мин., °Вх	Экстракция в течение 120 мин.*, °Вх	Экстракция в течение 180 мин., °Вх	Экстракция в течение 180 мин.*, °Вх
Концентрация супернатанта раствора микроводорослей	10%	1,8	2,2	2,0	2,3	2,9	3,2
	12,5%	2,4	2,8	2,6	3,0	3,1	3,5
	15%	2,9	3,4	3,25	3,7	4,2	4,7

* – предварительно измельченное сырье в мельнице до тонкой дисперсии

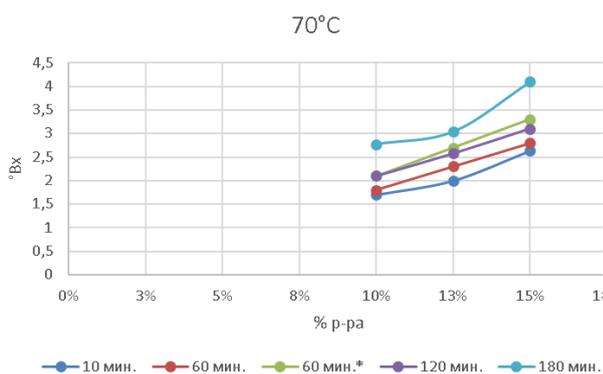


Рис. 11. График зависимости °Вх от концентрации исследуемого раствора

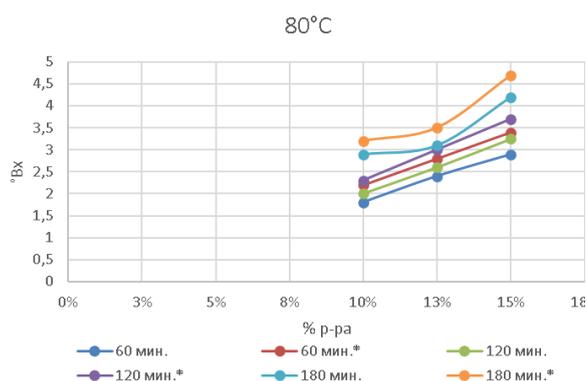


Рис. 12. График зависимости °Вх от концентрации исследуемого раствора

Результаты исследований: Исследование супернатанта биомассы микроводорослей на рефрактометре показало, что на экстракцию веществ положительно влияют увеличения температуры, концентрации раствора, продолжительности обработки, а также механическое измельчение.

Наибольшая эффективность экстракции углеводов наблюдается при механическом измельчении сырья после 180 минут термической обработки 15%-го раствора микроводорослей при температуре 80°C.

Литература

1. de Farias Silva C. E., Bertucco A. Bioethanol from microalgae and cyanobacteria: a review and technological outlook // *Process Biochemistry*. 2016. Т. 51. №. 11. С. 1833–1842. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2016.02.016> (дата обращения: 23.02.2021).
2. Lee O.K. et al. Sustainable production of liquid biofuels from renewable microalgae biomass // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2015. Т. 29. С. 24–31. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.04.016> (дата обращения: 23.02.2021).
3. Markou G., Angelidaki I., Georgakakis D. Microalgal carbohydrates: an overview of the factors influencing carbohydrates production, and of main bioconversion technologies for production of biofuels // *Applied microbiology and biotechnology*. 2012. Т. 96. №. 3. С. 631–645. Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-012-4398-0> (дата обращения: 23.02.2021).
4. Chen C. Y. et al. Microalgae-based carbohydrates for biofuel production // *Biochemical Engineering Journal*. 2013. Т. 78. С. 1-10. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2013.03.006> (дата обращения: 23.02.2021).
5. Hernández D. et al. Saccharification of carbohydrates in microalgal biomass by physical, chemical and enzymatic pre-treatments as a previous step for bioethanol production // *Chemical Engineering Journal*. 2015. Т. 262. С. 939–945. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.10.049> (дата обращения: 23.02.2021).



Новикова Анастасия Дмитриевна
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т41502с,
направление подготовки: 18.04.02 – Промышленная экология
и чистое производство,
e-mail: anastas.20-14@yandex.ru



Савоскула Виолетта Андреевна
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
старший преподаватель,
e-mail: violetta.savoskula@gmail.com



Сергиенко Ольга Ивановна
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

УДК 658.87

**ФАКТОРЫ, ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ
РАЗВИТИЮ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ
ПРЕДПРИЯТИЙ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ
А.Д. Новикова, В.А. Савоскула, О.И. Сергиенко
Научный руководитель – ст. преподаватель В.А. Савоскула**

Аннотация

В настоящей работе рассмотрены факторы, ограничивающие развитие отрасли утилизации органических отходов, с целью дальнейшего улучшения существующей схемы обращения с отходами такого типа на предприятиях розничной торговли. На основании проведённого анализа даны рекомендации касательно дальнейшего совершенствования процессов обращения с органическими отходами, которые образуются в торговых комплексах розничных сетей.

Ключевые слова

Органические отходы, отходы ритейла, переработка органических отходов.

В данной работе рассмотрены факторы, прямо или косвенно препятствующие развитию отрасли переработки органических отходов, образующихся в процессе розничной торговли. Цель этого анализа – выявить области возможных улучшений существующей схемы обращения с органическими отходами на предприятиях розничной торговли.

Индустриализация и улучшение уровня жизни населения приводит к росту потребления, что, в свою очередь, ведёт к увеличению объёмов образования отходов и уменьшению территориальных возможностей для их утилизации. По данным Росприроднадзора, в России основной технологией утилизации отходов является их захоронение на полигонах, а также на санкционированных и несанкционированных свалках. Органические отходы создают большую нагрузку на окружающую среду. Размещаемые на полигонах, они привлекают насекомых, птиц и грызунов, чем создают угрозу благополучия санитарно-эпидемиологической обстановки.

Органические отходы, образующиеся в ритейле, увеличиваются в объёмах, лимиты по их размещению на городских полигонах жёстко ограничиваются, производитель более не вправе забирать свою продукцию на переработку, и ритейл вынужден искать пути утилизации постепенно увеличивающегося объёма органики.

Для теоретического обоснования предлагаемых мер по модернизации существующей схемы работы с органическими (пищевыми) отходами были поставлены следующие задачи:

1. Провести анализ и выявить сдерживающие факторы, которые ограничивают возможности для переработки органических отходов, образующихся на предприятиях ритейла.

2. На основании проведённого анализа привести дальнейшие перспективы развития применительно к предприятиям розничной торговли.

В ходе проведённого исследования выявленные проблемы заключаются в следующем:

1. Отсутствие официальной статистики по обращению с пищевыми отходами. Данные по обращению именно с пищевыми отходами, содержащимися в ТКО, в официальной статистике Росприроднадзора и Росстата отсутствуют. Если по морфологическому составу ТКО можно дать примерную оценку количества образующихся пищевых отходов (до 20 млн т), то данные о количестве пищевых отходов, направленных на утилизацию, размещение или обезвреживание – отсутствуют.

2. Законодательные барьеры, препятствующие продаже или передаче продуктов питания, побочной продукции другим юридическим лицам и общественным организациям на благотворительные цели или для вторичного использования. Безвозмездная передача продуктов благотворительным организациям может осуществляться только при уплате налога на прибыль и НДС, что совсем невыгодно собственнику продукции. Также, при передаче продукции на переработку, бремя затрат на проведение экспертиз ложится на владельца отходов.

3. Отсутствие инфраструктурных возможностей по сбору и переработке таких отходов. В России отсутствует единая информационная платформа, позволяющая потенциальным потребителям (производителям отходов) получать информацию о предприятиях, специализирующихся на утилизации.

4. Отсутствие экономических стимулов по внедрению практик по обращению с органическими отходами.

Однако есть и положительные стороны развития отрасли. Так, в 2020 году был направлен на рассмотрение в профильные ведомства законопроект о переработке просроченной продукции в корма для животных и удобрения. Сейчас просроченная продукция должна быть либо уничтожена, либо утилизирована. Данный законопроект позволит переложить расходы на экспертизу, хранение, перевозку или уничтожение некачественных пищевых продуктов на переработчиков, что будет выгодно всем сторонам этих взаимоотношений [1].

Также, в мае 2020 года в Госдуме был принят закон, позволяющий компаниям предавать товары или денежные средства на благотворительность в размере не более 1% от годовой выручки без уплаты налога на прибыль. Это решение — серьезная поддержка

благотворительного сегмента, и в частности, позволяет крупным производителям и ритейлерам увеличить объем продовольственных товаров, передаваемых на благотворительность. Тем не менее, тема налогообложения передачи товаров на благотворительность еще окончательно не урегулирована, сохраняется необходимость снятия барьеров по НДС [2].

Что касается основных проблем исследуемого ритейлера, то в ходе первичного сбора информации и проведения устного опроса специалистов были выявлены следующие проблемы:

1. Сокращение лимитов размещения на полигонах. Особенно эта проблема касается полигонов в Москве. В связи с большими объёмами образования текущая схема обращения требует серьёзной доработки, поскольку в дальнейшем розничная сеть может столкнуться с серьёзными барьерами для роста бизнеса.

2. В настоящий момент на предприятиях Санкт-Петербурга часть пищевых отходов исследуемого ритейлера идёт на крестьянско-фермерское хозяйство, на выращивание подкормки для рыб (опарышей). А остальная часть размещается на полигонах. Однако, согласно технической документации, процент переработки получаемых органических отходов не превышает 18 %. Остатки отправляются в крематор на сжигание. Такая утилизация органических отходов малоэффективна, поскольку основная доля отходов уходит на образование «золы».

По информации от X5 Retail Group, в 2019 году торговые сети «Пятерочка» и «Перекрёсток» запустили проект передачи для переработки в корма для животных нереализованной пищевой продукции и продуктов, но не просроченных, а утративших товарный вид и форму до истечения срока годности. Около 20 фермерств по всей стране забирают у них продукты и перерабатывают в корм для скота. «Пятерочка» в 2019 г. передала на корм животным 13 000 т такой продукции. «Перекресток» с запуска пилота в феврале – 1750 т. Продукты с истекшим сроком годности компания утилизирует, но участвует в обсуждении инициатив снижения барьеров для передачи таких продуктов на переработку [3].

Однако в качестве наиболее эффективной переработки пищевых отходов можно рассматривать переработку в биогаз, так как нет ограничений по применяемым видам пищевого сырья, как в случае с переработкой в корма для рыб и домашнего скота. А образующийся побочный продукт также пригоден для дальнейшего использования. Однако в России такое рациональное использование пищевых отходов не поддерживается ни на законодательном, ни на инфраструктурном уровнях, и производство биогаза может быть целесообразно только на местах для частного использования в хозяйствах или пищевых предприятиях.

Для внедрения лучших практик по утилизации, с целью получения вторичных ресурсов, необходимо, прежде всего, усовершенствовать регулирование сферы обращения с пищевыми отходами, чтобы сократить нагрузку на окружающую среду, помочь бизнесу, обеспечив достаточной инфраструктурой, и найти пищевым отходам лучшее применение.

Литература

1. Просроченные продукты могут разрешить перерабатывать в корма и удобрения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2020/06/25/833398-prosrochennie-produkti> (дата обращения 31.10.2020).
2. Просроченные продукты могут разрешить перерабатывать в корма и удобрения [Электронный ресурс]. <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2020/06/25/833398-prosrochennie-produkti> (дата обращения 31.10.2020).
3. Еда за бортом. Что мешает зарабатывать на продовольственных отходах. Агротехника и технологии. 13.09.2019. [Электронный ресурс] <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/32401-eda-za-bortom/> (дата обращения 11.11.2020).



Омельяненко Валерия Анатольевна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студентка группы № W41501,
направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность,
e-mail: leraolera@yandex.ru



Гатауллина Диана Рамильевна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студентка группы № W41501,
направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность,
e-mail: diana.gataullina98@gmail.com

УДК 613.6.027

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
РИСКА РАБОТНИКА УСТАНОВКИ ПО ФИЛЬТРАЦИИ
САХАРНОГО СИРОПА**

В.А. Омельяненко, Д.Р. Гатауллина

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова

Аннотация

В данной работе рассмотрены и проанализированы стандартные операции, выполняемые работником на новой установке по фильтрации сахарного сиропа. В результате были идентифицированы профессиональные риски работника установки по фильтрации сахарного сиропа, а также даны рекомендации по устранению выявленных опасностей.

Ключевые слова

Оценка риска, охрана труда, идентификация опасностей, белый сироп, сахар.

Для повышения эффективности систем управления охраной труда постоянно разрабатываются новые подходы к управлению безопасностью работников на предприятиях. С 2014 года в Российской Федерации активно внедряется риск-ориентированный подход. Он является альтернативой реактивного подхода к управлению, суть которого заключается в ликвидации последствий опасности. Риск-ориентированный подход же дает возможность исключить на раннем этапе все возможные опасности, которые могут воздействовать на работника — предупредить опасность, а не устранять её последствия.

По данным Минтруда России на 2019 год, количество погибших на производстве вследствие несчастных случаев традиционно остается наиболее высоким по сравнению с другими видами экономической деятельности в строительстве, обрабатывающих производствах, в сфере транспорта, в сельском хозяйстве и добыче полезных ископаемых [1]. Всё это связано с тем, что долгое время применялся именно реактивный подход.

Наиболее эффективной мерой для реализации риск-ориентированного подхода является оценка профессионального риска. Эта процедура позволяет предприятию

пройти сертификацию по стандарту ISO 45001:2018. Его задача которого состоит в предоставлении менеджменту организаций инструментария для эффективной деятельности по сохранению жизни и здоровья работников.

Основными этапами оценки риска являются:

- идентификация опасностей;
- оценка количественных показателей риска;
- разработка мер по управлению рисками.

Кроме того, согласно статье 212 трудового кодекса Российской Федерации, работодатель обязан обеспечить «информирование работников <...> о риске повреждения здоровья» [2]. Чтобы выполнить эту обязанность, работодатель должен провести соответствующие процедуры по выявлению профессионального риска.

Процедуру необходимо повторно проводить при каком-либо изменении в технологическом процессе, способах работы, использовании нового оборудования или материалов. Основанием для проведения данной работы стало внедрение на заводе по производству безалкогольных напитков нового оборудования — установки по фильтрации сахарного сиропа.

Основным ингредиентом практически всех напитков, изготавливаемых в компании, является сахарный сироп. В начале 2020 года на предприятии изменился поставщик главного сырья – сахара.

При приготовлении сахарного (белого) сиропа руководствуются ГОСТ 28499-2014 «Сиропа. Общие технические условия» [3], регламентирующим требования к конечному продукту, который не должен отличаться от заявленного в нормативной документации (в частности, сахарный сироп должен соответствовать 65 °Вх, что является показателем содержания сахара в водном растворе по шкале Брикс), должны быть соблюдены требования к вкусовым качествам продукции.

В процессе тестирования выяснилось, что сахарный сироп, приготовленный с использованием сахара новой марки, не соответствует требованиям. Для обеспечения указанных требований и было предложено внедрить установку для дополнительной фильтрации белого сиропа.

Таким образом, целью исследования является идентификация опасностей, которые воздействуют на работника установки по фильтрации сахарного сиропа.

Новое оборудование представлено на рисунке, оно состоит из клапанного блока управления, расположенного в нижней части, насоса, четырех емкостей с фильтрационными элементами, фильтров тонкой очистки, теплообменника, трубопровода и площадки обслуживания. Установка находится в отдельном помещении, изолированном от остального оборудования, участвующего в технологическом процессе приготовления сиропа.

Стандартные операции, которые выполняет работник на установке, включают следующие действия:

- подключение установки. С пульта управления, расположенного за пределами помещения, установку приводят в действие;
- проверка индикаторов на верхней площадке установки. В помещении с установкой работник должен периодически обеспечивать проверку индикаторов, расположенных на верхней площадке установки. Трубопровод, расположенный там же, имеет высокую температуру – около 90°C. Кроме того, на площадке обслуживания расположены небольшие ступеньки, не имеющие ограждений. При нахождении сотрудника на верхней ступеньке ограждение установки находится ниже пояса сотрудника, вследствие чего появляется опасность его падения из-за перепада высот и недостаточной высоты ограждения;
- прочистка фильтров тонкой очистки. В нижней части установки расположены фильтры тонкой очистки, которые необходимо прочищать раз в несколько дней, они

имеют высокую температуру. Рядом размещен теплообменник, который также является горячим (рисунок).

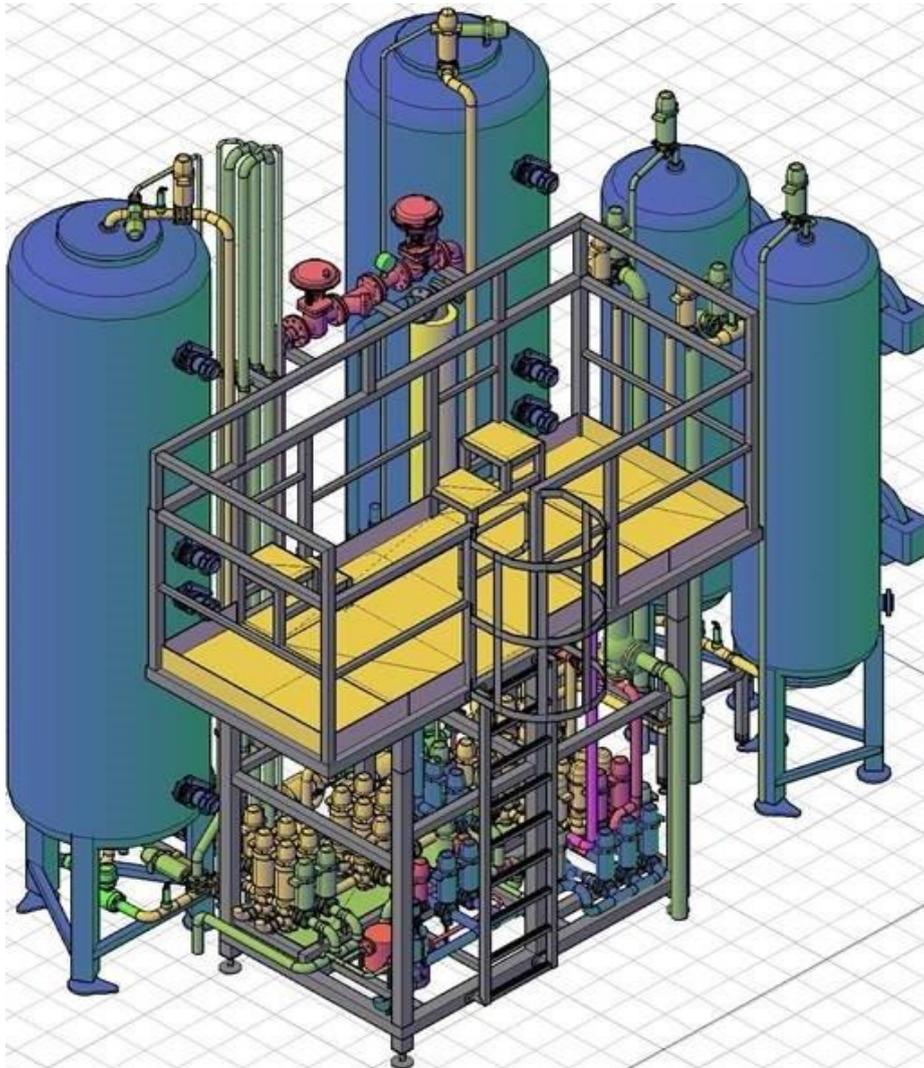


Рисунок. Установка по фильтрации сахарного сиропа

Кроме того, содержимое четырёх поддерживающих колонн нуждается в замене раз в пять лет. Однако данные работы, скорее всего, будут выполняться подрядными организациями, а не самим работником установки, вследствие чего замена сырья не представляет для него опасность.

Для анализа источников опасностей были использованы следующие нормативно-правовые документы:

1. Приказ Минтруда России №438н от 19 августа 2016 г. «Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда» [4]. В документе представлен перечень опасностей, представляющих угрозу жизни и здоровью работников.

2. СП 2.2.2.1327-03 «Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту» [5]. В соответствии с этим документом сравнивались нормативные требования, предъявляемые к оборудованию.

В результате исследования были идентифицированы основные опасности для работника, осуществляющего свою трудовую деятельность на установке по фильтрации сахарного сиропа:

1. Термический ожог (опасность). Опасность ожога при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру: при очищении танков во время горячей промывки различные части установки промываются горячей водой, чем достигается чистящий эффект, при этом температура горячей воды достигает 90 – 95 °С [4].

Было выявлено несоответствие с СП 2.2.2.1327-03. По данному документу допустимая температура поверхности технологического оборудования при случайном (непреднамеренном) контакте с ней в среднем может составлять 63 °С для непокрытого металла, максимально возможная температура при случайном прикосновении для непокрытого металла – 70°С. В таблице представлена допустимая температура в зависимости от времени прикосновения к поверхности оборудования [5].

Таблица

Допустимая температура поверхности технологического оборудования при случайном (непреднамеренном) контакте с ней, °С

Материал	Продолжительность контакта, с									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Непокрытый металл	70	67	65	63	62	61	61	60	60	59

Максимальная температура частей установки составляет 95°С, что не соответствует требованиям и минимум на 25°С превышает значение, установленное в нормативной документации.

2. Опасность падения с высоты. Рабочая площадка исследуемого оборудования находится на высоте более двух метров. Вследствие этого существует механическая опасность: опасность падения с высоты из-за отсутствия ограждения, увлажнения поверхности, при потере равновесия [4].

3. Опасность воздействия повышенных температур воздуха. Некоторые части установки имеют высокую температуру, вследствие чего в замкнутом помещении температура повышается.

4. Опасность поражения током вследствие контакта с токоведущими частями, которые находятся под напряжением из-за неисправного состояния (косвенный контакт): во время работы оборудования [4].

5. Опасность падения из-за внезапного появления на пути следования большого перепада высот [4].

В ходе данного исследования были выявлены опасности, представляющие угрозу жизни и здоровью работника. Одна из опасностей – термический ожог – является недопустимой. В связи с этим предприятию, использующему данное оборудование, необходимо установить соответствующие ограждающие элементы для тех частей установки, где температура превышает нормативное значение, иначе не будут соблюдены правила техники безопасности, вследствие чего работнику будет запрещен доступ к своему рабочему месту.

Как уже было сказано ранее, идентификация опасностей – не единственный этап в оценке профессионального риска. Следующим этапом исследования необходимо провести оценку количественных показателей риска и в зависимости от полученных значений разработать меры по управлению рисками. Это обязательная часть большого связного процесса по управлению охраной труда в организации.

Полное исключение из производственной среды неблагоприятных факторов невозможно. Поэтому уже много лет разрабатывается, апробируется и внедряется

принцип ограничения уровня действующих неблагоприятных факторов, т.е. принцип их гигиенического нормирования.

Соблюдение всех процедур по охране труда обеспечивает комфортные условия для сотрудников, вследствие чего организация получает более качественную продукцию, снижает затраты на лечение рабочих, и в целом повышается производительность труда.

Литература

1. Министерство труда и социальной защиты РФ. Итоги года: сфера охраны труда. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosmintrud.ru/labour/safety/321> (дата обращения: 19.02.2021).
2. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 02.08.2019).
3. ГОСТ 28499-2014 «Сиропы. Общие технические условия».
4. Приказ Минтруда России №438н от 19 августа 2016 г. «Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда».
5. СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту.



Острохишко Анастасия Андреевна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
НОЦ инфохимии,
студент группы № 041442,
направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология,
e-mail: ostrokhishko@infochemistry.ru



Николаева Аглая Дмитриевна

Год рождения: 2000
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы Т33302,
направление подготовки: 19.03.01 – Биотехнология,
e-mail: niaglaia14@gmail.com



Березина Елизавета Александровна

Год рождения: 2000
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы Т33302,
направление подготовки: 19.03.01 – Биотехнология,
e-mail: berezina2508@gmail.com



Помыткина Анастасия Владиславовна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
НОЦ инфохимии,
студент группы № 04144,
направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология,
e-mail: pomytkina@infochemistry.ru



Николаев Константин Геннадьевич

Год рождения: 1991
Университет ИТМО,
НОЦ инфохимии,
к.х.н., доцент,
e-mail: kgnikolaev@itmo.ru



Скорб Екатерина Владимировна

Год рождения: 1991
Университет ИТМО,
НОЦ инфохимии,
к.х.н., профессор,
e-mail: skorb@itmo.ru

УДК 544.653.2/.3+637.072

ОБНАРУЖЕНИЕ АНТИБИОТИКОВ В СЫРОМ КОРОВЬЕМ МОЛОКЕ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОХИМИИ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

**А.А. Острохишко, А.Д. Николаева, Е.А. Березина, А.В. Помыткина,
К.Г. Николаев**

Научный руководитель – к.х.н., профессор Е.В. Скорб

Работа выполнена в рамках темы НИР №220067 «Разработка макета электрохимической сенсорной платформы и создание, на основе полученных на ней данных, цифрового "отпечатка" коровьего молока».

Аннотация

Здесь представлены результаты работы по определению антибиотиков в сыром коровьем молоке с помощью электрохимических методов и алгоритмов машинного обучения. Было показано, что разработанный метод позволяет определить антибактериальные препараты благодаря пику на вольтамперограммах. Добавление специфичного вещества – аптамера - способствует улучшению чувствительности электродов и усилению сигнала. Алгоритмы машинного обучения могут классифицировать образцы на несколько групп. Улучшение архитектур алгоритмов позволит точнее распределять данные по группам.

Ключевые слова

Электрохимия, циклическая вольтамперометрия, антибиотики, аптамер, машинное обучение.

Антибактериальные препараты широко распространены в пищевом производстве и сельском хозяйстве в терапевтических целях, лечении заболеваний, а также в качестве стимуляторов роста [1]. Остатки препаратов могут накапливаться в организме человека по пищевой цепи и оказывать пагубное воздействие на здоровье. Таким образом, актуальна разработка чувствительных, быстрых и простых в своем строении систем. Контроль безопасности пищевых продуктов осуществляется с помощью традиционных методов обнаружения антибиотиков, таких как жидкостная/газовая хроматография и тандемная масс-спектрометрия [2], иммуноферментный анализ (ИФА) [3]. Эти методы имеют ряд недостатков: трудоемкость, высокая стоимость, необходимость специальных реагентов, а также наличие квалификации лаборанта. За последнее время ученые разработали современные подходы для контроля безопасности пищевой продукции. Однако их применение ограничивается тем, что они не могут быть использованы в автоматическом детектировании. Все вышесказанное мотивирует к созданию быстрой и надежной системы для анализа в полевых условиях. Применение жидких электродов для определения антибиотиков и других аналитов может способствовать созданию гибкой и простой системы.

Мы предлагаем использовать циклические вольтамперные характеристики эвтектического галлий-индиевого сплава / гидрогеля (рис. 1) для анализа антибиотиков (АБ), аптамеров (АП) и комплекса антибиотик-аптамер (АБ-АП).

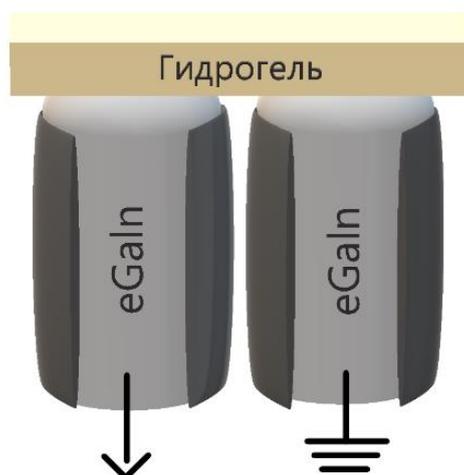


Рис. 1. Электрохимическая система с двумя жидкими электродами и образцом в гидрогеле

Различные окислительно-восстановительные состояния на поверхности электрод-электролит могут быть сформированы с помощью электрохимического анализа, в частности вольтамперометрии [4]. Статистическая обработка полученных данных может указывать на наличие конкретного антибиотика, аптамера или их совокупности. Для такой работы необходим металл, способный создавать полный спектр окислительно-восстановительных условий и полиморфные состояния. eGaIn - один из таких материалов [5]. Сплав состоит из 75% Ga и 25% In. В настоящее время эвтектический галлий-индий успешно применяется в мягкой электронике благодаря своим свойствам: проводимости, высокой электрической прочности, низкой токсичности, низким температурам плавления и давлению насыщенного пара. Металл может пассивироваться кислородом и образовывать тонкий слой на своей поверхности. Этот слой имеет более высокое сопротивление, чем чистый сплав. Гидрогели состоят из фосфатно-солевого буфера (PBS), агар-агара микробиологического и молока. Существует четыре типа образцов гидрогелей: чистое молоко, антибиотик (АБ) в молоке, аптамер (АП) в молоке, антибиотик + аптамер (АБ-АП) в молоке. Гидрогель, который кладется поверх двух электродов, образует одну электрическую цепь. При приложении потенциала через электрическую цепь протекает ток, галлий окисляется, и его катионы $Ga(OH)^{2+}$ диффундируют в гель. Катионы индия восстанавливаются галлием, поэтому они не существуют в этой системе. После этого галлий взаимодействует с анионами PO_4^{4-} , и появляется нерастворимый слой $GaPO_4$. I-V кривые показывают удельное сопротивление этого слоя. Кроме того, присутствие АБ, АР или АБ-АР изменяет поведение кривых I-V. Более того, мы предполагаем, что катионы $Ga(OH)^{2+}$ могут взаимодействовать с аминогруппами или сульфогруппами антибиотиков. Пики на кривых I-V показывают нам окислительно-восстановительные процессы образования и распада прореагировавших веществ, которые различаются между собой в диапазонах потенциалов 0,02-5 В. Для идентификации композиции гидрогеля могут быть использованы различные формы петель гистерезиса.

Приготовление гелей: 0,1 г агар-агара добавляют в 9 мл PBS, затем этот раствор перемешивают и нагревают. Раствор переливают в чашку Петри и охлаждают до 45 °С. После этого готовится сухое обезжиренное молоко в соотношении 100 г сухого порошка / 1 л дистиллированной воды. Для измерений с антибиотиком были выбраны три концентрации: 0,01 мг/кг (предельная концентрация обнаружения существующими тест-системами), 0,03 мг/кг, 0,1 мг/кг. Необходимые концентрации растворяли в чистом молоке. Собранные I-V кривые соответствуют границе раздела двухэлектродная система/гидрогель (рис. 2).

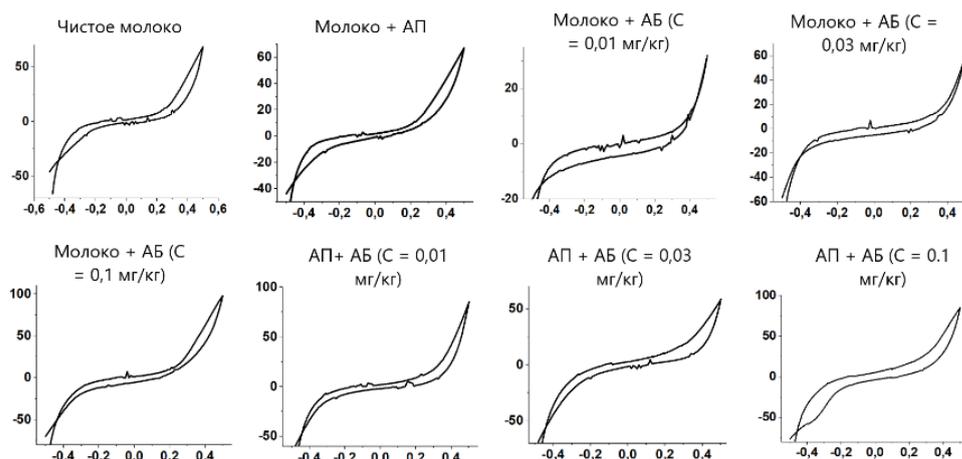


Рис. 2. Циклические вольтамперограммы всех образцов

Применяемые диапазоны потенциалов, которые являются атрибутами в базе данных: от -0,02 до 0,02 В, от -0,1 до 0,1 В, от -0,5 до 0,5 В, от -1 до 1 В, - От 5 до 5 В и (от -5 до 5 В). Для обработки и анализа данных предлагаем использовать методы машинного обучения. Различные алгоритмы машинного обучения показали, что они могут находить новые молекулы антибактериальных препаратов, обнаруживать патогенные бактерии, находить подходящий материал и так далее. Класс алгоритмов «дерева решений» часто используется в химии и других областях исследований. Было решено применить «Random Forest» для собранных данных. Для построения модели необходима база данных. В базе данных есть семь атрибутов – шесть диапазонов приложенного потенциала и один заданный выход. По этим признакам определяется ответ. Точность модели можно проверить, разделив все данные на обучающую выборку (80%) и тестовую выборку (20%). Такое разделение позволяет сохранить достаточно большие значения для обучения модели и не позволяет уменьшить тестовый набор. Модель случайного леса обучается с количеством «деревьев» равным, 100 – это количество итераций (рис. 3).

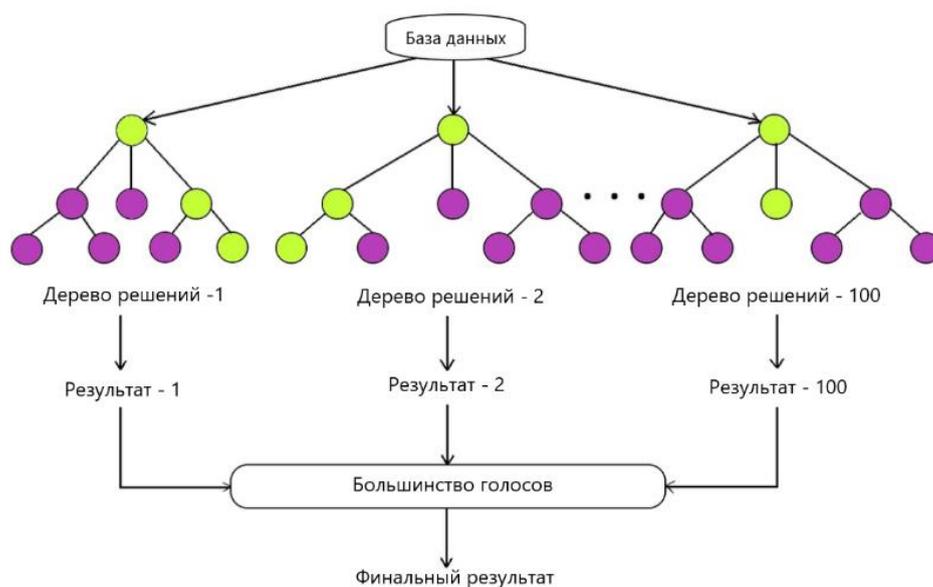


Рис. 3. Модель случайного леса

Процент правильного определения составляет 73%. Модель «Random Forest» получила правильные результаты почти во всех выборках (рис. 4).

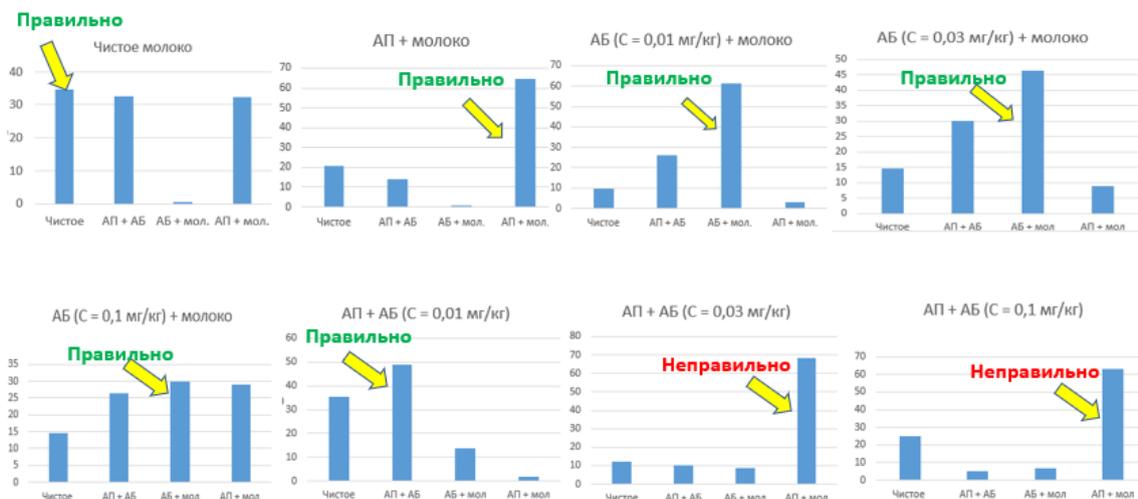


Рис. 4. Результаты машинного обучения

Таким образом, модель неправильно определила образцы «АВ (C = 0,03 мкг / кг) + АР» и «АВ (C = 0,1 мкг / кг) + АР» и перепутала их с «Чистое молоко + аптамер» из-за сходства графиков друг с другом. Несмотря на это, значения тока и потенциала различаются для идентификации образцов алгоритмами машинного обучения. Более того, при добавлении большего количества статистически важных данных в базу данных процент обучения будет выше, а статистическая ошибка – ниже.

В заключение мы предлагаем систему, которая может обнаруживать комплекс АВ, АП и АВ-АП. Этот метод очень важен для анализа сложных жидкостей. Здесь используется одна база данных с семью атрибутами и алгоритм машинного обучения, это может помочь избежать постоянной калибровки. Алгоритм «Random Forest» может уменьшить время определения и повысить статистическую надежность прогнозов. Предложенный метод может быть применен при обнаружении различных аналитов в сложных биологических системах. Также эту модель можно использовать в миниатюрных испытательных системах с портативным потенциостатом. Такая электрохимическая система демонстрирует новый подход к обнаружению различных групп антибиотиков.

Литература

1. Chuah L.-O., Effarizah M.E., Goni A.M., and Rusul G. “Antibiotic Application and Emergence of Multiple Antibiotic Resistance (MAR) in Global Catfish Aquaculture,” *Curr. Environ. Heal. Reports*, vol. 3, no. 2, pp. 118–127, 2016, doi: 10.1007/s40572-016-0091-2.
2. Liu T., Xie J., Zhao J., Song G., and Hu Y. “Magnetic Chitosan Nanocomposite Used as Cleanup Material to Detect Chloramphenicol in Milk by GC-MS,” *Food Anal. Methods*, vol. 7, no. 4, pp. 814–819, 2014, doi: 10.1007/s12161-013-9686-5.
3. Tao X., Shen J., Cao X., Wang Z., Wu X., and Jiang H., “Simultaneous determination of chloramphenicol and clenbuterol in milk with hybrid chemiluminescence immunoassays,” *Anal. Methods*, vol. 6, no. 4, pp. 1021–1027, 2014, doi: 10.1039/C3AY41744A.

4. Deng X., Galli F., and Koper M.T.M. “In Situ Electrochemical AFM Imaging of a Pt Electrode in Sulfuric Acid under Potential Cycling Conditions,” *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 140, no. 41, pp. 13285–13291, Oct. 2018, doi: 10.1021/jacs.8b07452.
5. Wang C., Wang C., Huang Z., and Xu S. “Materials and Structures toward Soft Electronics,” *Adv. Mater.*, vol. 30, p. e1801368, 2018, doi: 10.1002/adma.201801368.

Першина Любовь Владимировна

Университет ИТМО,
научно-образовательный центр Инфохимии,
студент группы № О41442,
направление подготовки: 19.01.04 – Биотехнология,
e-mail: pershina@infochemistry.ru

Николаев Константин Геннадьевич

Университет ИТМО,
научно-образовательный центр Инфохимии,
к.х.н., доцент,
e-mail: kgnikolaev@itmo.ru

Шиловских Владимир Владимирович

Университет ИТМО,
научно-образовательный центр Инфохимии,
к.х.н., доцент,
e-mail: vvshlvskh@gmail.com

Скорб Екатерина Владимировна

Университет ИТМО,
научно-образовательный центр Инфохимии,
к.х.н., профессор, директор НОЦ Инфохимии,
e-mail: skorb@itmo.ru

УДК 543.554.6

**ПРОЦЕССЫ ИОННОГО ПЕРЕНОСА
НА МЕЖФАЗНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ПРИ СОЗДАНИИ
ИОНСЕЛЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ**

Л.В. Першина, К.Г. Николаев, В.В. Шиловских, Е.В. Скорб
Научный руководитель – к.х.н., профессор Е.В. Скорб

Работа выполнена в рамках темы НИР №620161 «Теоретические и экспериментальные исследования процессов молекулярного переноса импульса, тепловой энергии и массы в жидких многокомпонентных средах».

Аннотация

Благодаря появлению новых функциональных материалов и развитию технологий обработки больших данных ионселективные электроды (ИСЭ) продемонстрировали большой потенциал для рутинного и портативного обнаружения ионов различной природы. Для улучшения электроаналитических свойств электродов используются различные методы их модификации. Мы предлагаем использовать ИСЭ на основе углеродного волокна с иммобилизацией полиэлектролитов методом послойного осаждения.

Ключевые слова

Ионселективные электроды, полиэлектролиты, ионный перенос, послойная сборка, углеродное волокно.

В последние годы в связи с появлением новых материалов и развитием технологий ионселективные электроды показали большой потенциал для рутинного и портативного обнаружения ионов различной природы [1]. В свою очередь, сенсорные платформы, основанные на волокнистых подложках, открывают большие перспективы для создания носимых устройств [2].

Мы предлагаем использовать ионселективные электроды на основе углеродного волокна с иммобилизованными слоями полиэлектrolитов. Использование углеродного волокна оправдано его невысокой стоимостью, коммерческой доступностью и возможностью использования для измерения в микрообъемах образцов.

Важным этапом создания электродов является модификация волокна растворами полиэлектrolитов, включающая поэтапную электростатическую сборку противоположно заряженных частиц на поверхности подложки [3]. Это позволяет формировать покрытие с широкими функциональными возможностями. Таким образом, слои полиэлектrolитов, адсорбированные на поверхности углеродного волокна, образуют псевдовнутренний раствор. С другой стороны, они действуют как ионно-электронный преобразователь.

Процесс осаждения полиэлектrolитов может быть изучен с помощью метода пьезоэлектрического микровзвешивания (QCM), который дает информацию о гидратированной массе вещества путем измерения изменения частоты резонатора кристалла кварца [4].

Последовательное осаждение полиэлектrolитов показано на рис. 1. Осаждение полиэлектrolитов на золотых электродах, нанесенных на кварцевую подложку, происходит в результате их электростатического взаимодействия и образования полиэлектrolитного комплекса. Мы ожидаем, что полиэлектrolиты адсорбируются на углеродном волокне аналогичным образом.

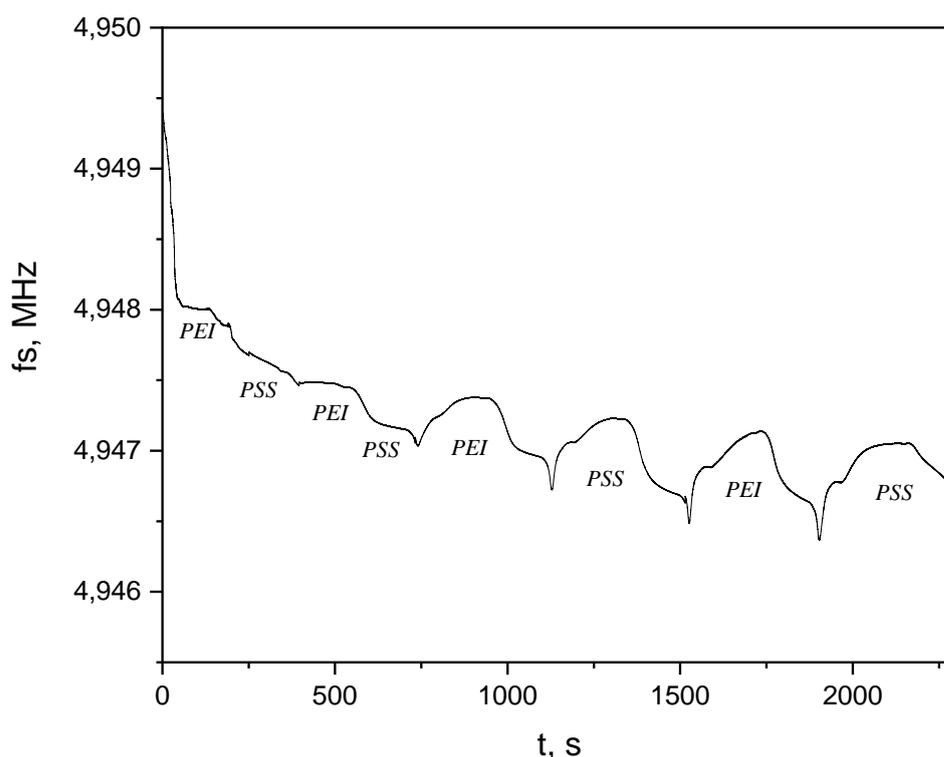


Рис. 1. Результаты измерений QCM адсорбированных полиэлектrolитов из водных растворов

Адсорбция полиэлектrolитов на углеродном волокне исследована методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), результаты которого представлены на рис. 2. На модифицированной поверхности углеродного волокна наблюдаются изменения в результате послойного нанесения 36 и 64 полиэлектrolитных слоев по сравнению с немодифицированной поверхностью.

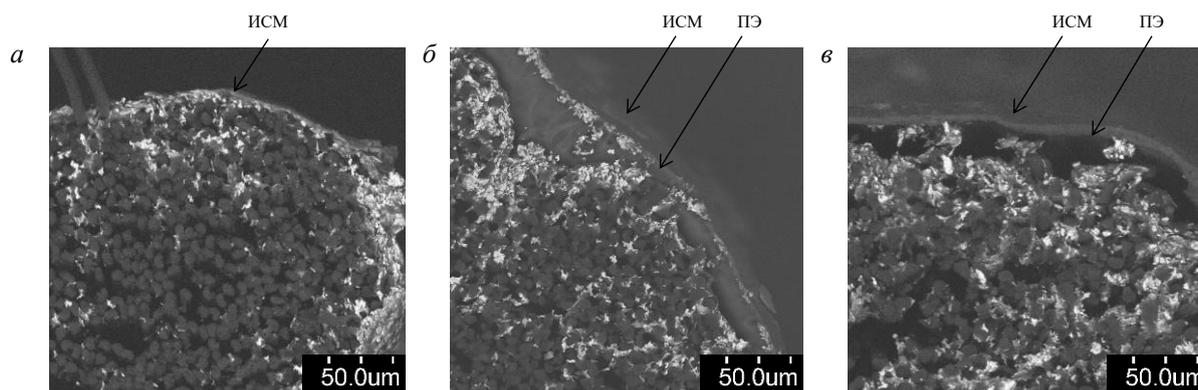


Рис. 2. Характеристика морфологии поверхности электродов с разным количеством слоев полиэлектролитов: 0 (а), 36 (б) и 64 (в)

Для создания чувствительного слоя ионселективных электродов – ионселективной мембраны (ИСМ) – были использованы ионофоры, обеспечивающие взаимодействие «гость-хозяин». ИСМ были получены путем смешивания полимерной фазы (ПВХ) с пластификатором (о-NPOE). Для улучшения чувствительности мембраны к определяемым ионам в ее состав также был включен высокогидрофобный ионный центр (КТрСIPB).

В каждом эксперименте ИСЭ калия, натрия и кальция были погружены в стандартные солевые растворы (KCl, NaCl и CaCl₂ соответственно), при этом концентрация растворов менялась ступенчато, а изменение потенциала регистрировалось с помощью иономера. Электродвижущая сила (ЭДС) рабочих ИСЭ была измерена относительно ЭДС промышленного электрода сравнения Ag/AgCl. Градуировочные графики для ионов натрия и кальция показывают отклик Нернста в диапазоне концентраций от 10⁻⁴ до 1 М, как показано на рис. 3а, б. ИСЭ для определения ионов калия показывает небольшой наклон, проиллюстрированный на рис. 3в, по отношению к нернстовскому.

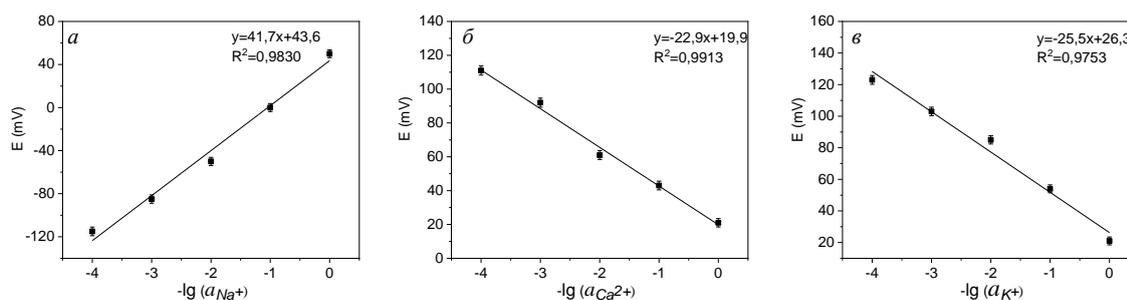


Рис. 3. Градуировочные зависимости, полученные для ИСЭ на ионы: натрия (а), кальция (б) и калия (в)

Мы предполагаем, что в этом случае солевые растворы полиэлектролитов буферизируют систему транспорта ионов калия в системе «полиэлектролитный слой – мембрана», поскольку полиэлектролиты обладают высоким сродством к ионам калия.

Таким образом, нами разработаны ионселективные электроды на основе углеродного волокна, модифицированные полиэлектролитами, селективные к ионам калия, натрия и кальция. Адсорбция слоев полиэлектролитов изучена с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и методом кварцевого кристаллического микробаланса (QCM). Исследованы электроаналитические характеристики полученных электродов. В дальнейшем разработанные электроды будут использоваться в биологических жидкостях для определения основных параметров.

Литература

1. Shao Y., Ying Y., and Ping J. Recent advances in solid-contact ion-selective electrodes: functional materials, transduction mechanisms, and development trends // *Chemical Society Reviews*. 2020.
2. Terse-Thakoor T., Punjiya M., Matharu Z., Lyu B., Ahmad M., Giles G.E., Oweyung R., Alaimo F., Baghini M.S., Brunyé T.T., Sonkusale S. Thread-based multiplexed sensor patch for real-time sweat monitoring // *Npj Flexible Electronics*. – 2020. – V. 14. – № 1.
3. Skorb E.V., Volkova A.V., Andreeva D.V. Layer-by-Layer Approach for Design of Chemical Sensors and Biosensors // *Curr. Org. Chem*. 2015. V. 19. P. 1097–1116.
4. Heuberger R., Sukhorukov G., Vörös J., Textor M., and Möhwald H. Biofunctional Polyelectrolyte Multilayers and Microcapsules: Control of Non-Specific and Bio-Specific Protein Adsorption // *Advanced Functional Materials*. 2005. V. 15. № 3. P. 357-366.



Пивоваров Андрей Сергеевич
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы № W42521,
направление подготовки: 27.04.01 – Стандартизация
и метрология в высокотехнологичном секторе экономики,
e-mail: pivovarov.as96@mail.ru



Кустикова Марина Александровна
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: makustikova@itmo.ru

УДК 621.318

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНОГО МОМЕНТА

А.С. Пивоваров

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова

Аннотация

В работе проводится исследование основных методов определения магнитного момента и выявление факторов, влияющих на точность измерений. В процессе определения магнитного момента использовались магнитометрический и баллистический методы. В заключении представлен обзор используемых средств измерений и проведен сравнительный анализ методов.

Ключевые слова

Измерение, магнитный момент, магнитометр, магнитное поле, магнитная индукция, магнитный поток.

В настоящее время измерение магнитного момента встречается во многих сферах деятельности. Физические явления, связанные с магнитным моментом, используют в системах навигации. Мера магнитного момента может быть представлена в виде постоянного магнита или катушки с электрическим током. При определении магнитного момента используют известные традиционные магнитометрический и баллистический методы [1].

1. Определение магнитного момента постоянных магнитов с помощью баллистического метода

Для определения величины магнитного момента постоянных магнитов с помощью баллистического метода используется установка, представленная на рис. 1.

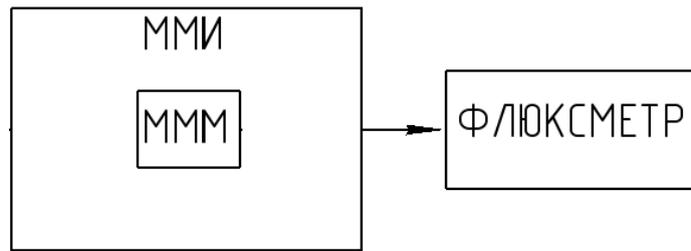


Рис. 1. Схема установки для определения магнитного момента постоянных магнитов с помощью баллистического метода

К мере магнитной индукции (далее – ММИ), представленной на рис. 2, подключают флюксметр (рис. 3). Геометрический центр постоянного магнита (меры магнитного момента – МММ) совмещают с геометрическим центром ММИ с визуальной точностью и добиваются совмещения направлений магнитных осей постоянного магнита и вектора магнитной индукции в ММИ. Более точного совмещения направлений магнитных осей добиваются при наблюдении максимального показания на дисплее флюксметра путем небольших отклонений в пределах нескольких градусов оси постоянного магнита в вертикальной или горизонтальной плоскостях.



Рис. 2. Внешний вид ММИ

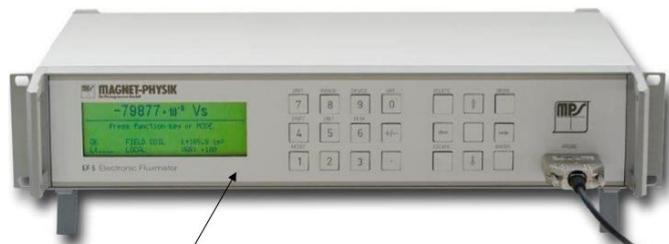


Рис. 3. Внешний вид флюксметра

Если размеры внутреннего объема катушки магнитной индукции позволяют разворачивать постоянный магнит на 180° внутри ММИ, тогда измерения магнитного момента постоянного магнита можно проводить путем ее разворота в ММИ, не извлекая постоянный магнит из ММИ. Значение магнитного момента (M_i) постоянного магнита, приложенного к его геометрическому центру, будет рассчитываться по формуле (1):

$$M_i = \frac{\overline{\Delta\psi_i}}{2K_B}, \quad (1)$$

где $\overline{\Delta\psi_i}$ – среднее значение из n числа измерений магнитного потока, вычисленное по формуле (2), Вб; K_B – постоянная по индукции.

Среднее значение из разностей показаний магнитного потока $\overline{\Delta\psi_i}$ на дисплее флюксметра каждого цикла измерений рассчитывается по формуле (2):

$$\overline{\Delta\psi_i} = \frac{\sum_{i=1}^n (\psi_1 - \psi_0)}{n}, \quad (2)$$

где ψ_0, ψ_1 – значение магнитного потока на дисплее флюксметра электронного EF-5 до и после разворота постоянного магнита в горизонтальной плоскости на 180° , Вб; n – число измерений.

Если размеры внутреннего объема меры магнитной индукции не позволяют разворачивать постоянный магнит внутри ММИ, тогда измерения проводятся путем установки постоянного магнита в геометрический центр ММИ и фиксирования максимального показания на дисплее флюксметра. Затем постоянный магнит извлекают из ММИ, разворачивают на 180° и повторяют измерения n раз ($n=5-10$).

Значение магнитного момента постоянного магнита (M_i) в этом случае будет рассчитываться по формуле (3):

$$M_i = \frac{\psi}{K_B}, \quad (3)$$

где ψ – показание флюксметра, Вб; K_B – постоянная по индукции.

Действительное значение магнитного момента постоянного магнита (M_{II}) определяется как среднее арифметическое значение по формуле (4):

$$M_{II} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n}, \quad (4)$$

где M_i – результат i измерения, $A \cdot m^2$; n – число измерений.

2. Определение магнитного момента постоянных магнитов с помощью магнитометрического метода

Для определения величины магнитного момента постоянного магнита с помощью магнитометрического метода используется установка, представленная на рис. 4. Для проведения измерений магнитного момента постоянных магнитов с помощью магнитометрического метода необходимо установить на измерительном столе на определенное расстоянии r постоянный магнит (2) от датчика магнитометра (1) таким образом, чтобы направления магнитных осей постоянного магнита и датчика магнитометра совпадали с визуальной точностью. Смещение магнитных осей в перпендикулярном направлении не более $3-4^\circ$ приведет к погрешности от несоосности $0,2-0,3\%$. Для уменьшения методической погрешности расстояние r выбирается не менее 5 максимальных габаритных размеров постоянного магнита, что приведет к погрешности $1-1,5\%$.

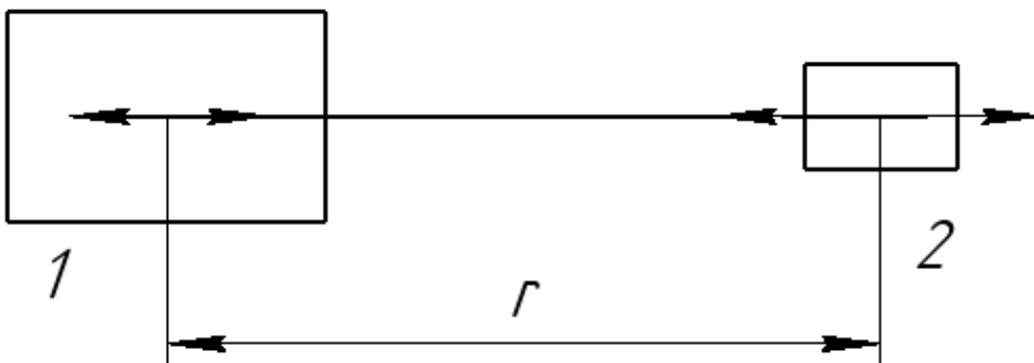


Рис. 4. Схема установки для определения магнитного момента постоянных магнитов с помощью магнитометрического метода (1 – датчик магнитометра МТ-5, 2 – постоянный магнит)

Общий вид магнитометра МТ-5 представлен на рис. 5.

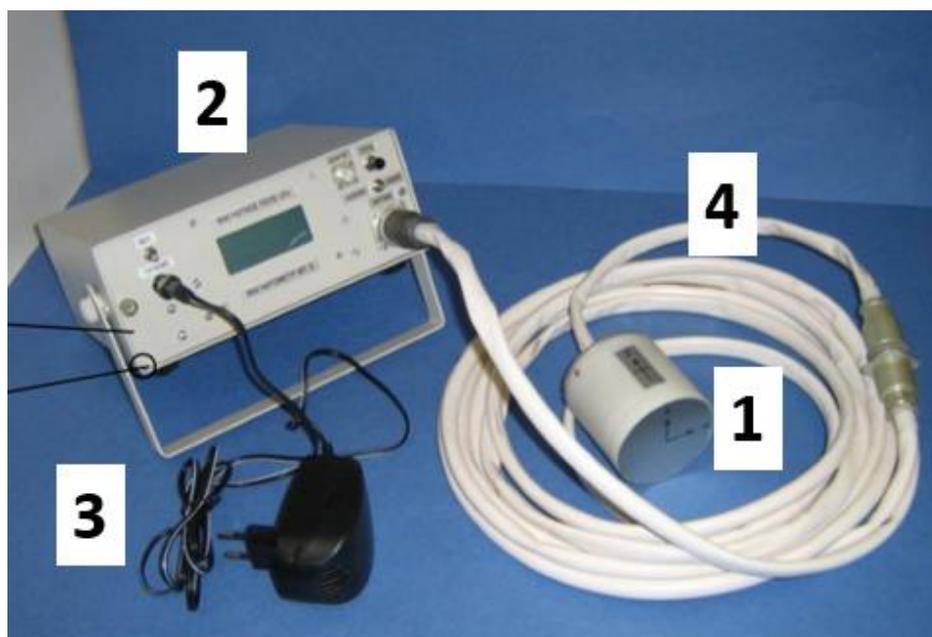


Рис. 5. Внешний вид магнитометра МТ-5
(1 – датчик; 2 – электронный блок; 3 – блок питания; 4 – кабель сигнальный).

В момент установки постоянного магнита на измерительном столе фиксируют показание на дисплее магнитометра. Указанную операцию повторяют n раз ($n = 5 - 10$). Затем постоянный магнит разворачивают на 180° и повторяют измерения n раз, после чего, изменяют расстояние r и повторяют измерения.

Значение магнитного момента постоянного магнита (M_i) рассчитывается по формуле (5):

$$M_i = \frac{Br^3}{200}, \quad (5)$$

где B – значение магнитной индукции на дисплее магнитометра МТ-5, Тл; r – расстояние от геометрического центра датчика магнитометра до геометрического центра постоянного магнита, м.

3. Определение магнитного момента у катушки с током с помощью баллистического метода

Для определения величины магнитного момента у катушки с током с помощью баллистического метода используется установка, представленная на рис. 6. Калибруемую меру магнитного момента в виде катушки с током помещают в однородную зону меры магнитной индукции. К мере магнитного момента подключают флюксметр.

Геометрический центр МММ совмещают с геометрическим центром ММИ с визуальной точностью и добиваются совмещения направлений магнитных осей МММ и вектора магнитной индукции в ММИ. Более точного совмещения направлений магнитных осей добиваются при наблюдении максимального показания на флюксметре путем небольших отклонений в пределах нескольких градусов оси МММ в вертикальной или горизонтальной плоскостях. В ММИ подают ток от источника питания через образцовое сопротивление R_Ω . Значение силы тока контролируется вольтметром по падению напряжения на образцовом сопротивлении.

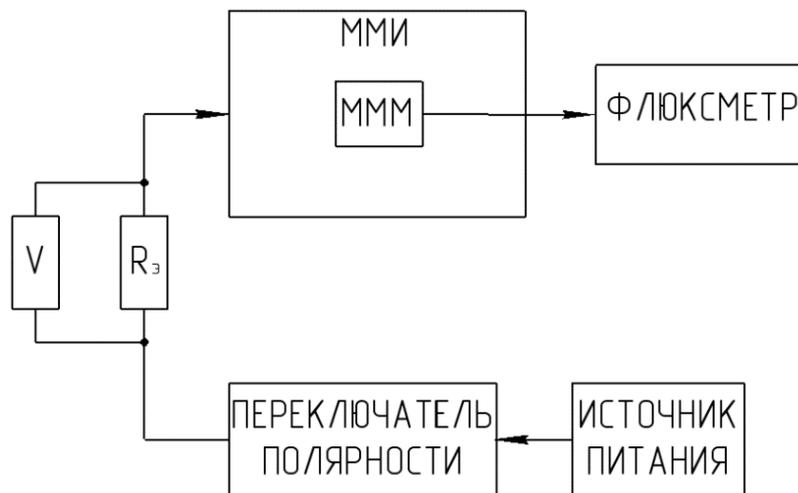


Рис. 6. Схема установки для определения магнитного момента у катушки с током с помощью баллистического метода

Сила тока I в мере магнитной индукции определяется по формуле (6):

$$I_i = U_i / R_3, \quad (6)$$

где U_i – электрическое напряжение, В; R_3 – образцовое сопротивление, Ом.

Затем проводят измерения не менее n раз путем включения и выключения тока, при этом периодически изменяя направление тока с помощью переключателя полярности и регистрацией показаний флюксметра.

Постоянную по магнитному моменту МММ K_{Mi} вычисляют по формуле (7):

$$K_{Mi} = \frac{\Phi_i}{K_B I_i}, \quad (7)$$

где Φ_i – измеренное значение магнитного потока, показания на флюксметре, Вб; K_B – постоянная по индукции меры магнитной индукции; I_i – значение тока в мере магнитной индукции, вычисленное по формуле (6).

Возможно проводить измерения, когда флюксметр подключают к мере магнитной индукции, а ток подают в меру магнитного момента в виде катушки (рис. 7). В этом случае методика измерений аналогична вышеуказанной.

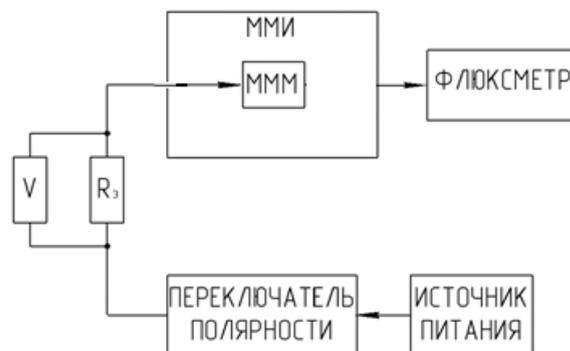


Рис. 7. Схема установки для определения магнитного момента катушки с током с помощью баллистического метода, при подключении флюксметра к МММ

4. Проведение калибровки с неизвестной заранее постоянной меры магнитной индукции

Для определения постоянной по индукции меры магнитной индукции K_B МММ в виде катушки с электрическим током используется установка, представленная на рис. 7. Методика измерений аналогична вышеуказанной за исключением того, что дополнительно применяется образцовая мера магнитного момента в виде катушки (у которой заранее известен магнитный момент). Образцовую меру магнитного момента чередуют с калибруемой мерой магнитного момента. Измерения повторяют n раз.

Действительное значение постоянной по индукции калибруемой меры магнитного момента K_B вычисляют по формуле (8):

$$K_B = K_{B_0} \frac{I_0 \overline{\varphi_x}}{I_x \overline{\varphi_0}}, \quad (8)$$

где K_{B_0} – постоянная по индукции образцовой (катушки) меры магнитного момента;

$\overline{\varphi_x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varphi_{x_i}$ и $\overline{\varphi_0} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varphi_{0_i}$ – средние значения магнитного потока на дисплее

флюксметра при пропускании через обмотку меры магнитной индукции токов I_x и I_0 .

5. Определение магнитного момента у катушки с током с помощью магнитометрического метода

Для определения величины магнитного момента у катушки с током с помощью магнитометрического метода используется установка, представленная на рис. 8. Калибруемую меру магнитного момента в виде катушки с током располагают на определенное расстояние r от датчика магнитометра МТ-5 на измерительном столе таким образом, чтобы направления магнитных осей меры (катушки) и датчика магнитометра совпадали. Смещение магнитных осей в перпендикулярном направлении не более $3 - 4^\circ$, что приведет к погрешности несоосности $0,2\%$.

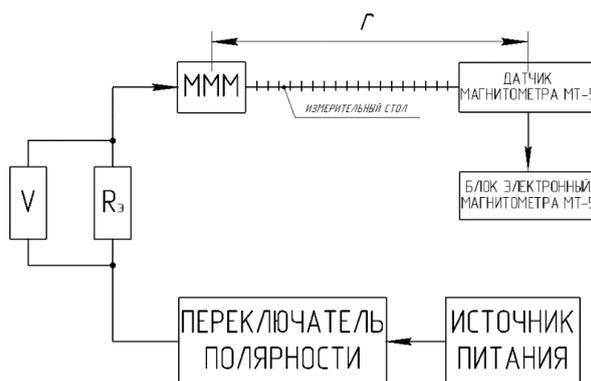


Рис. 8. Схема установки для определения магнитного момента катушки с током с помощью магнитометрического метода

В меру магнитного момента подают ток от источника питания через образцовое сопротивление R_z . Значение постоянной по индукции K_B (катушки) вычисляется по формуле (9):

$$K_B = \frac{\Delta B r^3}{200 I}, \quad (9)$$

где ΔB – среднее значение магнитной индукции, Тл; r – расстояние от геометрического центра меры магнитного момента (катушки) до геометрического центра датчика магнитометра МТ-5, м; I – ток, протекающий в обмотке меры (катушки) магнитного момента, А.

6. Проведение измерений магнитного момента изделий произвольной формы

При проведении измерений магнитного момента магнитометрическим методом изделий произвольной формы может быть использована следующая установка, представленная на рис. 9. Значение магнитного потока регистрируется двумя магнитометрами (в некоторых случаях можно использовать четыре магнитометра).

При определении расстояния r необходимо знать центр приложения дипольного момента. Центр диполя изделий произвольной формы может быть смещен от геометрического центра изделия. Таким образом, устанавливаются два датчика магнитометра на определенном расстоянии от изделия, а изделие поворачивают на 180° и регистрируют показания магнитной индукции на двух магнитометрах.

Данный метод определения магнитного момента не входит в стандартные методы, и его применение на практике не пользуется высокой популярностью.

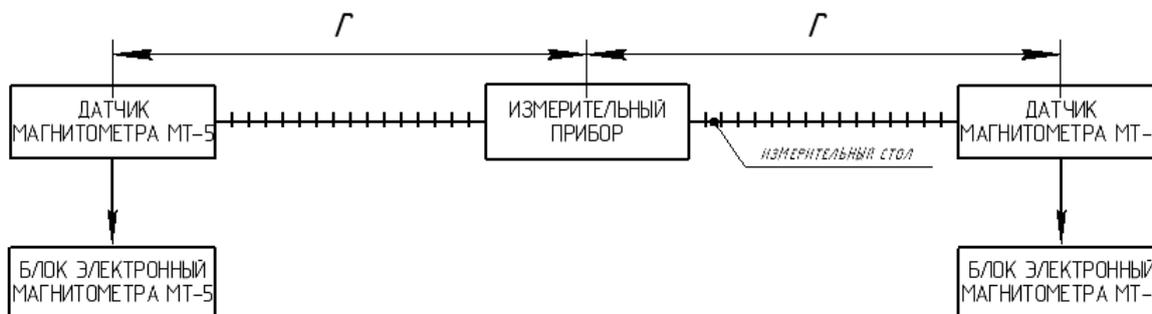


Рис. 9. Установка для определения магнитного момента изделий произвольной формы

На основании проведенных измерений описанными методами можно сделать вывод, что точность измерений баллистическим методом выше, чем магнитометрическим. Это связано с тем, что в магнитометрическом методе большой вклад вносят внешние помехи: белый шум в сети, магнитное поле Земли, расположенные поблизости магнитные объекты и другие факторы, влияющие на точность измерений. Чтобы повысить точность измерений, в первую очередь нужно постараться избавиться от электромагнитных помех. Также важную роль в магнитометрическом методе измерений играет расположение постоянного магнита относительно источника измерений.

Литература

1. Методика поверки образцовых и рабочих средств измерений магнитного момента МИ 191-79. Москва. Издательство стандартов. 1980 г.



Лисина Екатерина Игоревна

Год рождения: 1999
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т3417,
направление подготовки: 19.03.02 – Продукты питания
из растительного сырья,
e-mail: flowerstothehospital@gmail.com



Пискунова Анна Вячеславовна

Год рождения: 1999
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т3415,
направление подготовки: 19.03.02 – Продукты питания
из растительного сырья,
e-mail: annok99@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 631.23

ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ

Е.И. Лисина, А.В. Пискунова

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

Работа выполнена в рамках темы НИР №620146 «Дизайн функциональных продуктов питания адаптогенного действия, для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета, метаболического синдрома и онкологических заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ».

Аннотация

В работе рассмотрены такие инновационные способы выращивания растений, как вегетарии, фитотехкомплексы, гидропонные системы и наборы для выращивания растений в домашних условиях.

Ключевые слова

Гидропоника, вегетарий Иванова, фитотехкомплексы, выращивание растений в домашних условиях.

Растениеводство занимает ведущее положение в жизни современного человека. По данным Федеральной службы государственной статистики на 2017 год, растениеводство признано ведущей отраслью сельского хозяйства России.

За длительный срок возделывания культурных растений данный процесс претерпел некоторые изменения. Изобретатели в области агрономии предлагают различные конструкции, которые позволяют усовершенствовать процесс культивирования и как следствие, увеличить урожайность, снизить затраты на выращивание растений и даже выращивать растения, изначально не приспособленные к климату России [2].

Из предложенных технических решений особый интерес представляют два вида агрокомплексов: солнечные вегетарии Иванова и фитотехкомплексы. Данные конструкции созданы для круглогодичного выращивания овощей, фруктов и других растений, используя принцип ресурсосбережения.

Механизм работы вегетариев примечателен максимальным использованием солнечной энергии. Конструктивные их особенности заключаются, например, в установке располагающейся параллельно склону односкатной прозрачной крыши [7, 8]. Дополнительное сохранение тепла обеспечивается также за счет использования двойного остекления и теплоизоляции стенки, располагающейся с северной стороны [3]. Важно отметить, что благодаря особой системе движения воздуха растения не нуждаются в постоянном поливе, а непосредственно вегетарий - в ежедневных проветриваниях [9]. Обычные теплицы, в отличие от вегетариев, выполненные, например, в виде арки, не способны пропустить больше 40% солнечных лучей. Но повсеместное распространение вегетариев имеет ограничения. Для рационального использования вегетариев необходимо обеспечение солнечной энергией в достаточном для растений количестве, что невозможно обеспечить во всех регионах России, но вполне возможно внедрять в южных районах, где фиксируется достаточное количество солнечных дней в году.

Для регионов с холодным климатом рационально применять особые конструкции, такие как фитотехкомплексы, которые включают оборудование для освещения (чаще всего используют светодиоды или люминесцентные лампы), конструкции с циркулирующим питательным раствором для снабжения растений необходимыми для жизнеобеспечения питательными веществами, измерительные датчики для контроля температуры и влажности в помещении [1]. Фитокомплексы характеризуются низким потреблением воды и энергии, получением высококачественной продукции вне зависимости от климатических условий и времени года. Фитотехкомплексы позволяют автоматически следить за параметрами и вносить управляющие воздействия с помощью мобильного устройства, что частично снижает расходы на персонал.

Интересны конструкторские предложения для выращивания растений в домашних условиях. В качестве примера несложного способа выращивания растений в домашних условиях можно привести разработки под торговыми марками «Экокуб» и «Растущие карандаши». Наборы «Экокуб» представляют собой деревянные кубы, семена и грунт. Оригинальная идея и яркая упаковка привлекают внимание покупателей разных возрастов [10]. Наборы «Растущие карандаши» не только позволяют получить растение в домашних условиях, но и несут функцию обычного пишущего карандаша [11]. Используя вторичное сырье, производители делают акцент на переработку ресурсов с целью поддержания экологии и охраны окружающей среды. Широкий ассортимент культур позволяет без обеспечения особых условий из семян выращивать такие необычные для наших климатических условий растения, как гранат, годжи, чиа и другие.

Не менее интересны предложения по выращиванию растений гидропонным методом. Такая система выращивания растений подразумевает, что корневая система растения развивается в питательном растворе, который содержит все необходимые для развития элементы, что значительно ускоряет физиологические процессы, рост и урожайность. Основным преимуществом гидропонного метода является отсутствие использования в нем почвы, поэтому в таких устройствах исчезают проблемы, связанные

с развитием почвенных вредителей, исключается необходимость подготовки почвы, использования удобрений, гербицидов и дорогостоящих субстратов [4]. Гидропонные системы возможно полностью автоматизировать, что также позволяет сократить расходы.

Конструкция гидропонных систем состоит из многоуровневых поддонов, на дно которых в качестве субстрата укладывается керамзит. Поддоны оборудованы отверстием для слива питательного раствора. Под стеллажами располагается емкость для питательного раствора и подающий агрегат [5].

Подвидом гидропоники является аэропоника, где питательный раствор корневой системе доставляется распылением. В отличие от гидропоники, корни растений находятся не в воде, а висят в воздухе. Питательный раствор подается через короткие промежутки времени так, чтобы корни не успевали высохнуть, а листья растений защищены от попадания на них жидкости.

Еще одним интересным и перспективным способом выращивания растений является ионитопоника - выращивание растений с использованием ионообменных материалов. Сама технология ионитопоники не нова, однако ионный состав и структура субстратов постоянно улучшаются. Ионитными субстратами называют твердые вещества, половину объема которых занимают наноразмерные полости, внутри которых находятся ионы питательных элементов [6]. Субстраты могут быть представлены в виде ионитных смол, тканевых субстратов совместно с керамзитом и пенополиуретана, обеспечивающего хорошую аэрацию корней. В ионитных субстратах, в отличие от гидропонных, питательные элементы сохраняются длительное время. Для активации ионообменного процесса между корневой системой и субстратом обязателен полив растений обычной водой. Особенно важно контролировать влажность в субстратах на основе ионитных смол, так как они не восстанавливаются после пересыхания [12].

Ионитопонику используют не только для обычного выращивания, но и для клонирования и черенкования растений. Совместно с институтом физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси был разработан недорогой, простой в производстве, экологичный питательный субстрат, в составе которого не содержится трудноутилизуемых ионитных смол. Преимущества изобретенного субстрата [13]:

- возможность регулирования ионного состава и кислотности питательной среды;
- возможность внесения его в открытый грунт;
- отсутствие токсичных химикатов, что обуславливает отсутствие токсичных стоков;
- отсутствие в питательной среде нитратов.

Все рассмотренные способы выращивания растений можно использовать на приусадебных участках, а при выполнении определенных модификаций – и в домашних городских условиях, что позволит круглогодично включать в рацион питания витамины, микроэлементы и другие полезные биологически активные вещества.

Литература

1. Г.Г. Панова И.Н. Черноусов, О.Р. Удалова, А.В. Александров, И.В. Карманов, Л.М. Аникина Фитотехкомплексы в России: основы создания и перспективы использования для круглогодичного получения качественной растительной продукции в местах проживания и работы населения // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). 2015. №4 (37).
2. Г. Объедков Новые технологии выращивания растений //АгроXXI. Агропромышленный портал. 2016.

3. Г.И. Зубарева Солнечный дом с вегетарием // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2019. №2.
4. К.С. Гречушкина, В.П. Волохина Гидропоника как способ выращивания экологически безопасных овощей //Материалы 69-й научно-практической конференции студентов и аспирантов. 2017. 109-111.
5. В.В. Купаев Разработка и применение гидропонных установок //Вестник НГИЭИ. 2011. Т. 2. №. 6 (7).
6. «Цио Рус». Ионитный субстрат [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.zionrus.com (дата обр. 10.12.2020).
7. «Гидроном». Субстраты для гидропонного выращивания [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.gidronom.ru/uroki/uroki-nachinaiushchego/63-substraty-primenyaemye-v-gidroponike.html (дата обр. 10.12.2020).
8. Солнечные теплицы [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.mensh.ru/articles/solnechnye-teplicy.pl (дата обр. 10.12.2020).
9. Дача своими руками. Вегетарий: что такое вегетарий, плюсы и недостатки, отличия вегетария от теплицы [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.stopdacha.ru/vegetarij-cto-takoe-vegetarij-plyusy-i-nedostatki-otlichie-vegetariya-ot-teplitsy.html (дата обр. 10.12.2020).
10. Набор для выращивания «Экокуб» [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.eiford.ru/ekokub/ (дата обр. 10.12.2020).
11. Наборы бумажных карандашей «Растущий карандаш» [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.eiford.ru/rastushchiy_karandash/ (дата обр. 10.12.2020).
12. Ионитопоника – ноу – хау для растениеводства [Электронный ресурс]. –Режим доступа <https://teplicy-info.ru/ionitoponic-now-haw/> (дата обр. 10.12.2020).
13. Пат. RU 2 662 772 С1, МПК А01G 31/00. Питательный субстрат для выращивания растений // Ефремов Д.А. (RU), Косандрович Е.Г. (BY), Мельников И.О. (RU), Печкуров А.Н. (RU), Полховский Е.М. (BY), Солдатов В.С. (BY), Сапрыкин В.В. (RU); патентообладатели общество с ограниченной ответственностью "Проект ВИСМУТ" (RU). №2017139914; заявл. 16.11.2017; опубл. 30.07.2018.



Предко Ксения

Год рождения: 1999
Университет ИТМО,
факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
студент группы №Т41503с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: kseniapredko545@gmail.com



Агаханянц Полина Феликсовна

Год рождения: 1972
Университет ИТМО,
факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
к.т.н., доцент,
e-mail: aga-polina@yandex.ru

УДК 504.03

ОЦЕНКА ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В СИСТЕМАХ СЕРТИФИКАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

К. Предко

Научный руководитель – к.т.н., доцент П.Ф. Агаханянц

Аннотация

В работе рассмотрены основные и наиболее распространенные системы добровольной экологической сертификации зданий и сооружений с позиции обращения с отходами. Проведен анализ систем экологической сертификации, рассмотрены объекты, подлежащие экологической сертификации, а также действующая система обращения с отходами в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

Ключевые слова

Экологическая сертификация, LEED, BREEAM, GREEN ZOOM, системы сертификаций, обращение с отходами.

В настоящее время актуальна проблема рационального обращения с отходами. Во многих городах России, в частности, в г. Санкт-Петербурге, недостаточно развита система раздельного накопления отходов, а также их дальнейшая утилизация.

На мой взгляд, повсеместное распространение добровольной экологической сертификации зданий и сооружений является одним из возможных решений данной проблемы, поскольку требования систем экологической сертификации нацелены на сокращение отходов, подлежащих захоронению на полигонах или утилизации на мусоросжигательных заводах. Обязательным условием является раздельное накопление отходов на контейнерной площадке и их последующая утилизация на мусороперерабатывающем предприятии.

Добровольная экологическая сертификация зданий и сооружений – это способ совершенствовать и поощрять движение в направлении устойчивого развития общества.

В настоящее время наиболее распространенными и востребованными являются три системы экологической сертификации зданий: британская BREEAM (была разработана в 1990 г.), американская LEED (появилась в 1998 г.) и российская GREEN ZOOM (появилась в 2015 г.).

По самой первой и популярной системе BREEAM в мире сертифицировано 594011 зданий [1], по LEED – 131195 зданий [2] во всем мире, по GREEN ZOOM – 67 зданий в России [3].

В таблице представлены объекты, подлежащие добровольной экологической сертификации согласно системам сертификации LEED, BREEAM, GREEN ZOOM. К сертифицируемым объектам относятся: жилые и административные здания, находящиеся как на этапе проектирования, так и эксплуатации, объекты розничной торговли, здравоохранения, объекты образования, а также здания, подлежащие реконструкции и капитальному ремонту.

Таблица

Объекты, подлежащие добровольной экологической сертификации

LEED	BREEAM	GREEN ZOOM
Жилые и административные здания (на этапе проектирования и эксплуатации)	Жилые и административные здания (на этапе проектирования и эксплуатации)	Жилые и административные здания (на этапе проектирования и эксплуатации)
Объекты здравоохранения	Объекты здравоохранения	Университеты, кампусы, научно-технологические центры
Объекты розничной торговли	Объекты розничной торговли	Интерьеры
Центры обработки данных	Объекты образования	Объекты малоэтажного строительства
Склады и распределительные центры	Здания, подлежащие капитальному ремонту и реконструкции	Жилые здания, подлежащие капитальному ремонту и реконструкции
Школы и детские сады	Микрорайонная застройка	

Примечательно, что по системе LEED сертифицируются склады и распределительные центры, а также центры обработки данных.

По стандарту системы сертификации BREEAM производится сертификация микрорайонной застройки, а также жилых и коммерческих зданий.

По стандартам системы GREEN ZOOM добровольной экологической сертификации подлежат университеты и научно-технические центры, жилые и административные здания, интерьеры и объекты малоэтажного строительства.

В настоящее время в Санкт-Петербурге отходы размещаются на полигонах ТБО, карта размещения полигонов представлена на рис. 1.

Тринадцатого июля 2020 года согласно Распоряжению Комитета по благоустройству Санкт-Петербурга №193-р был разработан документ "Об утверждении Территориальной схемы обращения с отходами производства и потребления" [4]. В данном документе представлена информация о местонахождении источников образования отходов, в том числе жилого и нежилого фонда.

В территориальную схему, представленную на рис. 2, была внесена информация о морфологическом составе ТКО, и сделан расчет прогнозов образования ТКО.



Рис. 1. Карта размещения полигонов ТБО в Санкт-Петербурге и Ленинградской области

Электронная модель территориальной схемы обращения с отходами Санкт-Петербурга

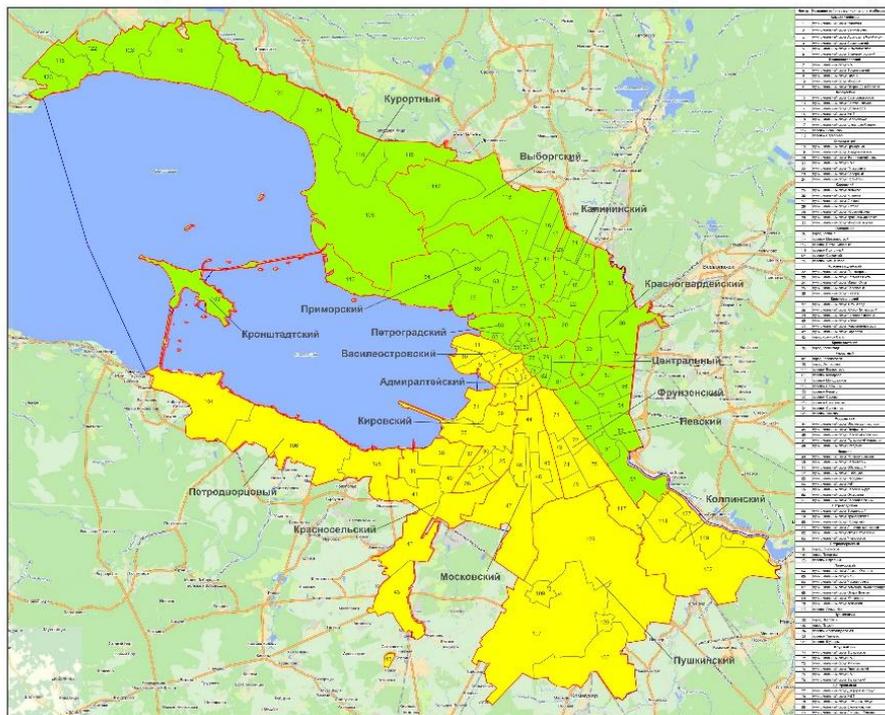


Рис. 2. Территориальная схема обращения с отходами [3]

Выводы: таким образом, добровольная экологическая сертификация:

- предусматривает контроль за соблюдением установленных требований стандартов сертификации к системе обращения с отходами;
- позволяет и разработать систему обращения с отходами для зданий и сооружений различной категории, находящихся как на этапе проектирования, так и на этапе эксплуатации;
- предъявляет повышенные требования к системе обращения с отходами, образующимися в результате строительства.

Повышенные требования заключаются в использовании:

1. Местных и экологически сертифицированных строительных материалов, которые впоследствии можно переработать и использовать повторно;

2. Вторичных материальных ресурсов.

При этом необходимым требованием является организация отдельного накопления отходов на контейнерной площадке, их последующая утилизация на мусороперерабатывающем предприятии.

Следовательно, требования стандартов добровольной экологической сертификации предусматривают наличие действующих мусороперерабатывающих предприятий, что позволит сделать первый шаг к решению проблемы рационального обращения с отходами.

Литература

1. Официальный сайт программы BREEAM [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.breeam.com/> (дата обращения 05.01.2021).
2. Официальный сайт LEED US Green Building council [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.usgbc.org/> (дата обращения 05.01.2021).
3. Официальный сайт GREEN ZOOM. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://greenzoom.ru/> (дата обращения 05.01.2021).
4. Распоряжение Комитета по благоустройству Санкт-Петербурга от 13.07.2020 №193-р "Об утверждении Территориальной схемы обращения с отходами производства и потребления". [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/565311780> (дата обращения: 05.01.2021).



Раджабов Сорбон Рахматович

Год рождения: 1998

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

студент группы № W41502,

направление подготовки: 20.04.01 – Информационные системы
для экологической и техносферной безопасности,

e-mail: sorbonrajabov1998@mail.ru



Кустикова Марина Александровна

Год рождения: 1958

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

к.т.н., доцент,

e-mail: makustikova@itmo.ru

УДК 612.392.72

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА УЧАСТКЕ КОМПРИМИРОВАНИЯ ГАЗА

С.Р. Раджабов

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова

Аннотация

В статье рассматриваются актуальные проблемы и разработка мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на участке компримирования газа. Проанализированы существующие системы автоматического водяного пожаротушения и возможные к внедрению системы автоматического пенного пожаротушения. На основе проведенного анализа практически и теоретически обоснована целесообразность внедрения систем автоматического пенного пожаротушения на участке компримирования газа.

Ключевые слова

Пожарная безопасность, пенное пожаротушение, автоматические системы пожаротушения, установка.

Проблема возникновения пожара неотъемлемо связана с человеческой деятельностью. Обеспечение пожарной безопасности является одной из основных задач, поставленных перед производственными предприятиями. Данная проблема остро стоит перед предприятиями, занимающимися добычей, переработкой, а также транспортировкой газа, в связи с масштабом разрушений при возникновении пожара, а также финансовыми, материальными и человеческими потерями в случае возникновения пожара [1-5].

На рис. 1 приведены данные об авариях, опубликованные Госнадзором, указывают на повышение количества аварий в нефтегазоперерабатывающих производствах.

На рис. 2 показаны аварии на ОПО по видам аварий, произошедших в 2018-2019 годах. Из данных можно понять, что пожар занимает лидирующее место по количеству аварий и данный показатель растет с каждым годом.

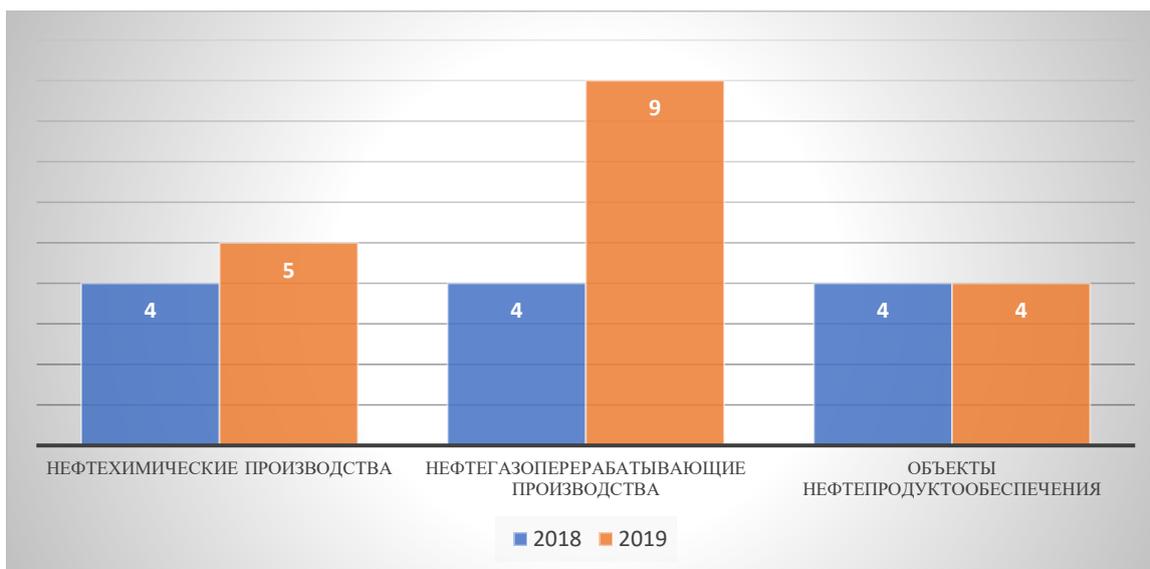


Рис. 1. Распределение аварий на опасных производственных объектах в 2018-2019

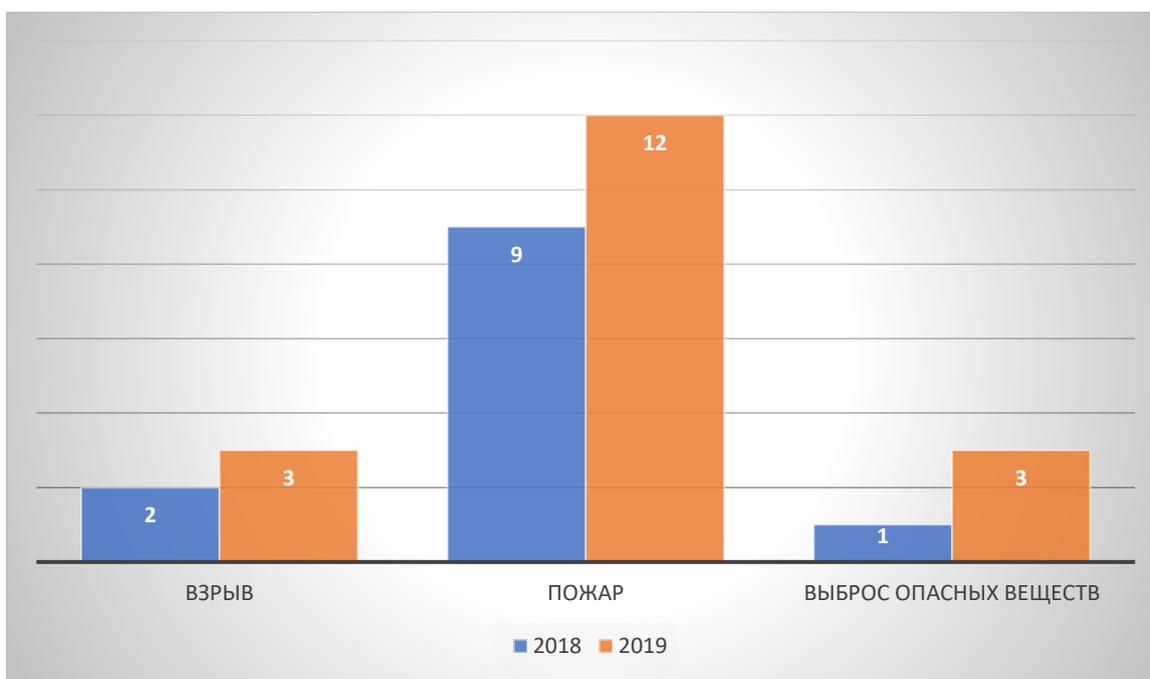


Рис. 2. Распределение аварий на опасных производственных объектах по видам аварий в 2018–2019 годах

Одним из наиболее опасных участков при добыче, переработке и транспортировке газа является участок компримирования газа. Причиной тому является работа оборудования под высоким давлением, а также наличие большого количества горючего вещества (контактный газ).

Для обеспечения безопасности на данных предприятиях устанавливаются системы автоматического пожаротушения. В зависимости от вида производства, используемого сырья, материалов, процессов и технологий для каждого производства подбирается полагаемая система автоматического пожаротушения.

На участках компримирования газа предприятий Российской Федерации в большинстве своем внедрены системы автоматического водяного пожаротушения. Данная система имеет ряд недостатков, к которым в первую очередь относится

противопоказанность применения при разливе жидкого газа. Также к недостаткам можно отнести:

- расход большого количества воды;
- повреждение и потеря материальных ценностей;
- невозможность использования при температуре минусовой температуре;
- невозможность использования в участках с электрооборудованием и открытыми электропроводами.

Для повышения безопасности на участке компримирования газа предлагается внедрение систем автоматического пенного пожаротушения через дренчерную или спринклерную систему орошения. Пенное пожаротушение применяется на объектах нефтяной, газовой и нефтехимической промышленности. Сфера применения систем пенного пожаротушения распространяется также на объекты других отраслей промышленности и на склады междисциплинарных оптовиков (товаров народного потребления).

Спринклерная автоматическая система разбрызгивания воды представляет собой автоматическую систему обнаружения пожара, сигнализации и тушения, отличающуюся своей эффективностью быстро бороться со вспышкой пожара в начальных стадиях. Система представляет собой несколько секций, включающих в себя определенное количество спринклерных головок, установленных на трубах. Каждая секция соединена через регулирующий клапан секции с магистралью спринклера, которая, в свою очередь, соединена с напорным баком и насосом. Количество спринклерных головок на секцию должно быть не более 200. Каждая секция имеет сигнализацию.

Преимущества систем автоматического пенного пожаротушения:

- существенное сокращение расхода воды. Источник воды может быть не питьевым. Актуально для помещений/зданий с ограниченным объемом воды;
- кратность пены. Увеличение кратности пены позволяет уменьшить расход;
- возможность устранения пожаров больших и малых площадей;
- возможность объемного пожаротушения;
- возможность объемного тушения;
- возможность подслоного тушения нефтепродуктов в резервуарах;
- способность огнетушащей смеси перекрыть доступ кислорода к очагу возгорания;
- полная изоляция очага воспламенения от внешней среды. Исключается выделение в воздух вредных газов, продуктов горения;
- компрессионный огнетушащий раствор не вредит окружающей среде, здоровью человека (можно использовать при эвакуации людей).

С экономической точки зрения установка систем пенного пожаротушения является наиболее выгодной по причине того, что на участках компримирования газа уже внедрены системы автоматического водяного пожаротушения. При эксплуатации систем автоматического пенного пожаротушения можно использовать систему автоматического водяного пожаротушения с установкой дополнительных компонентов пенообразователей.

Участки компримирования газа представляют собой масштабную угрозу при возникновении пожара. Использование установленных систем пожаротушения на сегодняшний день является нецелесообразной в связи с имеющимися недостатками. Внедрение систем автоматического пенного пожаротушения способствует повышению уровня безопасности из-за преимуществ, а также экономической целесообразности.

Литература

1. Бадагуев Б.Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, инструкции, журналы, положения/Б.Т. Бадагуев. М.: Альфа-Пресс. 2018. 488 с.
2. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2019 году
3. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями на 27 декабря 2018 года)
4. Федеральный Закон «О пожарной безопасности» от 26.12.94 г. (с изменениями на 27 декабря 2019 года) № 69-ФЗ.
5. ГОСТ 12.1.004-91* «ССБТ. Пожарная безопасность».



Sergienko Olga Ivanovna

Year of birth: 1980
ITMO University,
faculty of biotechnology,
ph.d., associate professor,
e-mail: oisergienko@yandex.ru



Rakhmanov Yuri Alekseevich

Year of birth: 1941
ITMO University,
faculty of biotechnology,
ph.d., associate professor,
e-mail: rahmanovua2010@gmail.com



Khutoraia Iuliia Anatolievna

Year of birth: 1985
ITMO University,
Faculty of Biotechnology,
Group № T41503c,
direction of training: 18.04.02 – Energy and resource saving
processes in chemical technology, petrochemistry and biotechnology,
e-mail: jk03@bk.ru



Kalashnikova Lada

Year of birth: 1998
ITMO University,
faculty of biotechnology,
group № T41503c
direction of training: 18.04.02 – Energy and resource saving
processes in chemical technology, petrochemistry and biotechnology,
e-mail: lkalashnikova0@rambler.ru



Shevchenko Vlada Vasilevna

Year of birth: 1998
ITMO University,
faculty of biotechnology,
group № t41503c
direction of training: 18.04.02 – Energy and resource saving
processes in chemical technology, petrochemistry and biotechnology,
e-mail: vlada.shevchenko.98@mail.ru



Mohammed Ibrahim

Year of birth: 1988

ITMO University,
faculty of biotechnology,
group № t41503c,

direction of training: 18.04.02 – Energy and resource saving
processes in chemical technology, petrochemistry and biotechnology,
e-mail: hawayinna@gmail.com

УДК 628.477

**ENERGY UTILIZATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN THE
VIEW OF CIRCULAR ECONOMY PERSPECTIVE**

**Y.A. Rakhmnov, I. Khutornaia., L.I. Kalashnikova, V.V. Shevchenko,
I. Mohammed, S. Meganathan**

Scientific adviser - ph.d., associate professor O.I. Sergienko

The work was done within the theme research work №620147 "Obtaining secondary raw material and energy resources based on the principles of a circular economy".

Annotation

In the given article the problem of municipal solid waste (MSW) utilization is considered from the point of view of prevention of landfilling and possible energy production considering different structure of waste and several options of its utilization in three countries – Russia, India, and Ethiopia. From these countries the authors of the paper, the newest members of ITMO family, nowadays being the students of the master's program "Industrial Ecology and Cleaner Production" originate. The morphological composition and elemental structure of MSW of these countries is considered. Utilization characteristics of MSW with food waste and without is calculated. The results of the calculations show the perspective of the separation of the food waste fraction from MSW for further energy utilization.

Keywords

Municipal solid waste (MSW), energy production, utilization, separation, incineration.

On October 14, 2020, the European Commission adopted the New EU Methane Strategy, which is a part of European Green Deal and the EU zero-pollution plan [1]. It was determined that accelerating actions on methane is essential to achieve climate neutrality by 2050 and to reduce GHG emissions by approximately 55% by 2030. To achieve this goal the EU Methane strategy presents several synergy actions in energy, industry, agriculture and waste sectors which account about 95% of methane emissions in the world.

Such actions, that reduce methane emissions, include:

- production of biogas from manure and landfills with production of renewable natural gas (RNG);
- valorization of waste streams, which will decarbonize the energy systems through production of biogas;
- strict control under implementation of existing regulation on landfilling and separate collection of biowaste;
- introduction of high composting targets to boost resource efficiency and biowaste recovery.

In addition, further measures are to be undertaken to significantly reduce methane emissions from landfilling, use and treatment of sewage sludge and treatment waste waters especially containing organic substances. Among them the EU-wide ban on landfilling of recyclable and recoverable waste.

In the Russian Federation the same measures were prescribed starting from 2018, according to the Government decision, when disposal at landfills of certain types of waste containing useful components was prohibited [2]. The strategic National Project “Ecology” is highlighting the importance of recycling, waste recovery and diverting waste from landfilling, including especially organic waste which contributes to methane emissions [3, 4].

This leads to searching for the ways of complex processing of raw materials to reduce the amount of waste and use of any useful fractions. Involvement into economic circulation will make waste recycling profitable.

However, there may be no demand in recycled material resources and products from them due to low quality. For example, the food waste, if poorly sorted, can contain toxic substances. Hence the need arises for the development of new techniques, both in biogenic and technogenic systems of the circular economy (fig.1).

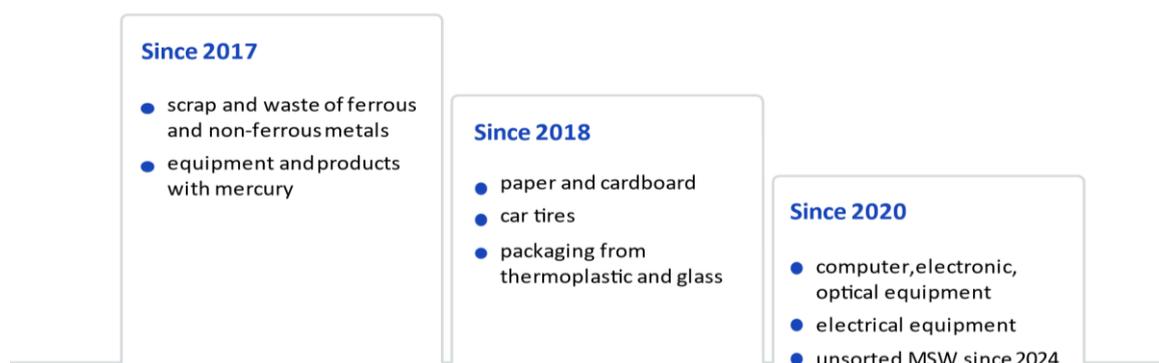


Fig. 1. Ban on waste disposal containing useful components

Unsorted municipal solid waste, including food fraction, will be banned from disposal in Russia from 2024.

Waste presents a fundamental challenge to the quality of the environment worldwide. The pressure to maximize the efficiency of production and to minimize the level of waste generation is mounting. Developing countries and Russia should actively adapt the European experience in improving resource efficiency and the circular economy. Despite the significant progress made in these countries, the problem of waste still requires further development and consideration.

The authors consider the data on the volume and composition of MSW from several settlements: Moscow, Saint Petersburg and Sakhalin regions (Russia), The Tricity region (India) and the city of Addis-Ababa (Ethiopia).

Moscow is the biggest city and capital of Russia. According to Rosstat, in 2020 the population of Moscow was 12 636 312 with a population density of 4934,13 people per one km². According to the Territorial scheme of MSW management in Moscow, in 2020 Russian capital produced 8 091 383 tons of MSW. This according to various estimates can be roughly up to 14% of the total MSW produced in the Russian Federation.

Saint Petersburg is the second largest city in Russia. Waste volume of Saint Petersburg from production and consumption amounts to 10,672 million tons, solid municipal waste volume - 9, 75 million cubic meters (2019).

Sakhalin Oblast is one of the most eastern territories of Russia. The main feature is that it is the only constituent entity of the Russian Federation that is completely located on 87 islands. Sakhalin is the richest source of natural resources with a unique blend of Russian and Japanese cultures. The population of the Sakhalin Oblast, according to Sakhalinstat, was 489.6 thousand people (01.01.2019), and the total amount of waste is estimated at 15.5 million tons per year, of which MSW is 296 thousand tons.

The city of Addis Ababa is the capital and largest city in the country of Ethiopia. Located in the center of Ethiopia, Addis Ababa (also known as Finfinne) currently has a population of 4.8 million people in the urban area and 2.7 million people in its city area. Addis Ababa is a chartered city and also serves as the capital of the Oromia Region, the homeland of the Oromo people. The city is a few miles west of the East African Rift, which splits the country in two. The SWDRPO estimates Addis Ababa generates 730 000 tons of MSW annually and the per-capita waste generation rate is approximately 0,43 kg/day.

The Tricity region consists of three cities: Chandigarh (population: 1.05 million (2011)), Mohali (population: 986 147 (2011)) and Panchkula (population: 561 293 (2011)). Tricity totally generates 680 tons of MSW per day, of which 380 ton are generated in Chandigarh, 150 tons in Mohali and 150 tons in Panchkula. Generated MSW is disposed in open dump sites, which can lead to environmental contamination. Tabl. 1 provides information about composition of MSW in observed cities.

Table 1

Municipal solid waste composition

Fraction	Moscow	Saint Petersburg	Sakhalin region	Chandigarh	Mohali	Panchkula	Addis-Ababa
Glass, %	13,4	8,9	13	1,6	1,4	1,4	5
Metal, %	0,6	11,6	7	0,8	0,6	0,7	3
Paper, %	21,5	27,3	20	6	5,9	5,4	5
Plastic, %	19	15,2	15	7	6,6	7,1	5
Leather and rubber, %	1,1	2	1	1,6	1,2	1,2	1
Textile, %	2,2	2,3	5	4	9	13,1	2,5
Wood, %	2	2,5	1	0	0	0	1,5
Food waste, %	26	27,4	23	52	46,7	42,6	65
Park waste, %	14,3	2,8	15	27	28,6	28,5	12

All calculations for each city were carried out on two sets of data: with all waste fractions and excluding the food waste fraction. For the first step the MSW elemental structure was calculated which then allowed to calculate the calorific value (tabl. 2). The elemental structure for each set of data consists of the following elements and non-elemental parts: carbon (C), hydrogen (H), oxygen (O), nitrogen (N), sulphur (S), ashes (A) and moisture (W).

After removal of food waste the elemental composition changes and calorific value has increased significantly (tabl. 3).

Table 2

Elemental composition in the work mass of MSW and its calorific value of combustion

Elements, %	Moscow	St. Petersburg	Sakhalin region	Chandigarh	Mohali	Panchkula	Addis-Ababa
C	32,42	29,89	30,18	24,54	25,54	24,9	21,24
H	4,66	4,24	4,30	3,42	3,55	3,40	2,98
O	16,24	16,06	16,32	15,20	16,30	16,00	13,4
N	0,90	0,76	0,90	1,28	1,31	1,25	1,17
S	0,11	0,10	0,11	0,14	0,14	0,13	0,12
A	14,52	19,46	15,45	8,32	7,81	7,20	11,73
Calorific value, kJ/kg	13266,71	12037,1	12167,19	9027	9429	9133	7642,32

Table 3

Elemental structure of MSW without food waste

Elements, %	Moscow	St. Petersburg	Sakhalin region	Chandigarh	Mohali	Panchkula	Addis-Ababa
C	39,33	37,09	35,60	36,6	36,34	36,24	33,29
H	5,71	5,32	5,08	5,12	5,07	5,07	4,67
O	17,82	18,76	17,49	21,48	22,73	22,95	19,01
N	0,62	0,71	0,36	1,43	1,47	1,47	1,10
S	0,11	0,12	0,09	0,19	0,19	0,18	0,15
A	16,71	23,89	24,83	6,14	5,44	5,33	20,03
Calorific value, kJ/kg	16808,71	15014,13	15684,96	14654,39	14373,70	14328	13503,29

Calorific value is a very important characteristic for further calculations, which represents the amount of heat that can be obtained during the combustion process excluding the processes of heat of water vapor condensation. As it is seen in tables 2 and 3, the calorific value increases due to absence of food waste which contains the highest volume of moisture content (63,8%). Excluding the food waste fraction helps to reduce the moisture content volume and therefore increase the amount of heat that can be obtained.

The data on elemental structure of MSW and calculated calorific value allows to calculate consumption and utilization characteristics of various methods of waste treatment for each city. At the next stage, we determine the characteristics of MSW consumption and environmentally safe operating conditions of incinerators (tabl. 4, 5).

Generation of heat and energy from waste can be achieved using different technologies. As the main one, the generation of thermal power using the heat-recovery boiler was chosen. The heat-recovery boiler allows to obtain heat and additional water steam and hot water. It also

can be used for heat and power supply, ventilation, air conditioning systems, obtaining electrical energy or cold.

Table 4

Consumption and utilization characteristics of MSW

Characteristics	Moscow	St. Petersburg	Sakhalin region	Chandigarh	Mohali	Panchkula	Addis-Ababa
Additional fuel consumption, kg/h	109,8	103	100	100	130	130	99
Available heat capacity, kW	3745	3431	3298,6	2728	3123	3048	2483,3
Airflow consumption, m ³ /g	8451,8	7713,7	7742	6300	6900	6700	5020

Table 5

Consumption and utilization characteristics of MSW without food waste

Characteristics	Moscow	St. Petersburg	Sakhalin region	Chandigarh	Mohali	Panchkula	Addis-Ababa
Additional fuel consumption, kg/h	80,9	69	63,6	800	780	780	14
Available heat capacity, kW	4225	3745,9	3303,3	10988	10684	10678	30562
Airflow consumption, m ³ /g	9794,2	8682,4	8925,8	17170	16770	16730	6520

Fig. 2 shows the thermal power which can be obtained with a heat-recovery boiler: the red columns represent the amount of thermal power for the data sets with food waste fraction and the blue columns represent the data sets excluding the food fraction. It is clearly seen that the separation of food waste fraction increases the obtainable thermal power, especially for cities with big food fraction.

The results of the research confirm expediency of food fraction separation from amount of MSW, especially in cities where this fraction is big in contrast to other fractions. Food waste can be effectively used for obtaining biogas with decarbonization of waste stream and approaching to zero landfilling. The obtained data can be used for further research to gradually achieve climate neutrality.

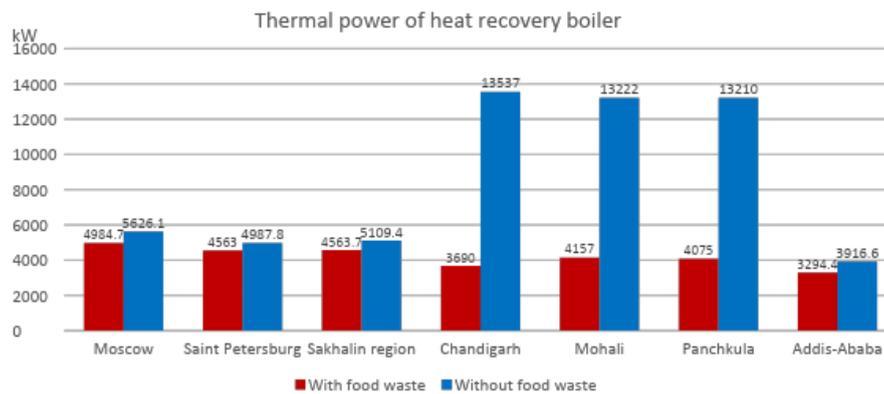


Fig. 2. Thermal power of heat recovery boiler

References

1. Getting to GIPS with Methane, New EU Strategy to Cut CH₄ Emissions from waste, industry and agriculture/ Waste Management World, E-paper November-December 2020/ <https://waste-management-world.com/epaper/51> (дата обр. 03 12 2020).
2. Governmental Ordinance of the RF dated of 25.07.2017 №1589-p “On approval of the list of types of production and consumption waste, which include useful components, the disposal of which is prohibited”/ http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221683/ (дата обр. 03 12 2020).
3. Passport of the National Project “Ecologia”/ Decision dated of December 24, 2018, N16/ https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/ (дата обр. 03 12 2020).
4. Rana R., Ganguly R., Gupta A.K. Life-cycle assessment of municipal solid-waste management strategies in Tricity region of India. Journal of Material Cycles and Waste Management (2019). <https://doi.org/10.1007/s10163-018-00822-0> (дата обр. 03 12 2020).



Резченко Ольга Дмитриевна

Год рождения: 1999

Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
бакалавр,

направление подготовки: 19.03.02 – Алкогольные
и безалкогольные напитки,
e-mail: rezchenkoolga@gmail.com



Баракова Надежда Васильевна

Год рождения: 1954

Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,

e-mail: barakova@corp.ifmo.ru

УДК 664.59

**ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОБРАЗОВАНИЕ
ХЛОРОФИЛЛА В РАСТЕНИЯХ**

О.Д. Резченко

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

Работа выполнена в рамках темы НИР №620146 «Дизайн функциональных продуктов питания адаптогенного действия, для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета, метаболического синдрома и онкологических заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ».

Аннотация

Хлорофилл играет главную роль в процессе фотосинтеза, а также обладает рядом свойств, оказывающих положительное влияние на организм человека. В данной работе приведены факторы, влияющие на образование хлорофилла.

Ключевые слова

Хлорофилл, фотосинтез, факторы, влияющие на образование хлорофилла, физиология растений.

Хлорофилл – пигмент растительных организмов. Он является важнейшим компонентом фотосинтетического аппарата листьев. Содержание хлорофилла используется в качестве физиологического показателя, характеризующего онтогенетические, возрастные и генетические особенности растения.

Хлорофилл использует солнечную энергию для совершения в дальнейшем химических реакций, которые не могут протекать без энергии, получаемой извне.

На данный момент выделено около десяти хлорофиллов, отличающихся различными радикалами. Некоторые из них наиболее распространены среди живых организмов. У всех высших растений содержатся хлорофиллы а и b. Хлорофилл с обнаружен в диатомовых водорослях, хлорофилл d – в красных водорослях [1].

Одним из важных факторов, влияющих на накопление хлорофилла в растительных тканях, является температура. Наиболее подходящая температура для его образования

26-30°C. Также большое влияние имеет влагообеспеченность. Сильное обезвоживание растения приводит к полному прекращению образования хлорофилла [2].

Для формирования хлорофилла необходимо присутствие в растении не только достаточного количества влаги, но и железа, меди, азота и магния. Недостаток данных веществ внешне в растении выражается невыразительными полосами и бледной окраской листьев. Биохимию данного явления можно наблюдать на примере процесса, стимулируемого медью – образование устойчивых комплексов между хлорофиллом и соответствующими белками [3].

Токсичные элементы оказывают негативное влияние на весь комплекс физиологических процессов растений, также отмечено угнетение синтеза хлорофилла. Так как пигменты растений и, в частности, хлорофилл, являются обязательной составной частью фотосинтеза, действие токсичных элементов, например фтора, на пигменты, в большей степени отражается на фотосинтетической способности растений. Наиболее сильно содержание хлорофилла уменьшается у растений возле дорог в непосредственной близости от источников загрязнения [4].

Содержание хлорофилла в растениях зависит от географического места их произрастания и от сезона.

Резкие изменения климатических условий в течение года приводят к потребности растений приспосабливаться к изменению условий произрастания. Изменение гидрологических условий в течение года провоцирует изменения в количестве и составе фотосинтетических пигментов, которые влияют на фотосинтетические свойства и, следовательно, на накопление биомассы растений.

По результатам ранее проведённых исследований можно заключить, что постоянство количественного и качественного состава пигментов непосредственно связано с изменениями гидрологического режима. По данной зависимости можно подразделить растения на 2 группы: с изменением концентрации пигментов в зависимости от сезона и без таковой. Для первой группы характерно увеличение содержания хлорофилла во влажный сезон на 18-20%.

Также необходимо отметить, что, помимо влажности, на содержание фотосинтетических пигментов может влиять освещённость. Подобную зависимость особенно ярко можно наблюдать у тропических видов растений в период их эмоционального и ювенильного периода онтогенеза [5].

Имеются данные о влиянии условий размножения растений на содержание фотосинтетических пигментов, каковым является хлорофилл.

Фотосинтетическая функция во многом зависит от процессов роста и развития растения. Известно, что микроклональное размножение растений имеет ряд преимуществ над традиционными методами. Микроклональное размножение – это использование техники *in vitro* для быстрого получения неполовым путем растений, идентичных исходному.

Растения соответствующих сортов, полученные *in vitro*, образовали хлорофиллов а и b больше, чем растения, полученные традиционным способом. При переходе от традиционного размножения к микроклональному было обнаружено изменение отношения хлорофиллов а/b [6].

Имеются данные о влиянии агроценоза на содержание хлорофилла и продуктивность растений, входящих в него. Агроценоз – экосистема, созданная руками человека с целью получения сельскохозяйственных культур, животных и грибов.

Ориентируясь на результаты экспериментальных данных, можно отметить, что высокое видовое разнообразие агроценозов положительно влияет на интенсивность транспирации в сравнении с посевами одной культуры. Наиболее контрастны показатели в смешанном посеве при обработке семян флавобактерином. В смешанных агроценозах можно отметить различия в концентрации фотосинтезирующего пигмента

в разных сортах растений, так количество хлорофилла а у люпина, в сравнении с ячменём, значительно выше. Следовательно, по биомассе люпин более продуктивный, чем ячмень. Такая зависимость основана на более высокой интенсивности фотосинтеза в растениях с большим содержанием хлорофилла.

Ещё один параметр, влияющий на концентрацию зелёного пигмента, - это обработка смешанных посевов разными группами бактерий. При сравнении влияния азотфиксирующих и флавобактерий заметно, что во втором варианте сумма количества хлорофиллов выше, чем в первом. Следовательно, чистая продуктивность фотосинтеза и интенсивность транспирации тоже выше [7].

Хлорофилл в организме человека помогает выработке эритроцитов, связывает токсины тяжелых металлов и удаляет их, стимулирует производство красных кровяных телец, увеличивает подачу кислорода, блокирует метаболизм прокарциногенов, стимулирует производство ферментов, которые разрушают жирные кислоты и т.д. В соответствии с положительным влиянием хлорофилла на организм человека важно получать растения с его большей концентрацией, а при извлечении хлорофилла из растений с целью создания фармакопейных форм необходимо учитывать те условия, которые были обозначены в этом докладе.

Литература

1. Якушкина Н.И. Физиология растений: учебное пособие для студентов биол. спец. пед. ин-тов. М.: Просвещение. 1980. 303 с., ил.
2. Полевой В.В. Физиология растений / Полевой В.В. М.: Высшая школа. 1989.
3. Михайлова Л.А. Удобрение и диагностика минерального питания плодово-ягодных культур: учебное пособие / Михайлова Л.А., Субботина М.Г., Алёшин М.А. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». Пермь: ИПЦ «Прокрость». 2019. 247 с.
4. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат. 1987. 142 с.
5. Евдокимова Е.В., Новичонок А.О., Марковская Е.Ф., Евдокимова Е.В., Евдокимова Е.В., Евдокимова Е.В., Новичонок А.О. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях растений муссонного тропического леса в разные сезоны года // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-6. С. 1260-1265.
6. Рост и фотосинтетический аппарат сенполии (*Saintpaulia ionantha* H. Wendl), полученной размножением *in vitro* и *in vivo* // Биология клеток растений *in vitro*, биотехнология и сохранение генофонда. Соавт.: С.Ю. Тищенко М. 1997. С. 469-470.
7. Содержание хлорофилла и чистая продуктивность у люпина и ячменя в одновидовом и люпино-злаковом агроценозе. Вестник Брянского государственного университета. №4 (2009): Биология. География. Математика. Медицина. Физика. Химия. Брянск: РИО БГУ. М.Ю. Никитушкина. 2009. С.161-164. 0,6/0,5.



Роголев Алексей Иванович

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы № W42511,
направление подготовки: 20.04.01 – Экология
и техносферная безопасность,
e-mail: rogolev.alexei@yandex.ru



Банарь Светлана Александровна

Год рождения: 1963
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.геогр.н., доцент,
e-mail: banar@mail.ru

УДК 504.064

**АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ ДОКУМЕНТОВ,
РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ ВНЕДРЕНИЕ НДТ**

А.И. Роголев

Научный руководитель – к.геогр.н., доцент С.А. Банарь

Аннотация

Проблема использования устаревших технологий в существующем производстве является актуальной. Основной задачей внедрения наилучших доступных технологий в производство является повышение качества экосистем в целом, а также получение прироста природного капитала. Основным документом, описывающим рациональность выполняемых операций на производстве, является информационно-технический справочник по НДТ. Но также немаловажным считается отнесение объектов, которые оказывают неблагоприятные воздействия на окружающую среду, к определенным категориям, так как именно эти документы регламентируют возможное количество выбросов производства, без огромного ущерба на окружающую природную среду.

Ключевые слова

Наилучшие доступные технологии, негативное воздействие на окружающую среду, природные ресурсы, информационно-технический справочник, ресурсосбережение.

Основопологающим документом, который сформировал законодательную основу в области наилучших доступных технологий, является Федеральный закон от 21.07.2014 г. №219-ФЗ. «О внесении изменений в ФЗ «Об охране окружающей среды». Также огромное влияние представляют законодательные акты, предназначенные для усовершенствования системы нормирования экологической обстановки. Данные документы были положены в основу для создания определения «Наилучшая доступная технология». В РФ существует большое количество ограничений, которые направлены на исключение низкоэффективных технологий и возможный переход на НДТ. Это решение подкрепляется распоряжением Правительства РФ от 17.03.2015 №449-Р. А также предусмотрен переход на создание собственного современного оборудования и на разработку и издание информационно-технических справочников, относящихся к области

НДТ (в основу данных справочников могут быть положены международные ИТС по НДТ).

Целью данной работы является проведение анализа основных нормативно-правовых документов, регламентирующих внедрение НДТ в различные отрасли промышленности.

Основные задачи, необходимые для решения в работе:

- произвести выборку документов, подлежащих анализу;
- анализ каждого документа, регламентирующего внедрение НДТ;
- анализ общей эффективности существующих нормативно-правовых документов по НДТ.

Первоочередным документом, который мы проанализировали, является ГОСТ 56828.14-2016. Данный ГОСТ имеет название Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника. То есть, данный ГОСТ является важным звеном в серии ГОСТ 56828, относящегося к различным его частям. В данном ГОСТ используются следующие основные понятия и определения [1].

Наилучшие доступные технологии (НДТ) – это определение экспертным или же экспериментальным образом области применения, а также различных особенностей изучаемого класса технологий, которые направлены на выявление собрания экологически или экономически приемлемых НДТ, которые можно использовать на фоне других уже имеющихся технологий.

Информационно-технический справочник (ИТС) – это важный документ национальной системы стандартизации, который утверждается на федеральном уровне органами исполнительной власти в области стандартизации. В ИТС содержатся сгруппированные в определенной области данные, которые включают в себя описание процессов, методов, технологий, оборудования и иные данные. На сегодняшний день количество официально зарегистрированных ИТС составляет 50.

Межотраслевой справочник по НДТ – представляет собой информационно-технический справочник по НДТ, с помощью которого решаются проблемы межотраслевого характера. Данный справочник имеет многосторонний спектр и предназначен для несмежных отраслей промышленности.

Отраслевой справочник по НДТ – представляет собой информационно-технический справочник по НДТ, с помощью которого решаются проблемы одной или нескольких смежных отраслей промышленности.

Другие термины и определения, которые относятся в целом к НДТ и в частности ИТС по НДТ, находятся в отдельном ГОСТ 56828.15.-2016 «Наилучшие доступные технологии. Понятия и определения» [2].

Область определения ГОСТ 56828.14-2016 – определение требований к содержанию и структуре межотраслевого и отраслевого информационно-технического справочника.

Общая структура отраслевого и межотраслевого ИТС по НДТ идентична. Общие разделы включают в себя: содержание, введение, предисловие, область применения, заключения, рекомендации, приложение, библиографический список. Но также в данных документах схожи некоторые разделы основной информации, например: определение НДТ, предлагаемые НДТ, экономическая направленность по программе реализации НДТ, использование возможных эффективных технологий.

Основное отличие данных справочников заключается в содержании разделов, относящихся к основной информации, которое заключается в разделении справочников в их области применениям. Ведь основная концепция одного направлена на решение проблем одной, узконаправленной отрасли, и ее дальнейшее эффективное функционирование. А главный смысл другого – это глобальное решение проблем, связанных с минимизацией выбросов, в нескольких, смежных отраслях производства [3].

Но также, если это необходимо, ИТС НДТ может содержать дополнительные подразделы, которые относятся к продукции или деятельности, включенной в справочник, но используемые по отдельности, для определенного технологического процесса.

Каждый из разделов информационно-технического должен содержать в себе информацию строго определенного содержания.

1. Введение – данный раздел содержит в себе общее содержание используемого ИТС НДТ.

2. Предисловие – в данном разделе приводятся информация о цели разработки, статусе документа, разработчике, взаимосвязь с различными аналогами, и т.д.

3. Область применения – для отраслевого ИТС указывается основной и дополнительный перечень видов деятельности, который рассматривается ИТС; для межотраслевого ИТС приводятся основные области промышленности, на которые распространяется ИТС.

4. Основная информация по разделам:

4.1. Общая информация – представляет собой описание основного функционального процесса производства, которые приводят к возникновению выбросов.

4.2. Технологические процессы производства, которые используются на данный момент – в данном разделе приводится общая характеристика используемых на сегодняшний день технологических процессов в РФ.

4.3. Текущее воздействие на окружающую среду – указывают экологические аспекты проблемы, а также принципы мониторинга окружающей среды.

4.4. Определение НДТ – для отраслевого ИТС определяют методику технологии в качестве НДТ, с указанием методических рекомендаций. Для межотраслевого ИТС определяют методику возможных подходов для решения проблемы межотраслевого характера, используемой как НДТ.

4.5. Возможные экономические решения для внедрения НДТ – данный раздел характеризует основные экономические показатели, которые используются для внедрения НДТ.

5. Заключение и рекомендации – указывают технические рабочие группы, которые занимаются разработкой ИТС НДТ, а также приводят рекомендации для дальнейших исследований в области НДТ для решения отраслевых или межотраслевых проблем.

6. Приложение – в отраслевом ИТС НДТ обязательно необходимо указать основные маркерные загрязнители данной отрасли промышленности, технологические показатели, а также сведения о повышении энергоэффективности производства. В межотраслевом ИТС НДТ обязательно привести перечень НДТ, с помощью которых возможно решение данной проблемы, а также напрямую определяющие воздействие человека на окружающую среду, сведения об энергосбережении и энергоэффективности.

Следующим документом, который мы проанализировали, является Постановление Правительства РФ № 1029 «Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

В анализируемом документе содержится информация о разделении на категории объектов, оказывающих негативное воздействие на ОС. Значительная часть объектов, указанных в данном документе, относятся к нескольким категориям, так как разделение данных объектов идет по мощности производства.

Перечень отраслей производства, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду, которые относятся к объектам I и II категории. Для большей информативности разделения объектов I и II категории мы проведем их сравнение [4]:

– обеспечение электроэнергией, газом и паром, оборудованием имеющим мощность более 250 МВт (I категория) и менее (II категория);

– металлургическое производство: - чугуна и стали (мощность более 2,5 тонны в час) (I категория) и мощность менее 2,5 тонны в час (II категория), обработка черных металлов станками горячей прокатки (мощность более 20 тонн в час) (I категория) и мощность менее 20 тонн в час (II категория);

— производство неметаллической минеральной продукции: - стекло и стекловолокно (более 20 тонн в сутки) (I категория) и менее 20 тонн в сутки (II категория), огнеупорная керамика (более 1 млн. шт. в год) (I категория) и менее 1 млн. шт. в год (II категория), керамические и фарфоровые изделия (более 75 тонн в сутки) (I категория) и менее 75 тонн в сутки (II категория);

— сбор и обработка сточных вод (очистка систем водоотведения, мощностью 20 тыс. м³ в сутки) (I категория) и менее 20 тыс. м³ в сутки (II категория);

— производство бумаги и картона более 20 тонн в сутки (I категория) и менее 20 тонн в сутки (II категория);

— разведение сельскохозяйственной птицы (40 тыс. и более) (I категория) и менее 40 тыс. шт. (II категория);

— выращивание свиней (2000 мест и более) (I категория) и менее 2000 мест (II категория).

Также к объектам II категории относятся:

— порты (сухопутные, морские);

— предприятия, которые предназначены для обслуживания, отправки, а также приема воздушных судов, которые имеют длину взлетно-посадочной полосы более 2000 метров.

Перечень отраслей производства, которые оказывают значительное негативное воздействие на окружающую среду, относящихся к объектам III категории. В представленную категорию включена лишь незначительная часть производств относительно предшествующих категорий, например:

— эксплуатирование нулевых исследовательских ядерных установок, радиационных источников, в составе которых присутствуют радионуклиды только 4 и 5 категории;

— проведение хозяйственной и иной деятельности, не указанной в 1,2 и 4 категориях настоящего документа.

Категории отраслей промышленности, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду, которые определены как объекты IV категории:

— отрасли производства, на территории которых установлены лишь стационарные источники загрязнения ОС, масса загрязняющих веществ которых менее 10 тонн в год, а также в их составе отсутствуют вещества 1 и 2 классов опасности;

— осуществление операций по подаче, газа или пара, суммарной мощностью менее 1,9 Гкал/час;

— использование оборудования только исследований, разработок и испытаний новой продукции (НИИ и КБ).

Анализ общей эффективности существующих нормативно-правовых документов, регламентирующих внедрение НДТ. Проведя анализ нескольких нормативно-правовых документов, регламентирующих внедрение НДТ, хотелось бы отметить, что они придерживаются общей концепции минимизации воздействий на окружающую среду, что является эффективным и рациональным инструментом при взаимодействии государства с отраслями промышленности. С помощью данных документов производится разграничение ответственностей отраслей промышленности в зависимости от наносимого ущерба на окружающую среду.

Также хотелось бы отметить, что существующие в РФ нормативно-правовые документы, регламентирующие внедрение НДТ, в некоторых вопросах намного более развиты и строги, чем зарубежные аналоги. Например, на сегодняшний день в РФ официально зарегистрировано 50 справочников ИТС по НДТ, а в странах ЕС лишь 33. И также, например, если рассмотреть ПДК по нормированию качества поверхностных

вод в РФ и странах ЕС, то здесь мы тоже получаем более строгие ПДК в РФ по большинству показателей [5].

В итоге проанализированных литературных источников хотелось бы отметить, что наилучшие доступные технологии являются одним из первоочередных звеньев в организации любого производства, которое может нанести и конечно же наносит вред окружающей среде. И так как вопрос обеспечения безопасности окружающей среды является очень важным, в нашей стране на сегодняшний день создано 50 информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям, благодаря которым значительно уменьшаются выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от производства.

Литература

1. ГОСТ Р 56828.14-2016. Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника. Введен 01.07.2017. М.: Стандартиформ. 2016. 15 с.
2. ГОСТ Р. 56828.15-2016. Наилучшие доступные технологии. Понятия и определения. Введен 26.10.2016. М.: Стандартиформ 2016. 49 с.
3. ГОСТ Р. 56828.1-2015. НДТ. Методические основы по описанию перспективных технологий в информационно-техническом справочнике по НДТ. Введен 09.12.2015. М.: Стандартиформ. 2016. 11 с.
4. Постановление Правительства РФ от 28.09.2015 №1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, производящих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий». Введен 28.09.2015. М.: Стандартиформ. 2015. 8 с.
5. ГОСТ Р 56828.8-2015. НДТ. Методические рекомендации по описанию наилучших доступных технологий в информационно-техническом справочнике по наилучшим доступным технологиям. Введен 01.09.2016. М.: Стандартиформ. 2019. 8 с.



Роголев Алексей Иванович

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы № W42511,
направление подготовки: 20.04.01 – Экология
и техносферная безопасность,
e-mail: rogolev.alexei@yandex.ru



Банарь Светлана Александровна

Год рождения: 1963
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.геогр.н., доцент,
e-mail: banar@mail.ru

УДК 630*111

**ПУТИ СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЙ РУБОК ЛЕСНЫХ
НАСАЖДЕНИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

А.И. Роголев, С.А. Банарь

Научный руководитель – к.геогр.н., доцент С.А. Банарь

Аннотация

Проблема влияния рубок лесных насаждений на изменение факторов окружающей среды в последнее время стала очень актуальной. Так как средняя температура на планете с каждым годом растет, увеличивается парниковый эффект [1], происходят таяния ледников и увеличение уровня мирового океана. Лесные насаждения способствуют потреблению большого количества CO₂. И поэтому необходимо предпринимать меры по сохранению лесных насаждений путем внедрения современных технологий ведения лесного хозяйства. Данные технологии рассмотрены как со стороны способов лесозаготовки, так и лесовозобновления.

Ключевые слова

Сплошные рубки, парниковый эффект, углекислый газ, лесовосстановление, лесные насаждения, лесозаготовительная техника.

Основная задача природопользования заключается в получении из окружающей среды необходимых для нас благ, но в то же время не стоит забывать о сохранении окружающей природной среды, а именно: чистого воздуха и водных ресурсов, плодородных почвенных условий, а также богатого животного мира и разнообразного растительного покрова. Для понимания важности сохранения лесных насаждений отмечается, что во времена СССР мы ежегодно вырубали около 2,5 млн. га лесных насаждений [2]. Сейчас этот объем снизился на 1,2-1,5 млн. га ежегодно. Но те лесные насаждения, которые были вырублены во времена СССР, сейчас заняты молодыми лесами, которые не могут обеспечивать достаточной защиты биосферы. И ежегодные рубки только обостряют проблему антропогенного влияния на окружающую среду.

Рубки лесных насаждений приводят к таким последствиям, как снижение видового разнообразия, накопление в атмосфере большого количества диоксида углерода, нарушение водного режима.

При осуществлении лесозаготовительной деятельности основным источником загрязнения атмосферного воздуха являются двигатели используемой техники, а также пыление на дорогах при осуществлении транспортировки. При перевозке древесины происходят выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, а именно: окись углерода, окислы азота, пары бензина, а также соединения свинца [3].

При осуществлении рубок спелых и перестойных насаждений на землях, прилегающих к водным объектам, негативное воздействие на водные ресурсы должно сводиться к минимуму. Для этого в статье 65 водного кодекса РФ определены размеры водоохранных и защитных полос вблизи водных объектов, которые запрещают проведение сплошных рубок на данных категориях земель [4]. При несоблюдении требований действующего законодательства, неправильном проектировании рубок происходит подмывание дорожного покрытия, что в свою очередь ведет к заболачиванию почвы вблизи водных объектов.

Также огромное воздействие лесов на окружающую среду происходит из-за ветра. Ведь лесные насаждения снижают скорость ветровых потоков на 70-80%, и исходя из этого, при проведении сплошных рубок на огромных площадях мы получаем скачкообразное увеличение скорости ветра, следствием чего является большое количество ветровалов [5].

Лесные насаждения являются основным источником, который в большом количестве поглощает CO_2 . Основным смыслом данного процесса заключается в следующем: лесные насаждения, поглощая углекислый газ из атмосферы, производят аккумуляцию углерода для наилучшего развития древесины, а свободный кислород они выделяют в атмосферу. Лиственные породы более активно поглощают углекислый газ и выделяют кислород. Исходя из этого, целесообразнее производить лесовосстановление именно данными породами.

При проведении рубок лесных насаждений происходит эрозия и опустынивание земель, в результате чего на них образуются пастбища и увеличивается площадь сельскохозяйственных земель. В Японии провели исследование, которое показало, что производство 1 кг говядины способствует выбросу в атмосферу 36,4 кг CO_2 , что составляет 250 км пробега автомобиля. И в итоге мы получаем, что, вырубив лесные насаждения, мы потеряли источник поглощения углекислого газа и в то же время добавили еще один компонент образования данного загрязнителя. Исходя из этого, наблюдается парниковый эффект, который ведет к очень серьезным последствиям [6].

При проведении рубок лесных насаждений очень сильно меняется почвенный покров, что приводит к затрудненному прорастанию семян. Процесс лесовосстановления происходит за очень длительный срок. В результате этого на вырубках начинают формироваться сорные древесные растения.

Влияние рубок лесных насаждений также негативно сказывается и на животных. После проведения рубок большое количество жилищ животных разрушается, и происходит их миграция. В результате поиска нового местообитания большое количество животных просто погибает от голода. Мелкие животные погибают, так как они беззащитны перед хищниками [7].

Целью данной работы является снижение влияния рубок лесных насаждений на окружающую среду путем применения современной техники, оптимальных методов лесозаготовки и использования высокоэнергетических методов лесовосстановления.

Возможными методами решения проблемы минимизации ущерба от рубок лесных насаждений являются: выбор современной техники для лесозаготовки, которая оказывает минимальное воздействие на почву и растительность; правильный выбор вида

рубков лесных насаждений; разработка эффективных способов лесовосстановления и создания лесосырьевых плантаций.

На сегодняшний день ситуация с выбором лесозаготовительной техники находится в выигрышном положении, так как на существующем рынке представлено большое количество современной техники. Но из-за высокой стоимости машин для лесозаготовки большая часть лесозаготовителей пользуются устаревшей техникой, не соответствующей экологическим нормам, что в свою очередь наносит ущерб окружающей среде.

Нами предложен один из возможных вариантов выбора лесозаготовительной техники для сортиментной лесозаготовки. Данный комплекс должен состоять из следующих агрегатов:

- валка, обрезка сучьев, раскряжевка производится сразу на одном месте с помощью харвестера, например, John Deere 1270G, для меньшего давления, особенно на заболоченных почвах на харвестер должны одеваться гусеницы;
- трелевка осуществляется сортиментно, на специальной платформе форвардера, например, John Deere 1510G, которых необходимо вдвое больше, чем харвестеров. Данная техника оказывает минимальное давление на грунт;
- погрузка осуществляется на сортиментовозы различных производителей;
- далее для сбора порубочных остатков с их дальнейшей переработкой используется специальный контейнеровоз с захватом [8].

Выбор лесозаготовительного комплекса может быть индивидуален для каждого заказчика. Причем это связано не только с финансовой составляющей, но и с типом лесорастительных условий и технологией заготовки древесины.

Выбор правильной технологии лесозаготовки позволит решить большое количество проблем, а именно:

- сократить заболачиваемость почвы путем проведения постепенных рубок, с правильным выбором технологии вывозки древесины, что также способствует сохранению лесных насаждений в первозданном виде;
- формирование правильного водного режима путем уборки захламленностей и старых деревьев;
- производить естественное лесовосстановление, что решает проблему посадки и приживаемости лесных насаждений;
- производить минимальное воздействие на флору и фауну путем увеличения интервала между приемами рубки.

Самыми оптимальными с точки зрения сохранения окружающей среды являются выборочные рубки. При проведении данного вида рубок убираются лишь больные и ослабленные деревья. Основные недостатки выборочных рубок - повреждение лесозаготовительной техникой здорового древостоя и сложная технология проведения лесозаготовки. Кроме этого, экономическая нерентабельность для лесозаготовителей как крупного, так и мелкого звена, так как выборочные рубки имеют высокую стоимость лесозаготовки.

Одним из самых оптимальных способов лесовосстановления является совмещение вида рубок и породного состава путем посадки лиственных насаждений. Поэтому мы предлагаем производить восстановление именно лиственными породами, так как они имеют большое количество преимуществ.

Предложенная нами технология предполагает объединение в посадки березы и ели. Ель является теневыносливой породой с поверхностной корневой системой и требовательной к плодородию почвы, а береза в посадках ели будет давать тень насаждениям, укреплять корневую систему переплетением корней, ежегодный опад листвы будет повышать почвенное плодородие. Данная технология предполагает

чересполосную посадку березы и ели на расстоянии 25 м между полосами, чтобы не угнетать прирост ели, схема представлена на рисунке.

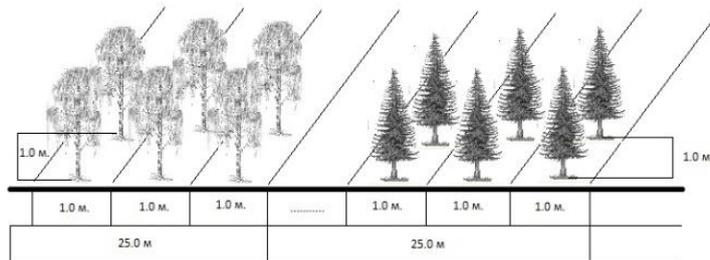


Рисунок. Посадка березы и ели смежными участками

Рубки в данных насаждениях будут вестись следующим образом: в возрасте 51 года, возраста спелости лиственных насаждений, будет вырублена вся береза, и на ее место высажены насаждения березы. При достижении вновь возраста спелости березы, а именно 51 года, ель будет иметь возраст 102 года. В данный момент будет проводиться сплошная рубка насаждения. Исходя из этого, мы сможем вырастить лесные насаждения как для энергетических целей, так и для строительства. Энергетическая ценность, полученная с гектара плантации, составит $E=(1900*90)+(2240*180)=574200$ кал., что соответствует $574200/342000=1,67$ га еловых насаждений. Данные расчеты свидетельствуют о том, что на определенном участке за одно и тоже время мы сможем вырастить в полтора раза больше насаждений.

В результате проделанной работы нами было выявлено, что вырубки лесных насаждений без использования современной лесозаготовительной техники, а также без применения менее пагубных методов заготовки очень негативно влияют на восстановление лесных сообществ, что, в свою очередь, неблагоприятно сказывается на состоянии окружающей среды. Выбор правильных методов лесозаготовки и лесоразведения позволит увеличить объем заготавливаемой продукции с единицы площади, тем самым уменьшив воздействие на другие рядом растущие насаждения.

Литература

1. Добровольные системы и стандарты снижения выбросов парниковых газов [Электронный ресурс] / Юлкин М.А. [и др.] Москва, Всемирный фонд природы (WWF). 2013. 100 с. Режим доступа: <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/799>.
2. Сысоев Е.П. О некоторых аспектах взаимосвязи между лесным и охотничьим хозяйствами [Электронный ресурс] // Сысоев Е.П. Труды Кировского с.-х. ин-та. Вопросы биологии промысловых животных и организации охотничьего хозяйства. Пермь, 1925. С. 97-106.
3. ГОСТ 31967-2012 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения М. 01.07.2014. 43 с.
4. Водный кодекс Российской Федерации [Текст] // Статья 65. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 02.08.2019) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2020).
5. Ковязин В.Ф. Основы лесного хозяйства и таксация леса: учебное пособие / Ковязин В.Ф. [и др.]. СПб.: Изд-во «Лань». 2010. 384 с.
6. Влияние животных на окружающую среду [Электронный ресурс] // Текст ECOCOSM. Режим доступа: <https://eco-cosm.com/articles/globalno/vliyanie-zhivotnovodstva-na-okruzhayushhuyu-sredu>.

7. Козлов В.М. Влияние различных способов рубок леса на среду обитания и популяции охотничьих животных европейской тайги [Текст]// Козлов В.М. Монография. Киров: Вятская ГСХА. 2010. 150 с.
8. John Deere [Электронный ресурс] // Лесозаготовительная техника. Виды моделей применяемых для лесозаготовки. Режим доступа: <https://www.deere.ru/ru/%D0%BB%>



Рунг Юлия Олеговна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

студент группы № W41501,

направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность,

e-mail: 89507933101@mail.ru



Кустикова Марина Александровна

Год рождения: 1958

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

к.т.н., доцент,

e-mail: makustikova@corp.ifmo.ru

УДК 628.3.0

**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
М.А. КУСТИКОВА, Ю.О. РУНГ**

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова

Аннотация

В статье рассматриваются наилучшие доступные технологии (НДТ) в сфере очистки сточных вод, рассматриваются технологически показатели НДТ как способ обеспечить нормативное качество очистки стоков на различных объектах и с наименьшими затратами. Описаны основные виды сточных вод и способы их очистки. Решение проблемы предотвращения негативного воздействия систем водоотведения на окружающую среду и устранения экологических проблем связано с необходимостью модернизации очистных сооружений, которую можно провести на основе НДТ.

Ключевые слова

очистка сточных вод, оценочные параметры, наилучшие доступные технологии, технологические показатели, очистные сооружения.

В связи с текущей ситуацией – бурным развитием отраслей промышленности (химическая промышленность, металлургия, нефтепереработка), сельского хозяйства и других видов антропогенной деятельности, очистка сточных вод является одной из актуальных проблем современности. Необходимость очистки стоков от различных видов загрязнения возникает в том случае, если качество исследуемой воды не соответствует регламентированным требованиям – значениям предельно-допустимых концентраций (ПДК). Очистка стоков по стандартам НДТ обеспечит более низкие затраты на процесс очистки и более близкие к ПДК концентрации загрязняющих веществ в стоках.

Сточные воды – это пресная вода, которая поступает в результате различных видов антропогенной деятельности и, следовательно, претерпела изменения в своих физико-химических свойствах. Одним из признаков, по которому классифицируются сточные воды, является их происхождение.

Бытовые сточные воды – это сточные воды, которые образуются в жилых, административных и других помещениях и поступают в дренажную сеть из различных санитарных объектов. Бытовые воды содержат минеральные и органические загрязнители, последние из которых являются наиболее опасными с гигиенической точки зрения [2].

Промышленные сточные воды – это сточные воды, образующиеся при производстве различных видов продукции (отработанные технические жидкости, технологические и промывочные воды и т. д.). В зависимости от рассматриваемого вида промышленности в сточных водах могут присутствовать специфические загрязнители [1].

Атмосферные (дождевые) сточные воды – это сточные воды, образующиеся при выпадении осадков в жилых, промышленных районах, на автозаправочных станциях и т. д. Атмосферные воды в основном содержат неразрешенные минеральные загрязнения и органические примеси.

Наилучшие доступные технологии в сфере очистки сточных вод применяются для объектов I и II категории негативного воздействия на окружающую среду (НВОС), согласно критериям постановления правительства РФ № 2398 от 31.12.2020 г.

Принцип нормирования, основанный на разделении предприятий по уровню НВОС, осуществляется с целью контроля за крупными загрязнителями. К ним применяются меры экономического стимулирования перехода на НДТ и государственного регулирования [5].

Технологическими показателями наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод являются концентрации загрязняющих веществ, объём или масса сбросов в расчёте на единицу производимой продукции (выполняемой работы, оказываемой услуги) [5]. В настоящее время технологические показатели НДТ для загрязняющих веществ в сбросах в водные объекты утверждены Минприроды России для двадцати шести видов производств.

Информационно-технические справочники наилучших доступных технологий (ИТС НДТ) содержат в себе технологии, методы, процессы, способы и оборудования, используемые для достижения наилучших возможных показателей очистки стоков.

Существуют три ИТС НДТ с сфере очистки сточных вод:

- ИТС 10-2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов»;
- ИТС 8-2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»;
- ИТС 47-2017 «Системы обработки (обращения) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности».

В ИТС НДТ 8-2015 приводятся технологические показатели очистки сточных вод при производстве продукции (товаров), выполненных работ и оказании услуг на крупных предприятиях.

К основным методам очистки сточных вод, согласно ИТС НДТ, относятся следующие:

1. Механический.
2. Физико-химический.
3. Химический.
2. Биологический.
3. Обеззараживание.

Метод флотации применим для нефтеперерабатывающей, химической и пищевой промышленности. Для флотационного выделения из стоков легких компонентов – нефтепродуктов, жиров и масел – используются маслоуловители или нефтеловушки.

Эффективность флотационной очистки сточных вод достигает 95% [3].

Фильтрацией называют перенос воды под давлением или без давления через пористый материал-наполнитель. Наполнитель подбирается в зависимости от вида загрязнения [4].

Также используется метод гравитационной сепарации. В зависимости от степени и вида загрязнения сточных вод осаждение занимает до нескольких часов.

Биологическая очистка стоков осуществляется в биологических фильтрах. Как и в естественных условиях, здесь создается сложная экосистема бактерий, микро- и макроорганизмов. В биофильтрах стоки теряют до 90% органических веществ.

Используются аэротенки или отстойники с активным илом, где вода аэрируется сжатым воздухом. В воде образуется среда для развития этих организмов, которые очищают стоки.

Правильно подобранный метод очистки стоков позволяет соблюсти технологические показатели НДТ, и, как следствие, ПДК загрязняющих веществ.

Дезинфекция применяется на последнем этапе комплексной очистки стоков. Наиболее популярным применением является ультрафиолетовая и хлорная обработка. Хлор используют на большинстве очистных сооружений. Однако поскольку он сам по себе является токсичным загрязнителем, во многих странах от него отказались, отдав предпочтение таким соединениям, как гипохлорит и озон.

В настоящее время в мире очистка сточных вод находится на высоком уровне благодаря достижениям технического прогресса. Современные очистные сооружения обеспечивают высокий уровень охраны водных объектов.

В России присутствует необходимость модернизации большинства очистных сооружений, построенных в середине второй трети прошлого века. Одним из основных направлений модернизации их является внедрение новых производственных процессов в соответствии с ИТС НДТ. Например, переход на замкнутые контуры, при которых очищенные стоки не сбрасываются, а повторно используются в технологических процессах. Замкнутые циклы промышленного водоснабжения позволяют полностью исключить сток очищенных сточных вод в поверхностные водоемы и восполнить безвозвратные потери пресной водой.

В соответствии с принципами НДТ в промышленности внедряются технологические процессы, обеспечивающие наибольшую экологическую эффективность. Серьезное внимание уделяется повышению эффективности очистки сточных вод. Для каждого вида загрязнений и каждого вида технологического процесса разработаны и описаны свои эффективные технологии очистки, указанные в ИТС НДТ.

Для очистки сточных вод обязательно используется комплексный подход, заключающийся в применении нескольких наиболее эффективных и доступных методов очистки стоков.

Очистка стоков по стандартам НДТ обеспечит более низкие затраты на процесс очистки. Практический опыт применения показал, что при осуществлении строительства и реконструкции оборудования на основе наилучших доступных технологий качество стоков будет соответствовать действующим в данный момент нормативам (ПДК) по всем нормируемым показателям. Со временем каждое предприятие сможет подобрать доступную и наилучшую технологию в сфере очистки сточных вод, что позволит снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Литература

1. Белоконев Е. Н. Водоотведение и водоснабжение / Белоконев Е.Н., Попова Т.Е., Пурас Г.Н. М.: Феникс. 2012. 384 с.
2. Нарыков В.И. Гигиена водоснабжения / Нарыков В.И., Лизунов Ю.В., Бокарев М.А. М.: СпецЛит. 2011. 120 с.

3. Николадзе Г.И. Улучшение качества подземных вод. М.: Стройиздат. 1987.
4. Кульский Л.А., Строкам И.И. Технология очистки природных вод. Киев: Вища школа. 1986. 352 с.
5. Фомина В.Ф., Фомин А.В. Наилучшие доступные технологии (НДТ) как элемент новой системы экологического регулирования негативного воздействия на окружающую среду //Север и рынок: формирование экономического порядка. 2018. №. 4. С. 153-168.



Савельев Антон Игоревич

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т41501с,
направление подготовки: 18.04.02. – Промышленная
экология и чистое производство,
e-mail: anton15031998@gmail.com



Орипова Азиза Алишеровна

Год рождения: 1993
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
аспирант,
направление подготовки: 05.18.07 – Биотехнология пищевых
продуктов и биологически активных веществ,
e-mail: aziza.oripova@gmail.com



Сергиенко Ольга Ивановна

Год рождения: 1957
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

УДК 67.08; 661.123; 664.48

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ СОЛЕЙ КАЛЬЦИЯ ИЗ МОРСКИХ ГИДРОБИОНТОВ

А.И. Савельев, А.А. Орипова

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

Работа выполнена в рамках темы НИР-ФУНД №620147 «Получение вторичных сырьевых и энергетических ресурсов на основе принципов Циркулярной экономики».

Аннотация

Данной работа посвящена анализу существующих технологий получения солей кальция из морских гидробионтов. В работе рассмотрены пять распространённых солей кальция, получаемых из морских гидробионтов: пропионата, карбоната, глюконата, цитрата и лактата кальция.

Ключевые слова

Соли кальция, гидробионты, глюконат кальция, цитрат кальция, лактат кальция, пропионат кальция, карбонат кальция.

По оценкам ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), во всем мире ежегодно производится 6,1 миллиона тонн беспозвоночных [1]. Беспозвоночные состоят не менее чем на треть из раковины, и настоящее время большая

часть этих раковин вывозится на свалки и в открытые поля, а меньшая перерабатывается.

Раковины морских беспозвоночных состоят в среднем на 80-90% из карбоната кальция. Следовательно, отходы беспозвоночных являются подходящим источником кальция, который можно использовать в качестве альтернативы минеральному карбонату кальция для производства различных соединений кальция. На сегодняшний момент разработано множество технологий извлечения кальция из гидробионтов для производства биологически активных добавок к пище. Одними из таких добавок являются соли кальция.

Целью данного обзора является классификация технологии получения солей кальция из морских гидробионтов.

В данной работе был выполнен обзор различных методик по получения солей кальция. Для обзора были выбраны технологии получения наиболее распространённых солей кальция: пропионата, карбоната, глюконата, цитрата и лактата кальция. В качестве сырья для получения солей кальция рассматривались двустворчатые моллюски такие как устрицы, мидии, гребешки и морские ежи.

Принципиально существует два пути получения солей кальция из морских гидробионтов. Первый путь заключается в промывке, сушке, измельчении, а затем сырьё подвергается пиролизу при температуре 900-1200°C в течение нескольких часов, потом гидратируется и деминерализуется кислотой. Второй путь получения заключается в промывке, сушке, измельчении, и затем производят реакцию с кислотой.

Первая кальциевая соль, рассматривая в обзоре, это лактат кальция. Для ее получения были рассмотрены два патента: RU2441661C1 «Способ переработки панциря морских ежей» и US6203827B1 «Composition containing readily absorbable calcium and process for producing the same»

Технология по патенту RU2441661C1 заключается в промывке, высушивании и измельчении сырья, затем подготовленное сырьё деминерализуют 10% водным раствором молочной кислоты при температуре 80°C в течение 50-90 мин, центрифугируют при 3000 об/мин. Затем раствор фильтруют и осаждают лактат кальция 95% этанолом в течении суток, центрифугируют при 3000 об/мин, осадок замораживают и лиофильно высушивают. Получившийся порошок растворяют в горячей воде, добавляют активированный уголь для очистки, дважды фильтруют и сушат в сушильном шкафу. Выход продукта составляет 76,14% [2].

Технология по патенту US6203827B1 включает в себя промывку, сушку и измельчение сырья, затем сырьё запекают в печи при температуре 1100°C в течении 1 часа. Потом получившийся оксид кальция растворяют в воде и добавляют 50% -ной L-молочной кислоты при температуре 75°C в течение 15 минут. Затем раствор подвергается распылительной сушке с получением лактата кальция в форме порошка [3].

Следующая соль – цитрат кальция. Также рассматривалась два варианта получения. Технология по патенту KR101499292B1 «Process for Preparing of Calcium Citrate Using Oyster Shells» описывается следующими процедурами. Промывка водой, сушка, измельчение, добавление к порошку 0,5 М водного раствора лимонной кислоты и проведении реакции при температуре 40°C в течении 5 часов. Затем осаждение проводят центрифугированием при 8000 об/мин. Далее осадок сушат горячим воздухом в сушилке и измельчают. Выход соли составляет 87,67%, а чистота от 94,7 до 98,3 % [4].

Технология получения цитрата кальция по патенту CN102334690A «Method for preparing calcium citrate with oyster shells and fan shells» включает промывку, сушку и измельчение сырья, затем сырьё запекают в печи при T=1000°C в течении 4-5 часов. После этого порошок растворяют в 20% соляной кислоте с получением раствора хлорида кальция. К этому раствору добавляют 2 М раствор лимонной кислоты в соотношении раствор хлорида кальция к лимонной кислоте как 3:2, реакцию ведут при 70-100°C на водяной бане в течение 10-20 мин. Раствор остужают, фильтруют, промывают

дистиллированной водой, выщелачивают и сушат в духовке при 70-100°C 1-2 часа.

Технология получения глюконата кальция по патенту CN102887824A «Method for preparing high-purity calcium gluconate by taking oyster shells as raw materials»: промывка, сушка, измельчение с помощью шаровой мельницы. Затем, постоянно помешивая, при 60-70°C на водяной бане соединяют порошок устрицы с 2,0-2,6 М раствором глюконо-дельта-лактона (время реакции 3-5 часов). Полученную суспензию фильтруют, добавляют в фильтрат осадитель сал-эпсом и оставляют на 2-3 часа. Суспензию снова фильтруют, доводя рН фильтрата до 9-10, добавляют флокулянт полиакриламид в фильтрат и оставляют на 0,5-1 час, и снова суспензию фильтруют, добавляют обесцвечивающий агент 30% H₂O₂, перемешивают и оставляют на 12-18 часов. После этого осадок фильтруют и сушат при температуре 95-100°C. Получают глюконат кальция 99% чистотой.

В патенте CN1927803A «Method of preparing calcium propionate and calcium lactate with oyster shell as calcium source» представлена технология получения пропионата кальция состоящая из пяти этапов: 1) Промывка водой, сушка, измельчение. 2) Порошок устрицы добавляется в сосуд и заливается водой в соотношение вода: порошок как 8-16:1. Затем добавляют 5-25% раствор пропионовой кислоты в соотношении кислота: порошок как 1,2-1,6:1. Реакция проходит при температуре 60°C в течение 3-5 часов. 3) Раствор фильтруется, получившийся осадок непрореагировавшего порошка отправляется обратно в сосуд. 4) Фильтрат концентрируется с образованием густого продукта с мелкими кристалликами. 5) Густой пропионат кальция сушится при температуре 100-105°C в течении 2 часов. Выход пропионата кальция составляет 95%.

Последней технологией, рассмотренной в этом обзоре, является получение карбоната кальция, предложенное в патенте JPH08131121A «Production of calcium powder for health food or health drink from natural shells». Технология состоит в высокотемпературной промывке при температуре 100°C, сушке в сушилке и измельчении сырья, затем проводят обжиг при температуре от 900 до 1400°C в течение примерно 30 минут. Сырье охлаждают, диспергируют в воде с образованием извести (Ca(OH)₂), и в известь выдувают двуокись углерода (CO₂), чтобы получить осадок карбоната кальция. Осажденный карбонат кальция фильтруют, а затем концентрируют при низкой температуре при пониженном давлении и сушат вымораживанием [5].

В таблице представлен сравнительный анализ получения солей кальция по условиям для протекания реакции, способу отделения получившейся соли, используемым реагентам и по показателям эффективности.

Таблица

Сравнение технологий получения солей кальция

Номер патента и получаемая соль	Условия для протекания реакции	Способ отделения	Используемые реагенты	Показатели эффективности
RU2441661C1 Лактат кальция	T=80°C, τ=50-90 мин	Центрифугирование, фильтрация, использование осадителя	10% раствор молочной кислоты Р-р NaOH 95% этанол Активированный уголь	Выход лактата кальция составляет 76,14%.
US6203827B1 Лактат кальция	T=950-1150°C τ=1 час T=75°C, τ=15 минут	-	50% L-молочная кислота	-

продолжение таблицы

Номер патента и получаемая соль	Условия для протекания реакции	Способ отделения	Используемые реагенты	Показатели эффективности
KR101499292B1 Цитрат кальция	T=40 °C, τ=5 часа	Центрифугирование	0,1-1 М раствор лимонной кислоты	Выход соли составляет 87,67% Чистота от 94,7 до 98,3 %
CN102334690A Цитрат кальция	T=1000 °C, τ=4-5 часов	Фильтрование	20% соляная кислота 2 М раствор лимонной кислоты	-
CN102887824A Глюконат кальция	T=60-70 °C, τ=3-5 ч	Фильтрование и использование осадителя	2,0-2,6 М раствор глюконо-дельта-лактона осадитель сал-эпсом Раствор NaOH Полиакриламид 30% H ₂ O ₂	Чистота 99%
CN1927803A Пропионат кальция	T=60 °C, τ=3-5 ч	Фильтрование	5-25% раствор пропионовой кислоты	Выход пропионата кальция – 95%.
JPH08131121A Карбонат кальция	T=900-1400°C, τ=30 мин	Фильтрование	Двуокись углерода (CO ₂)	-

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы: на сегодняшний момент при производстве солей кальция используют высокотемпературный обжиг (пиролиз) – технологию, требующую больших затрат на электроэнергию. При этом существуют технологии, протекающие в среднем 3,5 часа при температуре реакции от 40 до 80°C. В рассмотренных технологиях для отделения солей используются центрифугирование, фильтрация, осаждение и их комбинации. Простыми являются технологии получения цитрата, пропионата и карбоната кальция, где используется один метод: центрифугирование или фильтрование. Наименее затратными в плане реактивов являются технологии получения солей кальция по патентам KR101499292B1 (цитрат кальция), US6203827B1 (лактат кальция) и CN1927803A (Пропионат кальция). В этих технологиях используются один раствор кислоты. Эффективными технологиями с точки зрения выхода продукта можно назвать технологии получения цитрата кальция по патенту KR101499292B1 и пропионата кальция по патенту CN1927803A. Выход продукта в этих технологиях составляет 88% и 95% соответственно.

Литература

1. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. 2020. Меры по повышению устойчивости. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/ca9229ru/CA9229RU.pdf> (дата обращения: 22.02.2021).
2. Патент RU 2441661C1 МПК А61К 35/56, В01D 11/02. Способ переработки панциря морских ежей / Иванова С.А., Пожарицкая О.Н., Шиков А.Н., Макаров В.Г.; патентообладатель ЗАО "Санкт-Петербургский институт фармации". №

- 2010153264/15; заявл. 24.12.2010; опубл. 10.02.2012.
3. Patent US6203827B1. Composition containing readily absorbable calcium and process for producing the same / Shinya Katsukura; Publication 20.03.2001.
 4. Patent KR101499292B1. Process for preparing of calcium citrate using oyster shells / Publication 26.03.2014.
 5. JPH08131121A. Production of calcium powder for health food or health drink from natural shells / Yoshio Endo; Publication 28.05.1996.



Саламахина Алиса

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
студент группы № Т421182с,
направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология,
e-mail: alisa-97@yandex.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 615.014.6

БЕТА-ГЛЮКАН КАК БИОСОВМЕСТИМАЯ ОБОЛОЧКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМОЙ ФОРМЫ КАРАТИНОИДА

А. Саламахина

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

Работа выполнена в рамках темы НИР №620146 "Дизайн функциональных продуктов питания адаптогенного действия, для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета, метаболического синдрома и онкологических заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ".

Аннотация

В работе исследовали β -глюкан из овсяных отрубей в качестве оболочки для нерастворимого в воде каротиноида. β -глюкан был получен методом экстракции горячей водой и высушен в виде чистого порошка. Далее была определена концентрация чистого полисахарида с использованием L-цистеина и серной кислоты. По результатам наибольший выход β -глюкана получается именно методом экстракции горячей водой, в сравнении с ферментативными, кислотными и щелочным методами. Для получения и стабилизации капсул β -глюкан модифицировали с октановой кислотой и затем помещали в него β -каротин. Данные сканирующего электронного микроскопа (SEM) полностью коррелируют с данными, полученными с помощью прибора динамического рассеивания света (DLS). Размер частиц был определен при 200 нм.

Ключевые слова

β -глюкан, экстракция горячей водой, полисахарид, инкапсуляция, β -каротин.

Благодаря существованию целого ряда полезных свойств β -глюкан играет важную роль в здоровом питании и фармацевтических продуктах. Положительный эффект включает снижение уровня холестерина и глюкозы в сыворотке крови, иммуномодуляцию, противоопухолевую активность и профилактику ожирения [1].

β -глюкан является полисахаридом и присутствует в структурах различных видов организмов, таких как грибы, дрожжи, овес, ячмень, водоросли, но его нет у

млекопитающих. Обладает различной биологической активностью и находит свое применение во многих медицинских продуктах [4].

Длинная цепь полисахарида состоит из мономера D-глюкозы, соединенной гликозидными связями. У микроорганизмов, например, соединение через (1→3) и (1→6) участки. Напротив, у растений через (1→3) и (1→4) [7].

Следует отметить, что β-глюкан является многообещающей платформой для использования в качестве водорастворимого материала-покрытия для нерастворимых в воде биологически активных молекул. В данной работе демонстрируется прототип получения водорастворимых наномицелл β-глюкан-β-каротин для повышения их стабильности и таргетной доставки.

Каротиноиды – это жирорастворимые пигменты, обнаруженные во всех фотосинтезирующих организмах. Они обеспечивают предотвращение некоторых видов рака, сердечно-сосудистых заболеваний и старения глазных заболеваний, а также усиление функций иммунной системы [6].

β-каротин является провитамином А и обладает антиоксидантной активностью. Он характеризуется плохой устойчивостью к высоким температурам и свету, плохой растворимостью в воде и ограниченной биодоступностью. Большое количество исследований было направлено на изменение его гидрофобной природы и повышению стабильности для использования в пищевой и фармацевтической отраслях. Инкапсуляция является подходящим способом для достижения поставленной задачи [5].

В нашем исследовании мы использовали жирные кислоты для синтеза производных амфифильных углеводов, чтобы придать β-глюкану овса способность доставлять и растворять липофильные соединения и увеличивать растворимость β-каротина в воде.

Целью данной работы было получить стабильный комплекс из модифицированного β-глюкана с инкапсулированным β-каротина для создания водорастворимой формы каротиноида.

Первым этапом исследования было получение β-глюкана из овсяных отрубей методом экстракции горячей водой. Выход оценивали путем взвешивания гранул экстракта после сушки на сухой чашке Петри с известной массой с использованием аналитических весов [2].

Далее определяли содержание чистого β-глюкана в экстракте с использованием L-цистеина и серной кислоты. Концентрация чистого β-глюкана измерялась спектрофотометром при длине волны 415 нм и стандартной кривой глюкозы, представленной на рис. 1. Зная молекулярную массу глюкозы и β-глюкана из овса, можно было определить концентрацию исследуемого полисахарида в полученном сухом экстракте [8].

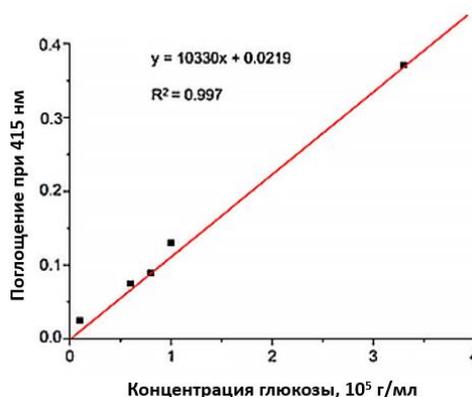


Рис. 1. Стандартная кривая глюкозы при длине волны 415 нм. Концентрация глюкозы определялась по уравнению $y = 10330x + 0,0219$ со значением $R^2=0,997$, где y – поглощение, а x – концентрация

Количество β -глюкана в 100 г овсяных отрубей было выражено в процентах. Выход β -глюкана равен $5,3 \pm 0,3$ % в сухом состоянии.

Извлеченный продукт идентифицировали с помощью FTIR-спектроскопии. Для наглядности спектр полученного β -глюкана сравнивали с чистым β -глюканом от компании «Sigma», который показан на рис. 2. Из представленных спектров видно, что они почти равны и имеют одинаковые характерные пики [2].

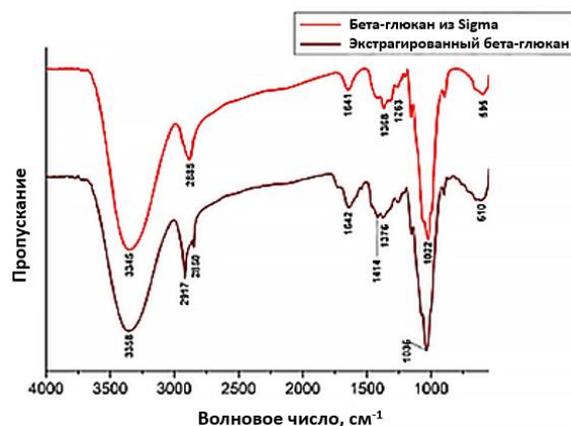


Рис. 2. FTIR-спектр полученного β -глюкана и β -глюкана от компании «Sigma»

Далее была произведена модификация β -глюкана посредством химического синтеза для создания нанокapsулы. Первым шагом было взаимодействие 1,1'-карбонилдиимдазола (CDI) и октановой кислоты в растворителе диметилсульфоксида (DMSO). Затем образованный ацилимидазол вступал в реакцию с β -глюканом и образовывал сложный эфир жирной кислоты β -глюкана. После процесса диализа и лиофильной сушки полученный белый слой растворяли в воде, доводили до pH 5,9 крахмалом и лимонной кислотой и добавляли β -каротин. Затем смесь оставляли на плите при температуре кипения и центрифугировали [7].

Далее, с помощью FTIR-спектра были изучены изменения функциональных групп в полученной системе. Спектр капсул на рис. 3 показывает четкий пик при 1737 см^{-1} , соответствующий валентному колебанию $\text{C}=\text{O}$. Этот пик сопровождается валентным колебанием $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ в области $1280\text{--}1200 \text{ см}^{-1}$. Эти пики указывают на образование простой эфирной связи между бета-глюканом и октановой кислотой и указывают на успешную модификацию бета-глюкана. Сильный четкий пик интенсивности при 1645 см^{-1} появляется из-за валентного колебания $\text{C}=\text{C}$ алкеновых связей в молекуле бета-каротина и связан с гидроксильными группами кольцевых колебаний. В остальных спектральных областях сильных различий не наблюдается [3].

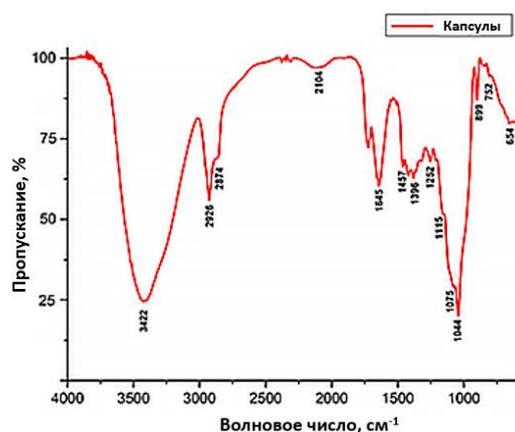


Рис. 3. FTIR-спектр модифицированного β -глюкана с β -каротином

Затем был определен размер капсул с помощью DLS. Он составил 220 нм, как показано на рис. 4. А зета-потенциал системы равен 24 мВ при комнатной температуре.

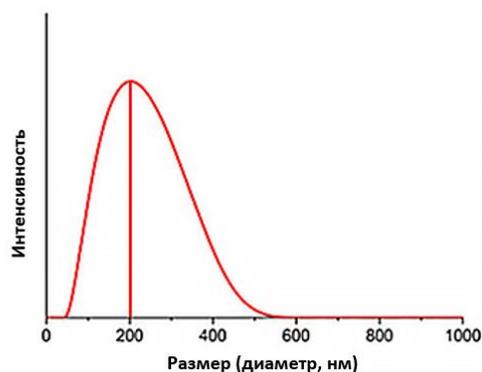


Рис. 4. DLS модифицированного β -глюкана с β -каротином

После была изучена структура и само-агрегация капсул с помощью SEM микроскопа. На рисунке 5 видны агрегаты частиц, состоящих из сфер размером около 200 нм, которые совпадают с данными DLS [9].

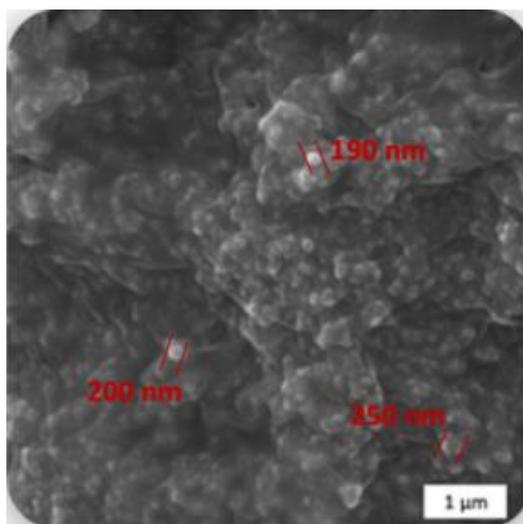


Рис. 5. SEM модифицированного β -глюкана с β -каротином

Выводы

В результате работы были получены водорастворимые мицеллы β -глюкан- β -каротин с использованием в качестве источника β -глюкана легкодоступных овсяных отрубей. Была произведена оценка полученных капсул с использованием динамического рассеяния света (DLS), сканирующего электронного микроскопа (SEM), FTIR-спектроскопии.

Литература

1. Ahmad A. и др. Physicochemical and functional properties of barley β -glucan as affected by different extraction procedures // *Int. J. Food Sci. Technol.* 2009. Т. 44. № 1. С. 181–187.
2. Ahmad A. и др. Extraction and characterization of β -d-glucan from oat for industrial utilization // *Int. J. Biol. Macromol.* 2010. Т. 46. № 3. С. 304–309.

3. Gonzaga M.L.C. и др. Isolation and characterization of polysaccharides from *Agaricus blazei* Murill // *Carbohydr. Polym.* 2005. Т. 60. № 1. С. 43–49.
4. Jin Y., Li P., Wang F. β -glucans as potential immunoadjuvants: A review on the adjuvanticity, structure-activity relationship and receptor recognition properties // *Vaccine*. 2018. Т. 36. № 35. С. 5235–5244.
5. Knockaert G. и др. Changes in β -Carotene During Processing of Carrots. : Elsevier Inc., 2015. 11–16 с.
6. Ligia Focsan A., Polyakov N.E., Kispert L.D. Supramolecular carotenoid complexes of enhanced solubility and stability — The way of bioavailability improvement // *Molecules*. 2019. Т. 24. № 21.
7. Liu J. и др. Optimization and characterization of curcumin loaded in octenylsuccinate oat β -glucan micelles with an emphasis on degree of substitution and molecular weight // *J. Agric. Food Chem.* 2014. Т. 62. № 30. С. 7532–7540.
8. Wood P.J., Paton D., Siddiqui I.R. Determination of β -glucan in oats and barley // *Cereal Chem.* 1977. Т. 54. № 3. С. 524–533.
9. Wu C. и др. Synthesis of β -1,3-glucan esters showing nanosphere formation // *Carbohydr. Polym.* 2013. Т. 98. № 1. С. 807–812.



Санавбаров Ромин Искандарович
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
аспирант группы №7950,
направление подготовки: 16.03.03 – Холодильная, криогенная
техника и системы жизнеобеспечения,
e-mail: roma.sanavbarov@mail.ru



Зайцев Андрей Викторович
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: zai_@inbox.ru

УДК 621.592

АНАЛИЗ ОЖИЖИТЕЛЕЙ ПРИРОДНОГО ГАЗА С ЦИКЛОМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Р.И. Санавбаров, А.В. Зайцев

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Зайцев

Работа выполнена в рамках проекта НИР МА №620149 «Усовершенствование охладителя природного газа».

Аннотация

В работе проведен анализ технологий по производству СПГ с циклом предварительного охлаждения. Для упрощения анализа были выбраны процессы сжижения природного газа с азотным контуром, т. е. охлаждение газа происходит за счет расширения газа в расширительных машинах (детандерах). Для уменьшения энергетических затрат в технологию добавляется цикл предварительного охлаждения. За счет цикла предварительного охлаждения энергозатраты этой технологии уменьшаются до 23%.

Ключевые слова

Сжиженный природный газ, цикл предварительного охлаждения, азотный контур, энергоэффективные процессы, природный газ.

В настоящее время продолжается ежегодный рост интереса к сжиженному природному газу. По данным Международного Энергетического Агентства (IEA), человечество ежегодно потребляет свыше 3 трлн. м³ газа, и спрос на него может вырасти до 4,5 трлн. м³ к 2035 году. При этом ключевым регионом добычи природного газа в ближайшей перспективе станет Восточная Европа – Евразия (включая Россию и район Каспия). Природный газ (ПГ) транспортируется либо газопроводом, либо в сжиженном виде (СПГ) перевозчиками железнодорожным или автотранспортом, морским и речным транспортом. Очевидно, что самым простым и экономически выгодным способом является первый вариант – газопроводом, но в тех случаях, когда строительство трубопровода от поставщика к потребителю является экономически невыгодным, сжижение природного газа становится одним из путей достижения поставленной цели.

Производство СПГ является также наиболее выгодным для небольших газовых месторождений и транспортировки на большие расстояния [1, 5, 6].

Производство СПГ является ключевым звеном в построении инфраструктуры производства, хранения, распределения и потребления сжиженного природного газа.

Определяющими параметрами при проектировании установок по получению СПГ является не только производительность, но и состав газа, поскольку требования к его очистке очень жесткие и связаны с тем, что при криогенных температурах примеси выпадают в твердом виде и забивают арматуру.

Оптимизация технологий является одним из способов совершенствования эффективности в СПГ-индустрии. Внедрение инноваций на установках предварительной обработки газа обеспечивает преимущества того или иного проекта по сжижению газа. При производстве СПГ основное внимание должно уделяться мероприятиям по подготовке газа к ожижению, т. е. по доведению природного газа до параметров, позволяющих конденсацией получить СПГ требуемого качества [3, 4].

Процесс сжижения природного газа обладает высокими энергозатратами. Поэтому любое улучшение производительности процесса сжижения определенно приведет к снижению энергопотребления. Процесс сжижения природного газа с азотным циклом рассматривается как наиболее подходящий процесс для небольших заводов по производству СПГ. Данный процесс отличается своей простотой в эксплуатации, быстрым запуском, удобным техническим обслуживанием, но и высоким энергопотреблением. Эффективный способ снизить его энергопотребление – это добавление цикла предварительного охлаждения. В данной работе проводится анализ процесса сжижения природного газа с азотным циклом и циклом предварительного охлаждения для улучшения производительности процесса, которому уделяется особое внимание. В цикле предварительного охлаждения в качестве хладагента используется пропан, R410a и CO₂ [2, 4, 6].

На рис. 1 приведена схема цикла сжижения природного газа с азотным контуром, где охлаждение газа происходит за счет расширения азота в детандерах.

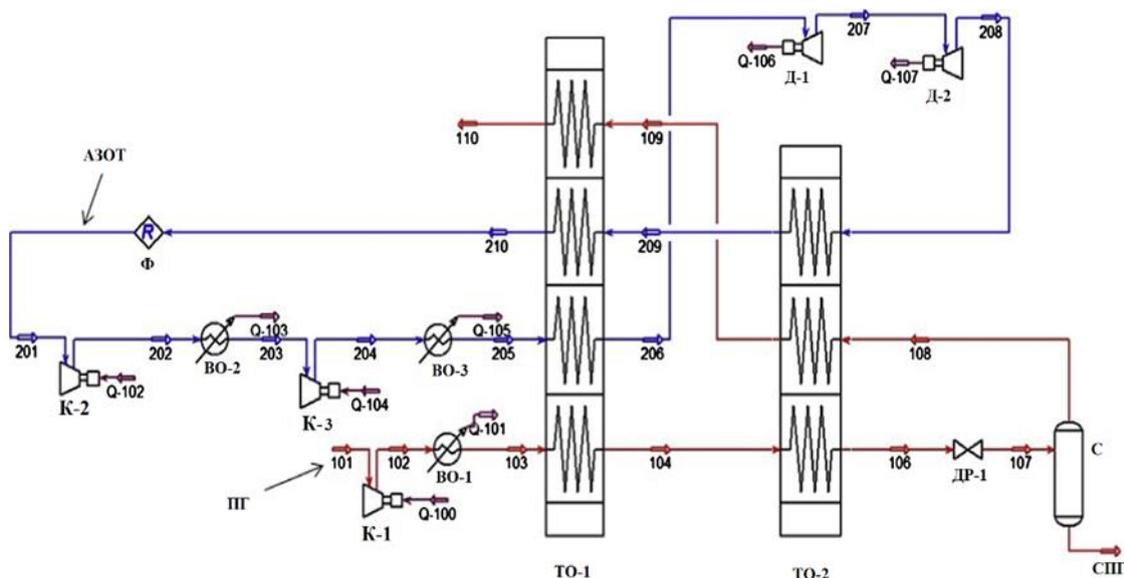


Рис. 1. Процесс сжижения природного газа с азотным контуром:

К – компрессор; ТО – теплообменники; ВО – водоохладитель; Ф – фильтр;
ДР – дроссельный вентиль; Д – детандер; С – сепаратор

Данная технология является наиболее распространённой в установках малой и средней производительности, так как отличается своей простотой и удобством эксплуатации. Основные недостатки данной технологии связаны с большими энергетическими расходами, для уменьшения которых в процесс добавляется цикл предварительного охлаждения. Процессы с циклом предварительного охлаждения с использованием пропана и R410a показаны на рис. 2 и 3 соответственно [2, 4].

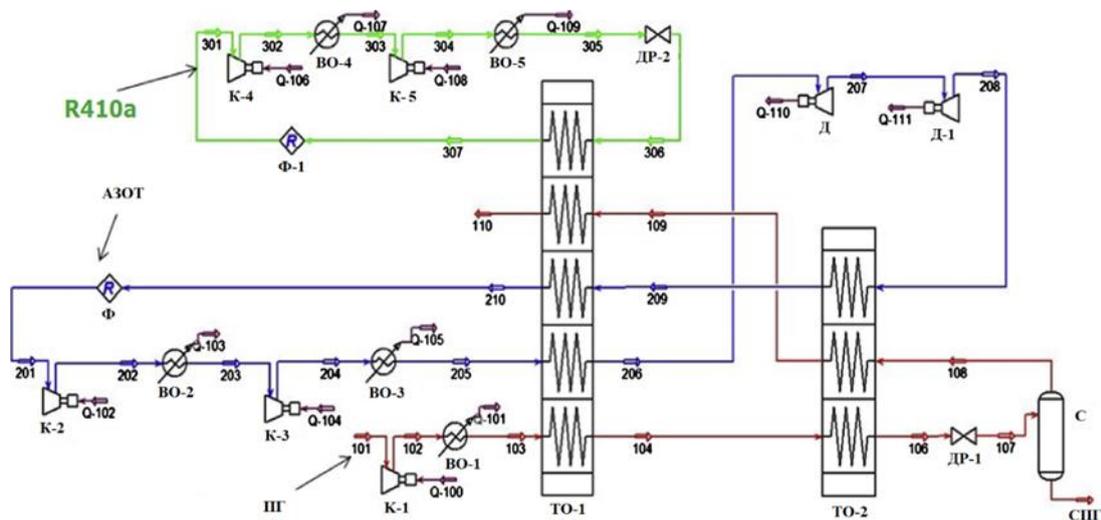


Рис. 2. Процесс сжижения природного газа с азотным контуром и циклом предварительного охлаждения R410a:
 К – компрессор; ТО – теплообменники; ВО – водоохладитель; Ф – фильтр;
 ДР – дроссельные вентили; Д – детандер; С – сепаратор

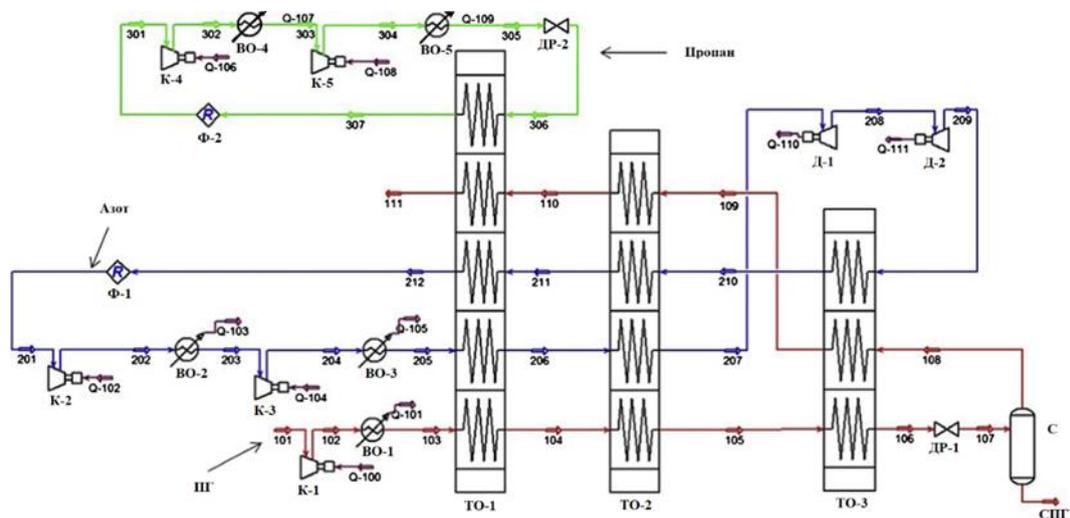


Рис. 3. Процесс сжижения природного газа с азотным контуром и циклом предварительного охлаждения пропаном:
 К – компрессор; ТО – теплообменники; ВО – водоохладитель; Ф – фильтр;
 ДР – дроссельные вентили; Д – детандер; С – сепаратор

При включении цикла предварительного охлаждения энергетические затраты данной технологии значительно уменьшаются. При использовании хладагента R410a энергетические затраты всей технологии уменьшаются на 22,74%, при использовании пропана на 20,02 % [2, 6]. Принцип работы этих технологий практически не отличается. Природный газ после очистки сжимается в компрессоре, охлаждается в водоохладителе

и теплообменниках, после чего дросселируется, и его давление снижается до давления хранения. Холодные пары СПГ после сепаратора обратным потоком охлаждают теплообменники. Следует учитывать, что в процесс с циклом предварительного охлаждения пропаном добавляется дополнительный теплообменный аппарат для увеличения холодопроизводительности.

Также были предложены другие модификации данной технологии. Наиболее интересным вариантом являются эта же технология с циклом предварительного охлаждения, где в качестве хладагента используется диоксид углерода CO_2 [2].

На рис. 4 показана схема технологии.

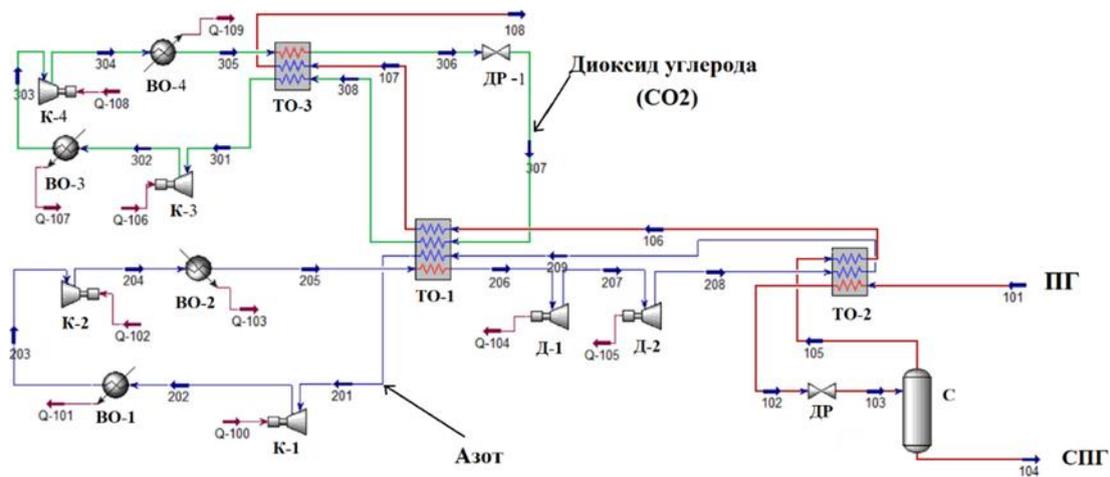


Рис. 4. Процесс сжижения природного газа с азотным контуром и циклом предварительного охлаждения CO_2 :
 К – компрессор; ТО – теплообменники; ВО – водоохладитель;
 ДР – дроссельные вентили; Д – детандер; С – сепаратор

Улучшение данной технологии заключается в том, что цикл предварительного охлаждения предварительно охлаждается холодными парами природного газа после разделения из сепаратора. За счет этой модификации удастся уменьшить энергетические расходы. Также существует еще более усовершенствованный вариант этой же технологии, которая показанная на рис. 5.

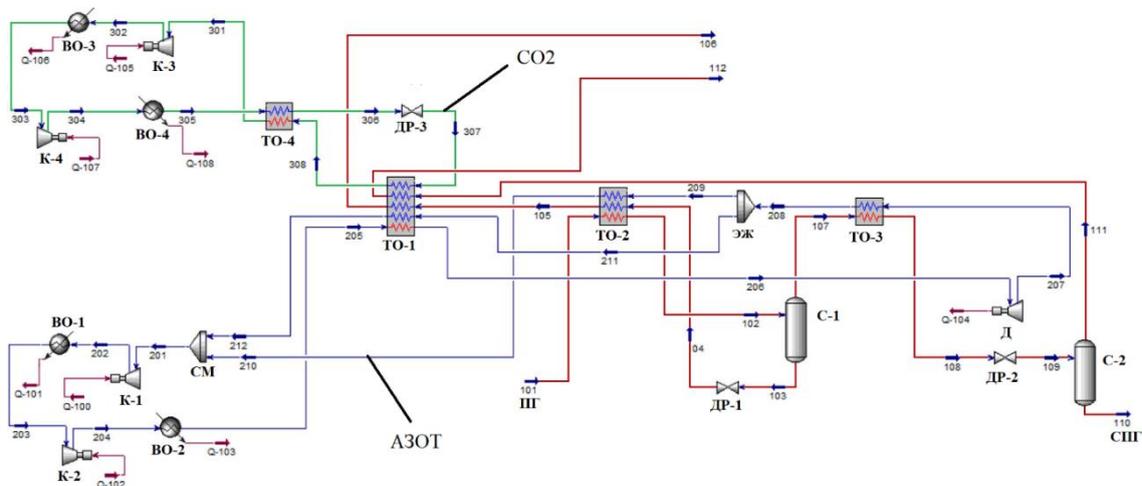


Рис. 5. Процесс сжижения природного газа с азотным контуром и циклом предварительного охлаждения CO_2 :
 К – компрессор; ТО – теплообменники; ВО – водоохладитель; ДР – дроссельные вентили;
 Д – детандер; С – сепаратор; ЭЖ – эжектор; СМ – смеситель

Улучшение данной технологии связано с включением в него второго сепаратора для увеличения коэффициента ожижения, эжектора для увеличения холодопроизводительности, так как эжектор позволяет уменьшить температуру азота после теплообменника (ТО-3) и разделает его на два равных потока для более эффективного охлаждения одновременно в двух теплообменниках. Также в целях экономии вместо двух детандеров работает один [4].

На рис. 6 показаны результаты энергетических затрат по оборудованию процесса.

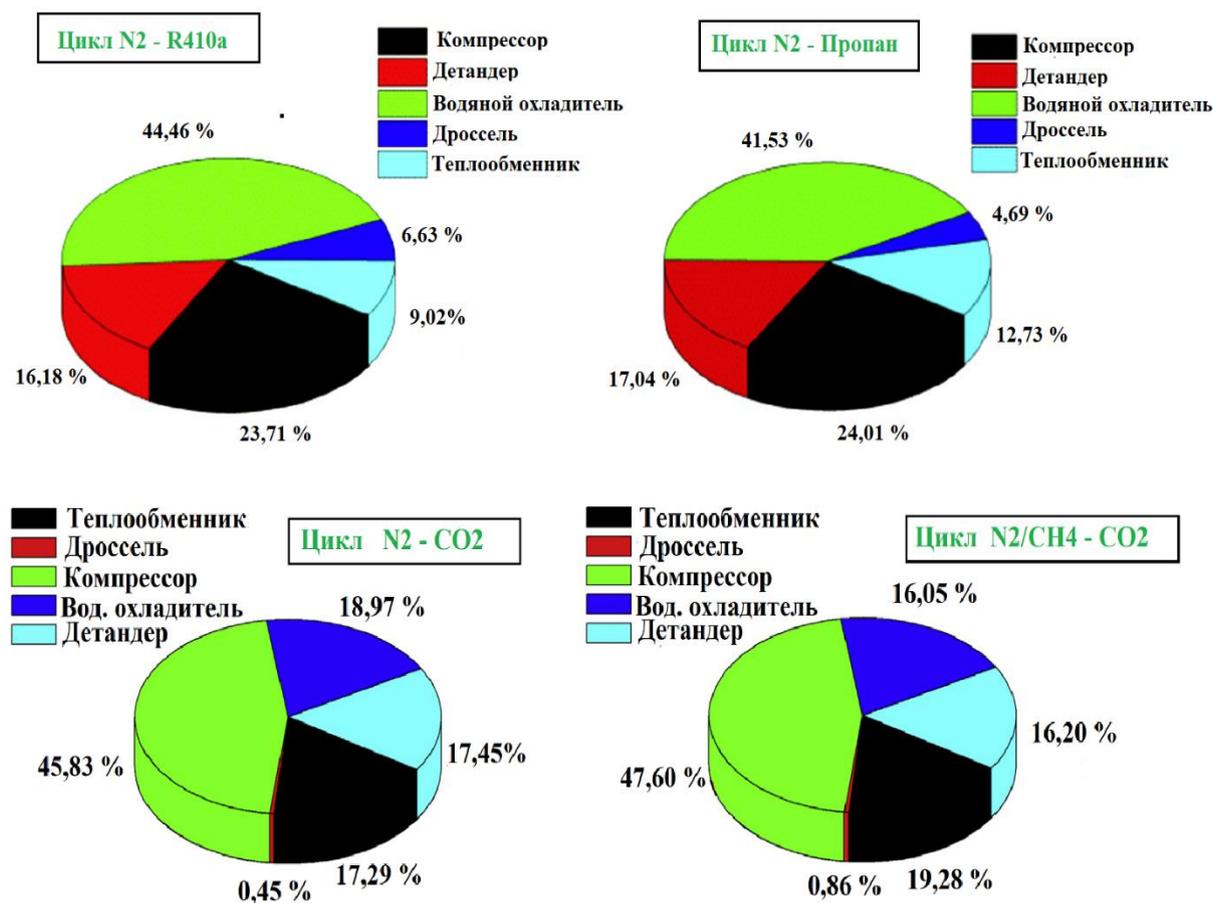


Рис. 6. Энергетические затраты оборудования процесса

Энергетический анализ показал, что основные потери установки сосредоточены в системах компримирования, включающих в себя компрессоры и водяные охладители. Это касается всех рассмотренных в данном анализе технологий. Потери в детандере также являются большими и составляют от 16 до 18%. Следует учитывать и достаточно большие потери в теплообменниках [2].

Результаты показывают, что цикл предварительного охлаждения с R410a больше подходит для улучшения производительности всего процесса сжижения природного газа, а цикл предварительного охлаждения с пропаном эффективен с точки зрения отдельных циклов [2, 4].

Как показано на рис. 6, основные расходы идут на систему компримирования, детандерные машины и теплообменные аппараты. Для повышения общей энергоэффективности необходимо в компрессорной системе добиться повышения адиабатической эффективности компрессора, потери в детандерах можно уменьшить многоступенчатыми расширителями, а в теплообменниках – добиться лучшего соответствия между горячей и холодной композитными кривыми.

Литература

1. Мещерин И.В. Оптимизация технологий сжижения природного газа с целью повышения экономической эффективности процесса // Территория «НЕФТЕГАЗ», № 3. 2016. С. 146–152.
2. He T.B., Ju Y.L. Performance improvement of nitrogen expansion liquefaction process for small-scale LNG plant. *Cryogenics* 2014, 61:111–9.
3. Кондратенко А.Д., Жагфаров Ф.Г. Разработка технологии подготовки природного газа для малотоннажного производства СПГ // Сборник трудов 71-ой Международной молодежной научной конференции "Нефть и газ - 2017". Москва. 2017. Т. 2. С. 176-181.
4. Sepehr Sanaye, Seyed Milad Shams Ghoreishi Energy, exergy and economic analyses of two modified and optimized small- scale natural gas liquefaction (LNG) cycles using N2 and N2/CH4 refrigerants with CO2 precooling. *Cryogenics* 102 (2019) 66–76.
5. Neftegaz.RU/Перспективы развития СПГ [Электронный ресурс]: <https://vk.com/away.php?utf=1&to=https%3A%2F%2Fmagazine.neftegaz.ru%2Farticles%2Faktualno%2F621592-perspektivy-razvitiya-postavok-spg-izmeneniya-na-mirovykh-rynках%2F>
6. Neftegaz.RU/Малотоннажное производство СПГ [Электронный ресурс]: <https://vk.com/away.php?utf=1&to=https%3A%2F%2Fneftegaz.ru%2Ftech-library%2Fenergoresursy-toplivo%2F666645-malotonnazhnoe-proizvodstvo-spg%2F>.



Сиротин Алексей Владиславович
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы №W4105,
направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная, криогенная
техника и системы жизнеобеспечения,
e-mail: yaver.mbizi@gmail.com



Пахомов Артем Николаевич
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: oleg.cryogenics@gmail.com

УДК 536.584.6

ГЕЛИЕВАЯ РЕФРИЖЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА С СОРБЦИОННЫМ НАСОСОМ ДЛЯ КРИОСТАТИРОВАНИЯ КВАНТОВОГО ПРОЦЕССОРА СОВРЕМЕННОГО ТИПА

А.В. Сиротин
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Пахомов

Аннотация

В работе рассмотрена проблема создания рефрижератора для обеспечения работы квантового процессора современного типа на температурном уровне в 1,5 К. Проведён расчёт гелиевого ожижителя, способного при работе с сорбционным насосом обеспечить данный температурный уровень. Для проведения элементов расчёта и наглядности создана базовая модель ожижителя в программе HYSYS.Process.

Ключевые слова

Гелиевый ожижитель, квантовый процессор, горячие кубиты, сорбционный насос, криостатирование, HYSYS.Process.

В настоящее время всё большее внимание уделяется развитию инновационной вычислительной техники, в том числе квантовых вычислительных систем. Квантовые компьютеры предположительно смогут значительно превзойти классические полупроводниковые ЭВМ в целых классах вычислительных задач, таких как молекулярное моделирование или оптимизация алгоритмов поиска. Квантовые компьютеры являются чрезвычайно сложными устройствами, работу которых невозможно обеспечить без использования наукоёмких криогенных установок. Как правило, квантовые процессоры требуют обеспечения температурного уровня порядка 0,1 К – уровня, обеспечить который могут только чрезвычайно сложные криогенные машины, рефрижераторы растворения, в которых гелий-3 растворяется в гелии-4. Стоимость создания и эксплуатации таких установок составляет порядка миллионов долларов. В настоящее время даже мощнейшие квантовые компьютеры используют всего лишь около пятидесяти кубитов [1]. Однако для дальнейшего развития квантовой вычислительной техники необходимо совершить переход к квантовым процессорам,

использующим сотни, тысячи и т.д. кубитов. При этом надо учитывать, что с повышением количества кубитов намного увеличиваются и выделяемое процессором тепло и, соответственно, требуемая холодопроизводительность криостатирующей установки. В свою очередь, холодопроизводительность криостата может очень сильно зависеть от температурного уровня. Приблизительная оценка показывает, что при температурах в десятки и сотни мК существующие гелиевые рефрижераторы выдают холодопроизводительности порядка десятков или сотен мкВт, в то время как уже на температурном уровне в $1,5 \div 2$ К становятся доступны целые кВт холода. Соответственно, представляется желаемым использовать «горячие» кубиты, температурный уровень работы которых соответствовал бы высоким значениям холодопроизводительности, необходимым для увеличения масштаба (и вычислительной мощности) системы. Вдобавок, более высокий температурный уровень работы позволил бы отказаться от использования рефрижераторов растворения и произвести переход на более дешёвые и простые устройства.

В 2020-м году в журнале Nature была опубликована статья, в которой анализировалась работа квантового процессора на температурном уровне в 1,5 К [2]. В работе был рассмотрен квантовый процессор, основанный на спиновом резонансе электронов в кремнии. Результирующие «горячие» кубиты на температурном уровне в 1,5 К показали по ключевым параметрам значения, вполне сопоставимые с результатами кубитов при стандартных температурных уровнях в 0,1 К и ниже. В частности, их верность вычислений составила 98,6%, а время когерентности приблизительно составило 2 мкс. В вышеупомянутой статье было произведено прямое сравнение работы кубитов при температурах 0,04 К и 1,5 К. Соответственно, в ходе всего эксперимента использовался обычный рефрижератор растворения, в котором для проведения эксперимента на более высоком температурном уровне отключалась циркуляция в системе гелия-3. В таком случае криостатирование осуществлялось только лишь за счёт оживителя гелия-4 с откачкой паров над жидкостью. Стоимость создания и эксплуатации такой установки оценивается всего лишь в тысячи долларов, т.е. на три порядка меньше «полного» рефрижератора растворения. Учитывая достаточно высокие значения параметров работы «горячих» кубитов и вышеприведённые рассуждения, логично представить, что наиболее перспективным для дальнейшего развития квантовой вычислительной техники квантовым компьютером была бы установка, состоящая из 1) оживителя гелия; 2) ступени откачки паров над жидкостью (например, с помощью сорбционного насоса); 3) квантового процессора, состоящего из большого числа «горячих» кубитов. Целью нашей работы стал расчёт такой установки.

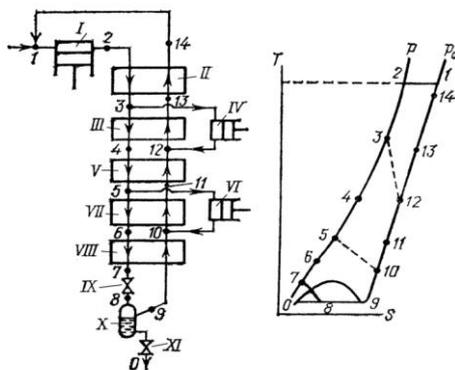


Рис. 1. Принципиальная схема проектируемого гелиевого оживителя с T-S диаграммой

В ходе нашей работы был произведён первоначальный расчёт гелиевого оживителя. Нами была выбрана схема установки: без ступеней внешнего охлаждения, с

двумя детандерными ступенями и концевой дроссельной. Давление на прямом потоке было взято 2,23 МПа. Схема установки и диаграмма соответствующего цикла в T-S координатах приведена на рис. 1. Для этой схемы был проведён расчёт по методике из пособия С.С. Будневича [3]. Расчёт включал в себя, в том числе, и оптимизацию по коэффициенту ожижения ϵ в зависимости от значения температуры T_6 , т.е. температуры в точке на прямом потоке перед входом в дроссельную ступень. Были рассмотрены четыре варианта значения температуры T_6 , от 9 до 12 К с шагом в 1 К. Были рассчитаны значения материальных потоков в каждой ступени и в цикле в целом, а также соответствующие им значения коэффициента ожижения ϵ для каждого из четырёх вариантов, сведённые в нижеприведённую таблицу.

Таблица

Материальные потоки и коэффициент ожижения при различных режимах работы установки

Параметр	Температура сжатого гелия перед концевой дроссельной ступенью, T_6 , К			
	9	10	11	12
Количество гелия, циркулирующего в концевой дроссельной ступени, $g_{др}$, кг/кг ж. Не	2,12	2,48	2,98	3,63
Количество гелия, циркулирующего во второй детандерной ступени, $g_{дет2}$, кг/кг ж. Не	5,26	4,89	4,61	4,41
Количество гелия, циркулирующего в первой детандерной ступени, $g_{дет1}$, кг/кг ж. Не	5,21	5,4	5,64	5,96
Количество гелия, сжимаемого в компрессорной ступени, g_k , кг/кг ж. Не	13,6	13,77	14,23	15
Коэффициент ожижения гелия, ϵ , %	7,36	7,26	7,03	6,67

Расчёт показывает, что количество сжимаемого в компрессорной ступени гелия в расчёте на килограмм жидкого продукта g_k растёт с увеличением значения T_6 , а коэффициент ожижения ϵ имеет обратную зависимость, делая T_6 , равную 9 К, оптимальным значением.

Другим результатом работы является создание модели установки в программе HYSYS.Process v2.2 (рис. 2). Термодинамический пакет, использованный в программе, представлял собой модифицированное уравнение состояния Бенедикта-Вебба-Рубина (MBWR). Уравнение MBWR использовалось как наиболее точное из имеющихся термодинамических пакетов для задачи описания состояния гелия в широком диапазоне температур и давлений, в том числе в процессе ожижения [4]. Модель была использована, в том числе в, ходе расчёта узловых точек цикла ожижения и позволила легко рассчитать значения энтальпий в процессах детандирования. Нужно отметить, что данная модель требует дальнейшей доработки для получения сходимости при более широких диапазонах входных и внутренних данных.

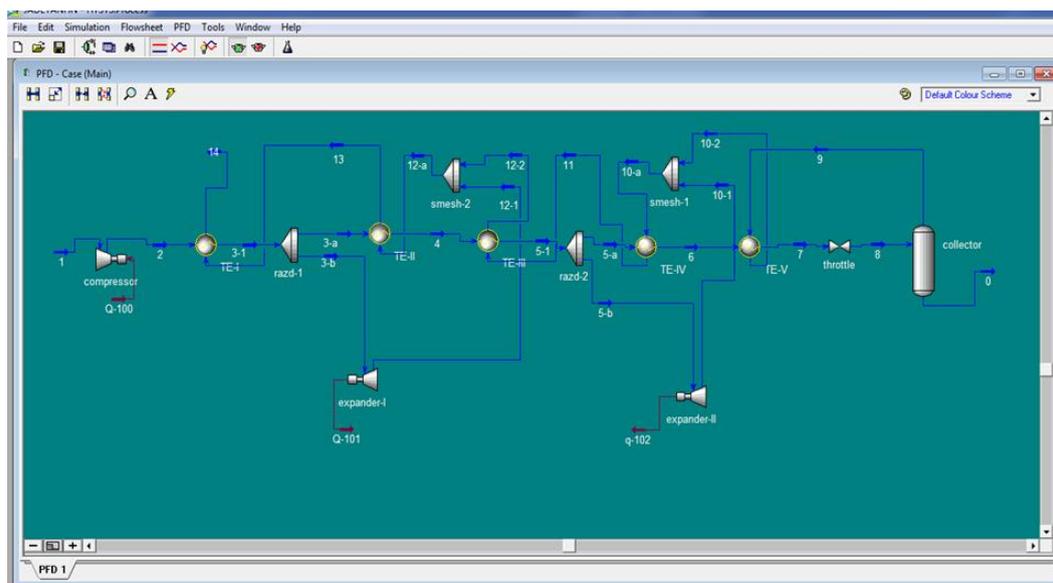


Рис. 2. Модель проектируемого гелиевого ожижителя в программе HYSYS.Process

Итак, результатами исследования являются расчёт установки ожижения гелия и создание её базовой модели в программе HYSYS.Process. Среди уже достигнутых результатов также следует отметить проверку сходимости уравнений теплового баланса на теплообменных аппаратах (ТОА), показавшую высокую сходимость уравнений; а также базовый расчёт ТОА в программе 2PVT.

Задачи, которые ещё предстоит решить в рамках этого исследования, состоят в следующем: кроме расчёта ступени сорбционного насоса (включающего расчёт гладкого отверстия в трубе откачки для ограничения оттока плёнки сверхтекучего гелия и уменьшения потерь полезного холода), предстоит также оптимизация схемы установки ожижителя (в том числе возможный переход от детандеров поршневого типа к турбодетандерам и дополнение концевой дроссельной ступени эжектором для дополнительного увеличения производительности), а также повышение динамичности модели ожижителя в программе HYSYS.Process. Также предстоит провести анализ новейшей литературы, предлагающей вместо перехода к «горячим» кубитам обеспечить масштабируемость системы на традиционном температурном уровне порядка 0,1 К за счёт уменьшения теплопритоков, подводимых от электрических элементов [4].

Литература

1. Scientists Achieve 'Transformational' Breakthrough in Scaling Quantum Computers [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencealert.com/scientists-achieve-transformational-breakthrough-in-scaling-up-quantum-computers> (дата обращения: 22.02.2021).
2. Yang C.H., Leon R.C.C., Hwang J.C.C., et al, «Operation of a silicon quantum processor unit cell above one kelvin» // Nature 580. 2020. P. 350–354.
3. Расчет криогенных установок. Учебное пособие для холодильных и технологических вузов. / Под ред. С. С. Будневича. 2-е изд. Л.: Машиностроение, Ленингр. Отд-ние. 1979. 367 с.
4. Лавров Н.А., Хуциева С.И., «Гелиевые ожижители: сравнение расчетных методов для определения оптимальных параметров» // Neftegaz.RU. 2017. №4. С. 46.



Смирнова Антонина Юрьевна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

аспирант,

направление подготовки: 05.11.13 – Приборы и методы

контроля природной среды, веществ, материалов и изделий,

e-mail: antonina.smi@yandex.ru



Кустикова Марина Александровна

Год рождения: 1958

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий

к.т.н, доцент,

e-mail: makustikova@corp.imfo.ru

УДК 502.62

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ИНФОРМАЦИИ ГИС
КАК ОСНОВА ВЕДЕНИЯ КАДАСТРА ООПТ**

А.Ю. Смирнова

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова

Аннотация

В работе рассмотрен вопрос обеспечения достоверности картографической информации, получаемой с применением геоинформационных систем. Проанализирована законодательная база, устанавливающая требования к ведению кадастра особо охраняемых природных территорий. Рассмотрена возможность применения геоинформационных систем для ведения кадастров ООПТ.

Ключевые слова

Геоинформационные системы, особо охраняемые природные территории, кадастр, достоверность ГИС, дистанционное зондирование, достоверность ГИС.

Особо охраняемые природные территории (далее – ООПТ) имеют большое значение в решении проблем восстановления и сохранения естественных экосистем. ООПТ охватывают участки земли, водной поверхности и воздушного пространства, имеющие уникальные ландшафты, места произрастания и обитания редких и исчезающих видов растительного и животного мира. Объекты ООПТ имеют особое природоохранное, научное, культурное и рекреационное значение, в связи с этим для предотвращения или уменьшения негативного воздействия на территории ООПТ выделены охраняемые территории с прекращением осуществления деятельности в их пределах. На государственном уровне регулирование вопроса ООПТ осуществляется на основании ФЗ от 14 марта 1995 г. «Об особо охраняемых природных территориях», а также на основании приказа МПР РФ от 19 марта 2012 г. № 69 «Об утверждении порядка ведения государственного кадастра особо охраняемых природных территорий» (далее – Приказ № 69). В соответствии с требованиями перечисленных документов на территории РФ обязательно ведение государственного кадастра особо охраняемых

природных территорий. Кадастр включает в себя сведения о статусе территории, об их географическом положении и границах, режиме особой охраны этих территорий, природопользователях, эколого-просветительской, научной, экономической, исторической и культурной ценности. Интерес к ООПТ в последнее время значительно увеличивается, а информация о них зачастую труднодоступна и сильно разрознена. Для решения этих проблем в 2020 году Минприроды России разработал новый порядок ведения кадастра ООПТ, который позволит перевести кадастр ООПТ на цифровую основу для формирования единой автоматизированной системы учета ООПТ.

Формирование цифрового кадастра возможно с применением геоинформационных систем (далее - ГИС) и дистанционного зондирования Земли. По своей сути ГИС представляют собой электронную карту с базами данных, способных отображать графическую информацию с возможностью проведения различных расчетов (за счёт включенных в систему математических модулей). Использование ГИС применяют для решения большого спектра задач как в области экологического мониторинга, так и в других областях. Кроме этого, ГИС существенно упрощают проведение экологического мониторинга за счёт возможности одновременного анализа многомерных данных и автоматизированного обновления картографических данных. При создании любой ГИС в первую очередь анализируются принципы работы системы, с учетом потребительских потребностей. Для создания ГИС, позволяющих реализовать ведение нового порядка кадастра ООПТ, необходимо учитывать требования пункта 25 Приказа №69. Среди прочих требований, при ведении кадастра ООПТ необходимо учитывать: общую площадь ООПТ, площадь охранной зоны ООПТ, границы ООПТ, характеристики рельефа, климата, флоры и растительности, факторы и угрозы негативного воздействия и др. Реализация этих требований в ГИС невозможна без осуществления дистанционного зондирования Земли, позволяющего собрать и предоставить информацию об объектах ООПТ. Дистанционное зондирование включает в себя все виды неконтактных съемок, которые могут проводиться с различных измерительных платформ (самолетов, вертолетов, космических кораблей, спутников и т.д.), и определяется широким спектром возможностей использования. С применением данных дистанционного зондирования возможно осуществление сбора информации картографических, климатических, метеорологических, гидрологических данных.

Обеспечение достоверности информации, получаемой с использованием дистанционного зондирования, осуществляется в рамках государственного обеспечения единства измерений (далее - ГОЕИ) РФ на основании требования ФЗ РФ от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [1]. К сферам государственного регулирования, в части разработки ГИС систем, относятся: осуществление картографической и геодезической деятельности, осуществление деятельности в области гидрометеорологии, мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды. Достоверность дистанционного зондирования осуществляется при реализации следующих действий:

1. Установление прослеживаемости результатов измерений к государственным (в случае отсутствия – международным) эталонам единиц величин.
2. Указании данных точностных характеристик.
3. Расчете значения неопределённости измерений.
4. Проведения периодического контроля стабильности точностных характеристик средств измерений, используемых при дистанционном зондировании, в процессе их эксплуатации.

Одним из средства проведения дистанционного зондирования Земли для создания ГИС является использование GPS приёмников, регистрирующих сигнал с навигационных спутников. Установление прослеживаемости результатов измерений с применением GPS спутников осуществляется на основании Государственной

поверочной схемы (далее – ГПС) для координатно-временных средств измерений, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2018 г. № 2831 [2]. В соответствии с вышеупомянутой ГПС средства измерений, используемые для составления пространственных изображений ГИС (в т.ч. GPS приёмники), прослеживаются к Государственному первичному специальному эталону единицы длины (ГЭТ 199-2018). К основным нормируемым точностным характеристикам, подвергающимся установлению метрологической прослеживаемости, относятся значения погрешностей измерений координатных величин, базисных линий, измерения приращений координат и т.п. [3]. Необходимость проведения периодического контроля стабильности точностных характеристик заключается в осуществлении одной из форм ГРОЕИ-поверки средств измерений. Для осуществления данного вида работ на территории РФ существуют эталонные, пространственные полигоны и эталонные базисы, предназначенные для хранения и передачи единиц координат местоположения объектов. Посредством перечисленных действий обеспечивается достоверности измерений, осуществляемых при дистанционном зондировании Земли. Обеспечение достоверности измерений увеличивает доверие к ГИС, в частности к формированию кадастров ООПТ, позволяет с большей точностью сформировать границы, площадь и другие характеристики природных территорий.

В рамках дальнейшего исследования поставлена задача по изучению выполняемых требований метрологического обеспечения для существующего ряда разработанных геоинформационных систем, анализа достаточности имеющихся точностных возможностей для реализации поставленных задач, возможности их совершенствования в части улучшения метрологического обеспечения ГИС.

Литература

- 1 Федеральный закон Российской Федерации от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ (ред. от 27.12.2019 г. «Об обеспечении единства измерений») // Российская газета. № 140, 02.07.2008.
- 2 Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2018 г. № 2831 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для координатно-временных измерений».
- 3 Постановление Правительства Российской Федерации от 16.11.2020 г. № 1847 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений» // Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 23.11.2020. № 0001202011230047.



Снытко Юрий Николаевич

Год рождения: 1972
Университет ИТМО,
факультет низкотемпературной энергетики,
аспирант,
направление подготовки: 05.11.07 – Оптические
и оптико-электронные приборы и комплексы,
e-mail: snytko72@mail.ru



Кустикова Марина Александровна

Университет ИТМО,
факультет низкотемпературной энергетики,
к.т.н., доцент,
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 543.422, 543.422.3-74

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФРАКРАСНОГО
ГАЗОАНАЛИЗАТОРА ФРЕОНА
Ю.Н. Снытко, М.А. Кустикова
Научный руководитель – д.т.н., профессор Л.А. Конопелько**

Аннотация

Рассмотрены требования к газоанализаторам для контроля фреона. Намечены пути повышения чувствительности газоанализатора. Рассмотрена модель газоанализатора, использующего метод модуляции пробы. Рассмотрен алгоритм работы газоанализатора, использующего пневматическую модуляцию.

Ключевые слова

Фреон, газоанализатор, абсорбционная спектроскопия, пневматическая модуляция.

В промышленности для технологических целей широкое применение нашли фреоны (хладоны) вследствие их малой токсичности.

Наиболее часто применяемые в промышленности фреоны приведены в таблице.

Для обеспечения безопасности требуется непрерывный контроль содержания фреонов в атмосфере герметичных помещений, в которых потенциально возможно их появление (помещения с холодильной установкой, кондиционером или емкостью с фреоном для пожаротушения).

Таблица

Фреоны, широко используемые в промышленности

Обозначение	Химическая формула	Название	ПДК рабочей зоны, мг/м ³	ПДК жилой зоны, мг/м ³
227ea	C ₃ F ₇ H	Гептафторпропан	3000	-
114B2	C ₂ Br ₂ F ₄	Тетрафтордибромэтан	1000	-
12	CCl ₂ F ₂	Дифтордихлорметан	3000	100
22	CHClF ₂	Дифторхлорметан	3000	100
134A	C ₂ H ₂ F ₄	Тетрафторэтан	3000	-

Анализируя данные, приведенные в таблице 1, можно определить два направления контроля фреонов [1, 2]:

- 1) контроль ПДК жилой зоны (диапазон измерения от 0 до 200 мг/м³);
- 2) контроль ПДК рабочей зоны (диапазон измерения от 1000 до 4000 мг/м³).

Соответственно метрологические требования к газоанализатору фреона можно сформулировать следующим образом:

- диапазон измерений (не менее) – от 0 до 4000 мг/м³;
- погрешность измерения (не более) – 25% в точках 100 и 3000 мг/м³;
- быстродействие (не более) – 5 мин.

С целью минимизации затрат на техническое обслуживание необходимо обеспечить время работы газоанализатора без калибровки в течение одного года.

Для контроля содержания фреонов в настоящее время используются электрохимические, полупроводниковые и оптико-абсорбционные газоанализаторы.

Электрохимические газоанализаторы имеют малый ресурс работы электрохимической ячейки. Другим недостатком электрохимии является неработоспособность электрохимической ячейки в условиях малой влажности.

Газоанализаторы на полупроводниковых датчиках предназначены для измерения больших концентраций фреонов в местах их хранения, что не позволяет использовать данный принцип измерения для решения задачи контроля ПДК жилой зоны.

Единственным газоанализатором, позволяющим обеспечить требуемые метрологические характеристики без проведения технического обслуживания в течение одного года, является оптико-абсорбционный газоанализатор [3].

Для достижения требуемой чувствительности - 8 мг/м³ (не более 1/3 от погрешности измерения 25 мг/м³) при обеспечении диапазона измерений 0-4000 мг/м³ необходимо исключить влияние внешних воздействующих факторов на нулевые показания газоанализатора.

Решение данной задачи возможно применением метода модуляции газовой пробы в рабочей камере газоанализатора.

В промышленности нашел применение метод модуляции, основанный на чередовании подачи в рабочую камеру анализируемого газа и нулевого газа, не содержащего измеряемый компонент. Принцип построения газоанализатора, использующий для работы метод газовой модуляции, рассмотрен на рис. 1. ИК-излучение, создаваемое источником излучения, проходя через рабочую камеру, поглощается при наличии целевого компонента и не поглощается при подаче нулевого газа. Изменение интенсивности ИК-излучения преобразуется в переменный электрический сигнал детектором и усиливается усилителем. Частота переменного сигнала определяется частотой переключения клапаном нулевого и анализируемого газов. Избирательность обеспечивается оптическим фильтром.

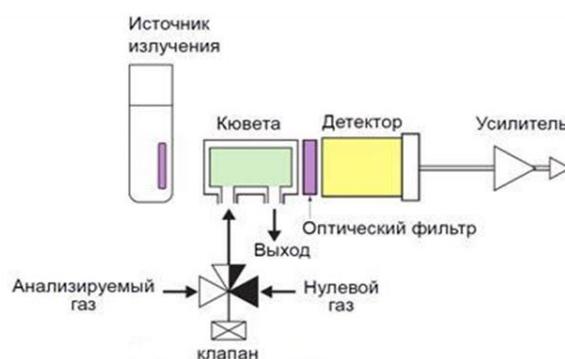


Рис. 1. Метод модуляции газовой пробы оптико-абсорбционного газоанализатора

В качестве нулевого газа можно использовать воздух (азот) в баллонах под давлением. Недостатком данного подхода является необходимость регулярной замены баллона с нулевым газом.

Возможно получение нулевого газа преобразованием газовой смеси, содержащей измеряемый компонент (поглощение, разложение, каталитическое дожигание и т.д.), в газовую смесь, не содержащую измеряемый компонент. Данный способ получения нулевого газа имеет преимущество в отсутствии необходимости использования баллона с нулевым газом, но имеет следующие недостатки:

- поглощение измеряемого вещества осуществляется, как правило, химическим способом с ограниченным ресурсом химпоглотителя;
- печи разложения работают при высокой температуре, что ограничивает область их применения;
- каталитическое дожигание возможно применить только к горючим газам и при условии отсутствия в анализируемой смеси каталитических ядов и наличии в ней кислорода.

Более перспективным является метод модуляции, основанный на периодическом изменении давления в рабочей камере газоанализатора. Изменение давления осуществляется с помощью побудителя расхода, который одновременно осуществляет прокачку анализируемой газовой смеси через рабочую камеру газоанализатора и клапана, закрывающего вход (или выход) рабочей камеры на время понижения (повышения) давления в рабочей камере.

Периодическое изменение давления в рабочей камере вызывает модуляцию массовой концентрации измеряемого компонента, которое фиксирует приемник оптического излучения как переменный сигнал с частотой изменения давления в рабочей камере. Величина изменения массовой концентрации измеряемого компонента прямо пропорциональна величине изменения давления и вычисляется по следующей формуле (модуляция с увеличением давления):

$$C = C_M * (1 + \Delta P / P_{\text{атм}}), \quad (1)$$

где $P_{\text{атм}}$ – текущее атмосферное давление, кПа;

ΔP – величина изменения давления при модуляции, кПа;

C_M – значение массовой концентрации определяемого компонента, подаваемое на газоанализатор, мг/м³;

C – значение массовой концентрации определяемого компонента при изменении давления в рабочей камере, мг/м³.

При данном способе модуляции отсутствует необходимость в использовании нулевого газа, соответственно нет недостатков, присущих первому методу модуляции.

Преимущества метода модуляции давления:

- не требуется баллон с нулевым газом;
- не требуется получения нулевого газа путем преобразование газовой смеси, содержащей измеряемый компонент, в газовую смесь, не содержащую измеряемый компонент;
- малый период модуляции, обусловленный отсутствием необходимости в полном газообмене в рабочей камере.

Из недостатков метода стоит отметить следующее:

- требуется мощный побудитель расхода, способный создать достаточный перепад давления;
- перепад давления необходимо поддерживать достаточно точно, т.к. изменение перепада давления будет влиять на погрешность измерения напрямую;

— достаточно трудно получить большой перепад давления по причине ограниченности производительности побудителя расхода, что приводит к ограничению глубины модуляции, т.е. при перепаде давления, создаваемого побудителем расхода в 50 кПа, сигнал с приемника будет составлять 50% от сигнала, получаемого при модуляции с нулевым газом.

Применение модуляции обеспечивает практически полное отсутствие влияния внешних воздействующих факторов на нулевые показания газоанализатора, что позволяет добиться высокой чувствительности газоанализатора (на уровне 1 ppm и менее) и сокращения до минимума времени прогрева.

Структурная схема опико-абсорбционного газоанализатора, использующая метод модуляции давления анализируемой газовой смеси в рабочей камере, приведена на рис. 2, а модель газоанализатора можно выразить формулой:

$$X^* = W_{\text{Э}} \cdot K_{W_{\text{ЭФ}}} \cdot K_{\text{T}} \cdot K_{X\text{Ф}}(X) \cdot f(t) \cdot K_{\text{Ф}} \cdot K_{\text{РВ}} \cdot K_{W_{X^*}}, \quad (2)$$

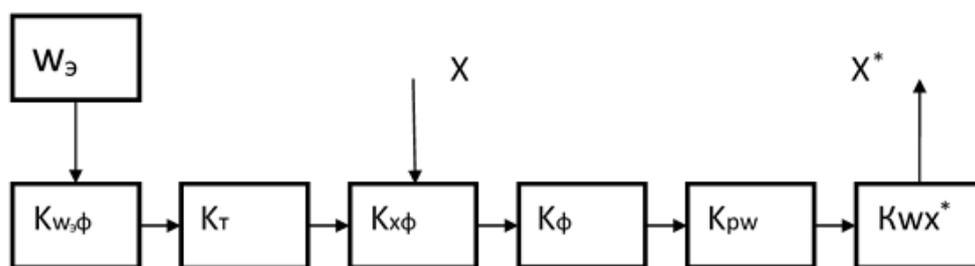


Рис. 2. Структурная схема опико-абсорбционного газоанализатора использующего метод модуляции давления

где $f(t)$ – периодическая функция, характеризующая модуляцию потока, $W_{\text{Э}}$ – источник питания излучателя; $K_{W_{\text{ЭФ}}}$ – коэффициент преобразования электрической энергии в поток ИК-излучения; K_{T} – коэффициент пропускания рабочей камеры; $K_{\text{Ф}}$ – коэффициент пропускания потока ИК-излучения интерференционным фильтром; $K_{X\text{Ф}}$ – коэффициент пропускания $K_{X\text{Ф}} = e^{(-l \cdot X \cdot K_{\Delta\nu})}$ (где $K_{\Delta\nu}$ – интегральный коэффициент поглощения;

l – длина рабочей кюветы; X – концентрация измеряемого компонента); $K_{\text{РВ}}$ – коэффициент преобразования пульсации потока ИК-излучения в электрический сигнал W ; $K_{W_{X^*}}$ – коэффициент преобразования электрического сигнала в оценку концентрации измеряемого компонента X^* .

Погрешность измерения газоанализатора определяется стабильностью коэффициентов в формуле (2):

- 1) источника питания излучателя ($W_{\text{Э}}$);
- 2) мощности ИК-излучения излучателя ($K_{W_{\text{ЭФ}}}$);
- 3) пропускания рабочей камеры (K_{T});
- 4) пропускания оптических элементов газового тракта ($K_{\text{Ф}}$);
- 5) вольтовой чувствительности ПОИ ($K_{\text{РВ}}$);
- 6) преобразования электрического сигнала в оценку концентрации измеряемого компонента ($K_{W_{X^*}}$).

Вследствие отсутствия в формуле 2 вычитания (присутствует в формуле газоанализатора, работающего на разнице рабочего и сравнительного каналов измерения без модуляции пробы) изменение коэффициентов при воздействии внешних воздействующих факторов влияет только на чувствительность газоанализатора и исключает влияние на нулевые показания газоанализатора.

Газовая схема газоанализатора, использующего метод модуляции пробы, представлена на рис. 3.

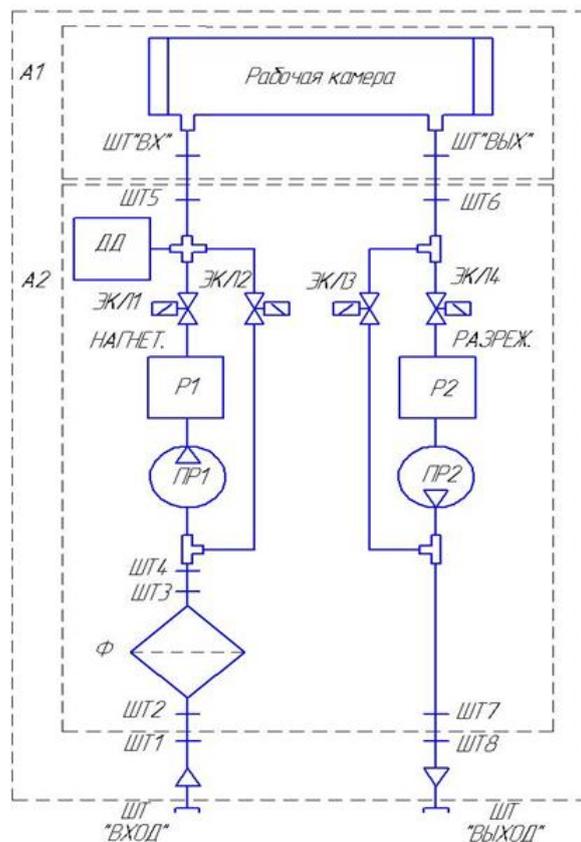


Рис. 3. Газовая схема газоанализатора

Побудитель расхода ПР1 (ПР2), создающий давление (разряжение) газовой смеси (ГС) в резервуаре Р1 (Р2), закачивает ГС через основной входной фильтр (Ф). Для создания модуляции давления в рабочей камере попеременно открываются электромагнитные клапана ЭКЛ1 и ЭКЛ3. Электромагнитные клапана ЭКЛ2 и ЭКЛ4 обеспечивают сброс давления (разряжения) в рабочей камере до нуля. Стабильность поддержания давления обеспечивается измерением текущего давления (избыточного, атмосферного и разрежение) в рабочей камере с помощью датчика давления (ДД) и стабилизируется на необходимом уровне управлением работой ПР1 и ПР2.

Периодичность работы клапанов составляет 2,6 с. Циклограмма модуляции давления ГС приведена на рис. 4.

В результате циклической работы электромагнитных клапанов и побудителей расхода на входе газоанализатора создается расход ГС. Величина расхода составляет 0,5 л/мин.

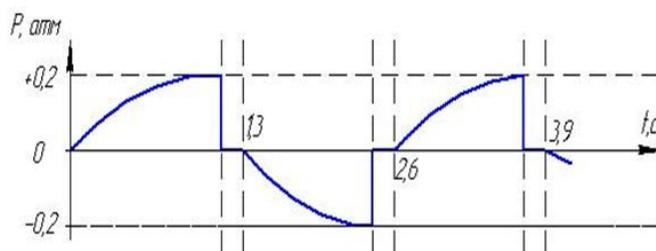


Рис. 4. Модуляция избыточного давления анализируемой ГС в рабочей камере

В результате проведенных исследований разработан новый газоанализатор фреона, обладающий высокой чувствительностью, селективностью, большим ресурсом работы и не требующий технического обслуживания в течении года (патент на полезную модель №186910 [4]).

Проведены испытания образца газоанализатора фреона в целях утверждения типа СИ, получено свидетельство СИ №41106.

Литература

1. ГН 2.1.6.3492-17 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений" утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 22 декабря 2017 г. № 165.
2. ГН 2.2.5.3532-18 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны" утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 13 февраля 2018 г. № 25.
3. Алов Н.В. и др. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Том 2. / Под ред. Ищенко А.А. СПб.: Академия, 2010. 416 с.
4. Патент на полезную модель №186910 «Газоанализатор многокомпонентный для селективного измерения концентрации хладонов в системах жизнеобеспечения».



Соколенко Дмитрий Сергеевич

Год рождения: 1998

Университет ИТМО,

факультет низкотемпературной энергетики,

студент группы № 41501,

направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная

безопасность,

e-mail: sokolenko511@yandex.ru

УДК 58.084.2

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ
ДРЕВОСТОЯ СКВЕРОВ ГОРОДА МУРМАНСКА**

Д.С. Соколенко, Е.Ю. Александрова¹

¹ – Мурманский арктический государственный университет

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова

Аннотация

В работе представлены результаты оценки жизнеспособности древостоя на примере скверов города Мурманска. Полученные данные позволяют отследить современное состояние древесной растительности на урбанизированной территории, а также выявить негативные тенденции, связанные с систематическим загрязнением городской среды. Результаты исследования можно использовать при эксплуатации и проведении реконструкции древесных насаждений в селитебной зоне г. Мурманска.

Ключевые слова

Древесная растительность, оценка состояния деревьев, повреждения деревьев, обследование скверов, жизнеспособность деревьев.

Введение

Древесная растительность, произрастающая в городской черте, играет важную роль в улучшении состояния окружающей среды городов и, как следствие, подвергается постоянному антропогенному воздействию. Такие сообщества, в сравнение с лесными, представляют собой менее устойчивые экосистемы и поэтому нуждаются в постоянном контроле и оценке происходящих в них процессов. В связи с этим изучение экологического и санитарного состояния древесной растительности является на сегодняшний день актуальным направлением исследования.

Исходя из обозначенной проблемы, была сформулирована цель нашего исследования: произвести сравнительный анализ жизнеспособности древесной растительности в скверах города Мурманска.

Задачи исследования:

1. Изучить методику оценки жизнеспособности (жизненного состояния) древостоя.
2. Сравнить жизнеспособность древесной растительности городских скверов в Ленинском, Октябрьском и Первомайском административных округах.
3. Определить характерные виды повреждений древесной растительности, произрастающей в различных скверах города Мурманска.

Методы

Оценка состояния древесной растительности производилась в соответствии с Постановлением Правительства Москвы (от 30.09.2003 г. N 822-ПП) «О методических

рекомендациях по оценке жизнеспособности деревьев и правилам их отбора и назначения к вырубке и пересадке». В соответствии с ним в городских насаждениях все деревья распределялись по трем группам качественного состояния: 1 – хорошее, 2 – удовлетворительное и 3 – неудовлетворительное [1].

Выбор данной методики обусловлен необходимостью исследования большого количества деревьев, а также наличием четких критериев для разделения их на категории.

На основании действующих «Санитарных правил в лесах России» при анализе древостоя указывалась одна из шести категорий состояния (жизнеспособности) деревьев с присвоением балла: 1 – деревья без признаков ослабления, 2 – ослабленные, 3 – сильно ослабленные, 4 – усыхающие, 5 – сухостой текущего года (усохшие в текущем году), 6 – сухостой прошлых лет [2].

На основании полученных данных по каждому отдельному дереву производилась группировка деревьев по родам внутри одного сквера и вычислялся средний арифметический балл состояния для каждого отдельного рода дерева и общий балл состояния древесной растительности для сквера.

Результаты

По результатам обследования скверов оценка состояния древостоя проводилась на основании данных о 2906 экземпляров из 7-ми родов. Деревья из р. Рябина (*Sorbus*), р. Береза (*Betula*) и р. Черемуха (*Prunus*) оказали наибольшее влияние на общий балл состояния, т.к. оказались самыми распространенными и многочисленными видами. Результаты оценки состояния древесных насаждений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состояние древостоя в баллах

Район исследования	Название сквера	Род древесной растительности	Средний балл состояния	Общий балл состояния
Ленинский	Сквер на ул. Сафонова	Рябина	1,57	1,4
		Береза	1,57	
		Тополь	1	
		Черемуха	1,33	
	Сквер на ул. Торцева	Рябина	1,85	1,8
		Береза	1,5	
		Черемуха	2	
Сквер на ул. Хлобыстова	Рябина	1,46	1,2	
	Береза	1,4		
	Черемуха	1,6		
	Акация	1		
	Ель	1		
	Тополь	1		
Октябрьский	«Молодежный сквер»	Рябина	1,5	1,5
		Береза	1,5	
		Тополь	1,3	
		Черемуха	1,7	
		Лиственница	1,44	
	«Сквер Капитанов»	Рябина	1,6	1,6
		Береза	1,6	
		Лиственница	1,5	

продолжение таблицы

Район исследования	Название сквера	Род древесной растительности	Средний балл состояния	Общий балл состояния
Первомайский	«Сквер Портовиков»	Рябина	1,3	1,2
		Береза	1,2	
		Тополь	1	
	«Аллея Памяти»	Рябина	1,8	1,7
Береза	1,8			
Черемуха	2,1			
Ель	1,1			
Сквер на ул. Шабалина	Сквер на ул. Шабалина	Рябина	1,1	1,3
		Береза	1,3	
		Черемуха	1,4	
Сквер на ул. Зои Космодемьянской	Сквер на ул. Зои Космодемьянской	Рябина	1,6	1,9
		Береза	2	
		Черемуха	2	

В данной таблице представлены результаты расчета среднего балла состояния древостоя для отдельных родов деревьев по каждому скверу, а также общий балл состояния древостоя в сквере.

Здоровым древостоем считается балл состояния менее 1,5. Подобный результат получен древесной растительностью в сквере на ул. Сафонова, сквере на ул. Хлобыстова, «Молодежном сквере», «сквере Портовиков» и сквере на ул. Шабалина.

Об ослабленном древостое говорит балл состояния в пределах от 1,6 до 2,5. Такой категорией деревьев обладают следующие скверы: сквер на ул. Торцева, «Сквер Капитанов», «Аллея Памяти», сквер на ул. Зои Космодемьянской.

Таким образом, в обследованных скверах оценка качественного состояния древесных насаждений показала преобладание скверов со здоровым древостоем.

В ходе исследования отмечались повреждения различных частей древесных насаждений. Встреченные повреждения деревьев и подверженные им рода деревьев представлены в табл. 2.

Таблица 2

Обнаруженные повреждения деревьев

Название повреждения	Род дерева
Аномальный морфогенез крон деревьев	р. Береза (<i>Betula</i>), р. Рябина (<i>Sorbus</i>)
Корончатый галл	р. Береза (<i>Betula</i>), р. Рябина (<i>Sorbus</i>)
Морозобойная трещина	р. Береза (<i>Betula</i>), р. Рябина (<i>Sorbus</i>), р. Черемуха (<i>Prunus</i>)
Нарост лишайника	р. Береза (<i>Betula</i>), р. Рябина (<i>Sorbus</i>), р. Черемуха (<i>Prunus</i>)
Нарост мха	р. Тополь (<i>Populus</i>)
Нарост микофлоры в трещинах коры	р. Рябина (<i>Sorbus</i>)
Черный березовый гриб	р. Береза (<i>Betula</i>)
Механическое повреждение	р. Береза (<i>Betula</i>), р. Рябина (<i>Sorbus</i>), р. Черемуха (<i>Prunus</i>), р. Тополь (<i>Populus</i>), р. Лиственница (<i>Larix</i>)

В данной таблице перечислены основные повреждения древесных насаждений, встреченные при обследовании скверов. Наиболее распространенным среди родов деревьев является механическое повреждение стволов и ветвей. Характерными заболеваниями для растений р. Береза и р. Рябина являются развитие аномального

морфогенеза крон деревьев и образование нароста на стволе в виде корончатого гала.

Наиболее распространенным по количеству поврежденных экземпляров деревьев является морозобойная трещина. Наросты мха, микрофлоры и черного березового гриба встречены в единичных случаях.

Заключение

Проведенное исследование позволяет говорить о том, что в городском хозяйстве г. Мурманска преобладают скверы со здоровым состоянием древостоя. Однако остальные обследованные скверы обладают ослабленным состоянием древесных насаждений. Полученные результаты находят подтверждение в выявленных повреждениях древесной растительности, таких как ведьмина метла и корончатый галл, морозобойная трещина и различные механические повреждения, а также наросты в виде мха, лишайника и микрофлоры.

Литература

1. О Методических рекомендациях по оценке жизнеспособности деревьев и правилам их отбора и назначения к вырубке и пересадке: Постановление Правительства Москвы от 30.09.2003 г. № 822-ПП [Электронный ресурс] // Вестник мэра и Правительства Москвы. 2003. №58. Режим доступа: <http://base.garant.ru/380544/>, свободный. (Дата обращения: 13.09.2019).
2. Методика инвентаризации городских зеленых насаждений Минстрой России Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова Москва. 1997 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/text/MethodikaMetodikainventari.html>, свободный. (Дата обращения: 13.09.2019).

Тауберт Евгения Андреевна

Год рождения: 1997

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

студент группы №Т42505с,

направление подготовки: 18.04201 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,

e-mail: taueugen11@gmail.com

Павлова Анастасия Сергеевна

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

к.э.н, старший преподаватель,

e-mail: nastya.s.pavlova@gmail.com

УДК 35.24.12

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ЗА СЧЕТ РЕОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Е.А. Тауберт, А.С. Павлова

Научный руководитель – к.э.н., старший преподаватель А.С. Павлова

Работа выполнена в рамках темы НИР «Реорганизация устаревших промышленных территорий в условиях современной застройки города».

Аннотация

В данной работе рассмотрена возможность применения экстенсивного кровельного озеленения в качестве меры повышения эффективности реорганизации промышленного объекта исторической части города Санкт-Петербурга.

Ключевые слова

Реорганизация промышленной территории, кровельное озеленение, энергоэффективность здания, качество городской инфраструктуры.

Территория Санкт-Петербурга составляет почти 144 тыс. га, из которых промышленные территории занимают 9% городских земель. При этом исторический центр города окружен так называемым “серым поясом”, который представляет собой зону промышленной застройки, складских помещений и транспортных магистралей, которая охватывает центральную часть города. Образовывался он следующим образом: в XIX в. предприятия выносились на окраину города, а когда развитие жилой зоны внутри “пояса” становилось невозможным, городская застройка продолжалась уже за его пределами. Проблема данного типа земель заключается в том, что большая часть не используется более по прямому назначению, так как предприятия технически устарели и более не востребованы [1-3].

Город продолжает развиваться и принимать новых жителей, но ему необходим срочный переход от экстенсивного роста к построению модели устойчивой урбанизации и повышению качества инфраструктуры. “Серый пояс” является значительным земельным и инфраструктурным ресурсом для строительства нового жилья, рекреационных комплексов, культурно-развлекательных кластеров, соединяющих историческую часть города с частью советской застройки.

Целью данной работы является предложение проекта по реорганизации промышленной территории, входящей в зону “серого пояса”, и превращением ее в

общедоступную городскую “зеленую” зону. В качестве объекта реорганизации был выбран главный газгольдер “Общества столичного освещения”, расположенный в Московском районе Санкт-Петербурга на набережной Обводного канала.

В XIX в. “Обществу столичного освещения” принадлежал комплекс газгольдеров, обеспечивающих город газом для фонарного освещения улиц. Комплекс состоял из четырех башен, расположенных по адресу набережная Обводного канала, 74. Возведение газгольдерных башен происходило в период 1858 - 1884 гг. с применением различных технологий возведения кровли, зависящих от диаметра зданий и технических возможностей в строительстве. С 1913 г. завод Общества столичного освещения начал производить газ из коксующихся углей для бытовых нужд и котельных (газовое освещение улиц перестало быть актуальным), а в конце 1950-х гг. завод открыл инструментальное производство методом порошковой металлургии. К концу XX в. газгольдеры использовались в качестве складских помещений, а в главном газгольдере (лит. Ц) размещалась временная автостоянка [4-7].

В 2001 г. КГИОП присвоил комплексу построек статус выявленного объекта культурного наследия, газгольдер под литерой Ц является объектом культурного наследия федерального значения. С марта 2019 года в нем размещается Планетарий №1 - крупнейший не только в стране, но и во всем мире частный, коммерческий планетарий.

Здание газгольдера было выкуплено в собственность Гудовым Е. В., основателем ООО “Арт-Технологи”. Ему также принадлежат еще два газгольдера меньшего размера, в которых располагаются проекционный музей “Люмьер-Холл” и центр виртуальной реальности “Сад сновидений”. Видеоматериалы для планетария, материалы для выставок по 3D моделированию и робототехнике готовят специалисты проекта открытой лаборатории Yota Lab.

Здание главного газгольдера не претерпело значительных изменений при подготовке Планетария №1 ввиду его статуса объекта культурного наследия. Внешние ограждающие конструкции были отремонтированы, укреплены и остеклены все наружные проемы, а внутрь самого здания был встроен проекционный геодезический купол из монолитного поликарбоната, дерева и алюминиевых пластин. Общая высота здания составляет 29 метров, диаметр газгольдера равен 42 м. Крыша представляет собой купол с площадью поверхности 1693,32 м² и объемом 2873,51 м³, средний уклон купола составляет 32,5 %.

Проблемой газгольдера Планетария №1 является слабая теплоизоляция наружных перекрытий (стены и крыша), что является следствием повышенных энергозатрат на отопление и охлаждение помещений, поддержание других оптимальных для общественного здания показателей микроклимата. Но, как и упоминалось ранее, здание является объектом культурного наследия, и изменение его внешнего облика является затруднительным процессом, требующим большого количества согласований с комитетом по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры (КГИОП).

Предложением по повышению качества реновации газгольдера является экстенсивное озеленение кровли здания. Экстенсивное озеленение кровли представляет собой упрощенную, облегченную конструкцию из нескольких слоев. Верхние слои занимают почвенный субстрат и растительность, требующая минимальный уход и толщину субстрата для нормальной жизнедеятельности (например, седумы или мохообразные).

Для данного типа наклонной кровли (купола) потребуются следующая структура “пирога” (отсчет идет от гидроизоляции кровли):

1. Противокорневой барьер от прорастания корней (пленка из вторичного LDPE) толщиной 0,34 мм.

2. Влагонакопительный защитный мат из полипропилена с флисовым носителем толщиной 7 мм.

3. Армирующий дренажный элемент из PE-HD (вторичной переработки) ячеистой формы для предотвращения сдвига слоев “зеленой кровли” и удержания субстрата (толщина 100 мм).

4. Системный субстрат 75 мм.

5. Противоэрозионная джутовая сетка.

6. Почвопокровные растения.

Растительный слой может включать в себя многолетние виды почвопокровных седумов, такие как:

1. Очиток едкий (*Sédum ácre*). Подойдут любые сорта кроме золотистых и белокончиковых.

2. Очиток белый (*Sedum album*). Сорта Murale и Coral Carpet.

3. Очиток ложный (*Sédum spurium*).

4. Очиток камчатский - (*Sedum kamtschaticum*).

5. Очиток цветоносный (*Sedum floriferum*).

6. Очиток Миддендорфа (*Sedum middendorffianum* Maxim.).

7. Очиток Эверса (*Sedum ewersii*).

8. Очиток шестигранный (*Sedum sexangulare*).

Мотивацией к осуществлению проекта является:

1. Сокращение энергопотребления и, как следствие, выбросов углерода.

2. Снижение общего водопотребления здания в случае организации очистки (фильтрация через корневую систему, почвенный и дренажный слой) и сбора ливневых вод с кровли для технических нужд.

3. Снижение воздействия агрессивных факторов окружающей среды на открытые части здания, уменьшение износа материалов (солнечное излучение, температурные перепады, осадки, коррозия, усадка, выгорание и пр.).

4. Увеличение экологической ценности территории, так как повторно используется участок земли, уже имеющий ограниченную ценность для дикой природы, и поддерживается биоразнообразие без использования агрессивных видов растений.

5. Улучшение качества атмосферного воздуха вследствие озеленения территории.

6. Вклад в решение проблемы “эффекта теплового острова” за счет снижения локального перегрева. Растения и почвенный покров на крыше являются отличным терморегулирующим материалом. В летнее время отсутствует перегрев кровли, а в холодное время года снижаются затраты на отопление здания.

7. Соблюдение критериев международной экологической сертификации в области строительства (BREEAM, LEED, DGNB).

8. Привлечение инвесторов и сотрудничество с международными организациями (что немаловажно, так как проект коммерческий).

Таким образом, экстенсивное озеленение не предполагает значительной нагрузки на кровлю, так как толщина всех шести слоев кровли не будет превышать 400 мм. Материалы слоев подобраны из вторичных материалов, сертифицированных ETA Green Roofs. Также, слои “зеленой” крыши не нарушают целостность здания, являются дополнительной теплоизоляцией здания, защищают кровлю от разрушающего воздействия окружающей среды, снижают нагрузку на ливневую канализацию и несут эстетическую привлекательность, так как сорта седумов подобраны не только с учетом их устойчивости к климату Санкт-Петербурга и условиям роста на крыше, но и с учетом цветения в течение всего весенне-летнего периода. Возможны также сбор и фильтрация ливневых и талых вод (“серой воды”) для канализационных нужд.

Литература

1. Паспорт промышленных зон Санкт-Петербурга. 5-е издание, 2017 год, 46 с. [Электронный ресурс]. URL:https://cipit.gov.spb.ru/media/uploads/userfiles/2017/04/13/passport_rus.pdf (дата обращения 18.09.2020).
2. Московский район. События. Судьбы. Воспоминания. Под ред. Лурье Л.Я. СПб., 2017. 356 с
3. Международный стандарт BREEAM. Новое строительство 2016. Техническое руководство. SD233 2/0 [Электронный ресурс]. URL:http://www.multicomfort.sg/crn_fls/breeam.pdf (дата обращения 18.11.2020)
4. ГОСТ Р 58875-2020 «Озеленяемые и эксплуатируемые крыши зданий и сооружений. Технические и экологические требования». Дата введения 01.06.2020 [Электронный ресурс]. URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200173462> (дата обращения 05.11.2020).
5. ФЗ № 73 «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 [Электронный ресурс]. URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/ (дата обращения 21.10.2020).
6. Правительство Санкт-Петербурга. Комитет по градостроительству и архитектуре. Генеральный план Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. URL:<http://kgainfo.spb.ru/zakon/generalplan/> (дата обращения 18.10.2020).
7. Рекомендации по проектированию озеленения и благоустройства крыш жилых и общественных зданий и других искусственных оснований (ОАО «Моспроект» от 18.10.2000 г.) [Электронный ресурс]. URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200006825> (дата обращения 15.12.2020).



Темнов Алексей Алексеевич

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы №W42622с,
направление подготовки: 16.04.01. – Информационные
технологии в теплофизике,
e-mail: alextem111@gmail.com



Захарова Виктория Юрьевна

Год рождения: 1982
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н., доцент практики,
e-mail: viktoriasju@yandex.ru



Файзуллин Рафаэль Олегович

Год рождения: 1996
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
аспирант,
направление подготовки: 01.04.14 – Теплофизика
и теоретическая теплотехника,
e-mail: vip.rafael8@gmail.com

УДК 621.565.2

**ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ РАБОТЫ
ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ
В ЗАЩИТЕ БОРТОВЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ
А.А. Темнов, В.Ю. Захарова, Р.О. Файзуллин
Научный руководитель – к.т.н., доцент практики В.Ю. Захарова**

Работа выполнена в рамках темы НИР №620150 «Повышение эффективности энергетических систем путем использования аккумуляторов тепловой энергии».

Аннотация

В статье представлена математическая модель тепловой защиты бортового устройства регистрации при аварийном тепловом воздействии пожара. Данная модель служит оценкой времени работы теплоаккумулирующих веществ в защите бортовых накопителей информации. Также проведены расчеты для реального устройства.

Ключевые слова.

Бортовое устройство регистрации, тепловая защита, теплоаккумулирующие вещества, фазовые переходы, математическое моделирование.

Бортовое устройство регистрации (БУР) – устройство, которое в основном используется в авиации для записи и сохранения информации о параметрах полета, переговорах и действиях членов экипажа воздушного судна (ВС), работоспособности

бортовых комплексов или отдельных систем. БУР входит в систему объективного контроля (СОК), по международным нормам на каждом самолете должны находиться СОК [1, 3].

Различают эксплуатационные БУР, предназначенные для регистрации повседневных параметров эксплуатации ВС, и аварийные, предназначенные для регистрации таких параметров, совокупная информация которых является необходимой и достаточной для установления истинной причины летного происшествия. В силу этого, сохранности информации в БУР уделяется особое внимание [2].

Накопитель информации аварийного БУР (защищенный модуль памяти – ЗМП) располагается в специальном корпусе, к которому предъявляются особые требования. Согласно стандартам FAA TSO C123b/C124b [3] и ED-112 [4], ЗМП должен обеспечивать сохранность данных при воздействии температуры 1100°C в течение 60 минут и при температуре 260°C в течение 10 часов, при охвате огнем полной поверхности корпуса.

Тепловая защита подразделяется на пассивную и активную. Цель пассивной тепловой защиты заключается в поглощении теплоты и ее аккумуляции в слое материала. Цель активной теплозащиты состоит в подаче охладителя к защищаемой поверхности для снижения теплового воздействия [5].

Конструкции защищённых модулей памяти (ЗМП), как правило, содержат элементы пассивной и активной тепловой защиты и имеют многослойную структуру [6]. В качестве активного слоя многослойной защиты применяется вещество с фазовым переходом (ВФП) [7, 8]. Таким образом, используется технология аккумуляции тепловой энергии, заключающаяся в накоплении тепловой энергии за счет нагрева или охлаждения среды хранения, так, что накопленная энергия может быть использована позднее. Физической основой поглощения теплоты в аккумуляторах холода могут выступать эндотермические реакции, сопровождающиеся поглощением теплоты, или фазовый переход вещества. Например, при зарядке аккумулятора холода происходит фазовый переход «жидкость–твёрдое тело», при использовании запасенного холода – фазовый переход «твёрдое тело–жидкость» [9].

Основной параметр, который необходим для конструирования тепловой защиты – время ее работы при аварийных тепловых воздействиях. Однако именно моделирование теплового воздействия на ЗМП проводится редко. В работе [10] представлена модель ЗМП в виде цилиндрического металлического корпуса, внутри которого располагается слой теплоизоляции, затем слой вещества с фазовым переходом, а в центре ЗМП находится матрица запоминаящего устройства. Далее моделируется тепловое воздействие, на границе корпуса задается постоянная температура в 1100°C. Однако в данной работе тепловое сопротивление слоев рассматривается в виде бесконечной цилиндрической стенки, что может привести к завышению времени работы из-за игнорирования теплового потока через торцы цилиндра. В работе [11] представлена двумерная модель для тепловой защиты, решающая эту проблему, но ее решение находится численно с большими временными затратами.

В то же время имеется большое число работ, посвященных математическим моделям в аккумуляторах холода внутри сферических капсул [12]. Однако существенным отличием классических аккумуляторов холода от тепловой защиты ЗМП является наличие в последних слоя пассивной тепловой изоляции, что не дает возможности их непосредственного применения для данного случая.

В данной работе предлагается упрощенная численная модель, позволяющая быстро оценивать время работы тепловой защиты ЗМП. В качестве основы для модели взята математическая модель разрядки аккумулятора холода [13].

Рассматриваемая математическая модель базируется на решении задачи Стефана, где неизвестной является расположение подвижной границы фазового перехода, на которой задаются граничные условия специального вида, а именно, условие непрерывности температур и условие для теплового потока [14]. При тепловом воздействии также необходимо учитывать процессы естественной конвекции с окружающей средой и тепловые потоки в жидкой фазе, в нашем случае в активной зоне тепловой защиты.

При моделировании ЗМП сделаны следующие допущения на основе работ [10, 13]:

1. Полагается, что не происходит повышения давления внутри корпуса, так как в ЗМП предусмотрены отверстия для выхода продуктов разложения, однако не учитывается изменение энтальпии за счет потерь массы.

2. Чаще всего ЗМП выполняется в форме невысокого цилиндра, что лучше описывается шаровой формой, позволяющей учесть потоки с торцов цилиндра. При пересчете в шаровую форму сохраняется объем ВФП и площадь поверхности теплоотдачи [15].

3. Коэффициент теплопроводности ВФП полагается постоянным.

4. В отличие от модели аккумулятора холода, учтена пассивная тепловая защита.

5. Учтено наличие внутри ЗМП модуля запоминающего устройства.

В данных допущениях геометрическая модель представляет собой шарообразный металлический корпус с удельной теплоемкостью C_3 , внутри которого располагается слой пассивной защиты с удельной теплоемкостью C_2 . В начальный момент времени слой активной защиты занимает все пространство, то есть граница фазового перехода r_1 находится на границе радиуса активной защиты r_a . Внутренней границей активной защиты служит матрица запоминающего устройства с радиусом r_0 . В процессе воздействия происходит движение границы фазового перехода к центру защиты по мере исчерпания запаса ВФП.

Неизвестными в таком случае являются средний радиус положения границы фазового перехода r_1 и температура корпуса ЗМП T_1 , как показано на рис. 1. Полагается, что фазовый переход происходит при постоянной температуре T_2 .

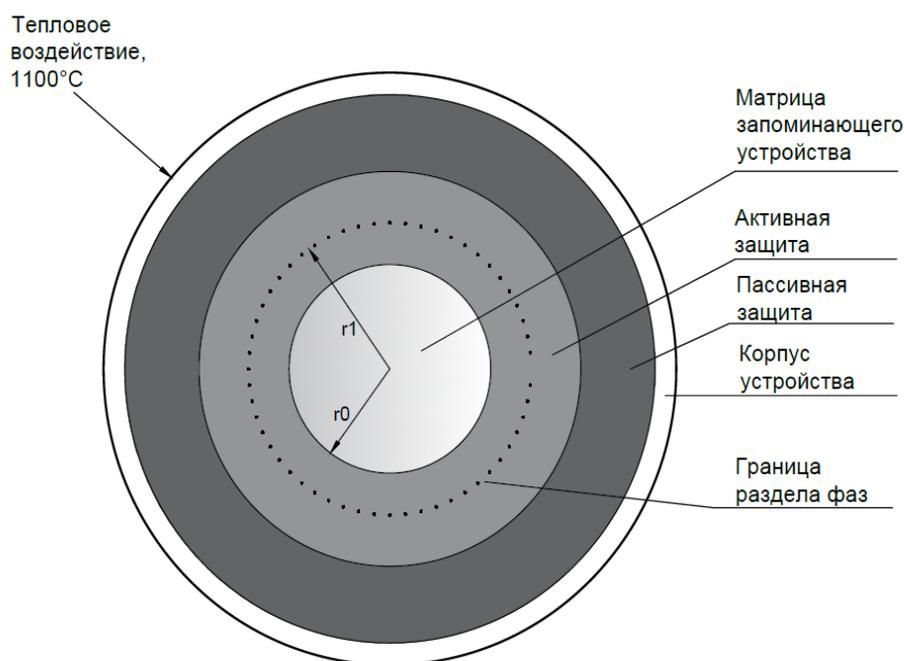


Рис. 1. Тепловая модель ЗМП

Уравнение для границы раздела фаз:

$$\frac{dr_1(t)}{dt} = -\frac{T_1 - T_2}{R(t)} \frac{1}{\rho_1 A_1(t) [L + c_1(T_1(t) - T_2)]}, \quad (1)$$

где c_1 и ρ_1 – удельная теплоемкость и плотность активной зоны защиты, A_1 – площадь границы раздела фаз, вычисляемая через средний радиус $r_1(t)$, R – тепловое сопротивление шаровой прослойки активной зоны, вычисляемое по [15]:

$$R(t) = \frac{r_a - r_1(t)}{4\pi r_a r_1(t) \lambda}, \quad (2)$$

где r_a – внутренний радиус активной защиты.

Для T_1 записывается уравнение в предположении равномерного температурного поля устройства:

$$C \frac{dT_1(t)}{dt} + \frac{T_1(t) - T_2}{R(t)} + \sigma(T_1(t) - T_f) = 0, \quad (3)$$

где C – полная теплоемкость корпуса C_3 и пассивной защиты C_2 , σ – тепловая проводимость от активной зоны к окружающей среде с температурой T_f .

В качестве начальных условий обычно задают совпадение границы раздела фаз на границе активной защиты и начальную температуру корпуса.

Уравнения (1) – (3) с соответствующими начальными условиями решаются численно с помощью программы Scilab. Критерием сохранности запоминающего устройства служит неисчерпание запаса ВФП, то есть должен остаться слой активной защиты, который будет расходоваться на остаточный нагрев от корпуса и пассивной защиты.

На рис. 2 приведены результаты расчетов по модели для реальной конструкции ЗМП с объемом ВФП 0,7 литров на основе [8] для воздействия 1100°C в течение времени 1 час с начальной температурой 20°C . Видно, что остается запас ВФП, который также необходим для компенсации теплового потока от нагретого корпуса в процессе охлаждения после воздействия. Это соответствует результатам испытаний (рис. 2).

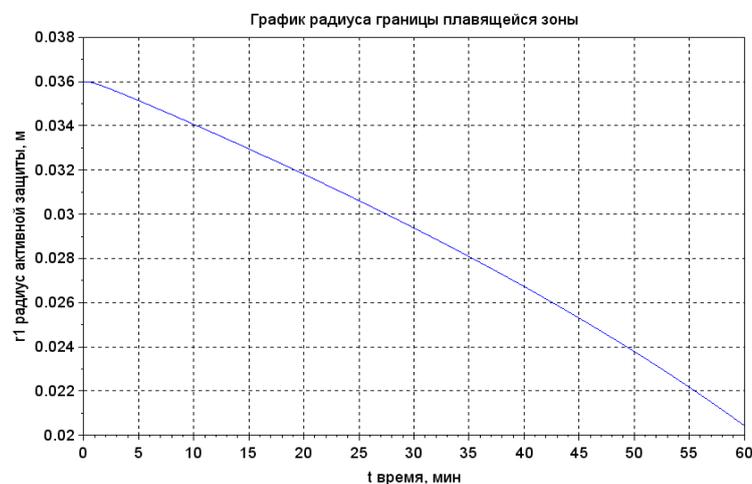


Рис. 2. График радиуса границы плавящейся зоны

Выводы

Разработана математическая модель тепловой защиты ЗМП, позволяющая быстро оценивать время ее работы при аварийных воздействиях для различных материалов и размеров защиты. Результаты расчетов по модели для реальной конструкции соответствуют результатам испытаний.

Данная модель не учитывает изменение коэффициента теплопроводности ВФП в процессе фазового перехода, а также охлаждение ЗМП за счет выхода продуктов разложения ВФП.

Литература

1. Приказ Министра обороны Российской Федерации от 17 октября 2001 г. № 420 «Об утверждении Федеральных авиационных правил по организации объективного контроля в государственной авиации».
2. ОСТ 1.01080-95 Устройства регистрации бортовые с защищенными накопителями. Общие технические требования. Введ. 01.01.1997. М.: Изд-во НИИСУ, 1997. – 40 С.
3. Flight Data Recorder Systems, Federal Aviation Administration, 2007. TSOC124b.
4. Minimum Operational Performance Specification for Crash Protected Airborne Recorder Systems, European Organization for Civil Aviation Equipment (EUROCAE). 2003. ED–112.
5. Полежаев Ю.В., Юревич Ф.Б. Тепловая защита /под. ред. Лыкова А.В. М.: Энергия. 1976. 392 с.
6. Попов Ю.В. Тепловая защита накопителей информации бортовых устройств регистрации // Проблемы безопасности полетов. 2012. №7. С. 33–49.
7. Способ тепловой защиты электронных модулей и устройство для его осуществления/ Бельских Г.Н., Данилова М.В., Киселев В.М., Тарасов В.В., Саморуков С.П., Сапронов С.А.; пат. RU 2420046; заявл. 30.03.10; опубл. 27.05.11.
8. Устройство тепловой защиты электронного модуля памяти / Хабаров В.Н., Аливаник Л.Г.; пат. RU 2473982; заявл. 27.10.11; опубл. 27.01.13.
9. Atul Sharma a, Tyagi V.V., Chen C.R., Buddhi D. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009. №13. С. 318–345.
10. Ruhul Amin Rana, Ri Li, Thermal protection from a finite period of heat exposure e Heat survival of flight data recorders// Applied Thermal Engineering. 2015. С. 748–755.
11. Захарова В.Ю., Майоров Д.С. Энтальпия для модели активного материала в бортовых накопителях информации // Приборы. 2011. № 9. С. 44–48.
12. Kenisarin M., Mahkamov K., Costa C., Makhkamova I. Melting and solidification of PCMs inside a spherical capsule: A critical Review //Journal of Energy Storage 27 101082. 2020.
13. Захарова В.Ю. К расчету аккумуляторов холода с веществами с фазовым переходом/ Захарова В.Ю., Кузнецов П.А., Бараненко А.В., Файзуллин Р.О.// Низкотемпературные и пищевые технологии в 21 веке: материалы конференции. – Санкт-Петербург. 2019. С. 35–39.
14. Бородин С.Л. Численные методы решения задачи Стефана // Вестник Тюменского государственного университета. Физико–математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. Том 1. 2015. №3. С. 164–175.
15. Дульнев Г.Н., Семяшкин Э.М., Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах. Л.: Энергия. 1968. 360 с.



Терентьева Анастасия Сергеевна

Год рождения: 1997

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

студент группы № W4151,

направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность,

e-mail: murzik1997@yandex.ru

УДК 543.054

ОСОБЕННОСТИ ПРОБОПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ ИЗ ЖМЫХА ЯГОД

А.С. Терентьева

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова

Работа выполнена в рамках темы НИР №620162 «Разработка комплексной технологии наноструктурированных мицеллированных форм биологически активных веществ природного происхождения».

Аннотация

В работе были изучены методы пробоподготовки и их классификация. Выбраны методы пробоподготовки и анализа, подходящие непосредственно для исследования такого пищевого сырья, как жмых ягод брусники и клюквы. Изучены детали процесса пробоподготовки жмыха ягод. Проведен анализ сырья из жмыха ягод на содержание токсичных элементов.

Ключевые слова

Пробоподготовка, анализ, сырьё, токсичные элементы, тяжёлые металлы, метод, жмых ягод.

Введение

В настоящее время одной из наиболее важных проблем больших городов является проблема утилизации отходов, в том числе пищевых. Они относятся к 5 классу опасности. Несмотря на относительную безопасность данного вида отходов, существует ряд сложностей, связанных с их утилизацией. На данный момент существует несколько способов утилизации, однако каждый из них имеет недостатки. Например, при складировании на полигонах образуется сингаз, вызывающий возгорания территории, биопереработка и компостирование являются слишком времяёмким процессом, а при теплообработке выделяются вредные вещества в атмосферу.

Большое значение в сфере охраны окружающей среды приобретает повторное использование отработанного сырья, которое позволяет уменьшить объемы утилизации отходов в пользу сокращения потребления ресурсов. Благодаря современным технологиям из остатков пищевого производства возможно получение полезных добавок к пище. Основой для таких добавок может служить жмых садовых и дикорастущих ягод - богатый источник витаминов и микроэлементов.

Перед использованием вторичного пищевого сырья, в частности ягодного жмыха, необходимо удостовериться в безопасности его употребления, т. е. провести анализ сырья на содержание токсичных элементов.

В данной работе проводится исследование пищевого сырья, образца жмыха лесных

ягод. Согласно СанПиН 2.3.2.1078-01, для ягодного жмыха нормируется содержание тяжелых металлов, радионуклидов, пестицидов, а также микробиологические показатели.

Особый интерес представляет содержание тяжёлых металлов в жмыхе, потому что ягоды клюквы и брусники, из которых произведен жмых, являются аккумуляторами тяжелых металлов, при этом тяжёлые металлы накапливаются в основном в кожице ягод, а жмых по большей части представляет собой именно кожицу.

Превышение норм содержания тех или иных тяжелых металлов приводит к токсическому воздействию на организм человека, особенно при накоплении в организме, и представляет угрозу здоровью человека.

Из всех тяжёлых металлов, загрязняющих пищевые продукты и напитки, наиболее токсичными являются кадмий, свинец, ртуть и мышьяк. Они представляют опасность даже в минимальных концентрациях. Анализ на содержание этих элементов имеет ключевое значение для подтверждения безопасности пищевой продукции и сырья [1].

Пробоподготовка – одна из стадий анализа, которая заключается в преобразовании пробы в форму, необходимую для проведения анализа. Ее особенности зависят от объекта исследования, определяемых показателей и выбранной методики проведения анализа.

От того, насколько правильно будет выполнена пробоподготовка, зависит точность и правильность работы оборудования при проведении испытаний. В 80 % случаев к ошибочному результату приводит именно неправильно проведенная пробоподготовка. Чтобы избежать подобных проблем, которые являются следствием загрязнения образцов и потери элементов при выполнении процедур, следует использовать современное оборудование, а также соблюдать все технические регламенты.

Целью данного исследования является анализ процесса пробоподготовки сырья из жмыха ягод и выявление особенностей этого процесса.

Материалы и методы исследования

Пробоподготовка начинается с предварительной стадии, которая заключается в усреднении и сокращении пробы.

Последующий процесс пробоподготовки состоит из трёх этапов: высушивание, разложение и исключение воздействия мешающих компонентов. Для правильного проведения анализа могут использоваться различные модификации и комбинации этих этапов. Необходимость включения какого-либо из этих этапов в анализ оценивается для каждого отдельного случая [2].

Высушивание

На первом этапе пробоподготовки происходит удаление влаги из образца для установления состава образца и получения воспроизводимых результатов. Вода в анализируемом объекте может присутствовать из атмосферы или раствора, в котором формировалось анализируемое вещество. Содержание такой воды зависит от температуры и влажности окружающей среды, способа отбора пробы и условий ее хранения и т.п. Высушивание анализируемых образцов происходит на воздухе или в сушильном шкафу при 105-120 °С на протяжении 1-2 часов. При высушивании образцов из пищевого сырья используется вакуумная сушка или микроволновое излучение, благодаря чему время процедуры сокращается до нескольких минут. После сушки берут навеску – взвешенный образец вещества, и придают ей однородную структуру путём измельчения, смешивания и тп. Таким образом проба принимает такое физическое состояние, которое необходимо для выбранной методики проведения анализа.

Разложение

Этап разложения имеет несколько способов проведения:

- разложение в открытых системах (сухая и мокрая минерализация, кислотная экстракция);
- разложение в закрытых системах (минерализация при повышенном давлении);
- микроволновая система минерализации.

Разложение в открытых системах проводится путём сухой или мокрой минерализации, а также кислотной экстракции (неполной минерализации).

Мокрая минерализация (озоление) представляет собой нагревание пробы в смеси концентрированных азотной кислоты, серной кислоты и перекиси водорода, за счёт чего происходит полное разложение органических веществ. Этот способ разложения применяют для всех видов пищевых проб, помимо сливочного масла и животных жиров. Преимущество этого способа в том, что он не требует высоких температур, поэтому минимизируются потери летучих элементов. Но этот способ требует значительных затрат по времени и использования большого количества реактивов, из-за чего может произойти загрязнение пробы [3].

Альтернативой является сухой способ минерализации, когда способ мокрой минерализации неэффективен. «Сухой» способ минерализации проб пищевого сырья представляет собой термическое разложение пробы (пиролиз, сухое озоление).

Термическое разложение – это нагревание пробы, при котором выделяются газообразные вещества, характеризующие состав и структуру исследуемого вещества и используемые для определения его количества. Если термическое разложение проводится в присутствии веществ, реагирующих с разлагаемым соединением, происходит пиролиз. В противном случае происходит сухое озоление.

Пиролиз проводят в атмосфере инертного газа – азота или аргона. При анализе органических веществ пробу нагревают до 300 – 700 °С, для неорганические вещества разлагаются при более высокой температуре – примерно 1000 – 1500 °С. Нагревание должно проводиться быстро, иначе выделившиеся газы вступят в реакцию. Газообразные продукты пиролиза поглощаются твердыми сорбентами, а затем определяются различными методами.

Сухое озоление – это процедура нагревания пробы на воздухе в открытом сосуде при 500 – 600 °С. Реагентом в этом случае выступает кислород воздуха. Происходит окисление органического вещества. Чаще всего сухое озоление используется для определения наличия неорганических компонентов в пробах органического происхождения. У этого способа есть преимущества, такие как простота аппаратуры, отсутствие загрязнений от реактивов. Однако имеются и недостатки: возможность потерь легколетучих элементов, взаимодействие с материалом посуды и длительность процесса. Чтобы процесс окисления проходил быстрее и полнее при минимальной потере летучих веществ, сухое озоление необходимо проводить в закрытом сосуде [4].

Способ кислотной экстракции основан на экстрагировании токсичных элементов из образца путём кипячения его с соляной или азотной кислотой. Этот способ предназначен для пробоподготовки сыров, маргарина, пищевых жиров, сливочного и растительного масел [3].

Метод минерализации при повышенном давлении осуществляется в сосуде, в который помещается сухая проба, добавляется концентрированная азотная кислота в объеме, необходимом для минерализации, который зависит от природы материала пробы. Для предотвращения цементирования материала пробы на стенках сосуда и достижения полного смешивания пробы с кислотой добавляют перекись водорода. Для этого метода используется аппарат для минерализации под давлением. Перед его эксплуатацией необходимо подробно изучить инструкцию в связи с наличием риска отравления при неправильном его использовании. Также следует обратить внимание на

то, что при анализе проб с большим содержанием углерода есть опасность взрыва. Температура проведения минерализации определяется исходя из результатов предыдущих анализов. В начале минерализации рекомендуется плавное повышение температуры. С повышением температуры качество минерализации улучшается. Скорость минерализации при высокой температуре можно увеличить, если сосуду с пробой и кислотой дать отстояться достаточно длительное время. Преимущество данного способа – в сокращении количества используемых реактивов. Недостатком же является повышенная опасность от используемого оборудования.

Минерализация в микроволновых системах происходит следующим образом: разлагаемая проба и окислительные реагенты помещаются в специальный сосуд из химически инертного материала (стекло, кварц, фторопласт), сосуд при необходимости герметично закрывается, переносится в микроволновую систему, и реакционная смесь нагревается до высоких температур в СВЧ-поле, которое создается специальным генератором. В закрытом сосуде крышка плотно прижимается к внутренней стенке, за счёт чего обеспечивается герметичное соединение.

Вся процедура разложения труднорастворимых продуктов занимает 3 - 5 мин, обработка растворов длится еще от 5 до 15 мин. Таким образом, использование микроволновой системы сокращает время пробоподготовки с нескольких часов до 30 мин. Также среди преимуществ такого метода – отсутствие потерь элементов пробы и уменьшение использования реактивов, что позволяет избежать загрязнения пробы. При этом микроволновое разложение более безопасное, чем другие методы [5].

Избавление от влияния мешающих компонентов

После разложения пробы устраняют влияние мешающих компонентов. Для этого проводят маскирование, разделение или концентрирование компонентов пробы.

Маскирование – это процесс устранения влияния мешающих ионов, находящихся в сложной смеси, на обнаружение искомым ионов. Применяют термодинамическое и кинетическое маскирование.

Термодинамическое маскирование – создание условий, при которых реакция идет незначительно. Концентрация маскируемого компонента становится недостаточной для того, чтобы надежно зафиксировать аналитический сигнал.

Кинетическое маскирование – увеличение разницы между скоростями реакции маскируемого и определяемого веществ с одним и тем же реагентом.

Разделение – это процесс, в результате которого из исходной смеси веществ получается несколько фракций ее компонентов. Для разделения применяются фильтрация, седиментация, центрифугирование и флотация.

Концентрирование – процесс повышения содержания выделяемых веществ по отношению к веществу, в среде которого находятся выделяемые компоненты. Концентрирование - частный случай разделения. К способам концентрирования (и одновременно разделения) относятся: выпаривание, экстракция, сорбция, хроматографирование и электролиз [4].

Пробоподготовка сырья из жмыха ягод начинается с измельчения жмыха ножницами до размера частицы менее 3мм. Далее полученные частицы перемешивают и одновременно растирают в ступке. После этого происходит усреднение и сокращение пробы методом квартования. Пробу размещают на поверхности в виде усечённого конуса, затем разравнивают до получения плоского квадрата и разделяют по диагонали. Два из получившихся треугольников, противоположных друг другу, убирают, другие два снова собирают в конус. Процедура повторяется 2 - 3 раза. После получения усредненной однородной пробы начинается основной процесс пробоподготовки. Процедура высушивания пропускается, т.к. исследуется сухой жмых, массовая доля влаги которого составляет 5 – 10 %.

Разложение проб ягодного жмыха производится путём кислотной минерализации под давлением. Берется навеска пробы и помещается в сосуд из кварца (соотношение объема пробы и объема сосуда должно быть 2:35). Также в сосуд помещается 3 см³ концентрированной азотной кислоты (водный раствор массовой долей не менее 65 %, плотностью около 1,4 г/см³). После этого пробу в контейнере из кислотостойкого материала, устойчивого к высокому давлению, помещают в аппарат для минерализации под давлением. При помощи нагревательного блока или микроволновой печи поднимается до 230 – 320 °С (в зависимости от определяемого элемента). В первом случае это занимает около 3 часов, во втором – от 15 минут до получаса. После минерализации остужают и ставят в вытяжной шкаф до прекращения выделения коричневого дыма. После проведения минерализации образец должен быть прозрачным, а объем образца не должен измениться, если его стало заметно меньше, значит произошла разгерметизация и минерализацию необходимо провести заново. Полученный минерализат переводят в раствор, разбавляя водой до нужного объема. На этом процесс пробоподготовки жмыха ягод подходит к концу.

Проводился анализ сырья из жмыха ягод брусники и клюквы на содержание тяжёлых металлов: кадмия, свинца, ртути и мышьяка.

Проверка проводилась на соответствие ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Для определения содержания токсичных элементов был использован метод атомно-абсорбционной спектроскопии. Подготовка проб производилась методом сухой минерализации.

Испытания проводились в соответствии с нормативными документами:

– ГОСТ EN 14083-2013 Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение свинца, кадмия, хрома и молибдена с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии с атомизацией в графитовой печи с предварительной минерализацией пробы при повышенном давлении;

– ГОСТ Р 53183-2008 (EN 13806:2002) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением;

– ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение общего мышьяка и селена методом атомно-абсорбционной спектроскопии с генерацией гидридов с предварительной минерализацией пробы под давлением [4].

Результаты и выводы

Результаты испытаний показали, что превышение нормативных показателей обнаружено не было (таблица).

Пробоподготовка является очень важным этапом, от которого зависит качество проведения анализа. Она требует правильного подбора метода ее проведения и точного следования инструкциям регламентирующих документов. Выбор метода пробоподготовки зависит от определяемого показателя и природы исследуемого образца. Для сырья из жмыха ягод – это метод минерализации под давлением.

Результаты анализа на содержание токсичных элементов показали, что пробы сырья жмыха из ягод соответствуют нормативам по содержанию токсичных элементов, что подтверждает качество сырья и позволяет его дальнейшее использование для изготовления пищевой продукции, несмотря на то, что сырье является вторичным. Также это подтверждает качество проведения пробоподготовки. Это значит, что ни один процесс не был нарушен и были соблюдены все необходимые меры предосторожности.

Результаты испытаний

Название пробы	Наименование показателей	Нормативные значения	Полученные значения
Жмых ягод брусники	Массовая доля свинца, мг/кг	<0,4	<0,2
	Массовая доля мышьяка, мг/кг	<0,2	<0,1
	Массовая доля кадмия, мг/кг	<0,03	<0,002
	Массовая доля ртути, мг/кг	<0,02	<0,005
Жмых ягод клюквы	Массовая доля свинца, мг/кг	<0,4	<0,2
	Массовая доля мышьяка, мг/кг	<0,2	<0,1
	Массовая доля кадмия, мг/кг	<0,03	<0,02
	Массовая доля ртути, мг/кг	<0,02	<0,005

Литература

1. Мельников О.М., Кулешова Н.И., Верещагин А.Л. // Тяжёлые металлы в ягодах облепихи и семенах льна // Ползуновский вестник. № 1. 2013. С. 299.
2. Никитина Н.Г., Борисов А.Г., Хаханина Т.И. Аналитическая химия: учебник и практикум для среднего профессионального образования / Под ред. Никитиной Н.Г. М.: МИЭТ. 2020. 394 с.
3. ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. М.: Стандартиформ. 2010. 12 с.
4. Мовчан Н.И., Романова Р.Г., Горбунова Т.С., Евгеньева И.И. Основы аналитической химии. Химические методы анализа: учебное пособие. Казань: КНИТУ. 2012. 196 с.
5. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. М.: Лаборатория знаний. 2020. 246 с.



Тимирьянова Анастасия Арсентьевна

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы № Т42505с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: a.timiryanova@gmail.com



Кравцов Александр Ярославович

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы № Т42505с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: formekray@gmail.com



Миниахметова Айгуль Васимовна

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы № Т42505с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: minaigul86@mail.ru



Сергиенко Ольга Ивановна

Год рождения: 1957
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

УДК 504.064.43/658.567

**ВНЕДРЕНИЕ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
НА МУСОРОСОРТИРОВОЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ**
А.А. Тимирьянова, А.Я. Кравцов, А.В. Миниахметова, О.И. Сергиенко
Научный руководитель – к.т.н., доцент О.И. Сергиенко

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

Аннотация

подавляющее большинство функционирующих мусоросортировочных комплексов вывозят «хвосты» сортировки на полигоны твердых коммунальных отходов. Полигоны

в свою очередь влияют на экологическую обстановку, и с каждым годом площади, выделяемые для полигонов, растут. Анализ наилучших доступных технологий в области обращения с твердыми коммунальными отходами показал наличие двух технологий, основной идеей которых является сокращение полигонов твердых коммунальных отходов и возможное их отсутствие в дальнейшем. Предлагаемые внедрения наилучших доступных технологий на мусоросортировочных комплексах позволят также получить экономическую и финансовую выгоду.

Ключевые слова

Обращение с отходами, мусоросортировочные комплексы, полигоны твердых коммунальных отходов, наилучшие доступные технологии в области обращения с отходами.

В настоящее время во всем мире применяется промышленная переработка твердых коммунальных отходов (далее ТКО) для минимизации их захоронения на полигонах. По официальным данным Росстата за 2019 год, при общей массе образовавшихся отходов в РФ 7750,9 млн. т., до 50% отходов (3800,8 млн.т) размещается на объектах, принадлежащих предприятиям (полигонах); утилизации отходов (в том числе рециклинг, регенерация, рекуперация) подвергается чуть более 50% отходов (3881,9 млн т). Вопрос промышленной переработки отходов актуален для Московской области, которая составляет почти 0,3% площади Российской Федерации и размещает на своей территории 1/5 часть всех ТКО в стране. Доля захоронения в Подмоскovie составляет порядка 95% от общего объема отходов, поступающих и образующихся на территории Московской области [1, 2].

Большинство мусоросортировочных комплексов (далее МСК) в РФ захоранивают отходы на полигонах ТКО, что наносит серьезный урон окружающей среде. Атмосферный воздух, почва, гидросфера, растительный и животный мир подвержены негативному воздействию со стороны полигонов ТКО, принадлежащих МСК [6].

Побороть проблему захоронения ТКО на полигонах, принадлежащих МСК и оказывающих вышеназванное влияние на окружающую среду, можно. Существуют справочники по наилучшим доступным технологиям (НДТ) в области обращения с ТКО. В рамках изучения дисциплины «Наилучшие доступные технологии в производстве» были проанализированы и выбраны две технологии, которые улучшат текущую и будущую экологическую ситуацию. Также при внедрении технологий сократится количество ТКО, поступающих на захоронение. Предлагаемые внедрения технологий на МСК позволят получить экономическую и финансовую выгоду. Для внедрения НДТ было выбрано предприятие «КПО Восток» в Московской области г. Егорьевск. Выбор данного предприятия обусловлен областью деятельности компании [3,4,5].

Первой предлагаемой НДТ является производство твердого топлива из ТКО. Она направлена на производство топливных брикетов (RDF-топлива), которые могут быть реализованы в качестве топлива на цементных заводах, что приведет к увеличению прибыли от продаж, сокращению объемов захораниваемых ТКО и выбросов от полигона [4].

Вторая НДТ – сжигание отходов (термический способ) с получением тепловой энергии. При этом предприятие аналогично первой НДТ снизит затраты на полигон ТКО, а также будет иметь прибыль от продажи энергии, получит экономическую выгоду от сокращения затрат на покупку топлива для котельной [3].

В ходе исследования проведен технико-экономический расчет обеих технологий: техническая оценка проекта, экологическая оценка проекта, экономическая оценка проекта. В табл. 1 показаны экономические показатели предприятия «КПО Восток» при внедрении предложенных технологий.

Сравнение рентабельности проектов

Показатель	Ед. изм.	Обозначение	Значение для НДТ1	Значение для НДТ2
Общие инвестиции	руб.	I_0	227 665 743	3 023 687 448
Эксплуатационные затраты	руб.	-	39 613 715	437 806 195
Экологические сбережения	руб./год	-	16 168 564	16 489 398
Сокращение объема захораниваемых ТКО	т/год	-	376 535 (~86%)	384 000(~86%)
Чистая годовая экономия	руб./год	B	2 870 695 606	1 629 503 762
Срок окупаемости	год	PB	0,08 (1 мес.)	1,86
Динамический период окупаемости	год	DPB	1,61	1,87
Чистый дисконтированный доход	руб.	NPV	6 726 695 029	3 448 521 172
Внутренняя норма рентабельности	%	IRR	23	30
Индекс доходности	–	PI	29,55	1,14
Точка безубыточности производства	руб.	$BEP_{ден.}$	37 444 421	464 289 151

На рисунке изображены графики внутренней нормы рентабельности для каждой из технологий.

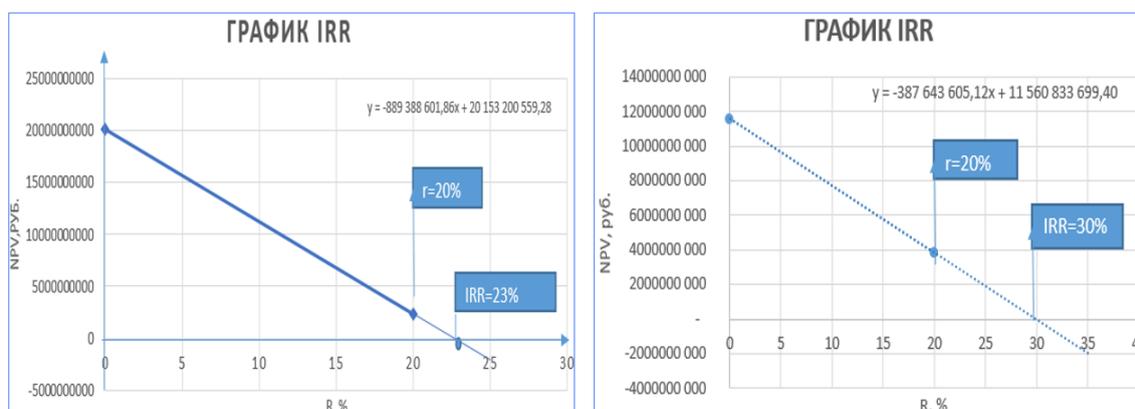


Рисунок. График внутренней нормы рентабельности НДТ1 и НДТ2

Анализ экономических показателей говорит о том, что внедрение НДТ1 – производство RDF-топлива является более рентабельным в сравнении с НДТ2 – сжигание отходов с получением тепловой энергии.

При реализации НДТ1 будут наблюдаться следующие результаты:

- снижение массы отходов, поступающих на полигон;
- снижение платы за негативное воздействие на окружающую среду при размещении отходов на полигоне;
- получение нового альтернативного источника энергии;
- получение прибыли от продажи RDF-топлива.

Для случая внедрения проекта НДТ1 был проведен SWOT-анализ (табл. 2). К основным рискам относятся появление новых конкурентов, что может повлечь за собой

снижение продаж; выход из строя оборудования (поломка), приводящий к дополнительным затратам; несвоевременная и/или некачественная поставка оборудования, которая приведет к задержке внедрения проекта. Избежать рисков поможет страхование, привлечение независимых экспертов, учет опыта аналогичных проектов, а также распределение рисков между участниками проекта.

Таблица 2

SWOT-анализ НДТ1

Сильные стороны	Слабости
<ul style="list-style-type: none"> – есть база сбыта продукции; – значительная экономия финансовых ресурсов; – предприятие будет стремиться к почти замкнутому технологическому циклу переработки ТКО; – небольшое количество конкурентов; – решение вопроса применения альтернативной энергетики в виде данного вида топлива их отходов. – снижение площадей для карт ОРО; 	<ul style="list-style-type: none"> – высокая стоимость инвестиций; – закупки импортного оборудования; – неудовлетворенность сотрудников оплатой труда; – текучесть кадров
Возможности	Угрозы
<ul style="list-style-type: none"> – получение гранта от правительства; – продажа продукции на экспорт; – использование данного проекта в качестве типового для других КПО. 	<ul style="list-style-type: none"> – появление новых конкурентов – выход из строя оборудования (дополнительные затраты) – несвоевременная и/или некачественная поставка оборудования.

Литература

1. Арустамова Э.А., Гильденскиольд С.Р. Анализ состояния обращения с отходами в Подмосковье в год экологии России // Отходы и ресурсы. 2017. №4(2). С.1-8.
2. Бутузова Л. Новая схема обращения с отходами: московский мусор едет к соседям [Электронный ресурс]. 2019. URL: <https://newizv.ru/news/city/17-12-2019/novaya-shema-obrascheniya-s-othodami-moskovskiy-musor-edet-k-sosedyam> (дата обращения 11.12.2020).
3. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 9-2015. Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов). М.: Бюро НДТ. 2015. 258С.
4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 15-2016. Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)). М.: Бюро НДТ. 2016. 208С.
5. Троянова А.В Егорьевске заработал новый комплекс по переработке отходов [Электронный ресурс]. 2019. URL: <https://recyclemag.ru/article/egorevske-zarabotal-novii-kompleks-pererabotke-othodov> (дата обращения 10.12.2020).
6. Харламов А.С. Современная проблематика полигонов твердых бытовых отходов в России // Молодой ученый. 2019. № 4 (242). С. 205-207.



Тихонова Галина Алексеевна
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т42505с,
направление подготовки: 18.04.02 –Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: tikhonova.g98@mail.ru



Молодкина Нелли Ринатовна
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: molodkinanelli@gmail.com

УДК 339.13

АНАЛИЗ РЫНКА RDF-ТОПЛИВА

Г.А. Тихонова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Р. Молодкина

Работа выполнена в рамках темы НИР №620147 «Получение вторичных сырьевых и энергетических ресурсов на основе Циркулярной экономики».

Аннотация

В данной работе рассмотрены установленные формулировки для альтернативного топлива согласно европейским стандартам, изучена схема получения топлива из твердых бытовых отходов, сферы его применения, а также проведено исследование существующего рынка Европы RDF-топлива и SRF-топлива и возможностей его применения в России.

Ключевые слова

Бытовые отходы, альтернативное топливо, топливо из бытовых отходов, RDF-топливо, SRF-топливо, цементная промышленность.

В настоящее время в России большая часть твердых бытовых отходов поступает на полигоны для захоронения. Так, в 2019 году на утилизацию, а именно на переработку для дальнейшего рециклинга, регенерации, рекуперации или использования в качестве источника энергии, было отправлено 4,4% от общего объема ТКО, что составляет всего 2,61 из 61,1 млн тонн. Данная проблема является причиной нехватки территории, выделенной для хранения отходов от производств и потребителей. При этом ежегодно растет количество образуемых твердых коммунальных отходов: темп роста объема образующегося мусора в среднем составляет 1-2% в год. Это значит, что уже через 3-5 лет возможности «официальных свалок» будут исчерпаны [1]. Федеральным законом «Об отходах производства и потребления», принятым в 1998 году, правительство РФ стремится не только обезопасить население и окружающую среду от вредного воздействия отходов, но и поднимает вопрос об эксплуатации ТБО как дополнительный источник энергии.

Бытовой мусор представляет собой ценный материал: 1 тонна отходов является исходным материалом для 170 кг биогаза, 410 кг компоста, 50 кг – это первый отсев грубых элементов и металлолома, 250 кг – это второй отсев, содержащий стекло, ткань, древесину и пластмассу. Примерно из 70% всего отсева можно получать тепло сжиганием, пиролизом, газификацией или предварительно переработав в специальные топливные гранулы (RDF).

В повседневной практике многие теплотворные отходы называются отходами производства топлива (RDF). Но поскольку нет официального определения RDF, содержание и качество этого топлива могут отличаться. Очень часто композиционное качество и параметры окружающей среды не очень точно описаны. Это создает риск для производителей и пользователей этих видов топлива, поскольку здоровье человека и оборудование могут пострадать от некоторых, иногда опасных, компонентов в топливе.

Таким образом, приобретенное RDF-топливо может иметь хорошую теплотворную способность и низкое содержание хлора, но покупатель никогда не сможет быть уверен в его составе, потому что он не тестируется и не оценивается соответствующим и стандартизированным способом.

Для облегчения обращения с отходами, полученными из топлива, в соответствии с европейскими стандартами CEN/TC 343 для «твердого рекуперированного топлива» (SRF) была создана единая формулировка [2].

SRF – это топливо, получаемое из неопасных отходов в соответствии с европейским стандартом EN 15359. В России данный вид топлива контролируется ГОСТ 33516-2015. Хотя этот стандарт не является обязательным, основное требование заключается в том, чтобы производитель уточнял и классифицировал получаемое SRF-топливо, подробно описывая его чистую теплотворную способность, а также содержание хлора и ртути в топливе. Спецификация включает (в обязательном порядке) несколько других свойств, таких как содержание всех тяжелых металлов. Кроме того, должна быть выдана декларация о соответствии.

Получение топлива происходит следующим образом [3]:

1. Мокрая органика, а именно остатки пищи и растений отделяются на мусоросортировочной линии.

2. На сортировочных конвейерах отбирается полезное вторсырье, подлежащее переработке, к которым относятся картон, пластмассы, стрейч-плёнка и др. Важно убрать хлор/ртуть – содержащие компоненты, электронные приборы и сырье, которое уменьшает энергоёмкость (стекло и металл).

3. Оставшийся мелкий пластик, пленки, этикетки, отходы древесины и прочее измельчаются, подсушиваются в специализированных сушильных барабанах, уплотняются с помощью прессования и гранулируются.

Полученные гранулы являются RDF-топливом из отходов. Схема производства представлена на рис. 1.

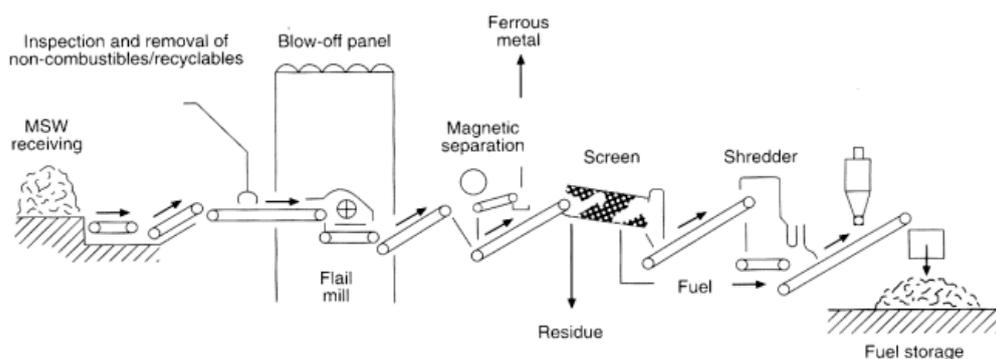


Рис. 1. Схема линии производства RDF-топлива

РДФ используют в качестве основного либо дополнительного источника энергии. Сырьё применяют в печах производственных предприятий. Широкое применение сырьё получило на цементных заводах. За счет RDF-топлива можно отказаться от газа и обеспечивать нужный температурный режим, снизив себестоимость цементных материалов. Технология относится к НДТ и отражена в ИТС 6-2015 «Производство цемента».

Благодаря высокой температуре горения и выработке большого количества тепла, вторичное твердое топливо подходит для тепловых электростанций, паровых генераторов и аналогичных агрегатов, работа которых поддерживает за счет выработки тепла.

Заменив часть привычного органического топлива на альтернативное, получается ряд преимуществ: экономится природный газ, нет необходимости в строительстве специальных установок, утилизирующих отходы, а также уменьшается количество загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу.

Цементная мексиканская компания Cemex, основанная в 1906 году, является примером удачной интеграции технологии применения АТ в производстве. Сегодня организация лидирует в вопросе использования альтернативного вида топлива.

Для замены стандартного топлива на заводах в ход идут покрышки, ТБО, биомасса, осадки сточных вод и отходы сельского хозяйства. На 2011 год было заменено 25% топлива. Такое решение дало компании возможность сократить количество потребляемого угля на 2 млн тонн, а также снизить количество выбросов CO₂ на 1,8 млн тонн.

В Европе в 2003 году ежегодно производилось около 3 млн тонн RDF-топлива. В 2008 году эта цифра составила 4-5 млн тонн в год. В 2015 году в Европейском Союзе использовалось приблизительно 13,5 млн тонн РДФ-топлива в год, из них 12 млн тонн сжигались на цементных заводах и специализированных предприятиях по производству электроэнергии. Еще 1,5 млн тонн используются на других установках [5]. Потребление топлива из отходов в Европе указано в табл. 1.

Таблица 1

Объем использования РДФ-топлива в ЕС в 2015 году

Использование	РДФ-топливо, млн т/год
Цементная индустрия	5
Установки по сжиганию РДФ	7
Другое	1,5

Одним из крупнейших импортеров топлива из отходов сейчас является Англия. За 2018 год было поставлено в европейские страны 2,9 млн тонн RDF и SRF [4]. График роста импорта топлива из отходов показано на рис. 2. Крупнейшие компании-экспортеры представлены в табл. 2.

Таблица 2

Основные компании-экспортеры, чей экспорт за 2018 год выше 100 тыс. тонн

Компания	Экспорт, т	Компания	Экспорт, т
Geminor	363 366	FCC	162 870
Biffa	350 167	Veolia	158 206
N&P	334 154	Berling Enviro	147 492
Suez	302 393	Andusia	146 620
Seneca	166 773	Renewi	138 355

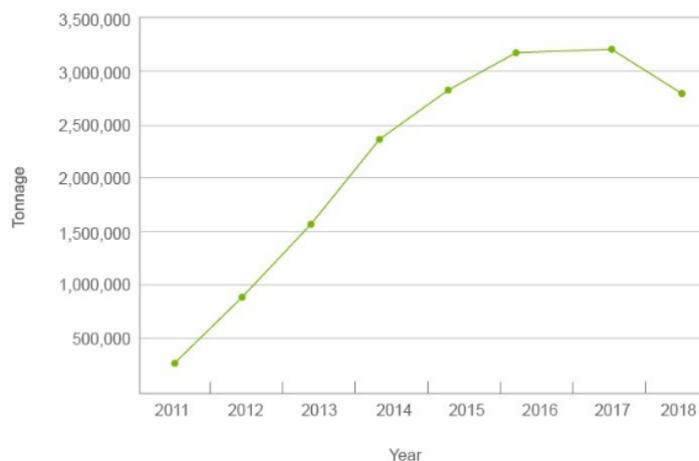


Рис. 2. Импорт RDF-топлива и SRF-топлива Англии за 2011-2018 гг

Из общего объема экспортированных 2,9 миллиона тонн 322 467 были отнесены к твердому рекуперированному топливу (SRF). Эта цифра на 140 тысяч больше относительно ситуации на 2017 год. Первую позицию по импорту АТ из Англии занимает мусороперерабатывающий завод в Амстердаме (245 тыс. тонн).

Экспортом занимаются и другие страны. Так, например, Варна (Болгария) за 2017 год, помимо Англии, импортировала из Германии загрязненный пластик массой 5 024 т, а также 27 868 т RDF-топлива; смешанные отходы, прошедшие предварительную обработку, массой 3 036 т получены от итальянских поставщиков, то есть покупается не только топливо, но и сами отходы для сжигания.

Преобладающими потребителями РДФ-топлива в мире являются страны, активно использующие метод мусоросжигания. Так, например, Швейцария, где захоронению подвергается около одного процента всех отходов, сжигает практически 50% ТБО, предварительно переработанного в топливо RDF высокого качества. В Швеции, где полигоны получают около трех процентов от образующихся отходов, теплоэлектростанции закупают сырье у Норвегии для компенсации дефицита топлива.

Нидерланды являются крупнейшим пунктом назначения экспортируемых RDF и SRF из Англии, получая в течение года 1,28 млн тонн. Швеция и Германия также остаются основными рынками сбыта RDF и SRF, получив 540 040 тонн и 495 680 тонн соответственно. Другие известные направления для RDF и SRF из Англии включают Норвегию, Данию, Латвию, Кипр, Польшу, Болгарию, Португалию, Грецию, Францию, Финляндию, Испанию и Бельгию.

Для производства RDF-топлива в РФ необходимо внедрить специальную линию, содержащую несколько звеньев. Предприятия России пока не стремятся внедрять данную технологию, в то время как в Европе данный способ очень популярен, так, цементные заводы Германии заменяют привычное минеральное топливо на альтернативное в 90% случаев.

Такую низкую заинтересованность можно объяснить в первую очередь большей ценой топлива относительно европейской. Это связано с первоначальным подходом к сбору отходов от населения и производства. Иностранные предприятия получают уже подходящее для переработки сырье, в то время как в России предприятия вынуждены предварительно сортировать отходы и утилизировать опасные фракции. Если пропустить данный этап, полученное топливо не будет соответствовать нормам безопасности. Как следствие, предприятия выделяют отдельные средства на предварительную обработку ТКО или отказываются от использования альтернативного топлива в пользу стандартного.

На территории России технология утилизации производственных отходов сегодня применяется французской компанией «LafargeHolcim», имеющей два завода в России. Начиная с 2015 года данной организацией, производящей строительные материалы, замещается природный газ на остатки от сортированных ТКО и отходы древесной промышленности. Природный газ, применяемый на заводе в поселке Ферзиково, заменен на альтернативное топливо в среднем на 14%.

Производство топлива из ТКО в Московской области начала компания MGS Group. На конец 2019 года компания сообщает о сотрудничестве с «LafargeHolcim». Также в России существуют компании, предлагающие решения для сортировки и переработки мусора, например, 7GreenLine.

Основными потребителями в России являются:

- цементные заводы, которых насчитывается 58 по России;
- мусороперерабатывающие заводы, которых сейчас 6 работающих и 3 строящихся;
- ТЭС;
- производимое топливо может поставляться в ближайшие станы ЕС, где оно уже очень востребовано.

Использование альтернативного топлива дает возможность снизить загрязнение атмосферы. Сравнение количества выбросов загрязняющих веществ при использовании традиционного и альтернативного топлива показано в табл. 3.

Таблица 3

Выбросы загрязняющих веществ при традиционном обжиге клинкера с выбросами при использовании альтернативного топлива, изготовленного из бытовых отходов

Загрязняющее вещество	Выбросы, мг/м ³	
	Традиционное топливо	Смесь с 30 % альтернативного топлива (обработанные бытовые отходы)
Пыль	9-10	9-10
NO _x	160	162
SO ₂	76,0	56,36
Cl	1,045	0,762
F	0,057	0,0519
Pb	0,006	0,006
Cd	0,005	0,001
Hg	0,011	0,005
Cr	<0,001	<0,001
Zn	<0,001	<0,001

В процессе сжигания RDF-топлива образуется зола. В среднем ее количество составляет 30-35% от массы исходного топлива. Данный отход, во-первых, относится к четвертому классу опасности и может быть захоронен. Во-вторых, зола применима как сырье в производстве различных видов строительных материалов (асфальт, цемент, ЖБИ и др).

Важно отметить крайнюю необходимость в стимулирующих правительственных программах и осознании проблемы обществом, что напрямую способствует формированию рынка альтернативного топлива и включению частных предпринимателей. Без рынков отходов и рынков изделий из отходов не будет развиваться система селективного сбора.

Литература

1. Мощности мусорных полигонов в 17 субъектах будут исчерпаны до 2022 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ach.gov.ru/checks/moshchnosti-musornykh-poligonov> (дата обращения: 09.10.2020).
2. Geert Cuperus, The difference between RDF and SRF [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://resource.co/article/difference-between-rdf-and-srf-10156> (дата обращения: 03.10.2020).
3. Waste to Energy Technologies [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.see.murdoch.edu.au/resources/info/Tech/waste/index.html> (дата обращения: 09.11.2020).
4. Elizabeth Slow, RDF exports decline in 2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.letsrecycle.com/news/latest-news/rdf-exports-decline-in-2018/> (дата обращения: 09.11.2020).
5. Цвиль М.П. Производство РДФ-топлива в Европейском союзе: тенденции и перспективы // Экономические и финансовые механизмы инновационного развития цифровой экономики: сб. науч. ст. В 2 ч. Ч. 2. Минск. 2019. С. 156-161.



Токбаева Асемгуль Амамбаевна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы № Т42151с,
направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология,
e-mail: asematok@gmail.com



Кудрявцева Валерия Александровна

Год рождения: 2001
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы № Т3417,
направление подготовки: 19.03.02 – Продукты питания
из растительного сырья,
e-mail: kvalera01@mail.ru



Баракова Надежда Васильевна

Год рождения: 1954
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент, доцент (квалификационная категория
«ординарный доцент»),
e-mail: barakova@corp.ifmo.ru

УДК 582.893: 663.031.2/.4:663.81

**ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТОВ ПЕКТОЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НА
ВЫХОД СОКА ИЗ БОРЩЕВИКА (*HERACLEUM SP.*)**

А.А. Токбаева, В.А. Кудрявцева

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

Работа выполнена в рамках темы НИР №620147 «Получение вторичных сырьевых и энергетических ресурсов на основе принципов Циркулярной экономики».

Аннотация

В работе исследовали влияние ферментных препаратов пектолитического действия на выход сока из растительной массы борщевика Сосновского. Установлено, что из трех ферментных препаратов Фруктоцим Флюкс, Фруктоцим УФ и Фруктоцим П6-Л наибольший выход сока наблюдался при использовании Фруктоцим УФ, что доза внесения 0,05% увеличивает выход жидкой части из измельченного борщевика до 63%.

Ключевые слова

Сок борщевика, ферментные препараты пектолитического действия, выход сока.

Одним из самых быстро распространяющихся сорных растений в Северо-Западном регионе России является борщевик Сосновского. Он быстро приспособляется к

погодным условиям региона и разрастается на большие площади. Его часто можно заметить на придорожных территориях или приусадебных участках.

Химический состав борщевика отличается своим разнообразием. По данным Н.А. Ламан и других ученых, от начала бутонизации до цветения содержание сахаров в вегетативной массе составляет 17-31% [1]. В стеблях количество сахара достигает 30-34%, в зелёной массе – 21,0-23,7%. Водорастворимые углеводы зеленой массы представлены глюкозой, сахарозой и фруктозой [2]. Исследования показали, что растворимые углеводы в стеблях борщевика составляют около 4% от сырой массы, то есть почти третью часть сухой массы стеблей борщевика составляют растворимые сахара. При влажности борщевика 85,9% содержание редуцирующих сахаров составляло 3,2% от сырой массы, сахарозы – 0,5%, пектина – 1.1% [3].

Достаточно высокое содержание углеводов в вегетативной массе борщевика дает основание для разработки технологии биоэтанола из борщевика. Для получения биоэтанола важно получить сбраживаемый субстрат или сок.

Для увеличения выхода сока из растительного сырья используют различные приемы, которые изменяют проницаемость клеточных стенок растений и увеличивают извлечение определенных веществ, такие как обработка сырья теплом или холодом, электрическим током или ферментными препаратами.

В таких растениях, как борщевик, отмечается высокое [4] содержание пектиновых веществ, относящихся к некрахмалистым полисахаридам, которые являются строительным материалом клеточных стенок, в борщевике их содержится до 17% относительно сухой массы сырья [5].

Пектин – гетерополисахарид, который состоит из остатков галактуроновой кислоты и значительной доли остатков нейтральных сахаров (рамноза, галактоза, арабиноза, ксилоза). Пектины существенно снижают выход сока. Для повышения выхода сока в первую очередь необходим гидролиз прямолинейных участков молекулы пектина, для этого можно применять препараты, обладающие высокой пектинметилэстеразной, полигалактуроноазной и пектинлиазной активностью.

Цель данной работы – интенсификация выхода сока из измельченной зеленой массы борщевика посредством применения пектолитических ферментных препаратов.

Работа была проведена с использованием борщевика, хранившегося в морозильной камере при температуре -18°C. Сбор растения осуществляли в сентябре 2019 года на территории Волхонского СНТ, г. Пушкин. Для работы были использованы препараты, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Сведения применяемых в исследовании ферментных препаратов (Эрбсле)

Ферментный препарат	Дозировка	Условия	Действие
Фруктоцим Флюкс	3,0-60, мл/л	45-55°C, 1-2 ч	пектолитический
Фруктоцим Пб-Л	0,5-8, мл/л	20-55°C, 1-2 ч	пектолитический
Фруктоцим УФ	5-20, мл/л	30-50°C, 2-6 ч	пектолитический

Для проведения исследования листья и стебли борщевика измельчали механически. В полученную мезгу вносили ферментные препараты. Количество вносимых ферментных препаратов выбирали, основываясь на рекомендациях, приведенных в сертификатах от производителя ферментных препаратов, и оно составляло 0,05% от массы измельченного борщевика.

Тепловую обработку измельченной зеленой массы проводили при температуре 50 °C в течение 1,5 часов, каждые 30 минут отбирали пробу для определения сухих

веществ на рефрактометре PTR45. По окончании тепловой обработки проводили прессование мезги и выделение сока. Данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели выхода сока борщевика после трехчасовой тепловой обработки

Наименование ферментных препаратов	Выход сока, % от массы мезги
Фруктоцим Флюкс	60,5 ± 0,7
Фруктоцим УФ	63,3 ± 6,0
Фруктоцим П6-Л	48,9 ± 4,2
Без ферментного препарата	51,8 ± 9,9

Было получено, что применение ферментных препаратов Фруктоцим УФ и Фруктоцим Флюкс увеличивает выход сока по сравнению с образцом без добавления фермента на 11,5% и 8,7% соответственно. Внесение ферментного препарата Фруктоцим П6-Л привело к снижению выхода сока, что обусловлено, по всей видимости, более глубоким разрушением структуры биомассы борщевика и нарушению дренажного слоя.

Наибольший выход сока 63,3% из мезги борщевика наблюдался с применением ферментного препарата Фруктоцим УФ.

Изменение экстрактивности сока борщевика во времени отражено на рисунке.

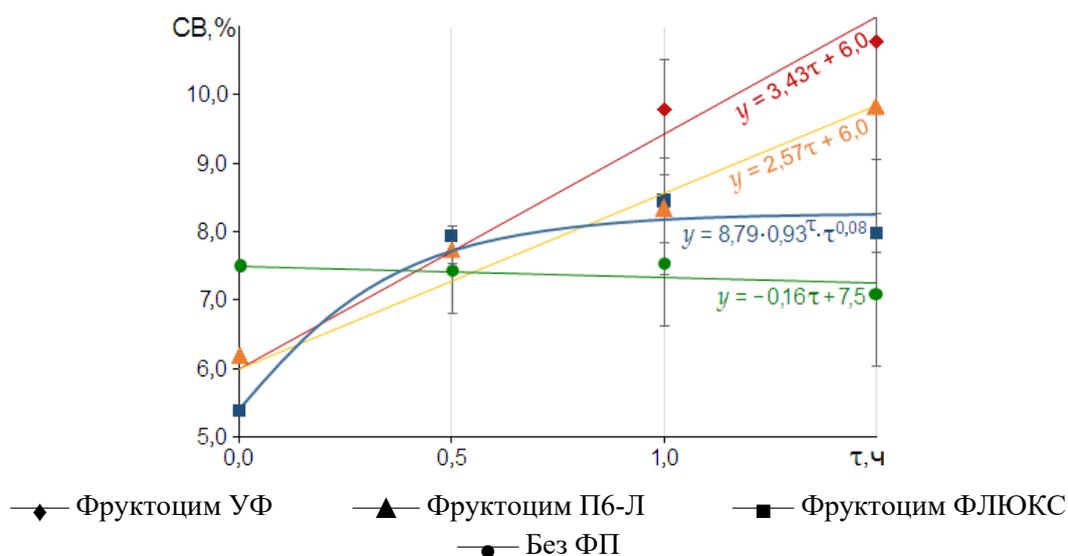


Рисунок. Зависимость экстрактивности сока борщевика от продолжительности тепловой обработки

Максимальное содержание сухих веществ наблюдалось в образцах сока, прошедших 1,5 ч обработки препаратами Фруктоцим УФ – 10,6% и Фруктоцим П6-Л – 9,8%.

Регрессионный анализ опытных данных на рисунке 1 показал, что в соке, обработанном ФП Фруктоцим УФ и Фруктоцим П6-Л, концентрация сухих веществ возрастает линейно, но для описания динамики экстрактивности образцов, содержащих препарат Фруктоцим ФЛЮКС, лучше всего подходит показательно-степенная модель Гёрля $y = a \cdot b^x \cdot x^c$, причем наибольший вклад в нелинейность уравнения вносит последний член x^c с малым показателем степени.

Это означает, что влияние препарата Фруктоцим ФЛЮКС на высвобождение сухих веществ неоднозначно: через 1,5 ч обработки положительный эффект полностью

исчезает, нейтрализуемый неким побочным действием. Можно предположить, что высокая (геми-)целлюлазная/пектиназная активность этого ферментного препарата создает на поверхности субстрата новые активные зоны, связывающие молекулы других экстрактивных веществ, переводя их в нерастворимую форму.

Уравнение регрессии, относящееся к образцам сока, подвергнутым тепловой обработке без добавления ферментного препарата, имеет отрицательный член, но в сравнении с доверительными интервалами экспериментальных результатов этот коэффициент не является значимым. Можно сказать, что в действительности тепловая обработка сока борщевика в отсутствие ферментных препаратов не приводит к изменению экстрактивности.

Данные экспериментов показывают, что для интенсификации извлечения сока из борщевика рационально использовать ферментные препараты пектолитического действия. Лучшим из исследованных является препарат Фруктоцим УФ.

По данным Полякова и др. [6], в состав ферментного препарата Фруктоцим УФ входят такие ферменты, как протеаза (126 ед. ПС), экзо-β-глюканаза (40 β-ГС), пектиназа (2 ед. ПкС), эндополигалактуроноза (40 ПгС), ксиланаза (114 ед. КС), целлюлаза (118 ед. ЦС).

Выводы

В результате проведенного исследования было получено, что использование ферментных препаратов пектолитической активности увеличивает выход сока и содержание сухих веществ.

Установлено, что наибольшие выход сока и количество сухих веществ – 63,3% массы мезги и 10,6% СВ – наблюдаются при использовании препарата Фруктоцим УФ после 1,5 ч выдержки с температурой 50°C.

Литература

1. Ламан Н.А., Прохоров В.Н., Масловский О.М. Гигантские борщевики – опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси // Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси. Минск. 2009. С. 21.
2. Интродукция борщевиков в Белоруссии / Под ред. Дорожкина. Минск: Наука и техника. 1980. 198 с.
3. Дерюшева Т.В., Дерюшева О.В. Углеводный состав свежих стеблей борщевика сибирского и черешков лопуха большого // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2017. №. 3. С. 71-75.
4. Попов И.А., Максимов И.В., Манжесов В.И. Влияние ферментных препаратов на выход сока // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2017. №. 2. С. 102-114.
5. Шахматов Е.Г. Строение пектина и углеводной части арабиногалактановых белков борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* M.): 02.00.10 / Шахматов Е.Г. Новосибирск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии Коми научного центра УрО РАН. 2017. 23 с.
6. Поляков В.А. и др. Пути повышения качества полуфабрикатов и ликероводочных изделий. Характеристика сырья и ферментных препаратов. Часть 1 // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2002. №. 2. С. 28-30.



Токбаева Асемгуль Амамбаевна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы № Т41151с,
направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология,
e-mail: asematok@gmail.com



Баракова Надежда Васильевна

Год рождения: 1954
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: barakova@corp.ifmo.ru



Репнин Алексей Фёдорович

Год рождения: 1999
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет имени С.М. Кирова,
студент группы ХПБ-ХТ-17-1 ИХПБДиТБ,
направление подготовки: Институт химической переработки биомассы
дерева и техносферной безопасности,
e-mail: 1999-alexey@mail.ru



Рошин Виктор Иванович

Год рождения: 1945
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова,
д.х.н, профессор,
e-mail: kaf.chemdrev@mail.ru

УДК 615.322:543.635.7

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРПЕНОВЫХ
УГЛЕВОДОРОДОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ КОРНЕЙ БОРЩЕВИКА
(*HERACLEUM SP.*)**

**А.А. Токбаева, А.Ф. Репнин, В.И. Рошин
Научный руководитель – к.т.н., доцент Баракова Н.В.**

Работа выполнена в рамках темы НИР №620146 «Дизайн функциональных продуктов питания адаптогенного действия, для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета, метаболического синдрома и онкологических заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ».

Аннотация

Представлен обзор применения терпеновых соединений в фармакологии и пищевой промышленности. Содержание терпеновых соединений в корнях борщевика раскрывает перспективность их применения в качестве источника для получения экстрактов, содержащих терпены, ценно использовать их преимущественно всего в медицине.

Ключевые слова

Корни борщевика, терпены, терпеноиды, экстракция.

Корень – это вегетативный орган, служащий для закрепления растения в почве и обеспечивающий поглощение и проведение воды с растворенными минеральными веществами к стеблю, листьям и прочим надземным органам и является аккумулятором химических соединений самой разнообразной природы. Особый интерес представляют терпеновые соединения.

В природе терпены (терпеноиды) встречаются преимущественно в виде углеводов, спиртов и их гликозидов, простых эфиров, альдегидов, кетонов, карбоновых кислот и сложных эфиров. Эти природные соединения представляют собой относительно сильно пахнущие органические соединения с характерными, приятными запахами [1].

Терпеновые соединения, извлекаемые из растительного сырья, имеют применение в пищевой промышленности, в косметологии, в медицине, в сельском хозяйстве в качестве ароматизаторов, как компоненты лекарственных препаратов, химикатов. Проводятся широкие исследования по применению терпеновых соединений в лечении онкологических заболеваний.

В работе А. Kudryavtseva и соавт. отмечается, что большое количество терпенов и терпеноидов «обладает потенциальными геропротекторными и противораковыми свойствами» [2].

Было обнаружено, что терпинолен, входящий в состав шалфея и розмарина, снижает экспрессию белка АКТ1 в клетках и ингибирует их пролиферацию. АКТ или серин/треониновая протеинкиназа регулирует клеточные функции, включая пролиферацию клеток. Повышенная экспрессия и активация этого белка может вызвать различные виды рака человека и может способствовать прогрессированию рака, ингибируя апоптоз, способствуя образованию новых раковых образований. Поэтому поиск ингибиторов АКТ для лечения рака актуален [3].

Обнаружено, что экстракты листьев перуанского перца (*Schinus molle* L.), богатые такими метаболитами, как монотерпены и сесквитерпены, обладают цитотоксической активностью. Анализ экстрактов выявил более 30 компонентов углеводов терпеновой группы. Результаты исследований продемонстрировали антипролиферативную активность в отношении клеток лейкемии человека HL-60 в диапазоне от 143,5 мкг/мл до 3,8 мкг/мл. Таким образом, присутствие соединений, принадлежащих к семейству терпенов (монотерпенов и сесквитерпенов), может быть ответственным за активность против клеток лейкемии человека (HL-60) [4].

Также было продемонстрировано, что терпинолен предотвращает окисление липопротеинов низкой плотности, что представляет интерес для лечения атерогенеза и ишемической болезни сердца [5].

Появляются сведения, в которых указано, что терпены применимы как дополнительные составляющие противовоспалительной терапии, что позволяет уменьшить дозу нестероидных противовоспалительных средств и, следовательно, повысить безопасность терапии. Перспективным считается создание трансдермальных систем на основе терпена и противовоспалительного средства [6].

Большое количество терпеновых соединений содержится в корнях борщевика, это отражено в работе [7], где был исследован химический состав углеводов корней

борщевика (*Heracleum* sp.). Вегетативные органы *Heracleum* sp. были собраны в Волхонском СНТ (город Пушкин, Санкт-Петербург) в сентябре 2019 г. и хранились при комнатной температуре.

Соединения идентифицировали методом хромато-масс спектрометрии с использованием газового хроматографа – «Agilent Technologies 6850A» с квадрупольным масс-спектрометром 5973N. На хроматограммах идентифицировалось более 80 химических соединений с содержанием 0.2% и выше. Химическая формула установлена у более 60 соединений.

В результате анализа корней борщевика Сосновского были получены фракции углеводов, содержание которых составило 33,96% от массы нейтральных веществ. Наиболее встречающимися углеводородами были: п-цимен, терпинолен из монотерпенов, бициклогермакрен из сесквитерпенов [7].

П-цимен активен в отношении *Bacteroides fragilis*, *Candida albicans* и *Clostridium perfringens*. Оказывает седативное действие на мышей в дозе 0,04 мг в воздухе, снижая двигательную активность до 47,3% от исходного уровня [8]. Кроме того, он статистически значимо уменьшает вызванные уксусной кислотой корчи и обе фазы боли, вызванной формалином, у мышей при дозе 50 мг/кг. Он также оказывает незначительные антиоксидантные или антипролиферативные эффекты [5].

Терпинолен был проанализирован для применения по уходу за кожей, обнаружено, что данный терпеноид снижает внутриклеточную окислительную нагрузку среды. Также он подавляет перепроизводство провоспалительных цитокинов IL-6 и TNF- α и способствует реэпителизации раны, стимулируя миграцию фибробластов. Данные выявили преимущество применения терпинолена в составе лекарственных средств для лечения поражений кожи [9].

В источниках информации борщевик известен как злостный сорняк [10], но соединения, входящие в состав растения, обладают положительными свойствами: фунгицидной, противовирусной, антибиотической активностью, поэтому данное растение следует рассматривать не как инвазивное растение, а как потенциальный компонент лекарственных субстанций, имеющую большую терапевтическую ценность. Необходимы более детальные исследования, которые позволят исследовать относительные концентрации терпеноидных компоненты борщевика для подавления различных воспалительных процессов. Также важным является выбор оптимального способа извлечения данных соединений, поэтому в дальнейшем также необходимо провести анализ существующих методов выделения терпенов.

Литература

1. Ben Salha G., Abderrabba M., & Labidi J. (2019). A status review of terpenes and their separation methods // *Reviews in Chemical Engineering*. 2019. Т. 1. doi.: 10.1515/revce-2018-0066.
2. Kudryavtseva A., Krasnov G., Lipatova A. et al. Effects of *Abies sibirica* terpenes on cancer-and aging-associated pathways in human cells // *Oncotarget*. 2016. Т. 7. №. 50. С. 83744.
3. Okumura N., Yoshida H., Nishimura Y., Kitagishi Y., Matsuda S. Terpinolene, a component of herbal sage, downregulates AKT1 expression in K562 cells // *Oncology letters*. 2012. Т. 3. №. 2. С. 321-324.
4. Garzoli S., Masci V.L., Ovidi E., Turchetti G., Zago D., Tiezzi A. Chemical investigation of a biologically active *Schinus molle* L. leaf extract // *Journal of analytical methods in chemistry*. 2019. С. 1-6. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.hindawi.com/journals/jamc/2019/8391263/#abstract> (дата обращения: 03.02.2021).

5. Russo E.B., Marcu J. Cannabis pharmacology: the usual suspects and a few promising leads // *Advances in pharmacology*. Academic Press. 2017. Т. 80. С. 67-134.
6. Шадеркина В.А., Шадеркин И.А. Терпены и их применение в клинической практике // *Экспериментальная и клиническая урология*. 2019. №. 1. С. 77-80.
7. Репнин А.Ф., Рощин В.И., Баракова Н.В., Токбаева А.А. Углеводороды корней борщевика сосновского // *Леса России: политика, промышленность, наука, образование*. 2020. С. 226-228.
8. Ito K., Ito M. The sedative effect of inhaled terpinolene in mice and its structure–activity relationships // *Journal of natural medicines*. 2013. Т. 67. №. 4. С. 833-837.
9. de Christo Scherer M.M., Marques F.M., Figueira et al. Wound healing activity of terpinolene and α -phellandrene by attenuating inflammation and oxidative stress in vitro // *Journal of tissue viability*. 2019. Т. 28. №. 2. С. 94-99.
10. Ткаченко К.Г. Борщевики (род *Heracleum* L): Pro et contra // *Биосфера*. 2015. Т. 7. №. 2. С. 209-219.



Тонкова Кристина Владимировна

Год рождения: 1998

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

студент группы №Т41502с,

направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,

e-mail: christinatonkova@gmail.com



Забелина Александра Викторовна

Год рождения: 1991

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

аспирант,

направление подготовки: 25.00.36. – Геоэкология (по отраслям),

e-mail: zabelina@econw.ru

УДК 504.05

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СВАЛОЧНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО
ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ**

К.В. Тонкова, А.В. Забелина

Научный руководитель – инженер А.В. Забелина

Работа выполнена в рамках темы НИР «Оценка экономической и экологической целесообразности использования свалочного газа в качестве альтернативного источника энергии».

Аннотация

В работе рассмотрены положительные эффекты для окружающей среды, возникающие при использовании свалочного газа для выработки тепловой и электрической энергии. Актуальность исследования состоит в том, что повышение количества образуемых и вывозимых на полигоны твердых бытовых отходов приводит к увеличению эмиссии свалочного газа с полигонов, что приводит к массе негативных последствий. Использование свалочного газа как альтернативного источника энергии позволяет снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду.

Ключевые слова

Свалочный газ, парниковый газ, твердые коммунальные отходы, полигон захоронения твердых коммунальных отходов, альтернативный источник энергии, альтернативная энергетика.

Количество образуемых в Российской Федерации твердых коммунальных отходов ежегодно увеличивается. Это связано с многими факторами, главными из которых является стабилизация экономической ситуации и повышение уровня жизни населения наряду с замедленным внедрением экологической образованности населения. Отсутствие «экологического мышления» у большей части населения приводит к увеличению отходов одноразовой тары, испорченных продуктов и других излишков. Примерами данной модели поведения могут служить излишние продукты питания с истекшим сроком годности, покупка одноразовых полиэтиленовых пакетов при каждом

походе в магазин, покупка готовой еды и напитков в одноразовой посуде, незнание правил сортировки отходов или нежелание заниматься ей добровольно. Особенно актуальна проблема образования отходов в мегаполисах – в последние несколько лет всё чаще происходят случаи, когда город-миллионник вынужден заключать контракты с соседними регионами для захоронения бытовых отходов на их полигонах. Увеличение объемов захораниваемых отходов приводит к интенсификации образования свалочного газа на полигонах твердых коммунальных отходов [1-5].

Свалочный газ – это смесь газов, образующаяся при анаэробном разложении органической фракции отходов микроорганизмами в теле полигона. Свалочный газ преимущественно состоит из метана (от 35 до 65% от общего объема газовой смеси), диоксида углерода (около 40%), азота (от 5 до 15%), кислорода (0-5%) и водорода (0-3%) (1). Также содержит большое количество компонентов с содержанием менее 1%: сероводород, аммоний, аммиак, хлор, силоксаны, ароматические углеводороды, этилен, ацетилен, циклогексан и другие. Точный состав свалочного газа зависит от многих факторов и определяется при помощи газоанализаторов. Токсикологические, канцерогенные, взрывоопасные и пожароопасные свойства свалочного газа определяются совокупностью всех газов, входящих в его состав.

Выброс свалочного газа приводит к ряду негативных последствий для окружающей среды и здоровья человека. Одним из наиболее ярких примеров неблагоприятного воздействия свалочного газа на природную среду является повышение концентрации парниковых газов в атмосфере. Считается (1), что полигоны захоронения твердых коммунальных отходов занимают третье место по выбросам парниковых газов из-за высоких концентраций метана. Ежегодное количество выбросов парниковых газов с полигонов твердых коммунальных отходов составляет до 15 млрд. м³ (2). Влияние метана на интенсификацию парникового эффекта гораздо выше, чем у углекислого газа – по прогнозам, сделанным в Climate Change Synthesis Report (3), парниковая активность метана в 100-летней перспективе она превышает активность углекислого газа в 28 раз.

Метан обладает взрывоопасными и пожароопасными свойствами. Метан имеет относительно невысокие пределы взрываемости – для вспышки необходима концентрация от 4,4 до 17% от общего объема. Большое количество метана в составе свалочного газа является основной причиной газовых вспышек и пожаров на полигонах твердых коммунальных отходов. При возгорании полигона, помимо окисления органических отходов, происходит окисление неорганических соединений. Основной опасностью является горение полимеров: их окисление приводит к образованию диоксинов, крайне токсичных ксенобиотиков, обладающих канцерогенными, мутагенными, тератогенными свойствами.

Диоксид азота и оксид углерода и входящие в состав свалочного газа, способствуют таким негативным последствиям для окружающей среды, как закисление осадков, образование фотохимического смога, а также негативно влияют на дыхательные пути людей и животных, приводя к отеку легких. Эти вещества, обладая синергетическим действием, усиливают негативные эффекты друг друга при смешении. Кислотные дожди приводят к негативным последствиям для окружающей среды и, как следствие, для здоровья человека. Повышение кислотности осадков приводит к отмиранию фитомассы водоемов, что отражается на количестве зоопланктона и гидробионтов из-за недостатка пищи. Повышение кислотности почв приводит к растворению биофильных элементов и их вымыванию осадками в нижележащие горизонты и грунтовые воды. Также увеличивается подвижность тяжелых металлов, они поступают в почвенный раствор и накапливаются в растениях. Все описанные негативные последствия могут нанести вред здоровью человека при употреблении загрязненной воды или пищи, а также наносят экономический ущерб: снижается урожайность и качество производимой сельскохозяйственной продукции.

Аммиак не оказывает существенного воздействия на окружающую среду. При вдыхании раздражает слизистые оболочки и кожные покровы. При повышении концентрации вызывает отек легких и поражение нервной системы. Сероводород является токсичным для гидробионтов, а также вызывает негативные эффекты на организм человека. К основным негативным воздействиям относится головокружение, тошнота, паралич нервов и отек легких.

Ароматические соединения, такие как ксилолы, толуол, этилбензол, оказывают значительное влияние на организм людей, находящихся в зоне загрязнения воздуха: приводят к поражениям центральной нервной системы, заболеваниям печени и нарушениям работы дыхательной, сердечно-сосудистой и кроветворной системы.

В таблице представлена обобщённая информация о негативном воздействии рассмотренных компонентов свалочного газа на окружающую среду и здоровье человека (таблица).

Таблица

**Негативное воздействие компонентов свалочного газа
на окружающую среду и здоровье человека**

Компонент	Воздействие на окружающую среду	Воздействие на здоровье человека
Метан	Усиление парникового эффекта Взрывы и пожары на полигоне, приводящие к окислению неорганических соединений	Диоксины, образующиеся при горении полимеров, обладают канцерогенными, мутагенными, тератогенными свойствами
Оксиды азота, серы и углерода, сероводород,	Повышение кислотности осадков, приводящее к гибели гидробионтов, накоплению тяжелых металлов в растениях, вынос биофильных элементов в грунтовые воды Образование фотохимического смога	Замедление мозговой деятельности Раздражение слизистых Повышение заболеваемости болезнями дыхательных путей
Сероводород	Токсичен для гидробионтов	Отек легких, паралич нервов В малых концентрациях вызывает головокружение, тошноту, головную боль
Аммиак	-	Раздражает слизистые оболочки и кожные покровы
Ароматические соединения	-	Поражения центральной нервной системы, сердечно-сосудистой и кроветворной системы Заболевания печени

Согласно ИТС-2016 (4), наилучшей доступной технологией при обращении с выбросами в атмосферу считается система пассивной дегазации с рассеиванием биогаза в атмосфере при помощи газовыпусков. Однако эта технология помогает только для рассеивания выбросов и снижения значений концентраций загрязняющих веществ ниже предельно допустимых. Все перечисленные выше газы беспрепятственно попадают в атмосферу.

Более оправданным с экологической точки зрения является установка системы активной дегазации полигона и использование свалочного газа для выработки тепловой или электрической энергии. Данный метод позволяет использовать энергетический потенциал свалочного газа, существенно сократить количество выбросов, ликвидировать дурнопахнущие вещества и получить экономическую выгоду путем снижения платы за выбросы загрязняющих веществ и продажи образующейся энергии.

Для повышения финансовой эффективности использования свалочного газа в качестве альтернативного источника энергии необходимо учесть ряд факторов. Свалочный газ содержит коррозионно активные газы – сероводород, диоксид серы, аммиак, углекислый газ, водяной пар, поэтому для повышения срока службы оборудования необходимо использовать материалы, обладающие высокой коррозионной стойкостью. Энергетическая эффективность свалочного газа существенно ниже, чем у природного газа, и увеличивается при увеличении концентрации метана.

Для расчета значения теплотворной способности свалочного газа с содержанием метана, равным 50% (усредненное количество), используется формула (1) из исследования А. А. Ачитаева (5):

$$Q_v = \frac{r_j \times Q_{CH_4}}{\rho_{см}}, \quad (1)$$

где r_j – концентрация метана в свалочном газе;

Q_{CH_4} – теплотворная способность природного газа МДж/м³, равная 33,5.

$\rho_{см}$ – плотность свалочного газа, кг/м³.

Плотность свалочного газа зависит от содержания в нем макро- и микрокомпонентов. При очистке от примесных газов их концентрации столь незначительны, что ими можно пренебречь. Тогда формула (2) для расчета плотности газозвушной смеси выглядит следующим образом:

$$\rho_{см} = \frac{1}{\frac{g_{CH_4}}{\rho_{CH_4}} + \frac{g_{возд}}{\rho_{возд}}}, \quad (2)$$

где g_{CH_4} – молярная доля метана в смеси;

$g_{возд}$ – молярная доля воздуха в смеси;

ρ_{CH_4} – плотность метана, равная 0,6682 кг/м³ при нормальных условиях;

$\rho_{возд}$ – плотность воздуха, равная 1,2754 кг/м³ при нормальных условиях.

Молярные доли метана и воздуха в смеси находятся по формулам (3), (4) соответственно:

$$g_{CH_4} = \frac{r \times \mu_{CH_4}}{r \times \mu_{CH_4} + (1-r) \times \mu_{возд}}, \quad (3)$$

$$g_{возд} = \frac{(1-r) \times \mu_{возд}}{r \times \mu_{CH_4} + (1-r) \times \mu_{возд}}, \quad (4)$$

где μ_{CH_4} – молярная масса метана, равная 16 г/моль;

$\mu_{возд}$ – молярная масса воздуха, равная 29 г/моль;

При усредненном содержании метана, принимаемом равным 50%, теплотворная способность свалочного, рассчитанная по формулам (1) – (4), $Q_v = 17,38$ МДж/кг. Значение энергетической эффективности природного газа, в свою очередь, составляет 33,5 МДж/м. Очистка свалочного газа от примесей позволит более эффективно использовать его в качестве альтернативного источника энергии, повысит

рентабельность его использования.

При улавливании и последующем использовании свалочного газа уменьшается эмиссия парниковых газов: после сжигания очищенной газовой смеси в атмосферный воздух будет выделяться только диоксид углерода как продукт окисления метана, а он, как было сказано ранее, обладает меньшей опасностью для интенсификации парникового эффекта. Вывод метана из толщи полигона также предотвратит его самовозгорание, что, в свою очередь, снижает риски от окисления полимерных и других неорганических соединений.

Утилизация свалочного газа также приносит ряд положительных эффектов, связанных с ликвидацией соединений, обладающих сильными неприятными запахами, что приведет к улучшению гигиенических условий жизни людей, проживающих вблизи полигона захоронения твердых коммунальных отходов.

В заключение можно сделать вывод, что внедрение системы активной дегазации полигона и использование свалочного газа для выработки тепловой и электрической энергии может привести к ряду положительных эффектов как для окружающей среды, так и для здоровья сотрудников и проживающего в близости с полигоном населения.

Использование свалочного газа, как и любого другого альтернативного источника энергии, позволяет сократить потребление невозобновляемых источников энергии. Произведенный свалочный газ может использоваться не только для продажи, но и для обеспечения собственных нужд полигона, создавая замкнутый производственный цикл «прием отходов – захоронение отходов – образование свалочного газа – использование очищенного газа для производства тепловой и электрической энергии – питание административно-бытовых зданий полигона – прием отходов». Использование метана позволяет снизить количество выбрасываемых парниковых газов и предотвратить самовозгорание на полигонах.

При сборе свалочного газа повышается гигиеническое состояние местонахождения полигона – ликвидируются неприятные запахи, снижается риск развития заболеваний центральной нервной системы и дыхательной системы.

Литература

1. Архаров И.А., Симакова Е.Н., Навасардян Е.С. Свалочный газ как источник сырья для энерготехнологических процессов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2016. № 8. С. 25-28.
2. Любинская Т.В. Снижение эмиссии биогаза ТБО как важнейший элемент сокращения «парникового» эффекта // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2010. № 3. С. 76-81.
3. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). // Switzerland: Geneva. 2014. 151 pp.
4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 17–2016. Размещение отходов производства и потребления. М: Бюро НДТ, 2016. 181 с.
5. Ачитаев А.А., Русина А.Г., Жидков А.А., Евсеенко П.Н. Реализация проектов генерации на свалочном газе // Вестник КГЭУ. 2019. № 3. С. 67-77.



Торопова Анастасия Валентиновна

Год рождения: 1999

Университет ИТМО

факультет биотехнологий,

бакалавр, студент группы №Т3417,

наименование подготовки: 19.03.02 – Алкогольные

и безалкогольные напитки,

e-mail: Anastase-torop@rambler.ru



Баракова Надежда Васильевна

Год рождения: 1954

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

к.т.н., доцент,

e-mail: barakova@corp.ifmo.ru

УДК 581.143.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАЛЛУСНЫХ ТКАНЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

А.В. Торопова

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

Работа выполнена в рамках темы НИР №620146 «Дизайн функциональных продуктов питания адаптогенного действия, для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета, метаболического синдрома и онкологических заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ».

Аннотация

Рассмотрены и обоснованы преимущества способа получения биологически активных веществ с использованием каллусных культур. С помощью каллуса возможно извлечение БАВ из биомассы сорных и ядовитых растений. Для осуществления данного способа необходимы питательные среды, которые обязательно должны содержать представителей двух групп фитогормонов: ауксины и цитокинины.

Ключевые слова

Каллусная ткань, извлечение биологически активных веществ, питательные среды, фитогормоны, физиология растений, ткани растений.

Каллусная культура является одним из новейших инструментов в получении биологически активных веществ. Благодаря неспецифичности растительных клеток каллус проще подвергается генной инженерии, имеет высокую скорость полиферации, а также обладает повышенной устойчивостью к воздействию внешних факторов.

Каллусная ткань в широком биологическом понимании – это один из видов клеточной дифференцировки, возникает путем неорганизованной пролиферации дедифференцированных клеток органов растения [1]. В естественной среде каллусная ткань существует непродолжительное время, а её образование происходит в исключительных обстоятельствах, чаще всего при травмах растения.

Для культивирования каллусных культур в условиях *in vitro* применяют различные методические подходы, в зависимости от типа ткани интактного растения.

В процессе роста растительных клеток можно выделить три основные фазы: деление, растяжение и дифференцировка (утолщение вторичной клеточной оболочки и потеря способности к делению) [2].

В процессе дифференцировки клетки теряют способность к дальнейшему делению, и для восстановления данной функции требуется возбуждение их дедифференцировки. Данный процесс характеризуется потерей специфичности клеток, возвращением в меристематическое состояние и восстановлением способности к делению. Чаще всего полиферации подвергаются клетки камбия, коры, сердцевинной паренхимы [3]. В результате неограниченного роста делящихся клеток образуется каллусная ткань.

Выращивание каллусной ткани преимущественно проводят поверхностным способом. Клетки каллуса лишены анатомической структуры и представляют собой аморфную массу тонкостенных паренхимных клеток.

Для превращения растительной клетки в каллус в состав питательной среде должны быть обязательно включены представитель двух групп фитогормонов: ауксинов и цитокининов. Ауксины необходимы для активизации дедифференциации клеток, цитокинины – для полиферации (деления) клеток [4].

В ходе выращивания каллусных культур может наступить период вызревания и деградации ткани, данный процесс характеризуется прекращением деления неспецифических клеток, ростом растяжением, вторичной дифференцировкой или же отмиранием каллусных структур. Такие изменения обусловлены одним из свойств каллусной ткани – тотипотентностью, т.е. любая растительная клетка обладает полным набором генов, характерных для исходного организма.

Чтобы избежать остановки полиферации и старения каллусных клеток, необходимо проводить смену питательной среды на свежую каждые 28-30 дней, а именно, осуществлять пассирование или субкультивирование каллусной ткани. При пассировании ткани на среду, содержащую индукторы органогенеза, мелкие клетки приступают к делению и формируют меристематические очаги. Деление клеток меристематического очага приводит либо к формированию почек и последующему развитию из них побегов (геммогенез), либо к ризогенезу [1].

В условиях культивации *in vitro* каллусные культуры по многим своим физиолого-биохимическим свойствам идентичны специфичным клеткам растения. Главным преимуществом каллуса принято выделять сохранение способности к синтезу биологически активных веществ (вторичных метаболитов). Также можно выделить такие общие черты с клетками интактного растения, такие как устойчивость к действию высоких температур, осмотически активным веществам и засолению.

Отличительными особенностями каллусных тканей является увеличение содержания специфических белков, это связано с уменьшением или полным исчезновением хлоропластов, а следовательно, и снижение содержания белков, характерных для фотосинтезирующих клеток.

Каллусные клетки отличаются большой генетической гетерогенностью и физиологической асинхронностью [3]. Снижается эффект Пастера, усиливается брожение, таким образом, энергетический обмен в каллусе отличается от такового в клетках интактного растения.

Культуры клеток и тканей можно использовать для получения природных веществ растительного происхождения как [4]:

- новый способ синтеза уже известных веществ;
- источник совершенно новых веществ;
- систем для био-трансформации как самого процесса с получением конечного продукта, так и отдельного звена химического процесса.

– синтез новых продуктов из тех растений, которые трудно выращивать или с которыми трудно взаимодействовать;

Например, специалисты Вятского государственного университета предлагают использовать борщевик Сосновского в качестве источника водорастворимых и пектиновых полисахаридов [5].

В ходе исследования каллусную ткань стебля культивировали в темноте при 26 °С на питательной среде Мурасиге-Скуга (MS).

По результатам эксперимента, суммарный выход фракции водорастворимых и пектиновых полисахаридов составил 8,8%. Водорастворимые полисахариды HScI каллуса представлены арабиногалактанами.

Данное вещество является пищевой добавкой (стабилизатором), а также применяется в фармацевтической промышленности как вяжущее вещество и для повышения всасываемости лекарственных средств с низкой биодоступностью.

Литература

1. В.Ж. Цыренов Основы биотехнологии: Культивирование изолированных клеток и тканей растений: Учебно-методическое пособие. Улан-Удэ: ВСГТУ. 2003. 58 с.
2. Н.И. Якушкина Физиология растений: учебное пособие для студентов биол. спец. пед. ин-тов. М.: Просвещение. 1980. 303 с., ил.
3. Л.А. Першина Методы культивирования *in vitro* в биотехнологии растений. Новосибирск. Изд. НГУ. 2000. 68 с.
4. Биотехнология. В 8-ми кн. Книга 3. Клеточная инженерия. Р.Г. Бутенко, М.В. Гусев, А.Ф. Кидкин и др. М.: ВШ. 1987. 127 с.
5. Е.Н. Гордина, А.А. Злобин, Е.А. Мартинсон, С.Г. Литвинец. Пектиновые полисахариды каллусной ткани стебля Борщевика Сосновского (*HeracleumSosnowskiyManden*). Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 1. с. 41-46.



Тюрикова Екатерина Павловна

Год рождения: 1992
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
аспирант,
направление подготовки: 05.11.13 – Приборы и методы
контроля природной среды, веществ, материалов и изделий,
e-mail: eptyurikova@itmo.ru



Быковская Елена Александровна

Год рождения: 1986
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
старший преподаватель,
e-mail: eabykovskaia@itmo.ru



Кустикова Марина Александровна

Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н.,
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 535.8

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ
ОЗОНООПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Е.П. Тюрикова, Е.А. Быковская
Научный руководитель – к.т.н. М.А. Кустикова

Работа выполнена в рамках темы НИР №620159 «Разработка и исследование цифрового анализатора фреона».

Аннотация

Работа посвящена анализу озоноразрушающих веществ, участвующих в процессе изменения климата. Рассмотрены общие характеристики опасных хладагентов. Изучены методы идентификации озоноразрушающих веществ и выполнен сравнительный анализ. Выбран оптимальный метод определения хладагентов для разработки цифрового анализатора фреонов.

Ключевые слова

Озоноопасные вещества, спектральный анализ, рамановская спектроскопия, абсорбционная спектроскопия, фреоны, хладагенты.

Введение

В климатологических процессах огромное значение имеет стратосферный озон, формирующий озоновый слой Земли. При истощении озонового слоя вследствие попадания в атмосферу опасных веществ происходят катаклизмы, негативно влияющие

на целые экосистемы. Именно поэтому с середины XX века ученые старались вынести вопрос сохранения озонового слоя на международный уровень. Следствием этого стал подписанный Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой. Данный документ призывает ограничить или полностью вывести из употребления озоноразрушающие вещества (ОРВ). В настоящий момент к нему принято несколько поправок, которые расширили списки данных веществ, среди которых присутствуют хладагенты, используемые в системах кондиционирования и охлаждения. К ним относят группы хлорфторуглеродов (ХФУ), гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) и некоторые гидрофторуглероды (ГФУ) [1]. Однако данные вещества присутствуют в качестве примесей в новых типах хладагентов. Поэтому вопрос идентификации при хранении и транспортировке ОРВ является актуальным.

Целью работы является анализ методов идентификации ОРВ.

Объект исследования

Хладагентами (фреонами) называют группу высоколетучих соединений, применимых в качестве охлаждающих веществ в области низкотемпературной энергетики (кондиционирование помещений, охладительная техника), а также в качестве пламегасителей для обеспечения пожарной безопасности. Хладагенты представляют из себя бесцветные газы или жидкости без запаха. Идентификация и измерение содержания хладагентов, обнаружение источников поступления и оценка воздействия на климатические процессы имеют важное значение для обеспечения экологической и техносферной безопасности. В Российской Федерации каждый год выпускается Постановление Правительства РФ об ограничении на ввоз отдельных ОРВ. На регулярной основе ограничивается или полностью запрещается ввоз таких фреонов, как R21, R22, R31, относящиеся к ГХФУ. Вследствие данного постановления целесообразным является вопрос определения перемещаемой продукции через границу.

Методы анализа

Для обнаружения ОРВ были выбраны следующие методы:

1. Хромато-масс-спектрометрия.
2. Абсорбционная спектроскопия.
3. Рамановская спектроскопия.

Хромато-масс-спектрометрический метод определения хладагентов является арбитражным. Одним из главных элементов, за счет которого возможно детектирование хладагентов, является хроматографическая колонка, через которую пропускают анализируемое вещество. За счет вспомогательного вещества в роли неподвижной фазы, находящегося в колонке, анализируемый хладагент продвигается по колонке медленнее. В зависимости от времени прохождения сквозь колонку сложные смеси разлагаются на отдельные компоненты, что позволяет определить химический состав пробы с высокой точности. Однако при данном методе анализа разрушается проба.

Хромато-масс-спектрометры представляют из себя сложные конструкции больших габаритов. Кроме того, данные установки характеризует высокая цена и необходимость высококвалифицированного персонала. Устанавливать такой хромато-масс-спектрометр на производстве и таможне нерентабельно.

В области обеспечения безопасности при работе с опасными веществами на производстве активно внедряются спектральные методы анализа. Оптические методы измерения обладают высокой точностью, чувствительностью и универсальностью применения для различного рода задач. Широкое распространение получили спектральные приборы, построенные на принципе поглощения света исследуемым веществом. Данный тип носит название абсорбционной спектроскопии.

Абсорбционные спектрометры построены следующим образом: на вещество падает излучение широкого спектрального диапазона. Исследуемый объект поглощает часть излучения от источника. Оставшееся излучение фиксируется приемником излучения. Отсутствующие длины волн источника излучения, зафиксированные приемником, будут свидетельствовать о спектрах поглощения исследуемого объекта.

В табл. 1 приведены спектры поглощения некоторых хладагентов.

Таблица 1

Длины волн поглощения хладагентов

Название вещества	Длина волны поглощения, мкм
Фреон 11	11,9
Фреон 12	9,1
Фреон 21	9,3
Фреон 112	9,7
Фреон 113	8,4
Фреон 114	8,4

На основании проанализированных спектральных баз был сделан вывод, что большинство спектров поглощения хладагентов лежит в области инфракрасного диапазона [2]. При этом возможны наложения некоторых спектров, как в примере с Фреоном 113 и Фреоном 114. Поэтому вопрос обеспечения избирательности для идентификации анализируемого вещества является актуальным.

Однако, используя для анализа спектры рассеяния света, возможно значительно увеличить селективность анализируемых веществ. На данном принципе построены рамановские спектрометры. Отличительной особенностью рамановской спектроскопии является наблюдение рассеянного излучения от образца, вследствие которого данный метод нечувствителен к полосам поглощения, и при нём не меняется длина волны излучения, что отражается на факте появления новых линий спектров рассеяния. Пример рамановского спектра Фреона 22 представлен на рисунке.



Рисунок. Рамановский спектр Фреона 22

Рамановская спектроскопия весьма избирательна, что позволяет идентифицировать молекулы и химические образцы, которые схожи между собой. Несмотря на то, что каждый химический элемент имеет подобную молекулярную структуру, в природе не существует 2 одинаковых рамановских спектров. С помощью

базы спектров возможно определить конкретное анализируемое вещество.

Недостатком рамановских спектрометров является низкая интенсивность спектров рассеяния, а также высокая цена отдельных элементов системы.

Выбор метода идентификации

На основании изученных методов идентификации был выполнен сравнительный анализ представленных на рынке анализаторов. Результаты сравнительного анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение методов идентификации ОРВ

Метод	Преимущества	Недостатки
Хромато-масс-спектрометрия	Является арбитражным методом анализа фреонов. Возможно определение сложных смесей, массовых концентраций	Большие габаритные характеристики установок, необходимость в высококлассифицированном персонале, стоимость
Абсорбционная спектроскопия	Простота конструкции, невысокая стоимость	Зависимость от источника излучения, перекрыт спектров сложных смесей. перекрестная чувствительность
Рамановская спектроскопия	Высокая избирательность, не зависят от источника излучения	Высокая цена

На основании сравнительного анализа метод рамановской спектроскопии обладает наибольшими преимуществами и может обеспечить высокую селективность анализируемых веществ и их смесей.

Вывод

В ходе исследования было выполнено определение объекта исследования и его описание. Были выбраны и проанализированы методы идентификации ОРВ. На основании сравнительного анализа был выбран метод рамановской спектроскопии.

Следующим шагом будет разработка структурной схемы и выбор элементной базы для формирования анализатора хладагентов.

Литература

1. Цветков О.Б., Бараненко А.В., Лаптев Ю.А., Сапожников С.З., Ховалыг Д.М., Пятаков Г.Л. Озонобезопасные хладагенты// Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование» № 3. 2014–С.98-111.
2. Конопелько Л.А., Тюрикова Е.П., Снытко Ю.Н. Исследование спектральных характеристик оптико-абсорбционного газоанализатора контроля фреонов в воздушной среде // Оптика и спектроскопия. 2020. Т. 128. № 5. С. 670-678



Усас Оксана Романовна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы № W41502,
направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная
безопасность,
e-mail: oksanausas@mail.ru



Кустикова Марина Александровна

Университет ИТМО,
факультет низкотемпературной энергетики
к.т.н., доцент,
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 628.472+349.6

**АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКОГО
И ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ОБЪЕКТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ТКО**

О.Р. Усас

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова

Аннотация

В работе проведен анализ методического и законодательного обеспечения проектирования объектов размещения ТКО. Выявлены недостатки, неточности и обоснованы направления разработки методической базы проектирования объектов размещения ТКО.

Ключевые слова

Отходы, объекты размещения отходов, полигоны, оценка проектов полигонов.

Согласно статистике, публикуемой в ежегодном государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды» на сайте Министерства природных ресурсов и экологии, на 2019 год в Российской Федерации образовалось 7226 млн. т отходов. Основной вклад в это количество, а именно 98%, вносят отходы 4 и 5 классов опасности, более 50% которых направляют на объекты захоронения – полигоны [1].

Полигон, в свою очередь, представляет собой специально оборудованное сооружение, предназначенное для размещения отходов и включающее в себя объекты хранения отходов. Значительная часть объектов размещения отходов, которые действуют сейчас в РФ, была построена в конце 20 века и на данный момент уже устарела.

Существует ряд процедур, которые должны обеспечивать экологическую безопасность объектов размещения отходов (ОРО):

1. Проектирование ОРО в соответствии с нормами, инструкциями и методиками.
2. Оценка воздействия на окружающую среду и государственная экологическая экспертиза проектов размещения отходов.

3. Лицензирование деятельности по размещению отходов IV-V классов опасности.

4. Установление СЗЗ.

5. Производственный экологический контроль.

6. Государственный экологический надзор.

На сегодняшний день полигоны ТБО проектируются на основе ряда документов:

1. «Инструкции по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов», утвержденной Минстроем России в 1996 г.

2. СП «Полигоны твердых бытовых отходов: проектирование, эксплуатация, рекультивация» от 2016г.

3. СанПиН 2.1.7.1038-01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов».

4. Ключевым документом при проектировании полигонов ТКО является «Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов», утвержденная Министром России в 1996 г.

Был проведен законодательный анализ данного документа, в частности:

1. Выявлены содержательные требования к проектированию полигонов ТКО.

2. Проведен поиск определений использованных терминов.

3. Проведен поиск методик определения требуемых параметров, характеристик и величин.

Проведенный анализ показал ряд существенных недостатков данного документа.

Во-первых, в нем не содержится точная терминология. Например, такое понятие, как «населенный пункт», в российском законодательстве просто отсутствует. Этого определения нет ни в федеральных законах, ни в Земельном и Градостроительном кодексах. На этот термин можно выйти через контекст других, смежных с ним определений, таких как городское и сельское поселение, а также через некоторые формулировки в Земельном кодексе. И это не единственный такой пример. В законодательстве нет определений таким формулировкам, как «ценные породы деревьев», «болотистая местность», «экзогенные химические вещества». Все эти неточности усложняют работу экспертов и приводят к неоднозначным трактовкам и необоснованным выводам [2].

Во-вторых, связи с другими нормативными документами, на которые ссылается данный документ, утрачены. Например, СНиП 11-92-76 "Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий" уже утратил силу. Невозможно определить актуальность следующих документов: "Правила по технике безопасности и производственной санитарии при уборке городских территорий" (М., Стройиздат, 1978) и письмо Минздрава РСФСР от 07.07.77 N 1739-77 [2].

В третьих, в «Инструкции...» отсутствуют конкретные требования к документации проекта полигона. Наиболее показательный пример – требование п 1.3. «Инструкции...», согласно которому грунтовые воды должны находиться на глубине не менее 2 метров. Возможность для манипуляций состоит в том, что в зависимости от времени года их глубина меняется. Срок или точный сезон проведения данного измерения в методике не указан. Эта неточность позволяет найти обходной путь для заказчика документации и сделать результат измерения более выгодным. Отсутствуют требования к срокам проведения анализов, организации инженерно-геологических изысканий: состав и требования к данному заключению. Чтобы устранить эти недостатки, фактически, необходимо предпринять ряд улучшений – создать новую методику, опираясь на базовые элементы старой инструкции, с учетом новых требований [2].

Во-первых, необходимо ввести раздел с терминологией. В случае если термины определены в законодательных актах более высокого уровня, следует не приводить определения, а дать отсылки к соответствующим документам.

Во-вторых, необходимо определить сроки и методы проведения различных натурных обследований. Также, с целью удобства использования данной «Инструкции...», необходимо включать в нее полный перечень информации, которая должна содержаться в инженерных изысканиях. Это во многом упростит работу экспертов и позволит увидеть полную картину состояния местности, на которой планируется строительство полигона.

В-третьих, необходимо понять дальнейшую судьбу полигона, а именно срок работы, его рекультивацию и дальнейшее использование. Необходимо понять, для каких целей данная земля в будущем будет пригодна: для сельскохозяйственных нужд, лесопаркового использования, или же она может стать объектом капитального строительства. Для реализации последнего необходимы «дополнительные исследования», но какие конкретно, в методике не указано. Нет ответа на вопрос о системе выбора дальнейшего устройства полигона, о том, какая сопроводительная документация должна быть у будущего проекта [2, 3].

По результатам проведенного анализа можно сделать ряд выводов.

Процедура ГЭЭ играет ключевую роль в оценке и в дальнейшей реализации проектов полигонов ТКО.

Отсутствие методических указаний по проведению ГЭЭ приводит к тому, что эксперты не могут полностью и правильно оценить проект и дать верное и объективное заключение.

Инструктивно-методическая база проектирования полигонов ТКО нуждается в обновлении. Данная «Инструкция...» устарела и уже не может в полном объеме обеспечить всеми необходимыми данными полную оценку проекта полигона.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году».
2. «Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов», утвержденная Минстроем России в 1996 г.
3. СП «Полигоны твердых бытовых отходов: проектирование, эксплуатация, рекультивация» от 2016г.



Фахртдинова Сабина Захидовна

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы №W4152,
направление подготовки: 27.04.01 – Стандартизация и метрология,
e-mail: sabinafaxrtdinova9755@gmail.com



Тимофеева Ирина Валерьевна

Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
преподаватель,
e-mail: ivtimofeeva@itmo.ru



Кустикова Марина Александровна

Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: makustikova@itmo.ru

УДК 621.564

**ПРИРОДНЫЕ ХЛАДАГЕНТЫ В ТЕХНИКЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР
(АММИАК, УГЛЕВОДОРОДЫ, ДИОКСИД УГЛЕРОДА)
С.З. Фахртдинова И.В. Тимофеева
Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова**

Работа выполнена в рамках темы НИР №620159 «Разработка и исследование принципов построения цифрового анализатора фреонов».

Аннотация

В работе рассмотрены основные природные хладагенты, их свойства, преимущества и недостатки, а также их область применения. Проведена сравнительная характеристика природных хладагентов по параметрам, которые обеспечивают им холодопроизводительность. Проанализированы перспективы развития природных хладагентов на территории России. Приведен опрос участников рынка техники низких температур по теме применения природных хладагентов. Выявлены факторы роста и барьеры для распространения использования подобных хладагентов.

Ключевые слова

Природный хладагент, аммиак, углеводороды, диоксид углерода, ОРП, ПГП.

Хладагенты играют важную роль в обществе, поскольку они используются во многих сферах человеческой жизнедеятельности. Они необходимы в системах кондиционирования и вентиляции, криогенике, медицине, энергетическом секторе, а

также для поддержки промышленных процессов в целом.

В условиях роста потребности в хладагентах мировые сообщества все больше обеспокоены экологическими последствиями их использования. Благодаря Монреальскому протоколу мир разработал беспрецедентный ответ на экологическую проблему разрушения озонового слоя в стратосфере путем постепенного прекращения производства и возможного использования озоноразрушающих хладагентов.

В поисках альтернатив, которые имеют низкий потенциал глобального потепления (ПГП) и пониженную вероятность вредных воздействий на окружающую среду, интересы химической безопасности целых государств требуют более активной работы с природными хладагентами. Природные хладагенты – это вещества, которые образуются в результате естественных химических и природных процессов в процессе жизнедеятельности. Среди них принято выделять аммиак (NH_3), углеводороды (HC), самые распространенные из которых – пропан, бутан, изобутан и пропен, а также диоксид углерода (CO_2). Популярными, но ограниченными по сфере применения природными хладагентами являются также вода и воздух. Сравнительная характеристика различных хладагентов приведена в табл. 1, где ОРП – озоноразрушающий потенциал, а ПГП – потенциал глобального потепления.

Таблица 1

Свойства различных хладагентов [1]

Группа хладагентов	Пример хладагентов	ОРП	ПГП	Время жизни в атмосфере, лет	Воспламеняемость
Хлорфторуглероды	R11, R12, R115	0.6-1	4750-14400	45-1700	Негорючи
Гидрохлорфторуглероды	R22, R141b, R124	0.02-0.11	400-1800	1-20	Негорючи
Гидрофторуглероды	R407C, R32, R134a	0	140-11700	1-300	Негорючи
Гидрофторолефины	R1234yf, R1234ze	0	<0-12	-	Легковоспламеняемы
Природные хладагенты	R744, R717, HC (R290, R606a)	0	0	Несколько дней	Легковоспламеняемы

Некоторые из природных хладагентов используются на рынке низкотемпературных систем в течение многих десятилетий, хотя и в разной степени применения. Несмотря на свое экологическое превосходство, природные хладагенты имеют ряд недостатков, таких как коррозия, токсичность, высокое давление, воспламеняемость или, в некоторых случаях, низкая эффективность работы [2].

Вода (R-718), хоть и является самым известным хладагентом, но имеет малую холодопроизводительность при температурах ниже 100 °C. Охлаждающий эффект воды примерно в 20 раз выше, чем у R-12, но в случае воды следует использовать компрессор очень большой мощности. Стоимость также увеличивается с увеличением размера компрессора [3]. Воздух как хладагент безопасен и практичен, но также малоэффективен. Рассмотрим подробнее наиболее перспективные природные хладагенты.

Аммиак как хладагент, имеющий обозначение R717, представляет собой газ с резким запахом. Он обладает превосходными термодинамическими свойствами по сравнению с галогеносодержащими углеводами.

Важными преимуществами аммиака являются его низкая чувствительность к небольшому количеству воды в системе, простое обнаружение утечек благодаря специфичному запаху, неограниченная доступность и низкая цена. Аммиак из-за короткого времени жизни в атмосфере и нулевых ППП и ОРП не способствует ни разрушению озонового слоя, ни изменению климата.

Среди недостатков аммиака часто упоминается токсичность и горючесть газа: аммиак взрывоопасен при концентрации в пределах от 15 до 28%. Это отражается и в его индексе безопасности ASHRAE – B2 [1]. В этом плане аммиак уступает галогенсодержащим углеводам, в частности фреону R22. Однако в настоящее время существует множество современных систем предупреждения, которыми можно компенсировать недостатки аммиака, так как аммиачные системы при правильном применении очень эффективны в использовании. Производству достаточно обеспечить правильную проектировку, установку, эксплуатацию и обслуживание такой системы согласно национальным стандартам безопасности и кодексам, чтобы в последующем она не представляла опасности как персоналу на производстве, так и окружающей среде.

Аммиак широко используется уже более 100 лет, и его использование для кондиционирования воздуха только растёт. Для крупных промышленных установок на производстве зачастую выбирается именно аммиак, а не фреон, так как последний на порядок дороже. В зданиях банков, страховых компаний и других учреждений кондиционирование воздуха всё чаще производится посредством энергосберегающих аммиачных жидкостных охладителей. Современные аэропорты чаще применяют аммиачные охладительные установки.

Ожидается, что использование аммиака для крупномасштабных систем кондиционирования воздуха будет продолжать расти [4].

Использование углеводородов не оказывает существенного влияния на окружающую систему. Вместе с тем они помогут снизить потребление энергии системы. Во многом благодаря этому углеводороды стали настолько востребованы в европейских странах.

Наиболее распространёнными углеводородами (НС) являются пропан (R-290), пропилен (R-1270) и смеси с пропаном, бутаном (R-600) и изобутан (R-600a).

Среди преимуществ углеводородов стоит отметить их легкое взаимодействие с минеральными маслами, высокие критические температуры, низкотоксичность и незначительное влияние на окружающую среду: ППП углеводородов меньше 4, а ОРП вовсе равно нулю.

Благодаря своим великолепным термодинамическим характеристикам эти хладагенты имеют не только высокую холодопроизводительность, но и способны снижать энергопотребление системы, что актуально на фоне роста цен за электроэнергию. Также было установлено, что НС и их смеси являются хорошими заменителями R12 и R134a в бытовых и коммерческих холодильных системах.

Главным недостатком углеводородных хладагентов является их высокая воспламеняемость при высоких давлениях. Раньше этот пункт на производствах решался за счёт добавления фторсодержащих веществ, но во времена, когда происходит постепенный отказ от подобных соединений, производителям и потребителям приходится принимать меры предосторожности для смягчения последствий их воспламеняемости путем введения дополнительных систем предупреждения, которые существенно влияют на бюджет. Но этот шаг оправдан, так как углеводороды на практике являются превосходными хладагентами.

Пропан и пропилен имеют нормальные температуры кипения ниже -40 °C и

поэтому подходят для общего применения в холодильной технике. Бутан и изобутан имеют гораздо более высокие температуры кипения, но они также имеют высокие критические температуры, что делает их очень эффективными в работе.

Наибольший успех углеводородов был достигнут при применении R600a в бытовых холодильниках. Бытовые холодильники, использующие изобутан, так же безопасны, как и бытовые холодильники, использующие галогенуглероды, но они более эффективны и менее шумны. Пропан и смеси, содержащие пропан, могут безопасно использоваться в оконных кондиционерах при условии принятия соответствующих мер предосторожности и при условии, что они используются в полностью герметичных системах [4].

Углеводороды не привлекательны для крупномасштабных систем кондиционирования воздуха, но они, безусловно, превосходны для бытовых холодильников, портативных кондиционеров, машин для производства напитков и мороженого, транспортных холодильных систем для грузовых автомобилей, чиллеров и т.д.

Среди природных хладагентов наиболее перспективным представляется CO₂ - R744. CO₂ обладает многими превосходными характеристиками, такими как отсутствие токсичности и воспламеняемости, высокая объемная емкость (с возможностью сделать систему более компактной), низким коэффициентом давления, превосходными свойствами теплопередачи, полной совместимостью с маслами, доступностью, низкой ценой и отсутствием проблем с рециркуляцией.

CO₂ когда-то широко использовался в качестве хладагента, особенно в промышленных и морских системах. Однако после 1950 года от него отказались в пользу ХФУ, поскольку обычные системы CO₂ требуют высокого энергопотребления и теряют мощность при высокой температуре. Но даже сейчас многие сообщества по всему миру спорят о продолжении использования диоксида углерода, так как его большая концентрация в воздухе является одной из причин парникового эффекта. Но для техники низких температур необходимо малое количество CO₂ как хладагента, которое не может колоссально повлиять на изменение климата в случае его утечки в атмосферу.

Помимо своего неоднозначного положения в экологическом мире, CO₂ имеет еще ряд недостатков, которые очень влияют на его производительность - низкая критическая температура (31,4 °C) и высокие рабочие давления (до 10 Мпа). Для увеличения холодопроизводительности CO₂ используют как примесь с другими хладагентами, например, с углеводородами. Также в закрытых помещениях этот газ опасен, так как имеет свойство накапливаться и негативно влиять на человека.

CO₂ активно использовался как хладагент до появления галогенсодержащих углеводородов, но после сокращения производства последних страны начали искать альтернативы среди хладагентов. И вот после 50 лет отсутствия углекислый газ вернулся в сферу охлаждения, и его использование растет быстрыми темпами. В настоящее время очень развиты каскадные системы с использованием диоксида углерода как вторичного хладагента.

CO₂ в значительной степени используется для кондиционирования зон в европейских супермаркетах. Возможны перспективы применения диоксида углерода в системах кондиционирования воздуха автомобилей и поездов. Его предлагают использовать также в бытовых холодильниках и тепловых насосах.

В табл. 2 сравниваются показатели основных природных хладагентов, которые влияют на холодопроизводительность. Можно видеть, что среди них нельзя однозначно выбрать хладагент, который по всем параметрам был бы лучше остальных. Однако в качестве замены конкретно R22 подойдет аммиак.

Сравнение параметров основных природных хладагентов

Хладагент	Обозначение хладагента	Химическая формула	ПГП (100 лет)	ОРП	Точка кипения при н.у., °С	Критическая температура, °С	Критическое давление, бар	Индекс безопасности ASHRAE
Аммиак	R717	NH ₃	0	0	-33,3	132,4	114,2	B2
Пропан	R290	C ₃ H ₈	3,3	0	-42,1	96,7	42,5	A3
Изобутан	R600a	C ₄ H ₁₀	4	0	-11,8	134,7	36,48	A3
Пропилен	R1270	C ₃ H ₆	1,8	0	-48	91	46,1	A3
Углекислый газ	R744	CO ₂	1	0	-78	31,4	73,8	A1
Воздух	R729	—	0	0	- 192,97	—	—	—
Вода	R718	H ₂ O	0	0	100	373,9	217,7	A1

У России есть многолетний опыт использования систем с аммиаком, с ним хорошо знакома проектная школа старшего поколения. Например, в системе ОАО «Газпром» также активно применяются промышленные установки с использованием углеводородов в качестве хладагентов. С точки зрения обеспечения химической безопасности, наличия существующих производств или возможностей по их созданию на территории страны можно сказать, что природные хладагенты являются перспективными для Российской Федерации. Распространение природных хладагентов требует комплекса мер, начиная с мероприятий по государственному стимулированию их распространения, изменению законодательства и заканчивая более высокими квалификационными требованиями к специалистам по обслуживанию холодильных систем на данных веществах.

В 2018 году журнал «Холодильная индустрия» провел опрос участников холодильного рынка по теме применения холодильных систем на природных хладагентах в России. В опросе приняли участие 11 ведущих производителей и поставщиков оборудования техники низких температур.

По популярности использования CO₂ как хладагент занял второе место, уступив хлорфторуглеродам. После гидрохлорфторуглеродов, аммиак и углеводороды заняли четвертое и пятое места соответственно.

63,6% опрошиваемых на вопрос о перспективах природных хладагентов в России ответили, что их применение в РФ будет расти, остальной процент считает, что ситуация с такими хладагентами существенно не изменится. Участники опроса объяснили последнее мнение отсутствием экономической и законодательной поддержки государства в данной области. Но все участвующие сошлись на мнении, что соблюдение экологических норм - верное направление [5].

Производство холода составляет около 15% мирового потребления электроэнергии и даже более 20% в таких странах, как США. Цена на электроэнергию будет расти из-за увеличения стоимости новых источников энергии. Одно из решений данной проблемы – это снижение энергопотребления холодильных систем, что связано с хладагентом, используемым в системе.

Используя природные хладагенты в холодильных системах, миру удастся не только снизить затраты на электроэнергию, но и поддержать бережное отношение к окружающей среде. Выбор конкретного хладагента будет зависеть от свойств системы, где он будет применяться, и от его собственных особенностей, которые он сможет ей дать. С точки зрения устойчивого развития всё говорит о том, что впредь необходимо делать ставку именно на природные хладагенты для долговременного обеспечения защиты инвестиций и окружающей среды.

Литература

1. Harby K. Hydrocarbons and their mixtures as alternatives to environmental unfriendly halogenated refrigerants: An updated overview. – *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. 73. 1247-1264.
2. ASHRAE Position Document on Natural refrigerants. – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc.. 2014. с. 10.
3. Riffat S.B., Afonso C.F., Oliveira A.C. Natural refrigerants for refrigeration and air-conditioning systems. – *Applied Thermal Engineering*. 2007. 17(1). 33-42.
4. Pearson S.F. New, natural, and alternative refrigerants. – Star Refrigeration Limited. 2003. 10.
5. Применение природных хладагентов в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://holodcatalog.ru/news/issledovaniya-rynka/primenenie-naturalnykh-khladagentov-v-rossii/> (дата обращения: 22.02.2021).



Филина Вероника Сергеевна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т41501с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: haha27classic@yandex.ru



Забелина Александра Викторовна

Год рождения: 1984
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
аспирант,
направление подготовки: 25.00.36. – Геоэкология (по отраслям),
e-mail: zabelina@econw.ru

УДК 504.064.47

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНОЙ ФРАКЦИИ ОТХОДОВ КАК ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

В.С. Филина, А.В. Забелина

Научный руководитель – А.В. Забелина

Аннотация

В работе рассмотрены технологии производства топливных гранул и брикетирование из переработанных древесных отходов. Проведён анализ классификации древесной фракции отходов и существующих методов их переработки в топливные материалы. Установлена закономерная важность применения такой переработки на предприятиях.

Ключевые слова

Деревообработка, древесные отходы, пеллеты, брикеты, сжигание.

На предприятиях, связанных с лесной промышленностью, на всех этапах производства – от начальной заготовки древесины и лесопиления до обработки и создания конечного продукта или материала – образуются отходы, которые занимают много места при хранении и транспортировке, а также загрязняют окружающую среду. Влияние оказывается почвам, грунтовыми водам и воздуху при утилизации древесных отходов. Кроме того, происходит истощение ресурсов [1].

На данный момент повсеместно остро стоит вопрос об утилизации и энергетически эффективном применении отходов производства. По определению ГОСТ 30772-2001. «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения», отходы производства – это остатки сырья, материалов, веществ, изделий, предметов, образовавшиеся в процессе производства продукции, выполнения работ (услуг) и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства [2]. Древесными отходами называют отходы, образующиеся при заготовке, обработке и переработке древесины, а также в результате эксплуатации изделий из дерева. Они делятся на твёрдые – кусковые и на мягкие – стружка, щепа, опилки, пыль. Условно отходы можно разделить на те, что образуются во время непосредственной заготовки древесины, и те, что возникают на предприятиях в качестве остаточных материалов. Кроме того для вторичной переработки представляют интерес отходы тары

деревянной, фанеры и незагрязнённых изделий из нее, древесно-стружечных плит, древесноволокнистых плит.

Как известно, одной из основных задач производства является оптимизация первичных ресурсов. Она представляет собой их распределение с достижением максимума результативности и минимума в денежных затратах. При утилизации отходов довольно дорого содержать свалки, а наиболее простым, с точки зрения оптимизации, является простая утилизация без вторичного использования.

Крупные предприятия налаживают вторичную переработку, в то же время мелкие выбрасывают или сжигают их. Однако отходы могут представлять собой возобновляемый источник энергии, который может эффективно и оптимально использоваться как в производстве, так и в быту. Перспективой по использованию древесной фракции твёрдых отходов в качестве источника энергии из-за высокой тепловой способности может стать развитие технологии производства пеллет и брикетирование [3].

По ГОСТ Р 55114-2012 «Биотопливо твёрдое. Технические характеристики и классы топлива. Древесные пеллеты для непромышленного использования»: пеллеты – цилиндрические гранулы, которые образуются после прессования отходов деревообработки. Брикеты отличаются большими размерами и по своему применению ближе к обыкновенным дровам и каменному углю, только, в отличие от дров, брикеты выделяют примерно в два раза больше тепла [3].

Для дальнейшей работы необходимо кусковой материал раздробить до более мелкой фракции, например, до состояния щепы. Топливная щепа – это и есть частицы, которые получены в результате измельчения и разделения древесного сырья.

Исходное сырьё подвергается измельчению с помощью специального оборудования, имеющего в своей конструкции рабочие валы с наваренными на них ножами. При вращательном движении валов крупный древесный материал захватывается и разрезается при помощи ножей. Валы способны вращаться в обратную сторону при необходимости очищения очень твёрдого материала с последующим измельчением. Измельчённые материалы проходят под магнитным сепаратором, чтобы отделить возможные металлические включения. После отделения металлолома образуется щепа топливная фракцией 100-300 мм. Для более мелкой фракции щепа проходит через зону между вращающимся молотком и контрножом на вращающемся роторе оборудования. Полученный материал сушится для снижения влажности и повышения теплоотдачи.

Теплопроизводительность отходов, переработанных до состояния щепы, намного больше в соотношении с теми же отходами, имеющими кусковую форму. При производстве брикетов и пеллет под прессом, из-за высокого давления и температуры, активируется природное вещество – лигнин, которое в своей первоначальной форме находится в одревесневших стенках растительных клеток. Именно лигнин служит натуральным связующим веществом, позволяющим создавать топливные материалы только из древесины, без добавления посторонних компонентов.

Применение вторичных древесных ресурсов может послужить ключевым этапом при развитии тенденции по рациональному природопользованию и также увеличению экологической безопасности производства. Измельчение крупных отходов и их прессование позволяют сократить отходы в деревообрабатывающей отрасли и уменьшить денежные затраты на хранение и транспортировку полученного топливного сырья в сравнении с необработанными кусковыми отходами. Кроме того, переработка, а не сжигание или захоронение отходного материала без разделения, в целом является одним из способов предотвращения негативного влияния на окружающую среду путём предотвращения распространения загрязнённых древесных отходов, содержащих вредные вещества или их незаконной утилизации.

Литература

1. Мохирев А.П. Переработка древесных отходов предприятий лесопромышленного комплекса, как фактор устойчивого природопользования [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2015. № 2. ч. 2. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3011>, свободный.
2. ГОСТ 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. М. 2002. 4 с.
3. ГОСТ Р 55114-2012 (ЕН 14961-2:2011) Биотопливо твёрдое. Технические характеристики и классы топлива. Часть 2. Древесные пеллеты для непромышленного использования. М. 2019. 6 с.



Флегентова Ксения Александровна

Год рождения: 1995
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т41502с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: seniya.f@gmail.com



Забелина Александра Викторовна

Год рождения: 1984
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
аспирант,
направление подготовки: 25.00.36. – Геоэкология (по отраслям),
e-mail: zabelina@econw.ru

УДК 504.064.47

**ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ ОФИСНОЙ И БЫТОВОЙ
ТЕХНИКИ, УТРАТИВШЕЙ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА,
В СООТВЕТСТВИИ С ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТРЕТЕГИЕЙ РФ**

К.А. Флегентова, А.В. Забелина

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

Аннотация

В статье рассмотрена проблема обращения с отходами офисной и бытовой техники в Российской Федерации. Исследованы механизмы управления с данными видами отходов. Проанализирована законодательная база, регулирующая деятельность в области утилизации и переработки этих отходов.

Ключевые слова

Отходы офисной техники, отходы бытовой техники, обращение с отходами, утилизация отходов, переработка отходов.

В 2017 году указом Президента РФ была утверждена «Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года», к приоритетным направлениям решения поставленных задач относится: повышение эффективности обращения с отходами производства и потребления, увеличение доли повторного использования этих отходов, создание удовлетворяющих современным требованиям и стандартам объектов, для размещения, утилизации, переработки и обезвреживания отходов [1]. Несмотря на поставленные задачи, в сфере переработки отходов офисной и бытовой техники наблюдаются существенные проблемы с их обращением.

Отходы офисной и бытовой техники – не только источник загрязнения окружающей среды, но и вторичный ресурс, содержащий ценные компоненты. Переработка таких отходов является одним из важных элементов в системе обращения с отходами и представляет интерес с точки зрения материально-ресурсного потенциала.

До 1 января 2021 года отходы офисной и бытовой техники в основном подлежали размещению на полигонах, но с вступлением в силу Распоряжения Правительства РФ от 25 июня 2017 года № 1589-р большая часть данных видов отходов подлежит утилизации для производства вторичных материальных сырьевых ресурсов [2].

Согласно статье 1 ФЗ от 24 июня 1998 года № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», отходами производства и потребления являются вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению [3].

Отходы офисной техники – это технические средства и аппараты, которые используются в офисах индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, частично или полностью утративших потребительские свойства и подлежащие утилизации.

Отходы бытовой техники – это электрические и механические приборы, которые выполняют некоторые бытовые функции, частично или полностью утратившие потребительские свойства и подлежащие утилизации.

В таблице представлены некоторые виды отходов бытовой и офисной техники в соответствии с действующей редакцией Федерального классификационного каталога отходов (далее ФККО) [4]. Эти виды отходов включены в перечень, утвержденный Распоряжением Правительства РФ от 25 июля 2017 года № 1589-р, как отходы, размещение которых запрещено на полигонах твердых коммунальных отходов (таблица).

Таблица

Отходы бытовой и офисной техники в соответствии с ФККО

Код ФККО	Наименование вида отходов	Исходная продукция (товар)	Класс опасности	Состав отхода
4 81 322 11 52 3	Телефоны мобильные, утратившие потребительские свойства	Телефоны мобильные	3	Материалы полимерные, сталь. Может содержать свинец, литий, хром, алюминий, кальций, магний, натрий, цинк, марганец, никель и их соединения.
4 81 121 11 52 4	Платы электронные компьютерные, утратившие потребительские свойства	Платы электронные компьютерные	4	Сталь, материалы полимерные, стеклотекстолит, алюминий, олово, свинец, медь.
4 81 205 02 52 4	Мониторы компьютерные жидкокристаллические, утратившие потребительские свойства	Мониторы компьютерные жидкокристаллические	4	Металлы цветные, стекло, АБС пластик, сталь. Может содержать свинец, текстолит, люминофоры, олово, керамику, резину, механические примеси.

продолжение таблицы

Код ФККО	Наименование вида отходов	Исходная продукция (товар)	Класс опасности	Состав отхода
4 82 527 11 52 4	Печь микроволновая, утратившая потребительские свойства	Печь микроволновая	4	Материалы полимерные, металлы черные. Может содержать алюминий, медь, стекло, резину, текстолит. Полимерные материалы: полиэтилен, поливинилхлорид, полиуретан, АБС пластик и др.

Основной технологией утилизации офисной и бытовой техники, утратившей потребительские свойства, являются ее разборка с извлечением компонентов, представляющих ресурсную ценность, с последующей передачей на специализированные предприятия, осуществляющие вторичную переработку данных компонентов [5]. Можно выделить два основных вида переработки данных отходов:

1. Предварительная разборка и сортировка отходов и их компонентов – первичная разборка, механическая переработка и продажа измельченных компонентов (металл, печатные платы, некоторые виды пластиков).

2. Глубокая переработка, извлечение полезных фракций – обогащение фракций переработки, повышение содержания в них черных, цветных и драгоценных металлов. Полученные концентраты передаются на металлургические и аффинажные предприятия.

При осуществлении деятельности в области утилизации офисной и бытовой техники необходимо руководствоваться нормативными правовыми актами РФ. Согласно ФЗ от 24 июня 1998 года № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» деятельность по обращению с данными видами отходов подлежит лицензированию.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, у которых образуются отходы офисной и бытовой техники, обязаны проводить процедуру паспортизации. Предприятия, относящиеся к крупному бизнесу, должны разрабатывать проекты нормативов образования отходов и лимитов на их размещение или технологические нормативы. Также образователи должны заключить договор с лицензированной организацией, оказывающей услуги по обработке и/или утилизации данных отходов.

Т.к. в составе офисной и бытовой техники есть компоненты черных и цветных металлов, помимо лицензии на право обращения с отходами, компаниям-утилизаторам необходимо дополнительно оформить лицензию на заготовку, хранение, переработку и реализацию лома черных и цветных металлов. При утилизации техники, имеющей в своем компонентном составе драгоценные металлы, необходимо оформить Свидетельство о постановке на специальный учет в Российской государственной Пробирной палате при Министерстве финансов РФ.

Остальные компоненты офисной и бытовой техники, утратившей потребительские свойства (стекло, резина, полимеры), должны быть утилизированы по лицензии на право обращения с данными видами отходов или переданы специализированному предприятию.

Несмотря на то что в РФ сформирована нормативно-правовая база, которая позволяет осуществлять деятельность по утилизации отходов офисной и бытовой техники, утратившей потребительские свойства, однако процедура получения

разрешительной документации затруднена из-за необходимости оформления различных видов разрешительной документации (лицензии, Свидетельство Пробирной палаты и др.). В настоящее время существует необходимость в экологическом просвещении образователей отходов, повышать уровень экологической осознанности в предпринимательской среде с целью максимально эффективного и безопасного обращения с отходами; т.к. отходы офисной и бытовой техники содержат в себе полезные компоненты, которые могут быть использованы повторно, также данные компоненты при ненадлежащем обращении с отходами могут быть сильными загрязнителями окружающей среды.

Литература

1. Указ Президента РФ от 19.04.2017 № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_215668/, своб.
2. Распоряжение Правительства РФ от 25.07.2017 № 1589-р «Об утверждении перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные ископаемые, захоронение которых запрещается» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221683/, своб.
3. Федеральный Закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения: 20.01.2021).
4. Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242 (ред. От 02.11.2018) «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» (Зарегистрировано в Минюсте России 08.06.2017 № 47008) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru/document/consdocLAW218071/3d063ec1103c03931fe1e4c4f3eb9382b9fd7db4/> (дата обращения: 20.01.2021).
5. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 15-2016 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов))» (утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15.12.2016 № 1887) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=OTN&n=19159#021323169733444303>, своб.



Халиманчик Александр Олегович
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы №W42053,
направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная, криогенная
техника и системы жизнеобеспечения,
e-mail: apfelbaum11111@mail.ru



Зайцев Андрей Викторович
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: zai_@inbox.ru

УДК 621.59

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МАЛОТОННАЖНОГО СПГ **А.О. Халиманчик, А.В. Зайцев** **Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Зайцев**

Работа выполнена в рамках темы НИР №620149 «Усовершенствование ожижителя природного газа».

Аннотация

В работе рассмотрены различные технологии производства малотоннажного СПГ, применяемые на современных российских заводах. Описаны перспективы применения СПГ как альтернативы трубопроводному газу. Также проведено сравнение технологий по основным энергетическим и экономическим показателям. Найдены преимущества и недостатки каждой технологии.

Ключевые слова

Сжиженный природный газ, малотоннажное производство, дроссельно-детандерный цикл, азотный цикл, перспективы СПГ.

В мире из года в год растет потребление сжиженного природного газа (СПГ). На это есть несколько веских причин. Во-первых, природный газ является более экологичным топливом по сравнению с углем, нефтью, дизелем и другими нефтепродуктами. Во-вторых, транспортировка природного газа в сжиженном состоянии имеет ряд преимуществ перед трубопроводным газом. На больших расстояниях рентабельнее будет сжижать и транспортировать газ, чем использовать трубопровод. Также появляется возможность изменять логистику и направлять газ в любом направлении разным потребителям. Поэтому российское правительство планирует увеличить мощность заводов по производству СПГ с 29,8 млн. тонн год в 2020 году до 125,4 млн. тонн в год к 2030 году [1]. При этом правительство РФ планирует газифицировать отдаленные регионы страны при помощи СПГ, который будет производиться на малотоннажных заводах, построенных на отдалении от 50 до 200 км от будущих потенциальных потребителей.

В настоящее время разработано большое количество различных технологий производства СПГ, рассчитанных как на крупнотоннажное, так и на малотоннажное производство. Подробнее с ними можно ознакомиться в работе [2, 5].

Установки сжижения природного газа, работающие по циклу сжижения на базе детандерного цикла. Использование детандерного агрегата позволяет увеличить холодопроизводительность установки и отводить большее количество теплоты от продукта, в результате чего коэффициент ожижения возрастает до 10–15 %. Такие установки активно используются в силу их простоты и низкого энергопотребления благодаря использованию турбодетандера в системе. При этом установки данного типа относительно компактны и требуют установки дополнительного теплообменного оборудования для реализации холодопроизводительности, создаваемой турбодетандером.

Установки с дроссельным циклом высокого давления с предварительным охлаждением являются еще одним типом с частичным сжижением продукта. В таких установках предусматривается установка компрессора для повышения давления газа перед сжижением и использование дополнительной холодильной машины для охлаждения газа. Это позволяет достичь более высокого коэффициента ожижения, но при этом возрастают удельные затраты энергии на производство сжиженного газа.

Следующий опробованный и надежный способ сжижения природного газа основан на использовании азотного детандерного холодильного цикла. Сжижение природного газа производится методом его охлаждения-сжижения-переохлаждения в теплообменном аппарате и последующего дросселирования до низкого давления. За счет переохлаждения количество паров СПГ при его дросселировании стремится к минимуму, и коэффициент ожижения установки равняется 100%. Это позволяет использовать такие установки на станциях, где расход газа небольшой. Охлаждающий азотный контур имеет замкнутую технологическую линию и требует минимальной подпитки азотом, только для компенсации потерь через неплотности соединений. Используемый для выработки холода азотный детандер обеспечивает максимально возможную холодопроизводительность и снижает общее энергопотребление установки сжижения за счет использования компрессорной ступени в качестве тормозящей ступени. Для предварительного охлаждения части циркулирующего азота устанавливается холодильная установка.

В таблице приведены основные энергетические и экономические показатели реализованных установок сжижения природного газа [4].

Таблица

Сравнение технологических схем производства СПГ

Тип схемы	Объект реализации	Мощность, т/ч	Коэффициент ожижения, %	Удельные энергозатраты, кВт·ч/т СПГ
Дроссельный цикл высокого давления	ГРС-1, Калининград	2x1,5	40	870
Дроссельно-детандерный цикл	ГРС-4, Екатеринбург	3,0	11	10
Азотный цикл	УСПГ Пермский край	1,5	99	840

Также используются установки, работающие на смешанном хладагенте. Данная технология сжижения природного газа используется для установок с относительно большой производительностью. В процессе работы смешанный хладагент сжимается, расширяется и конденсируется в несколько этапов. Для обеспечения наилучших энергетических характеристик цикла необходимо постоянно отслеживать и корректировать доли компонентов в составе хладагента, что является сложной технической задачей [3].

Таким образом, выбор технологии производства сжиженного природного газа является сложной инженерной задачей, и не существует единственно верного решения. Прежде всего, при строительстве малотоннажных заводов должна учитываться ресурсная база и потребности потребителей в регионе. На основе этих параметров и производится выбор конкретной технологии, которая будет реализовываться в проекте. Так, технология производства сжиженного природного газа на основе комбинированного цикла с использованием детандерной ступени охлаждения обеспечивает относительно низкий уровень удельных энергозатрат, который достигается за счет включения в установку турбодетандерного агрегата. Дроссельный цикл высокого давления с предварительным охлаждением характеризуется высокими удельными энергозатратами и средним коэффициентом ожижения, но при этом на установке используется достаточно простое оборудование. Установки сжижения природного газа с использованием азотном детандерного холодильного цикла подходят для небольших газораспределительных станций, где необходимо сжижать весь поступающий магистральный газ. Когда требуется получение существенного количества СПГ, то необходимо применять цикл с использованием замкнутого контура на смешанном хладагенте, который является более сложным в реализации, но и характеризуется меньшими удельными затратами энергии. Учет всех этих факторов позволит внедрить СПГ-технологии в процесс газификации отдаленных территорий РФ.

Литература

1. Информационное агентство RNS. [Электронный ресурс]// rns.online: Минэнерго назвало потенциальную мощность российских СПГ-проектов. URL: https://rns.online/energy/Minenergo-nazvalo-potentsialnuyu-moschnost-rossiiskih-SPG-proektov-2020-09-30/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop (дата обращения: 25.10.2020). Текст: электронный.
2. Федорова Е.Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование. М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина 2011. 159 с., ил.
3. Карпов А.Б. Российские производства по сжижению природного газа / Карпов А.Б, Кондратенко А.Д., Мещерин И.В. // Деловой журнал «Neftegaz.RU». URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/spg/500005-rossiyskie-proizvodstv-po-szhizheniyu-prirodnogo-gaza/> (дата обращения: 11.11.2020).
4. Российские малотоннажные производства по сжижению природного газа./ Кондратенко А.Д., Карпов А.Б., Козлов А.М., Мерещин И.В. // НефтеГазоХимия. 2016. № 4. С. 31–36.
5. Федорова Е.Б., Мельников В.Б. Перспективы развития малотоннажного производства сжиженного природного газа в России // НефтеГазоХимия. 2015. №3. С. 44–51.



Хамзина Алина Маратовна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы № W41501,
направление подготовки: 20.04.01. – Информационные системы
для экологической и техносферной безопасности,
e-mail: khamzina.am@gmail.com



Карпова Надежда Григорьевна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы № W41522,
направление подготовки: 27.04.01. – Стандартизация и метрология
в высокотехнологичном секторе экономики,
e-mail: emailname@email.ru



Кустикова Марина Александровна

Год рождения: 1958
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 504.064

**НАЦИОНАЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ УНИЧТОЖЕНИЯ ИЛИ РЕЦИКЛИНГА
ОЗОНОРАЗРУШАЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

Хамзина А.М., Карпова Н.Г., Кустикова М.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова

Работа выполнена в рамках темы НИР №620159 «Разработка и исследование цифрового анализатора фреона».

Аннотация

В данной статье рассмотрены существующие на сегодняшний день Национальные стандарты, регулирующие банки озоноразрушающих веществ, и опыт стран Европейского Союза по вопросам правоприменительной практики в этой сфере. Также на основании анализа международного опыта в статье предложены перспективные для России меры регулирующей политики в отношении озоноразрушающих веществ и шаги по внедрению данной политики.

Ключевые слова

Озоноразрушающие вещества, национальные стандарты, фреоны, хладагенты, Монреальский протокол.

Среди всего множества глобальных экологических проблем в данной статье акцентируется внимание на проблеме истощения озонового слоя планеты и усугубления

парникового эффекта.

Главной причиной истощения озонового слоя являются водородные соединения хлора и сам хлор, поступающие в атмосферу с фреонами, химически инертными газами, обладающими свойством быстрого закипания и расширения при комнатной температуре, что приводит к их охлаждению. Именно благодаря этой отличительной особенности фреоны стали активно применяться в холодильной промышленности. Они использовались в качестве хладагентов многие десятилетия до того, как мировое сообщество обеспокоилось их негативным влиянием на окружающую среду. Выяснилось, что фреоны поднимаются в верхние слои атмосферы, после чего от них отщепляются атомы хлора под действием ультрафиолетового излучения, и в результате химической реакции происходит разрушение молекулы озона, утончая при этом важный для планеты озоновый слой.

В 1987 году ведущие страны мира подписали Венскую конвенцию об охране озонового слоя, которая подразумевала сокращение использования озоноразрушающих веществ (ОРВ). Также был подписан Монреальский протокол, в соответствии с которым все страны-участницы должны были ежегодно уменьшать масштабы выработки ОРВ и предоставлять секретариату отчётность по количеству данных веществ в банке страны. Данный протокол ввел под запрет импорт некоторых хладагентов, среди которых оказались гидрохлорфторуглероды (ГХФУ) - фреоны с высокой озоноразрушающей способностью, хлорфторуглероды (ХФУ) - фреоны с низкой озоноразрушающей способностью, и другие.

В Российской Федерации был принят Указ Президента Российской Федерации от 04.11.2020 № 666 о сокращении выбросов парниковых газов до 70% к 2030 году относительно 1990 года по Парижскому соглашению от 12 декабря 2015 года. А уже с 2021 года вступило в силу постановление Правительства на основании принятой в 2016 году Кигалийской поправки к Монреальскому протоколу по реализации мероприятий, обеспечивающих переход к альтернативным хладагентам.

Актуальность проблемы обусловлена необходимостью сохранения озонового слоя планеты и снижения воздействия хладагентов. Для этого требуется грамотный подход к идентификации фреонов, оценке их утечек и изучению воздействия фреонов на окружающую среду. На решение данной проблемы направлен проект «Разработка и исследование цифрового анализатора фреона». Одним из первых этапов его реализации является работа над нормативно-правовой базой в данной сфере, так как фреоны и другие озоноразрушающие вещества должны классифицироваться и регулироваться соответствующими стандартами, а также находиться под контролем эффективной правоприменительной структуры.

В данной статье рассмотрены существующие на сегодняшний день национальные стандарты, регулирующие банки озоноразрушающих веществ, и стандарты других стран-участниц Монреальского протокола. А также на основе этих документов предложены несколько шагов для внедрения в России эффективной и проверенной странами Европейского союза правоприменительной структуры по регулированию ОРВ.

Часть проекта, связанная с уничтожением ОРВ в рамках уже одобренного плана по выводу ГХФУ из обращения в РФ, предусматривает создание мощностей, которые обеспечивают или способны обеспечить уничтожение опасных для озонового слоя веществ с использованием методов, утвержденных группой экспертов по технической и экономической оценке Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), а также создание национальных и международных стандартов в этой сфере.

С целью оказания содействия Российской Федерации в выполнении международных обязательств по Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой, и предотвращения потенциального выхода страны из

режима соблюдения в 2015 г. был реализован Проект Центра международного промышленного сотрудничества ЮНИДО, Глобального экологического фонда (ГЭФ) и Минприроды России.

По оценке ЮНИДО, объем российских банков ХФУ, содержащихся в холодильном и климатическом оборудовании, в 2012 году оценивался в 17000 тонн (105 млн тонн в CO₂-эквиваленте). При этом уничтожение 150 000 холодильников за смену способно сократить запасы «банков» лишь на 271 675 тонн CO₂-эквивалента в год [1].

На совещании сторон Монреальского протокола Решением XXIII/12 был утверждён перечень новых технологий уничтожения озоноразрушающих веществ, включающий сжигание с впрыском жидкости, сжигание в ротационной печи, окисление в газовой среде/окисление дымом, крекинг (расщепление) в реакторе, сжигание в процессе производства цемента, уничтожение ОРВ аргоновой плазменной дугой (индуктивно-связанной высокочастотной плазмой, азотной плазменной дугой, СВЧ-плазмой), химическое восстановление в газовой фазе, каталитическая дегазация в газовой фазе, остеклование, с помощью реактора с перенасыщенным паром и другие [2].

Для определения вещества к озоноразрушающему его классифицируют согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 32424-2013 «Классификация опасности химической продукции по воздействию на окружающую среду», классифицирует опасность химической продукции, разрушающей озоновый слой.

Чтобы обеспечить нормативно-методический ряд законодательных решений и реализовать современные федеральные и региональные программы по утилизации химически опасных отходов, предприятия руководствуются ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения», который был принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации.

Также одним из важных стандартов для международного взаимодействия является ГОСТ 32419-2013 «Классификация опасности химической продукции. Общие требования», соответствующий Рекомендациям ООН ST/SG/AC.10/30/Rev.4* «Согласованная на глобальном уровне система классификации опасности и маркировки химической продукции (СГС)».

Для обеспечения соблюдения требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС 010/2011), утвержденной Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) от 9 апреля 2013 года № 73, в 2016 году в России был введен в действие межгосударственный стандарт ГОСТ 32968-2014 «Оборудование холодильное. Агенты холодильные» в качестве национального стандарта Российской Федерации. Он предназначен для установления единых подходов к выпуску в обращение, применению по назначению и переработке (утилизации) холодильных агентов в целях защиты жизни и здоровья человека, имущества и окружающей среды.

Для модификации международных стандартов ISO в сфере обращения с хладагентами в России были введены в действие национальные стандарты Российской Федерации:

1. ГОСТ 33662.1-2015 (ISO 5149-1:2014) Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 1. Определения, классификация и критерии выбора.

2. ГОСТ IEC 60335-2-24-2012 Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Часть 2-24. Частные требования к холодильным приборам, мороженицам и устройствам для производства льда

3. ГОСТ IEC 60335-2-89-2013 Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Часть 2-89. Частные требования к торговому холодильному оборудованию со встроенным или дистанционным узлом конденсации хладагента или

компрессором для предприятий общественного питания

4. ГОСТ 33662.2-2015 (ISO 5149-2:2014) Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 2. Проектирование, конструкция, испытания, маркировка и документация

5. ГОСТ 33662.4-2015 (ISO 5149-4:2014) Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 4. Эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт и восстановление.

В последнее время страны Европы демонстрируют высокий уровень осведомленности в вопросах регулирующей политики в отношении озоноразрушающих веществ. При создании политической основы для сокращения выбросов хладагентов важно ввести дополнительные меры политики, которые смогут охватить сбор ОРВ в секторе обслуживания холодильного оборудования и систем кондиционирования воздуха, а также сбор и уничтожение отработанного оборудования, содержащего ОРВ. В то время как у первого есть фокус по снижению выбросов вредных веществ (т.е. также ОРВ), последний охватывает электрическое и электронное оборудование. Объединение обоих необходимо для обеспечения прочной политической основы для качественного управления банком озоноразрушающих веществ страны. Общая цель и основной приоритет – это предотвращение образования отходов и случаев скопления озоноразрушающих веществ.

В качестве примера стоит обратиться к некоторым правилам и директивам, касающихся различных аспектов управления банком ОРВ, утвержденных Европейским Союзом (ЕС).

Основные положения закреплены в Регламенте (ЕС) № 1005/2009 Европейского парламента и Совета от 16 сентября 2009 г. о веществах, разрушающих озоновый слой («Регламент по ОРВ») и Директиве 2002/96 / ЕС в новой редакции 2012/19 / ЕС на отработанное электрическое и электронное оборудование.

Регламент по ОРВ устанавливает правила для ОРВ производства, импорта, экспорта, использования, восстановления, переработки, предоставления информации и т. д. Он также устанавливает правила для использования продуктов и оборудования, содержащих или полагающихся на ОРВ. Директива, в свою очередь, устанавливает схему расширенной ответственности производителя, цели сбора и восстановления электрического оборудования и определяет обязанности по их сбору, переработке и восстановлению всех видов электроприборов, в том числе содержащих ОРВ [3-4].

Также действует Директива 2011/65/ ЕС об ограничении использования определенных опасных веществ в электрическом и электронном оборудовании, не относящаяся к ОРВ, но учитывающая другие вредные вещества в электроприборах, таких как тяжелые металлы и стойкие органические загрязнители (СОЗ). Оборудование, содержащее ОРВ, такое как бытовые холодильники и кондиционеры, также содержит другие вредные вещества, которые необходимо собирать и уничтожать специальным образом.

Регламент (ЕС) 517/2014 о фторированных газах адресован заменителям ОРВ и включен здесь, чтобы подчеркнуть необходимость законодательства, касающегося альтернативы ОРВ, также имеющей отношение к климату. Этот регламент включает другие интересные инструменты (например, предотвращение скопления газов) для уменьшения выбросов хладагента от холодильного оборудования и оборудования для кондиционирования воздуха. Призывает к эффективному мониторингу фторированных парниковых газов с помощью высококачественных данных для отчетности.

К сожалению, в России пока не существует как таковой единой политики в отношении озоноразрушающих веществ. Над этим ведется работа центром ЮНИДО. Но для общего представления рассмотрим, как работает правоприменительная структура в странах Европейского Союза.

Предпринимаемые меры по регулированию ОРВ условно разделяют на нормативные, фискальные (финансовые) и ненормативные меры (таблица). Они включают нормативные акты, законодательство, разработку технических стандартов и установление долгосрочных устойчивых структур с интегрированными финансовыми механизмами, например, через расширенные схемы ответственности производителя, требующие от производителей нести финансовую и организационную ответственность за свою продукцию и ее жизненный цикл.

Таблица

Обзор мер регулирования ОРВ

Нормативные	Финансовые	Ненормативные
<ul style="list-style-type: none"> • Регулирование ОРВ • Мониторинг • Запрет на выброс хладагентов во время работы оборудования • Запрет на хладагенты, запрет на продукцию, сокращение, прекращение использования хладагентов • Расширенная ответственность производителя в рамках законодательства об отходах электрического и электронного оборудования • Регулирование фторсодержащих газов 	<ul style="list-style-type: none"> • Налоги на хладагенты, взвешенные по Потенциалу глобального потепления • Система возмещения налога, когда хладагенты возвращаются на переработку, восстановление или уничтожение • Стимулы для конечных пользователей, то есть тех, кто решил избавиться от хладагентов. Это может быть скидка или снижение налога на покупку нового оборудования 	<ul style="list-style-type: none"> • Информационная кампания для рекламы экологически чистых способов производства • Добровольное отраслевое соглашение (в рамках целого сектора) • Обучение и сертификация персонала по обслуживанию холодильного оборудования и систем кондиционирования • Технические стандарты относительно использования хладагента, переработки, регенерации, восстановления и уничтожения

Основным достижением Европейского сообщества следует считать разработку и согласование между странами-участницами Монреальского протокола ряда нормативно-правовых документов по повышению устойчивости и эффективности использования ресурсов и увеличения масштабов рынка экологически чистых технологий. Поэтому для расширения данной политики регулирования ОРВ Немецким обществом международного сотрудничества было разработано руководство по политическим мерам регулирования и уничтожения озоноразрушающих веществ.

На основании изученных документов были сформированы положения, на основе которых можно строить местную политику и подходы, перспективные для России:

1. Определение объема и формулировка целей. Подразумевает тщательный анализ действующего законодательства и деятельности в отношении ОРВ, прежде чем можно будет выбрать вариант политики для управления или уничтожения ОРВ. Какие существуют системы управления банком ОРВ внутри страны? Какова роль заинтересованных сторон в государственных и частных секторах? Существуют ли законы относительно ОРВ или что можно изменить в управлении отходами? Внесение поправок в существующее законодательство будет быстрее и более эффективно, чем введение новых законов в силу, или нет? Каковы сроки достижения результатов?

2. Определение приоритетности секторов при сокращении выбросов из банков ОРВ. Каков размер банков ОРВ в стране? Какое ожидаемое дополнительное суммарное количество ОРВ попадет в поток отходов в течение следующего года и десятилетия?

Какие отрасли имеют самые большие потоки отходов? Какие потоки отходов доступны для управления банками ОРВ?

3. Выбор политики управления процессом. Например, в отношении производств, владеющих хладагентами, может проводиться информационная кампания, обучение и аттестация обслуживающего персонала холодильных установок, поэтапный запрет на выбросы ОРВ, формирование системы поощрения экологически чистых производств и другие.

4. Детальный анализ возможных денежных затрат для всех вовлеченных в процесс заинтересованных сторон (государство, субъекты отрасли и конечные пользователи). Данные затраты следует сравнить с потенциальными выгодами от меры политики, то есть выявить экологические, социальные и другие преимущества. [5].

Выводы

Анализ материалов показал, что в странах Евросоюза действует система регулирования ОРВ, внедрены национальные стандарты, работает правоприменительная структура и выполняются обязательства в соответствии с требованиями Монреальского протокола, также действует регламент, регулирующий использование фторсодержащих парниковых газов, осуществляется контроль за оборотом парниковых газов (которые содержатся в большинстве поставляемых в Россию систем кондиционирования, промышленного и торгового холода).

Взаимодействие России и стран Европейского сообщества по вопросам регулирования оборота озоноразрушающих веществ и снижению их выбросов и утечек будет способствовать решению задач химической и технологической безопасности стран.

Литература

1. Фомичева М. «Новый подход к переработке холодильной техники и уничтожению озоноразрушающих веществ». «ЮНИДО в России» №11 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.unido-russia.ru/pdf/unido11.pdf> (дата обращения: 21.01.2021).
2. Приложение к решению XXIII/12. Утвержденные технологии уничтожения озоноразрушающих веществ [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ozone-program.ru/utilizacija/tehnologii_unichtozhenija_orv/ (дата обращения: 21.01.2021).
3. Регламент (ЕС) № 1005/2009 Европейского парламента и Совета от 16 сентября 2009 г. о веществах, разрушающих озоновый слой [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32009R1005&qid=1611428224613> (дата обращения: 22.01.2021).
4. Директива 2012/19 / ЕС Европейского парламента и Совета от 4 июля 2012 г. об отходах электрического и электронного оборудования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32012L0019&qid=1611428403175> (дата обращения: 22.01.2021).
5. Guideline on policy measures for the management and destruction of ozone depleting substances [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.giz.de/en/downloads/giz2017-en-no2-guideline-policy-measures.pdf> (дата обращения: 24.01.2021).



Хохол Евгений Александрович

Год рождения: 1998

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

студент группы № Т41502с,

направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,

e-mail: zhenyakhokhol@mail.ru



Дидиков Александр Евгеньевич

Год рождения: 1961

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

к.т.н., доцент,

e-mail: aedidikov@ifmo.ru

УДК 620.92

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЮЖНЫХ
РЕГИОНАХ РФ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Е.А. Хохол

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

Аннотация

В данной работе проанализирована современная энергетическая ситуация в Краснодарском крае. Определены возможности применения солнечных энергоресурсов для обеспечения электроэнергией региона. Также рассмотрены основные проблемы, мешающие развитию отрасли в субъекте, и обозначены основные пути их решения.

Ключевые слова

Энергетика, возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, Краснодарский край, энергетические ресурсы.

Краснодарский край – субъект Российской Федерации, расположенный в юго-западной части страны. Краснодарский край занимает третью строчку по численности населения среди всех субъектов РФ. В настоящий момент общее количество населения составляет более 5 млн человек, и это число увеличивается с каждым годом на несколько десятков тысяч [1].

Быстро развивающаяся инфраструктура и промышленность в регионе, мягкий климат, а также крупный город, являющийся столицей края, считаются причинами, по которым многие люди выбирают Краснодарский край как место для переезда.

Однако, несмотря на быстрое развитие региона, активную застройку жилыми помещениями и увеличение количества проживающего населения, энергосистема Краснодарского края является крайне дефицитной не только среди остальных регионов Южного федерального округа, но и по сравнению с остальными субъектами Российской Федерации. Особое внимание стоит обратить на дефицит электроэнергии в отдельно удаленных посёлках, чаще всего располагающихся в горных местах. Обеспечение

электричеством таких труднодоступных мест, куда сложно подводить централизованное электроснабжение, сопряжено с большими экономическими затратами.

В таблице приведены данные Федеральной службы государственной статистики по произведенной электроэнергии на душу населения [2].

Таблица

Производство электроэнергии на душу населения, кВт*ч/чел [2]

Регион	2016	2017	2018	2019
Российская Федерация	7266,6	7378,3	7467,0	7380,1
Центральный федеральный округ	5960,7	6036,0	6106,3	5871,2
Северо-Западный федеральный округ	8132,8	8449,8	8354,4	8067,4
Южный федеральный округ	4424,2	4511,6	4880,4	5062,5
Республика Адыгея	385,9	363,1	361,3	350,8
Республика Калмыкия	0,7	178,2	425,1	446,1
Республика Крым	1219,4	976,9	1156,6	1937,1
Краснодарский край	2175,4	2134,5	2213,2	1888,6
Астраханская область	4259,6	4183,0	4151,3	4260,9
Волгоградская область	6654,1	7270,6	7137,8	6759,8
Ростовская область	8564,8	8782,7	10052,4	10609,9
г. Севастополь	1146,3	887,9	1880,9	6479,5
Северо-Кавказский федеральный округ	2670,6	2619,1	2554,3	2392,7
Приволжский федеральный округ	6368,8	6487,7	6470,8	6554,8
Уральский федеральный округ	14550,7	14876,2	15173,6	14972,0
Сибирский федеральный округ	11610,8	11432,0	11650,4	11401,5
Дальневосточный федеральный округ	6767,6	6902,7	7349,2	7563,2

Произведенная в Краснодарском крае электроэнергия обеспечивает только 43% от общего количества потребляемой электроэнергии, остальные 57% электроэнергии поступают из других регионов РФ.

Одной из мер по выходу из энергетической зависимости региона является внедрение в энергосистему Краснодарского края электростанций, использующих альтернативные источники энергии, с целью получения электроэнергии.

Субъект обладает огромным природным потенциалом для реализации программ внедрения и использования альтернативных источников энергии.

В работе Бекировой К.Н. и Зелинской М.А. представлен аналитический прогноз ресурсов возобновляемых источников в Краснодарском крае. По мнению авторов, использование альтернативных источников энергии позволит дополнительно получать до 2200 МВт тепловой энергии и 1300 МВт энергии электрической. Реализация таких мощностей позволит субъекту меньше зависеть от энергопоставок из других регионов [3].

Использование солнечной энергии считается перспективным видом альтернативной энергетики в некоторых регионах Российской Федерации. Количество солнечной радиации, поступающей на поверхность Земли, зависит от большого количества условий: широты местности, времени года и суток, а также от состояния

атмосферы. Большое заблуждение считать, что максимальное количество излучения достигается на экваторе. Наибольшая мощность достигается вблизи 40° северной широты. Согласно карте солнечных ресурсов России, средняя продолжительность солнечного сияния в Краснодарском крае составляет более 2000 часов в год (рисунок).



Рисунок. Солнечные ресурсы Российской Федерации [4]

Географическое положение Краснодарского края позволяет реализовать потенциал солнечной энергетики. Опираясь на данные проекта «Геоинформационная система «Возобновляемые источники энергии России», можно сказать, что расположение между 41 и 46 градусом северной широты позволяет получать субъекту около 3,6 кВт*ч/м² солнечной радиации в день, а в период с апреля по сентябрь этот показатель увеличивается до 5,2 кВт*ч/м² в день [5].

На сегодняшний день имеющийся потенциал реализован в субъекте очень слабо. Существующие солнечные электростанции (СЭС) чаще всего применяются для обеспечения электроэнергией частных жилых домов или небольших предприятий, а мощность у таких объектов редко превышает 10 кВт. Самой большой мощностью обладает СЭС на крыше центра оздоровления «Сибур-Юг» - 471,5 кВт.

Однако наблюдаются тенденции к изменению данной ситуации. Наиболее крупным строящимся объектом является проект от компании «Хевел» - Лабинская СЭС, которая по итогу будет иметь 9 электростанций суммарной мощностью 44,1 МВт [6]. Также компания «Лукойл» запланировала в 2022 году ввод в эксплуатацию СЭС мощностью 2,35 МВт, район размещения объекта пока не известен [7].

Основная проблема, из-за которой происходит медленное формирование солнечной энергетики в Краснодарском крае, заключается в недостаточной поддержке развития возобновляемых источников со стороны государства. Происходит это по большей части из-за того, что Российская Федерация обладает большими запасами нефти и газа, соответственно, у государства нет большой заинтересованности в формировании данной отрасли.

Если сравнивать Россию с западными странами, где генерация электроэнергии с помощью возобновляемых ресурсов увеличивается с каждым годом, то можно выделить основные факторы, которые побуждают государства к переходу на альтернативную энергетику:

- 1) отсутствие обширной ресурсной базы традиционных источников энергетики, а также желание снизить зависимость от поставок этих ресурсов;
- 2) забота об экологической ситуации и снижение выбросов парниковых газов для уменьшения эффекта глобального потепления;
- 3) развитие данной отрасли открывает возможность к увеличению рабочих мест, а также к развитию смежных областей;
- 4) развитие научного сектора государства в процессе модернизации отрасли.

На настоящее время в Российской Федерации стоимость произведенного на солнечной электростанции киловатт-часа значительно выше, нежели произведенного с помощью природного газа на традиционной ТЭЦ. Отсутствие должной государственной поддержки предприятий-производителей электроэнергии, а также потребителей, в совокупности с высокой стоимостью оборудования для электростанций сильно влияет на заинтересованность частных предпринимателей во вложение инвестиций в данную отрасль.

Пример грамотной регулировки сектора возобновляемой энергетики в энергетической отрасли страны можно увидеть на примере государства Украина. Геополитическая обстановка в стране в совокупности с упомянутыми ранее факторами, побуждающими к развитию возобновляемых источников энергетики (ВИЭ), привели к модернизации нормативно-правового сектора со стороны правительства.

Российская Федерация также проводит политику в области формирования нормативно-правовой базы, регулирующей возобновляемые источники энергетики. Однако существующие документы необходимо дополнять или изменять. Так, например, Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» даёт определение возобновляемым источникам энергии, устанавливает полномочия государственных органов власти в области регулирования и поддержки использования ВИЭ. Документ по большей части уделяет внимание механизмам поддержки частных предпринимателей, совсем не затрагивая сторону развития розничного сегмента, потенциал которого в России масштабен. В документе не приведены отдельные дополнительные способы, которые смогли бы расширить сферу применения возобновляемых источников энергетики среди населения. В этом заключается его существенный недостаток.

В Постановлении Правительства РФ от 28.05.2013 № 449 "О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности" не определен механизм действия «зелёных» сертификатов, внедрение и использование которых должно стать важным элементом программы поддержки потребителей «зелёной» электроэнергии.

Существенным стимулом в развитии отрасли может послужить формирование нормативно-правовой базы не только на федеральном уровне, но и в конкретных регионах, где интенсивное развитие ВИЭ наиболее необходимо, ввиду сильного энергодефицита и зависимости от энергопоставок. Данный пункт позволит более грамотно определять необходимые нормы поддержки со стороны государства, основываясь на географических условиях региона и наличия соответствующих ресурсов.

Также необходимо создание в стране специального государственного органа, осуществляющего надзор и управление процессами развития и использования возобновляемых источников энергетики. В полномочия данного органа будет входить: формирование целевых научно-технических и инновационных программ, разработка систем определения и контроля реализации приоритетных направлений инновационной деятельности, концентрацию и распределение бюджетных и внебюджетных средств. Возможность формирования региональных комитетов и представительств повысит эффективность нового государственного органа и упростит его работу.

Важную роль в развитии ВИЭ играет технологический фактор. Для формирования технологической составляющей необходимо финансирование фундаментальной науки в

данной отрасли с целью поиска и создания более эффективных и дешевых материалов и установок, обеспечивающих энергетические потребности. Достижение данного пункта невозможно без взаимодействия с зарубежными партнёрами для быстрого сокращения технологического отставания в данной отрасли, а также без подготовки новых научных кадров для обслуживания рынка инноваций.

Если Россия будет проводить все вышеперечисленные мероприятия, затрагивающие сферу возобновляемых источников энергии, то можно с уверенностью сказать, что это позволит обеспечить грамотное и эффективное развитие сферы использования солнечной энергии в Краснодарском крае.

Литература

1. Бюллетень «Оценка численности постоянного населения на 1 января 2020 года и в среднем за 2019 год». выпуск 2020 г. // Федеральная служба государственной статистики. 2020. URL: https://rosstat.gov.ru/bgd/free/b00_24/IssWWW.exe/Stg/d000/i000070r.htm (дата обращения 15.12.2020).
2. Бюллетень «Производство электроэнергии на душу населения». выпуск 2020 г. // Федеральная служба государственной статистики. 2020.
3. Бекирова К.Н., Зелинская М.А. Анализ стратегических возможностей преодоления энергодефицита и повышения уровня энергетической самообеспеченности Краснодарского края // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2016. №1 (175). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-strategicheskikh-vozmozhnostey-preodoleniya-energodefitsitai-povysheniya-urovnya-energeticheskoy-samoobespechennosti> (дата обращения: 21.01.2021).
4. Карта продолжительности солнечного сияния. URL: <https://ecoteco.ru/library/magazine/4/ecology/karta-prodolzhitelnosti-solnechnogo-siyaniya-na-territorii-rossii/> (дата обращения: 24.01.2021)
5. Проект «Геоинформационная система «Возобновляемые источники энергии России». URL: <https://gisge.ru/> (дата обращения: 24.01.2021).
6. Группа компаний «Хевел» до конца 2020 года построит более 480 МВт солнечной генерации в России и странах СНГ. URL: <https://spb.hevelsolar.com/about/news/gruppa-kompanii-khevel-do-konca-2020-goda-postroit-bolee-480-mvt-solnechnoi-generacii/> (дата обращения: 25.01.2021).
7. Лукойл построит солнечную электростанцию в Краснодарском крае. URL: <https://neftegaz.ru/news/Alternative-energy/633634-lukoil-postroit-solnechnuyu-elektrostantsiyu-v-krasnodarskom-krae/> (дата обращения: 25.01.2021).



Хуторная Юлия Анатольевна

Год рождения: 1985
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы № Т41503с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: jk03@bk.ru



Сергиенко Ольга Ивановна

Год рождения: 1980
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: oisergiyenko@yandex.ru

УДК 504.03

**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
В ЦЕПОЧКЕ СОЗДАНИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ**

Ю.А. Хуторная

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

Работа выполнена в рамках темы НИР №620147 «Получение вторичных сырьевых и энергетических ресурсов на основе принципов циркулярной экономики».

Аннотация

Устойчивость производственной цепочки имеет важное значение из-за значительного воздействия на окружающую среду на всех этапах от производства до потребления. На пути к циркулярной экономике необходимо учитывать разностороннюю эффективность принимаемых мер, циркулярность не должна выстраиваться только ради циркулярности. Можно ли оценить экологические воздействия? Какой метод оценки наиболее эффективен? Разобраться в этих вопросах и помочь определить силу воздействия и реальные выгоды принимаемых решений могут существующие методы оценки.

Ключевые слова

Пищевая цепочка, методы оценки, анализ выгод и затрат, оценка жизненного цикла, многокритериальный анализ, циркулярная экономика.

Устойчивое развитие основано на трех основных столпах: экономика, общество и окружающая среда, это также относится к производственной цепочке. Однако каждая часть производственной цепочки оказывает воздействие на окружающую среду с потенциальным воздействием на качество экосистемы, здоровье человека и использование ресурсов. Эти изменения, влияющие на окружающую среду, могут быть как положительными, так и отрицательными. Поэтому в последние годы предпринимаются попытки сосредоточить внимание на изучении причин и последствий этих воздействий [1].

Анализ затрат и выгод (Cost-Benefit Analysis (CBA)) известен как наиболее широко используемый инструмент для оценки экономической эффективности проектов в области устойчивого развития. Целью такой оценки обычно является включение экологических соображений в анализ затрат и выгод.

Другая цель состоит в построении показателей национального дохода с поправкой на окружающую среду.

Этот метод наиболее интересен для оценки государственных проектов и реформ, поскольку сопоставляет предполагаемые выгоды с затратами [2]. Все последствия должны быть измерены в одной и той же единице, и традиционный выбор единицы - деньги. Таким образом, для явного включения в анализ затрат и выгод экологические изменения должны оцениваться в денежном выражении.

Этапы анализа затрат и выгод [3]:

1. Определение проекта или политики. Помимо определения выбора, который будет проанализирован, экономисты должны определить, чье благосостояние рассматривается, и рассматриваемый период времени.

2. Выявление физических воздействий политики или проекта. Определите (в единицах) значение результатов. Примеры этого могут включать: объем человеко-часов, необходимых для выполнения проекта, или объем сокращения загрязнения полигонов.

3. Оценка воздействия. Оценить влияние конкретного действия или бездействия с точки зрения его предельной социальной стоимости или предельной социальной выгоды.

4. Дисконтирование потоков затрат и выгод. Особенность заключается в том, что выгода считается тем более ценной, чем раньше она будет получена. Точно так же затраты считаются менее вредными по мере их возникновения. По этой причине все затраты и выгоды необходимо дисконтировать, чтобы отразить приведенную стоимость. Ставка дисконтирования используется для перевода будущей стоимости в приведенную стоимость.

5. Применение теста чистой приведенной стоимости. Чистая приведенная стоимость (NPV) равна сумме выгод в приведенной стоимости за вычетом суммы затрат в приведенной стоимости. Проект следует принять, если $NPV > 0$. Другими словами, если дисконтированные выгоды превышают дисконтированные затраты, проект следует принять.

6. Применение анализа чувствительности. Подобный анализ относится к «пересчету NPV при изменении значений некоторых ключевых параметров». Поскольку в CBA существует неопределенность, важно знать, для какого параметра NPV наиболее чувствителен. Например, если компания устанавливает 3 фильтра, чтобы уменьшить загрязнение воды, загрязнение снижается на 30%. Анализ чувствительности будет смотреть на влияние изменения количества фильтров. Если 4 фильтра снизят загрязнение воды на 70%, это будет очень большим показателем того, что процент загрязнения воды очень чувствителен к количеству фильтров.

Преимущества метода анализа затрат и выгод: в одних и тех же единицах можно измерить множество различных воздействий; может использоваться как инструмент для определения того, куда следует направить ограниченное финансирование и ресурсы; учитывает как направленность, так и интенсивность предпочтений; позволяет подчеркнуть как экономическую ценность защиты окружающей среды, так и альтернативную стоимость защиты окружающей среды.

Проблемы и вопросы, возникающие при применении метода к окружающей среде: как определить ценность для окружающей среды; сложность предсказания последствия одного изменения для всей экосистемы; как определить ставку дисконтирования для будущих затрат и выгод; метод не проверяет устойчивость.

Оценка жизненного цикла (Life cycle analysis/assessment (LCA)) - это метод оценки экологических аспектов и потенциальных воздействий на протяжении всего жизненного

цикла продукта от приобретения сырья до производства, использования и удаления образовавшихся отходов [4].

Для применения метода LCA необходимо установить определение целей и объема, затем инвентаризировать анализ жизненного цикла, оценить все воздействия жизненного цикла и интерпретировать полученные результаты.

Этот метод дает нам мощный набор инструментов, позволяющий получить более точное представление об истинных экологических компромиссах при выборе технологии или процесса, но его применение действительно требует большого объема высококачественных исходных данных.

Как и все инструменты оценки, LCA имеет свои сильные и слабые стороны. Результаты могут быть иногда неожиданными или трудными для ожидания, описывают множество неопределенностей, которые связаны с данными, изменчивостью, моделью и т.д. Это подразумевает, что входные данные требуют большого количества высококачественных данных, а их сбор требует много времени и труда. Также с помощью этого метода сложно определить количественное воздействие на здоровье человека, биоразнообразие, эстетику, различные заинтересованные стороны или географическое положение.

Многокритериальный (решающий) анализ (Multi-Criteria (Decision) Analysis (MC(D)A)) является комплексным методом принятия решений для сложных ситуаций со множеством часто конфликтующих целей, которые оцениваются по-разному. Обеспечивает количественное рассмотрение / ранжирование различных факторов, участвующих в принятии сложных решений.

MCDA, как правило, оценивает несколько противоречивых критериев при принятии решений. При оценке вариантов типичны противоречивые критерии: стоимость или цена обычно являются одним из основных критериев, а воздействие на окружающую среду обычно является другим критерием, который легко вступает в противоречие со стоимостью.

Фазы разработки моделей MCDA:

1. Определение альтернатив для сравнения друг с другом.
2. Выбор и определение критериев, то есть эффектов или индикаторов, значимых для принятия решения.
3. Оценка баллов для каждой альтернативы с точки зрения каждого критерия, т.е. присвоение значений каждому эффекту или показателю для всех альтернатив.
4. Ранжирование альтернативы – вычисление общего балла для каждой альтернативы путем применения функции ценности ко всем оценкам критериев.

Особенности метода многокритериального (решающего) анализа: обеспечивает систематическое (количественное) рассмотрение / ранжирование различных факторов (критериев решения), участвующих в принятии сложных решений; критерии принятия решения могут иметь разные единицы и разную шкалу, возможность взвешивания критериев; может использоваться при принятии решений с участием нескольких участников / заинтересованных сторон; два основных класса методов с точки зрения подхода к взвешиванию, компенсационный и превосходящий, охватывают множество различных методов; нет стандартной методологии, существует несколько

Практическое использование методов, на примере LCA, ярко иллюстрирует кейс по оценке экологичности коротких цепочек поставок продуктов - яблок во Франции [5]. Целью исследования было изучить экологическую устойчивость различных цепочек поставок, которые поставляют яблоки конечным французским потребителям, от коротких и местных цепочек поставок до длинных и международных в различных условиях. Поскольку существует большое разнообразие конечных потребителей с различными моделями покупок, исследование было сосредоточено на типичном французском домохозяйстве, определяемом как семья с одним ребенком, проживающая

на окраине большого города. Выбранный город - мегаполис Монпелье, расположенный на побережье Средиземного моря, с населением около 465 000 человек.

Монпелье был использован в качестве доказательства концепции. Как и во всех крупных французских городах, в нем находятся всевозможные цепочки поставок продуктов питания, которые можно сравнивать на основе репрезентативных данных. Семья может покупать яблоки несколькими способами (гипермаркет, распродажа на ферме, рынок под открытым небом, продуктовый магазин), которые соответствуют выделенным цепочкам поставок. Воздействие этих различных вариантов на окружающую среду оценивалось с помощью LCA.

Таким образом, на основе средних данных были определены архетипы различных цепочек поставок, чтобы определить основные горячие точки в каждой из них и получить первые эталоны в качестве основы для сравнения. В качестве функциональной единицы была выбрана покупка 1 кг яблок в магазине. Чтобы сосредоточиться только на организации цепочки поставок, от производителя к потребителю, предполагалось, что сорт и качество яблок (Gala, традиционное сельскохозяйственное производство) были идентичны во всех изученных типах цепочки поставок, что означает, что учитывался этап выращивания яблок во всех изученных альтернативах, независимо от того, где происходит фактическое производство.

Полученные результаты показали, что этап логистики значительно влияет на воздействие и что еще есть возможности для улучшения работы цепочки поставок. Короткие цепочки поставок имеют большие возможности для прогресса с точки зрения логистики и улучшения экологических показателей. Если в этих коротких цепочках поставок будут реализованы стратегии по оптимизации своей логистики, а потребители будут оптимизировать свои поездки по поставкам продуктов питания, производительность будет значительно улучшена и может превысить показатели традиционных цепочек поставок. Потребители оказывают значительное влияние на то, как они покупают продукты питания, и следует поощрять активную мобильность, особенно в городской среде. Результаты этого тематического исследования можно обобщить для всех свежих продуктов, таких как фрукты и овощи, которые практически не требуют обработки.

Независимо от вопросов устойчивости поставок продуктов питания, из этого исследования можно сделать вывод об использовании LCA. Заинтересованные стороны часто ожидают, что LCA даст им четкий ответ на вопрос «лучше ли сценарий А или В?». Поскольку результаты оценки жизненного цикла в большинстве случаев очень чувствительны к конкретным местным параметрам, было бы более уместно перефразировать вопрос как «при каких условиях А или В будут иметь наилучшие экологические характеристики?». Это позволит избежать принятия решений на основе сценариев, которые не отражают разнообразие всех реальных практик.

Выбор подходящего инструмента оценки – это первый шаг в процессе принятия верного решения. Необходимо принимать во внимание ключевые аспекты: фокус оценки, доступность необходимых для оценки данных и их объем, полученный результат, а также аспекты регулирования и направления.

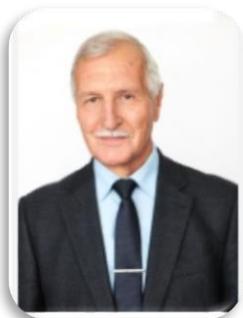
Выбрать подходящий метод не всегда просто. Точка фокусировки LCA направлена на минимизацию воздействия на окружающую среду, тогда как Cost-Benefit Analysis представляет социально-экономические воздействия. Методология оценки воздействия на окружающую среду не является явной, и существует множество возможностей манипулирования данными. Для разных целей нужны разные методы, разный набор инструментов, но сочетание методов позволяет их использовать наиболее эффективно.

Литература

1. Turková J., Korytárováand J., Korytárová J., «Methods for Evaluation of WWTPs Environmental Impacts: A Review» // Conf. Ser.: Earth Environ. 2019. с. 1-12.
2. Dong H., Fujita T., Geng Y., Dong L., Ohnishi S., Sun L., Dou Y. and Fujii M., «A review on eco-city evaluation methods and highlights for integration» // Ecological Indicators 60. 2016. pp 1184–91.
3. Hanley N., Jason F., Shogren and Ben White., «Introduction to Environmental Economics» // New York: Oxford University Press. 2001. P. 350.
4. Finnveden G., Hauschild M., Ekvall T., Guinée J., Heijungs R., Hellweg S., Koehler A., Pennington D. and Suh S., «Recent developments in Life Cycle Assessment» // Journal of Environmental Management 91(1). 2009. Pp. 1–21.
5. Loiseau E., Colin M., Alaphilippe A., Coste G., Roux P., «To what extent are short food supply chains (SFSCs) environmentally friendly? Application to French apple distribution using Life Cycle Assessment» // Journal of Cleaner Production 276. 2020. pp. 17-33.



Цветков Вадим Александрович
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
аспирант, 1-й год, группа №7950,
направление подготовки: 05.04.03 – Машины и аппараты,
процессы холодильной и криогенной техники, систем
кондиционирования и жизнеобеспечения,
e-mail: vatsvetkov@itmo.ru



Пронин Владимир Александрович
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
д.т.н., профессор,
e-mail: vapronin@itmo.ru



Кованов Александр Викторович
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
аспирант, группа №7950,
направление подготовки: 05.04.03 – Машины и аппараты,
процессы холодильной и криогенной техники, систем
кондиционирования и жизнеобеспечения,
e-mail: Kovanov76@yandex.ru

УДК 621.514.5

ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВИНТОВЫХ КОМПРЕССОРНЫХ МАШИН

В.А. Цветков, В.А. Пронин, А.В. Кованов

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Пронин

Аннотация

В работе рассмотрена подробная классификация способов регулирования производительности винтовых компрессоров. Определены преимущества и недостатки способов регулирования без использования внутренних устройств. Для винтового однороторного компрессора (ВКО) выделены предпочтительные способы регулирования на основании их преимуществ и конструктивности применения.

Ключевые слова

Винтовой компрессор, производительность компрессора, регулирование, ВКО, энергоэффективность, золотник.

Энергоэффективность работы винтовых компрессоров зависит от применяемого метода регулирования производительности в существенной мере. По данным источника [1] можно сказать о том, что на эксплуатацию компрессора при полной нагрузке приходится около 70 % от общего времени работы. Винтовые компрессоры положительно зарекомендовали себя в качестве энергетической машины в различных

системах. Типовыми конструкциями являются двухроторные (рис. 1, а), однороторные: с окружной формой зуба отсекаателя (рис. 1, б) [2], с прямоугольной формой зуба (рис. 1, в) [3].

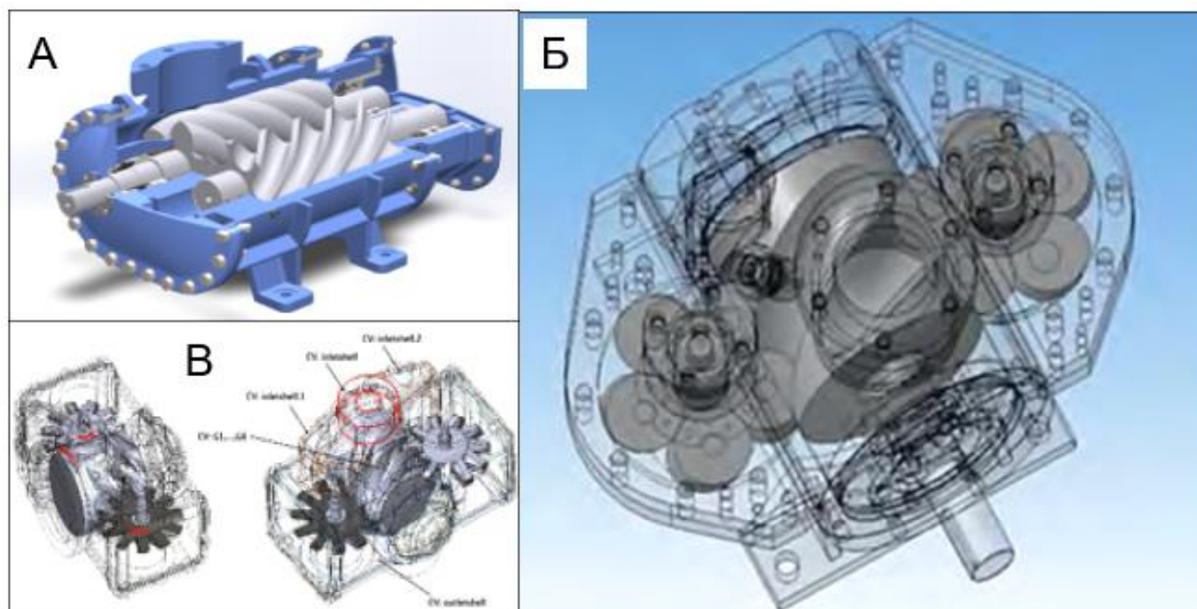


Рис. 1. Винтовые компрессоры: а – двухвинтовой; б – однороторный с окружной формой зуба отсекаателя; в – однороторный с прямоугольной формой зуба отсекаателя

Авторами был проведен тщательный анализ отечественных и зарубежных литературных источников, а также выполнен патентный поиск винтовых машин и способов регулирования производительности винтовых компрессоров. На основе данной части исследований составлена подробная классификация способов регулирования рассматриваемых типов компрессорных машин:

1. По наличию специального регулирующего устройства:
 - 1.1 Без специальных регулирующих устройств:
 - 1.1.1 Изменение частоты вращения;
 - 1.1.2 Перевод на режим холостого хода;
 - 1.1.3 Периодический пуск и остановка;
 - 1.2 С регулирующими устройствами:
 - 1.2.1 Внутренние (встроенные) устройства:
 - 1.2.1.1. Золотниковый регулятор:
 - а) по количеству: - один; два и более;
 - б) по типу привода: - механизм «винт-гайка»; - гидравлический привод; - под действием пружины; - электромеханический привод; - комбинированный привод;
 - в) по типу движения: - осевое движение; - осевое с угловым поворотом;
 - д) по типу размещения: - в открытой расточке корпуса; - в отдельной полости корпуса;
 - 1.2.1.2. Поворотные заслонки;
 - 1.2.1.3. Регулятор в виде пазов;
 - 1.2.1.4. Подвижная гильза;
 - 1.2.1.5. Поворотная полая ось;
 - 1.2.1.6. Клапаны:
 - а) По типу положения: - в области всасывания; - в области нагнетания;

- б) По типу поверхности установки: - на торцевой поверхности (плоской формы);
- на цилиндрической поверхности (вогнутой формы);
 - 1.2.1.7. Поворотное кольцо;
 - 1.2.2 Внешние устройства:
 - 1.2.2.1. Дросселирование;
 - 1.2.2.2. Байпасирование;
 - 1.2.3 Комбинированные устройства:
 - 1.2.3.1. Золотник с каналами, с пазами;
 - 1.2.3.2. Совместно с регулированием степени сжатия: - золотник и поворотные заслонки; - золотник и клапанное устройство.
- 2. По характеристике регулирования:
 - 2.1 Плавное;
 - 2.2 Ступенчатое (позиционное);
- 3. По устройству системы управления:
 - 3.1 Электронная;
 - 3.2 Электромеханическая;
- 4. По взаимосвязи с системой подачи масла:
 - 4.1 Системы взаимосвязаны:
 - 4.1.1 В составе золотникового регулятора;
 - 4.1.2 В составе клапанного регулятора;
 - 4.2 Системы не взаимосвязаны.

Составленная характеристика показывает достаточно обширное количество методов регулирования производительности винтовых компрессоров, а также их конструктивное исполнение. Каждый способ может быть использован в зависимости от конструкции винтового компрессора, характера и условий работы, состава компримируемой среды, требований к типу привода и необходимости в плавном регулировании, потребности в определенном уровне автоматизации, а также в зависимости от наличия или отсутствия смазки (компрессоры сухого сжатия). Каждая из классифицированных групп требует отдельной проработки для конкретных условий работы компрессора и требований заказчика. Первую группу – наличие или отсутствие регулирующих устройств следует выделить как основную.

На данный момент не сложилось единых предпочтений по применению того или иного способа регулирования производительности. Однако по данному вопросу накоплена большая теоретическая база и эксплуатационный опыт для двухроторных конструкций, ввиду того что данная конструкция является более ранней и более распространенной на современном рынке винтового компрессорного оборудования. Развитие способов регулирования производительности однороторных винтовых компрессоров представляет научный и прикладной интерес. Конструктивно все рассмотренные способы могут быть использованы в данной конструкции.

В группе «без регулирующих устройств» авторы отдают предпочтение регулированию путем изменения частоты вращения за счет оборудования компрессора инвертором. Способ является экономичным с точки зрения энергопотребления, но имеет следующие недостатки: большие капитальные затраты, сложность оборудования, трудозатраты на пусконаладку, а также при понижении частоты вращения увеличивается количество перетечек и утечек, снижаются объемные и энергетические показатели. Оставшиеся два способа, несмотря на отсутствие больших капитальных затрат для применения и простоту системы, уступают частотному регулированию, так как имеют преобладающие недостатки. Так, в процессе перевода компрессора на режим холостого хода при необходимости давление в системе не нагнетается, но компрессор продолжает работать, потребляя энергоресурсы. К тому же требуется тщательная проработка алгоритмов системы регулирования. Периодический пуск и остановка ограничены по

своему количеству ресурсом компрессорной установки. Наблюдаются резкие температурные скачки отдельных элементов, а следовательно, возникает необходимость в предусмотрении увеличенных зазоров и потребность в большом ресивере в составе установки. Вышесказанные недостатки склоняют к применению встроенных регуляторов производительности, выделяя для однороторной конструкции золотник и поворотное кольцо [4]. Значительные недостатки у данных регуляторов отсутствуют. Золотник отличается такими преимуществами, как: разнообразие типов, возможность варьировать разным конструкционным исполнением золотника, в зависимости от конфигурации компрессора, широкий диапазон регулирования (10-100%), энергоэффективный метод, положительный эксплуатационный опыт; простота конструкции. В свою очередь, регулятор в виде поворотного кольца может быть использован в конструкции ВКО с окружным профилем зуба отсекателя, так как полностью удовлетворяет данному конструктивному решению. Отмечены следующие достоинства: простота конструкции и привода, адаптивность к размещению в корпусе ВКО, поддержание заданной геометрической степени сжатия при изменении производительности.

Золотниковый регулятор эффективно используется в однороторной конструкции с глободным винтом-ротором и реализуется компанией Vilter в моделях серии VSS и VSM (рис. 2) с применением системы золотников Parallelex, которая обеспечивает плавное регулирование производительности в диапазоне от 10 до 100% [5]. «Слайды» (конструктивные элементы, выделены желтым и зеленым цветом на рис. 2) перемещаются независимо друг от друга.

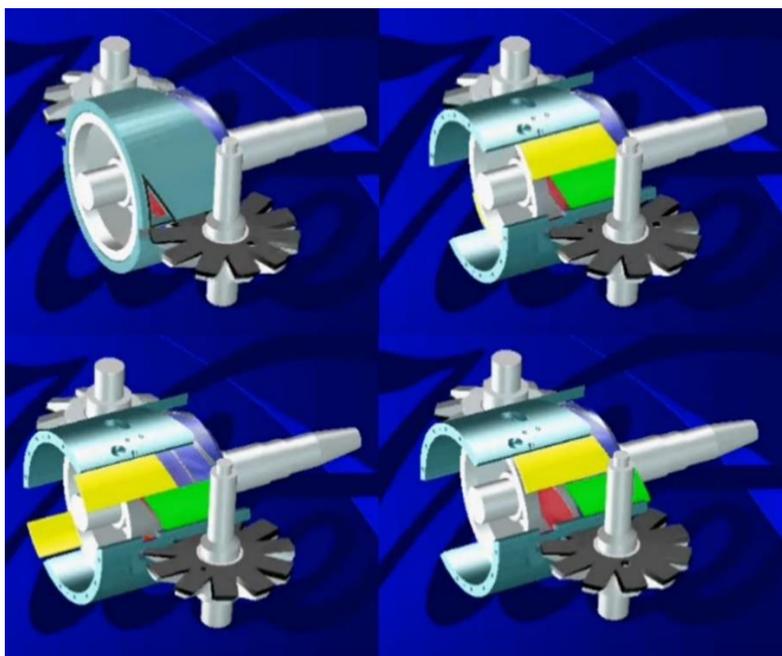


Рис. 2. Одновинтовой компрессор с системой золотникового регулятора Parallelex (Parallelex™ slide system)

Альтернативным встроенным регулятором производительности в одновинтовом компрессоре может быть поворотное кольцо. Данный тип удовлетворяет специфике построения рабочих органов ВКО, в настоящее время находится на стадии разработки. Перспективами дальнейших исследований является построение математических моделей и моделирование работы ВКО с регулятором производительности на базе CAE-систем, планирование опытного производства.

Литература

1. Хисамеев И.Г., Максимов В.А., Двухроторные винтовые и прямозубые компрессоры: теория, расчет и проектирование //Казань: Фэн. 2000. 638 с.
2. Винтовой однороторный маслозаполненный компрессор: пат. 199030 Рос. Федерация: МПК7 F 04 C 18/16 / Кузнецов Л.Г., Кузнецов Ю.Л., Пронин В.А., Бураков А.В., Божедомов А.В., Котлов Н.А.; заявитель и патентообладатель АО "Компрессор". заявл. 2020114579; опубл. 07.08.2020. Бюл. № 22.
3. Ziviani D. et al. Non-symmetric approach to single-screw expander and compressor modeling //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2017. Т. 232. №. 1. С. 012076.
4. Пронин В.А. Винтовые однороторные компрессоры для холодильной техники и пневматики: дис... д. т. н.: 05.04.03. СПб. 1998. 226 с.
5. Ефимов А.О. Новые модели одновинтовых компрессоров Vilter //Холодильная техника. 2014. №. 1. С. 22-35.



Челомбиткин Михаил Александрович

Год рождения: 1993
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
аспирант, группа №7951,
направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная
экология и биотехнология,
e-mail: mchelombitkin@gmail.com



Баракова Надежда Васильевна

Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент (квалификационная категория
“ординарный доцент”),
e-mail: barakova@itmo.ru

УДК 54.056

**ДИЗАЙН ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ,
ОБОГАЩЕННЫХ ФИТОСТЕРИНАМИ**

М.А. Челомбиткин

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

Работа выполнена в рамках темы НИР №620146 «Дизайн функциональных продуктов питания адаптогенного действия, для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета, метаболического синдрома и онкологических заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ».

Аннотация

В работе проведен анализ обоснован выбор сырья и технологических операций, в том числе методов экстракции и очистки, осуществление которых позволят получить функциональный продукт питания, обогащенный фитостеринами и который можно будет рекомендовать для профилактики сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний.

Ключевые слова

Фитостерины, холестерин, сердечно-сосудистые и онкологические заболевания, экстракция, очистка, функциональные продукты.

К функциональным продуктам питания относятся продукты, обладающие, помимо своей основной функцией – снабжения организма человека нутриентами, дополнительным положительным действием на здоровье человека или предотвращения развития того или иного заболевания. Создание функционального продукта, способного снизить уровень холестерина в крови, позволило бы значительно повысить качество жизни населения. Производство различных продуктов функционального назначения ежегодно увеличивается на 25–30%, и в ближайшие 15–20 лет эти продукты могут составить 30% от мировых продаж продуктов питания. Уже сегодня в Европе, Северной Америке и Японии до 60% граждан, заботящихся о своем здоровье, предпочитают функциональные продукты в своем рационе обычным лекарствам.

Фитостерины – это группа стероидов, которые естественным образом встречается в растениях. Все растительные стеринны состоят из **4 колец (A, B, C, D), гидроксильной группы (-OH)** и различных **боковых цепей**. Гидроксильная группа необходима для получения этерифицированных форм фитостеринов, обладающих высокой степенью растворимости, что обеспечивает их более высокую биодоступность, чем у свободных стериннов. Фитостерины существуют в растениях в трех возможных формах: **свободная, этерифицированная** и в виде **гликозидов**. Фитостерины в разных формах имеют неодинаковую растворимость в воде, поэтому при извлечении фитостеринов из растительного сырья с целью их дальнейшего использования для медицинских целей необходимо выделять и получать фитостерины в этерифицированной форме. Растительные стеринны или фитостерины являются жизненно важными компонентами эукариотических организмов и входят в состав стенок растительных клеток [1]. В отличие от грибов и животных, растения синтезируют комплекс различных фитостеринов, среди которых наиболее распространены бета-ситостерин и стигмастерин. Подобно холестерину в клетках млекопитающих, фитостерины участвуют в процессе стабилизации клеточных стенок [2, 3].

В таблице приведены примеры молекул растительных стериннов и молекула холестерина. Фитостерины имеют структуру, аналогичную холестерину, и в силу схожести структур могут замещать холестерин в реакциях, протекающих в организме.

Таблица

Примеры молекул растительных стериннов и молекула холестерина

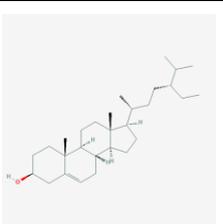
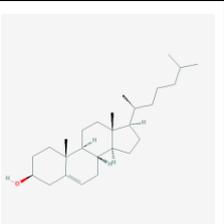
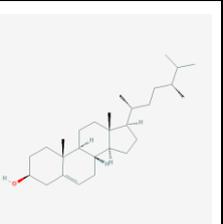
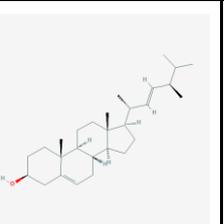
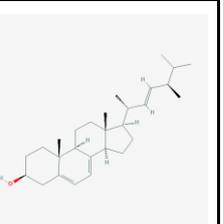
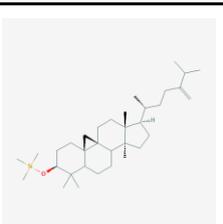
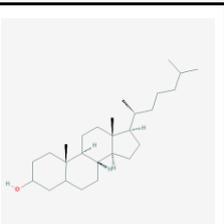
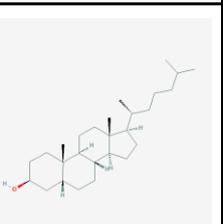
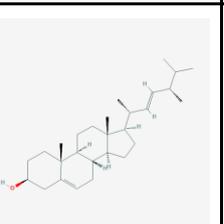
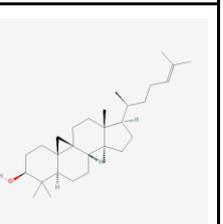
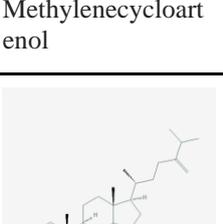
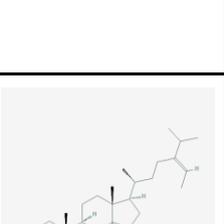
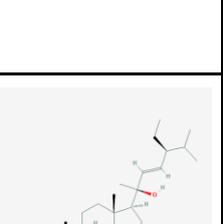
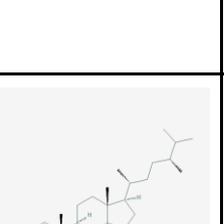
				
beta-sitosterol	Cholesterol	Campesterol	Brassicasterol	Ergosterol
				
24-Methylenecycloart enol	cholestan-3-ol	Coprostanol	Crinosterol	cycloartenol
				
episterol	fucosterol	leucisterol	Campestanol	

Таблица * Информация получена из PubChem по состоянию на 2020 год.
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.

Разнообразие структурных форм фитостероидов позволяет прогнозировать их применение в различных лечебных целях.

Согласно отчету Министерства здравоохранения, самой частой причиной смерти (более 57%) являются сердечно-сосудистые и онкологические заболевания. Одной из причин развития сердечно-сосудистых заболеваний является потребление пищи с высоким содержанием холестерина вкупе с малоподвижным образом жизни. Одним из аспектов развития онкологических заболеваний также является высокое потребление животных жиров и продуктов их окисления. В настоящее время для снижения уровня холестерина в крови человека могут применяться лекарственные препараты, в состав которых входят вещества, полученные методом органического синтеза, которые, помимо положительного воздействия на организм человека, имеют и отрицательный эффект, либо фитостерины, от применения которых отрицательный эффект не наблюдается. Многочисленными медико-биологическими исследованиями доказана гиполипидемическая и противовоспалительная активность фитостероидов, а также активно ведутся исследования их онкосупрессорных свойств *in vivo* по отношению к таким видам рака, как рак молочной железы и рак прямой кишки [4]. Механизм ингибирования абсорбции холестерина объясняется конкуренцией в образовании мицелл и комплексообразовании с переносчиком стерола Ncr111 [3]. Помимо прямого гиполипидемического действия, фитостерины способны регулировать экспрессию транспортных генов в пенистых клетках [5]. Фитостерины могут препятствовать накоплению холестерина в крови человека. Показано, что ежедневное потребление от 1,5г в день фитостероидов снижает уровень липопротеинов низкой плотности и общего холестерина на 10,2% [6]. Внести стероиды в организм человека можно в виде БАДов или функциональных продуктов питания, при условии потребления в рекомендуемых количествах они не имеют побочных действий.

На сегодняшний день получение функциональных продуктов, обогащенных фитостероидами, является достаточно сложной задачей в силу их крайне низкого содержания в сырье, из которого фитостерины будут извлекаться. Общее содержание фитостероидов в растительном сырье колеблется от 0.1% для масла камелии до 1.8% для масла из рисовых отрубей. Для соевого масла содержание фитостероидов составляет около 0,3% (327 мг на 100 г масла) от общей массы масла [7].

Несмотря на не очень высокое содержание, сою можно рассматривать как перспективное сырье для получения фитостероидов, потому что соя является дешевым и неприхотливым при хранении сырьем. Более того, после извлечения фитостероидов из сои остаются такие полезные для пищевой промышленности компоненты, как клетчатка, белки, лецитин и др. Технология переработки сои предусматривает также получение масла, и отходом дистилляции при этом являются продукты, которые также могут служить источниками для извлечения фитостероидов. Способы извлечения фитостероидов напрямую зависят от сырья, и они делятся на традиционные — это мацерация, экстракция Сокслета — и неконвенциональные, которые включают в себя ультразвуковую экстракцию, сверхкритическую флюидную экстракцию, экстракцию с применением ферментов.

Неконвенциональные методы выигрывают в плане экологичности (при сверхкритической флюидной экстракции используется диоксид углерода) и в скорости (время сокращается с 3 часов экстракции Сокслета и с 12 часов мацерации до 30 минут при ультразвуковой экстракции). Однако все неконвенциональные методы требуют дорогостоящего оборудования или в определенных случаях — реактивов.

Сверхкритическая флюидная экстракция (СФЭ) представляет из себя экстракцию целевых компонентов из практически любого материала, в том числе из сои, с применением в качестве растворителя различных субстанций, в том числе диоксид углерода, спирт и др., находящихся в сверхкритическом состоянии. Преимущественно

используется углекислый газ, так как достижение им такого состояния – относительно простая задача. Сверхкритических условий легко добиться для CO₂, с критическим давлением (P_c) и температурой (T_c): составляет 72,8 бар и 31,1 °C соответственно [8]. Кроме того, исследователи добились повышения выхода фитостерина относительно изначального, изменяя условия: давление, температуру и растворители. Для этого экстракцию проводили при 200-400 бар и температуре от 40 до 80 градусах Цельсия. СФЭ является наиболее перспективным способом экстракции, благодаря скорости, экологичности и потенциальной способности экстрагировать как полярные, так и неполярные соединения одним растворителем (CO₂). Экстракция с помощью ультразвука основана на звуковых волнах с частотами выше, чем у звука, слышимого человеческим ухом. В пищевой промышленности использование может быть разделено на 2 основные категории: при анализе используются высокочастотные волны, а низкочастотные волны (20-100 кГц) могут улучшить процесс экстракции; высокочастотные колебания способствуют проникновению растворителя в субстрат, тем самым ускоряя растворение целевых веществ [9]. Традиционные методы применяются в первую очередь, потому что их использование не требует длительной подготовки к процессу, и их настройка не занимает времени, в отличие от СФЭ. В случае экстракции фитостерина из семян сои необходимо проводить первичную экстракцию, и в качестве растворителя подойдет этиловый спирт, главными преимуществами которого перед прочими растворителями является его экологичность, доступность и дешевизна. В результате первичной экстракции будет извлечена вся растворимая в спирте фракция, в том числе токоферолы, жирные кислоты, нейтральные жиры и др. Для получения смеси фитостерина очищенных от посторонних продуктов рационально использовать хроматографическую очистку, это может быть ВЭЖХ или колоночная хроматография, однако перед хроматографией рационально провести омыление щелочью. Благодаря своей химической природе, фитостерин относится к неомыляемой фракции, что позволяет избавиться от жирных кислот, жиров и всех омыляемых соединений экстрагированием из смеси простым неполярным растворителем, например – диэтиловым эфиром. Неполярная фракция содержит в себе не только стерин, но и другие неомыляемые вещества. Дальнейшая очистка проводится при помощи хроматографии, которая позволяет получить смесь фитостерина в кристаллической форме. Полученная смесь содержит в себе как свободные фитостерины, так и их эфиры. Фитостерины в форме эфиров предпочтительны по причине более высокой биодоступности, поэтому для создания функционального продукта с интересующими характеристиками необходимо проведение этерификации. Биодоступность свободных фитостерина очень низка из-за их кристаллической структуры и плохой растворимости в воде, что ограничивает их потенциальную пользу для здоровья. Многие исследователи предлагают разные способы решения проблемы биодоступности фитостерина. В исследовании [8-10] проблему биодоступности решают при помощи формирования наночастиц фитостерина, используя сверхкритическую экстракцию углекислым газом, кроме того, применяют аэрогели с заданными размерами пор, что в свою очередь предотвращает формирование крупных кристаллов. Этим способом они добились 20-кратного увеличения растворимости. Однако изготовление аэрогеля является сложной задачей самой по себе, кроме того, для этого требуется установка сверхкритической экстракции. Реакция с фосфатидилхолином – это относительно простой и действенный метод получения соединений с более высокой биодоступностью [11]. Вся группа фитостерина легко этерифицируется, многие исследования сообщают о повышенной растворимости некоторых эфиров относительно свободных растительных стеролов. Однако степень водо- и жирно-растворимости в этом случае зависит от того, какая кислота будет использована для получения эфира. Очищенные стерин могут иметь различное

состояние в зависимости от формы (свободные, этерифицированные). Это следует учитывать при выборе функционального продукта, который мы хотим получить.

В настоящее время проводятся исследования по извлечению и получению фитостеринов в различных формах, но нет функциональных продуктов, обогащенных фитостеринами. В силу того, что водорастворимая фракция обладает большей биодоступностью, вносить БАД лучше в функциональный напиток (ФН). В частности, ФН может быть приготовлен на основе растительного молочка сои, популярность таких продуктов растет в качестве замены животного молока. Для проявления терапевтического эффекта вносить добавку с фитостеринами нужно в таком количестве, чтобы в 100 мл напитка содержалось 30-50% среднесуточной потребности (1,5 г). В дальнейшем полученный продукт необходимо проверять на сроки годности, например: в течение какого времени фитостерины в напитке не будут деградировать и выпадать в осадок, кроме того, сохранность остальных физико-химических свойств.

При решении проблемы создания такого функционального продукта необходимо решить также вопрос потребительских характеристик, среди которых: органолептические свойства, время хранения, безопасность продукта. Важным этапом создания функционального продукта будет являться исследования продукта на его физиологические свойства, в частности его воздействие на холестерин. Такие исследования включают доклиническая проверка гипохолестеринемической активности, противовоспалительной, а также - проверка водорастворимого соединения бета-ситостерина на сохранение противораковых свойств.

Литература

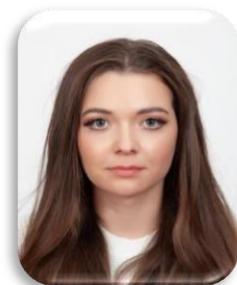
1. Hartmann M.A. Plant sterols and the membrane environment / Hartmann M.A. // Trends in Plant Science. 1998. Т. 3 № 5. С.170–175.
2. Fernandes P. Phytosterols: Applications and recovery methods / Fernandes P., Cabral J.M.S. // Bioresource Technology. 2007. Т. 98. № 12. С.2335–2350.
3. Ryan E. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of brazil, pecan, pine, pistachio and cashew nuts / Ryan E., Galvin K., O'Connor T.P., Maguire A.R., O'Brien N.M. // International Journal of Food Sciences and Nutrition. 2006. Т. 57. № 3–4 – С. 219–228.
4. Jiang L. The Protective Effect of Dietary Phytosterols on Cancer Risk: A Systematic Meta-Analysis / Jiang L., Zhao X., Xu J., Li C., Yu Y., Wang W., Zhu L. // Journal of Oncology 2019. Т. 2019. С. 1–11.
5. Babawale E.A. Modulating sterol concentrations in infant formula influences cholesterol absorption and synthesis in the neonatal piglet / Babawale E.A., Jones P.J.H., Mercer K.E., Lin H., Yeruva L., Yoseph F.B., Rutherford S.M. // Nutrients. 2018. Т. 10. № 12. С. 1–13.
6. Reaver A.A randomized, placebo-controlled, double-blind crossover study to assess a unique phytosterol ester formulation in lowering LDL cholesterol utilizing a novel virtual tracking tool / Reaver A., Hewlings S., Westerman K., Blander G., Schmeller T., Heer M., Rein D. // Nutrients. 2019. Т. 11. № 9. С. 1–13.
7. Yang R. Phytosterol contents of edible oils and their contributions to estimated phytosterol intake in the Chinese diet / Yang R., Xue L., Zhang L., Wang X., Qi X., Jiang J., Yu L., Wang X., Zhang W., Zhang Q., Li P. // Foods. 2019. Т. 8. № 8. С. 1–11.
8. Nyam K.L. Optimization of supercritical fluid extraction of phytosterol from roselle seeds with a central composite design model / Nyam K.L., Tan C.P., Lai O.M., Long K., Che Man Y.B. // Food and Bioproducts Processing. 2010. Т. 88. № 2–3. С.239–246.

9. Bimakr M. Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from *Malva sylvestris* leaves and its comparison with agitated bed extraction technique / Bimakr M., Ganjloo A., Zarringhalami S., Ansarian E. // *Food Science and Biotechnology*. 2017. Т. 26. № 6. С. 1481–1490.
10. Ubeyitogullari A. Enhancing the Bioaccessibility of Phytosterols Using Nanoporous Corn and Wheat Starch Bioaerogels / Ubeyitogullari A., Moreau R., Rose D.J., Zhang J., Ciftci O.N. // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2019. Т. 121. № 1. С.1–9.
11. Upadhyay K. Development and characterization of phyto-vesicles of β -sitosterol for the treatment of androgenetic alopecia. / Upadhyay K., Gupta N.K., Dixit V.K. // *Archives of dermatological research*. 2012. Т. 304. № 7. С.511–519.



Черезова Анастасия Сергеевна

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет пищевых биотехнологий,
студент группы №Т42505с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: nastyahcas9797@mail.ru



Дубровская Ольга Юрьевна

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет пищевых биотехнологий,
студент группы №Т42505с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: Lelikkadnikova@gmail.com



Овсюк Елена Алексеевна

Университет ИТМО,
факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
к.т.н., доцент (квалификационная категория “доцент практики”),
e-mail: ovsuk@mail.ru

УДК 664.64

**АНАЛИЗ ВОЗВРАТНЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ
ПО САНКТ-ПЕТЕРБУРГУ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
ИЗ РОЗНИЧНЫХ СЕТЕЙ**

Черезова А.С., Дубровская О.Ю.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Овсюк Е.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР №620142 «Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии биоактивных пищевых ингредиентов с заданными свойствами из биоресурсов и вторичных сырьевых источников растительного и животного происхождения для обеспечения питания населения РФ с использованием пищевой комбинаторики».

Аннотация

Произведены маркетинговые исследования, в ходе которых было выявлено количество отходов хлебобулочных изделий, образующихся в сетевых торговых точках г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Показана актуальность данной темы исследований. Ведется работа по поиску оптимальных решений для обеспечения возвратов хлебобулочных изделий в хлебопекарную промышленность в виде новых биологически активных функциональных ингредиентов.

Ключевые слова

Хлебопекарная промышленность, отходы, переработка, утилизация, анализ рынка.

Хлеб и хлебобулочные изделия являются продуктами стратегической важности. Для российского потребителя это товар первой необходимости и повседневного спроса.

Традиционные хлебобулочные изделия имеют короткий срок хранения, зачастую полностью не реализуются в розничных сетях, вследствие чего часть производимого хлеба не потребляется и образуется достаточно большое количество отходов.

Каждый год на пищевых производствах образуется порядка 1,3 млрд. тонн в год пищевых отходов, среди которых и отходы хлебопекарной промышленности [1]. Отсутствие надлежащей переработки отходов хлеба приводит к серьезным экономическим и экологическим последствиям.

Возвратными отходами называют хлебобулочные изделия, перешедшие в брак на хлебозаводе или возвращенные из торговых сетей. Такие изделия не подверглись микробиологической порче, не содержат посторонних включений и подлежат переработке. На сегодняшний день основными направлениями переработки возвратных хлебобулочных изделий являются получение хлебной крошки, мочки и сухарной муки.

Хлебная мочка - однородная масса с высоким содержанием влаги (около 75%), полученная путем измельчения размоченного хлеба. Мочку добавляют при замесе теста для выпечки новой партии хлеба [2]. Использование такого продукта в рецептуре приготовления теста придает готовым хлебобулочным изделиям своеобразный приятный вкус и насыщенный аромат.

Хлебная крошка - продукт, образующийся в результате измельчения хлеба без его предварительного замачивания в воде. Сухарную муку получают путем сушки отходов хлебобулочных изделий, измельченных на дробильной машине. Уровень влажности полученного продукта не должен превышать 10%. Хлебную крошку и сухарную муку используют при производстве хлебобулочных изделий. Также данного вида продукты широко используются в качестве панировки и с целью подсыпки досок, предназначенных для расстойки теста во избежание его прилипания к поверхности.

Возвратные отходы хлебобулочных изделий, не прошедшие контроль на вторичную переработку, передаются фермерским хозяйствам на корм животным.

Определить количество образующихся отходов хлебобулочных изделий, выявить способ переработки нереализованного хлеба можно путем изучения анализа рынка торговых точек.

С этой целью были проведены маркетинговые исследования по выявлению количества отходов хлебобулочных изделий в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Социологические исследования проводились методом анкетирования. Разработанная анкета была предложена для проведения опроса представителю торговой сети магазинов “Лента”, “Магнит”, “Пятёрочка”, “О’кей”, а также хлебопекарен “ЛюдиЛюбят”, “Булочная Ф. Вольчека”.

Авторами был проведен анализ количества образующихся отходов в каждой вышеуказанной торговой точке г. Санкт-Петербурга по следующим направлениям:

- изучен вопрос остатков нереализованного хлеба по истечении его срока годности;
- определено количество образующихся отходов хлеба в день;
- выявлен способ утилизации нереализованных хлебобулочных изделий.

В результате социологического опроса выяснилось, что в каждой опрошенной торговой сети ежедневно остаётся порядка 6–9 кг нереализованных хлебобулочных изделий с истекшим сроком годности. В таблице представлены данные о количестве отходов хлеба, образующихся в торговых сетях.

**Данные о количестве отходов хлебобулочных изделий,
образующихся в торговых сетях**

Наименование опрошенной торговой сети	Количество магазинов в Санкт-Петербурге	Количество хлебных отходов в день, кг	Среднее количество хлебных отходов в день, кг	Среднее количество отходов со всех точек торговой сети в день, кг
“Лента”	56	3–10	6	336
“Магнит”	185	3–15	9	1 665
“Пятерочка”	415	6	6	2 490
“Люди Любят”	29	6–12	9	261
“Булочные Ф.Вольчека”	110	1–3	2	220
“О'кей ”	24	3–12	7	168
“Лента” (Лен. область)	14	3–10	6	84
Итого				5 224

Вопрос утилизации неиспользованных остатков хлеба каждый ритейлер решает по-разному. Так, например, в сети магазинов “Лента” вся нереализованная продукция снимается и идет на списание, часть – перерабатывается в сухари, остальное – передается поставщику и в дальнейшем захоранивается. Сеть пекарен “Булочная Ф. Вольчека” решает проблему утилизации остатков хлеба тремя способами: переработка в сухари, передача на корм животным, а также на благотворительность. В благотворительный фонд передается оставшаяся продукция хорошего качества, не утратившая потребительских свойств. Респондентом было отмечено, что продукция, непригодная на корм скоту, выбрасывается.

В настоящее время отмечается растущее количество органических, в том числе и хлебных, отходов на полигонах [3]. Способы утилизации нереализованных хлебобулочных изделий, выявленные в результате социологического опроса, многими экологами отмечаются как низкоэффективные. Так, например, кормление скота хлебными изделиями не дает в полном объеме восполнить рацион животного достаточным количеством белка. Вывоз отходов хлебобулочных изделий на полигоны или их сжигание не только негативно влияют на экосистему, но и связаны с дополнительными расходами на транспортировку и оплату государственных пошлин.

Анализ данных, полученный в ходе маркетингового исследования, показал, что, несмотря на существующие способы переработки возвратов хлебобулочных изделий, проблема утилизации данного вида отходов остается актуальной на сегодняшний день. На данном этапе авторами статьи выполнен теоретический анализ ранее внедренных технологий в области переработки хлеба и ведется работа по поиску оптимальных решений для обеспечения возвратов хлебобулочных изделий в хлебопекарную промышленность в виде новых биологически активных функциональных ингредиентов.

Литература

1. В.В. Ким, Е.А. Галактионова, К.В. Антонец. Продовольственные потери и пищевые отходы на потребительском рынке РФ // International agricultural journal. 2020. №4. С. 1–20.
2. Зверева Л.Ф., Немцова З.С. Технология и технологический контроль хлебопекарного производства. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1983. 416 с.
3. Денис А.В., Степанова О.А. Пищевые отходы: проблемы и пути решения // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 4. С. 716–718.



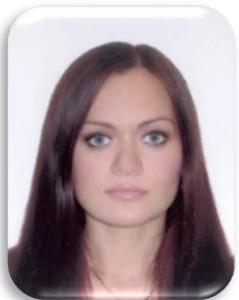
Черепович Дарья Сергеевна

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №t42501с,
направление подготовки: 18.04.02 – Промышленная экология
и чистое производство,
e-mail: cherepovich97@mail.ru



Сергиенко Ольга Ивановна

Год рождения: 1957
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru



Савоскула Виолетта Андреевна

Год рождения: 1988
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
старший преподаватель,
e-mail: raboti.ecology@gmail.com

УДК 504.03

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, СДЕРЖИВАЮЩИХ
ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА
НА РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Д.С. Черепович, О.И. Сергиенко, В.А. Савоскула

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

Научный консультант – старший преподаватель В.А. Савоскула

Аннотация

Рассмотрены перспективы внедрения в России интегрированной системы менеджмента для предприятий малого и среднего бизнеса. Проведен анализ статистики внедрения международных стандартов ISO.

Ключевые слова

Интегрированная система менеджмента (ИСМ), стандарта ISO 14001, стандарта ISO 9001, средний бизнес, малый бизнес.

Интегрированная система менеджмента: ИСМ (IMS Integrated management system) – объединяет все аспекты систем, процессов и стандартов организации в одну интеллектуальную систему. Это слияние позволяет бизнесу оптимизировать управление, сэкономить время и повысить эффективность за счет обращения ко всем элементам системы управления в целом. Крупные предприятия уже внедряют интегрированные

системы менеджмента. Малому и среднему бизнесу для выхода на большие рынки нужен систематизированный подход, который в будущем даст стабильность[1].

Цель данной работы – выяснить, нужна ли реальным предприятиям Интегрированная система менеджмента, почему они ее внедрили или что их останавливает. Для этого разработана анкета, учитывающая особенности внедрения стандартов в России, и отправлена предприятиям.

ИСМ представляет собой несколько стандартов, объединенных частично или полностью в одну систему. Стандарт качества 9001 и экологического менеджмента 14001 очень между собой похожи как по документам, так и по принципу – направлены больше на процесс, а не конечный продукт. Их чаще всего вводят вместе. Из графика на рис. 1 [2] видно, что в Германии сертификатов ISO 9001 получено в 10 раз больше, чем в России.

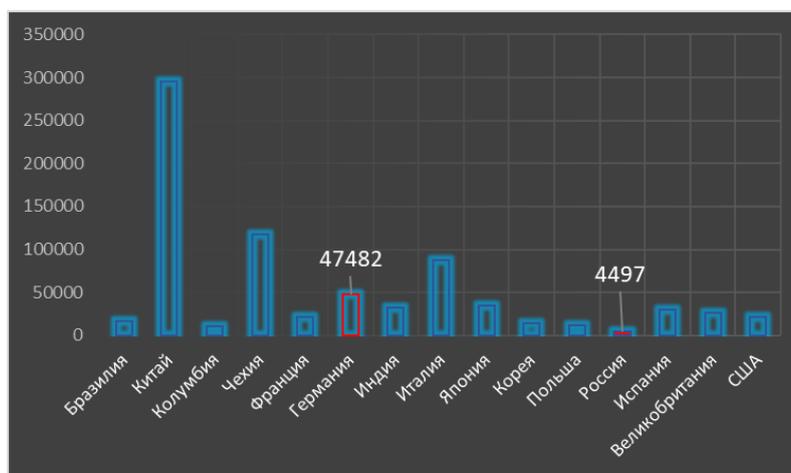


Рис. 1. Уровень внедрения стандарта ISO 9001 во всем мире

Внедрение стандарта ISO 14001 представлено в графике на рис. 2 [2]. Количество выданных сертификатов по данному стандарту в Германии также превышает в 10 раз количество выданных сертификатов в России.

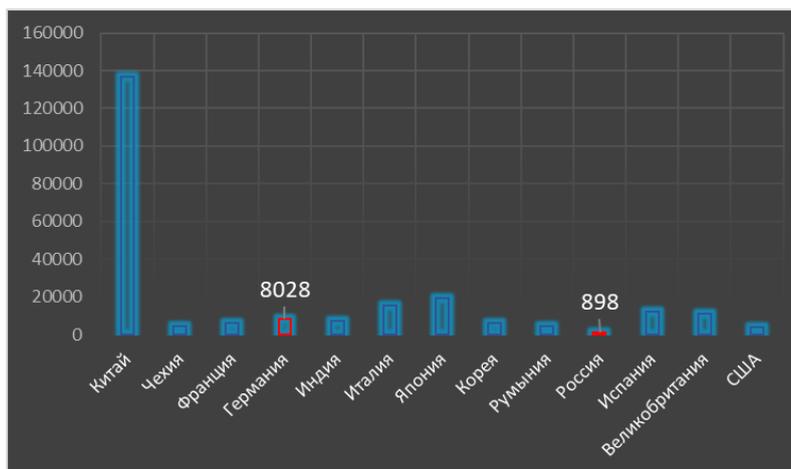


Рис. 2. Уровень внедрения стандарта ISO 14001 во всем мире

В ходе исследования выявлены следующие преимущества от внедрения ИСМ:

1. Четкое соответствие нормативным требованиям. Каждая организация должна следовать правилам, требованиям и законам, международным или региональным, относящимся ко всем предпринимателям и к конкретному сектору экономики. Если организация решила соответствовать международному стандарту ISO, значит, она будет

соответствовать четким требованиям. Стандарт по своей сути является руководством, в котором по пунктам расписано, какие документы должны быть у организации, какие требования и прочие обязательные пункты.

2. Более эффективное использование ресурсов. Этот пункт касается как менеджмента качества, так и системы экологического менеджмента. ISO 14001 поможет урегулировать образование отходов и повысить ресурсоэффективность. Например, снизить количество отходов за счет вторичных ресурсов, это также уменьшит затраты на сырье. Контроль качества в данном случае поможет предотвратить брак, а значит сократит количество сырья, например, на замену бракованной партии. Маркетинг улучшит имидж компании за счет рекламы или годовой отчетности.

3. Маркетинг. Стандарты ISO неотделимы от принципов устойчивого развития, поэтому отчетность предприятий должна быть открытой и прозрачной для всех заинтересованных сторон: ретейлеров, потребителей, поставщиков, государства и общественных организаций. Таким образом, заинтересованные стороны могут просматривать отчетность и больше доверять данной компании, либо, увидев рекламу, которая должна основываться на актуальной информации, а не, например, гринвошинге, также сделать свой выбор в пользу определенного производителя продукции или услуг.

4. Финансовое инвестирование, легкое кредитование. Если компания сертифицирована по одному или нескольким международным стандартам, банки или инвесторы могут лояльнее относиться и предоставлять более выгодные условия. Во-первых, они могут доверять, т.к. знают, по каким стандартам вы организуете работу, во-вторых, для них может быть престижна работа с сертифицированной организацией. Также в некоторых государствах существуют программы поддержки.

5. Расширенные возможности продаж - некоторые крупные предприятия и государственные ведомства могут иметь дело только с предприятиями, у которых есть сертификаты о внедрении международных стандартов.

6. Легкое регулирование. Легче регулировать работу большой организации, когда каждый знает, что и как он должен делать, как работают другие отделы и руководители. Если все знают, к чему стремиться, и идут к общей цели – проще руководить.

7. Сертификация по признанным стандартам. Это престижно и дает некоторую уверенность на рынке.

8. Улучшение окружающей среды. Многие стандарты направлены конкретно на эту цель, помогая компаниям сочетать бизнес, социальную и экологическую ответственность, т.е., по сути, соответствовать принципам устойчивого развития [3].

Существуют и некоторые трудности при внедрении систем менеджмента, с которыми можно столкнуться:

1. Это может занять много времени.
2. Необходимость больших вложений. Финансы – это самый главный ресурс.
3. Необходимость реструктуризации и изменения работы многих подразделений.
4. Мало грамотных высококлассных специалистов.
5. Глобальные изменения в документации.
6. Это сложный и индивидуальный процесс [4].

Система менеджмента поможет контролировать производство, предотвращать и минимизировать риски. Также внедрение систем менеджмента будет способствовать повышению конкурентоспособности, а, например, в России - поможет организациям выйти на международный рынок.

Несмотря на видимые трудности в начале пути, в конце можно получить множество бонусов от внедрения стандартов, это долгосрочный забег, и нужно сначала вложиться – а потом пожинать плоды трудов. Но, даже с учетом точного руководства в виде стандарта – нужен индивидуальный подход, особенно малому и среднему бизнесу. Вывод данной работы сделан на основе теоретической информации, для анализа

реальной ситуации и применения ИСМ на практике разработана анкета. С помощью анкеты будет собрана информация для будущей работы на основе запросов реальных компаний.

Литература

- 1 Википедия: свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Quality_management_system (дата обращения 11.12.2020).
- 2 Сайт международной организации по стандартизации ISO [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/ru/about-us.html> (дата обращения 13.10.2020).
- 3 ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200124394> (дата обращения 11.09.2020).
- 4 Holistic risk management in industrial companies/ Strohmeier/ с. 82. 2007.



Шанин Вячеслав Алексеевич

Год рождения: 1996
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
аспирант,
направление подготовки: 05.18.12 – Процессы
и аппараты пищевых производств,
e-mail: shanin.vyacheslav@mail.ru



Егорова Ольга Алексеевна

Год рождения: 1989
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
аспирант,
направление подготовки: 05.18.12 – Процессы
и аппараты пищевых производств,
e-mail: jeerol@list.ru



Леу Анна Геннадьевна

Год рождения: 1986
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
аспирант,
направление подготовки: 05.18.12 – Процессы
и аппараты пищевых производств,
e-mail: anna.leu@mail.ru



Алексеев Геннадий Валентинович

Год рождения: 1948
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
д.т.н., профессор,
e-mail: gva2003@mail.ru

УДК 534-8

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ В ПРОЦЕССАХ ЭКСТРАКЦИИ**

В.А. Шанин, О.А. Егорова, А.Г. Леу

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

Работа выполнена в рамках темы НИР №620161 «Теоретические и экспериментальные исследования процессов молекулярного переноса импульса, тепловой энергии и массы в жидких многокомпонентных средах».

Аннотация

В статье рассматриваются возможности и преимущества ультразвуковой обработки растительного сырья при осуществлении экстракции веществ, обладающих высокой биологической ценностью, и предложена схема конструкции ультразвукового

экстрактора, призванная повысить эффективность работы устройства за счет увеличения массового выхода и улучшения качества продукта.

Ключевые слова

Экстракция, растительное сырье, ультразвуковое воздействие, кавитация, диффузионный слой, массовый выход.

Технология ультразвуковой обработки основана на механизме взаимодействия звуковых волн и упругих колебаний с обрабатываемой средой в определенном диапазоне частот (10^4 - 10^9 Гц). Ультразвуковое воздействие достаточно большой мощности в жидкой среде приводит к возникновению кавитации (интенсивному образованию пузырьков разреженного пара или вакуума). Кавитационные пузырьки увеличивают объем при разрежении среды и сжимаются, попадая в область повышенного давления. Расширение и схлопывание пузырьков повышает площадь контакта жидкости с поверхностью частиц материала, подвергаемого экстракции. Это вызывает интенсивное перемешивание, набухание частиц, деформацию и разрушение клеточных стенок и экстракцию растворимых компонентов. Эти явления применяются для проведения и интенсификации производственных процессов, связанных, в частности, с экстрагированием.

Влияние на процесс кавитации оказывают как характеристики ультразвукового излучения (частота, амплитуда, интенсивность), так и свойства среды, в которой образуются кавитационные пузырьки (плотность, давление парогазовой смеси, вязкость, температура. Воздействие ультразвука вызывает в жидкой среде турбулентные потоки, из-за чего ускоряется поток экстрагента относительно частиц материала, подвергаемого экстракции, увеличивается проницаемость клеточных стенок, происходит насыщение клеток раствором экстрагента. Молекулярная диффузия на границе слоя жидкости и твердых частиц переходит в конвективную, что ведет к ускорению переноса вещества из материала в раствор. В результате кавитации сырье дополнительно измельчается, на клеточном уровне происходит разрушение оболочки клеток, что облегчает перенос экстрагируемых компонентов и их взаимодействие с экстрагентом за счет вымывания внутренней структуры клеток.

Исследования, связанные с применением ультразвука, были проведены как в теоретическом, так и экспериментальном плане. Ранее были предприняты попытки ультразвуковых исследований, связанные с воздействием на живой организм. Они были основаны сначала на чисто эмпирических наблюдениях из-за отсутствия необходимого оборудования, регистрирующего изменения внутри клетки. Однако вскоре было доказано, что воздействие ультразвука интенсивностью до 10 Вт/см^2 губительно для клетки. В настоящее время для физиотерапии используют оборудование, излучающее ультразвук интенсивностью не более $0,5 \text{ Вт/см}^2$ [1, 2]. Один из механизмов, реализующих ультразвуковое экстрагирование, позволяющее получать химически чистые экстракты биологически активных веществ из природного сырья растительного или животного происхождения, связан с явлением кавитации, вызывающей в жидкой среде пульсацию и образование пузырьков, заполненных газом или паром.

Преимущество применения ультразвука по сравнению с другими методами механической обработки сырья состоит в том, что воздействие на экстрагируемый материал происходит во всем объеме, в том числе внутри клеток. Помимо того, что образование кавитационных пузырьков обеспечивает активное перемешивание и диффузию, постоянное расширение и схлопывание пузырьков усиливает эффект всасывания экстрагента в материал благодаря разности давлений.

Технический результат обеспечивается применением пьезоэлектрических преобразователей, принцип действия которых заключается в преобразовании колебаний электрического поля в вибрацию мембраны на ультразвуковой частоте.

Пьезоэлектрические излучатели получили широкое распространение для обработки газообразных, твердых и жидких сред и обеспечивают ультразвуковые колебания на частотах от 20 до 1000 кГц [3-5].

Экстракция биологически активных компонентов - наиболее долгий этап обработки природного сырья. При использовании традиционных методов экстракции процесс может протекать до нескольких суток, в зависимости от состава сырья, вида экстрагента и ожидаемого массового выхода. Использование ультразвука значительно повышает скорость экстракции, при определенных условиях увеличивает выход продукта, чем снижает себестоимость экстрагируемого вещества, позволяет использовать в процессе экстракции органические пищевые кислоты, что позволяет убрать из технологического цикла процесс химической очистки продукта.

Благодаря воздействию на клеточном уровне ультразвуковая обработка значительно ускоряет процесс замачивания и налитывания сырья. Массовый выход при ультразвуковой экстракции, главным образом, зависит от характеристик ультразвуковых колебаний (амплитуда, частота, интенсивность), времени обработки, температуры смеси и гидромодуля.

Ультразвуковая экстракция позволяет извлекать из сырья природного происхождения практически все биологически активные соединения, содержащиеся в клетках растений. При этом ультразвуковая экстракция по сравнению с традиционными методами экстракции растительного сырья привлекательна как в плане скорости процесса, так и массового выхода. Наиболее это преимущество заметно при обработке сырья с плотной клеточной стенкой, устойчивой к высоким температурам или химическому воздействию экстрагента. Ультразвуковое воздействие разрушает стенки клеток благодаря кавитационному эффекту и интенсифицирует массоперенос ее содержимого. Уменьшение размеров частиц сырья приводит к уменьшению коэффициента отражения звуковой энергии, что повышает эффективность процесса разрушения клеточной структуры, вымывания содержимого растительных клеток и массопереноса растворимых компонентов.

Существует технология ультразвукового экстрагирования прополиса в водной среде. Основное преимущество предлагаемого метода заключается в том, что большую часть биологически активных веществ можно извлечь без нарушения их структуры и функциональных свойств. Установлено, что при ультразвуковой обработке в течение 2,5 часов из прополиса экстрагируется наибольшее количество биологически активных веществ, которые составляют основную ценность продукта. Температурный режим при этом может вестись при низких температурах, без нагревания, так как разрушение клеточных стенок, перемешивание и диффузия происходят за счет кавитации. Возможность экстракции при низких температурах особенно важна для извлечения биологически активных компонентов, неустойчивых к высоким температурам, например, белковые цепи. Использование ультразвуковой обработки позволяет получать различный состав продуктов экстракции, в зависимости от температуры процесса, которую можно динамически изменять в течение обработки. Преимуществом ультразвуковой обработки по сравнению с традиционными методами экстракции является высокая скорость извлечения компонентов при обработке некоторых видов сырья. Так, например, при экстракции биологически активных соединений из элеутерококка массовый выход увеличивается в 2,5 раза, при времени экстракции в 6 раз меньше. Также ультразвуковая обработка увеличивает скорость осаждения взвешенных частиц при осветлении фруктовых соков. При обработке суспензии яблочного сока бентонином, благодаря ультразвуковому воздействию, скорость осаждения частиц возрастает в 5-6 раз. Однако, вместе с повышением эффективности экстракции, ультразвуковая обработка вызывает высокую мутность раствора, что осложняет процесс фильтрации экстракта. Эта проблему можно решить очисткой

раствора на микрофильтрационных мембранных установках после процесса экстракции. Из раствора удаляются все механические примеси и микроорганизмы, что обеспечивает холодную стерилизацию экстракта.

Нами предлагается простая конструкция экстрактора, в которой экстрагируемая смесь подается в корпус 1 с расположенным в ней магнитострикционным источником ультразвука в виде катушек 2 и 3 с возможностью подачи на них попеременно тока разной направленности.

Обтекая его под действием избыточного давления, она поддается по всей длине воздействию излучения, под действием чего в потоке развиваются кавитационные явления, способствующие диспергированию мисцеллы с более полным выделением экстрагируемого вещества или обогащением другой части газами из образовавшихся пузырьков (рисунок).

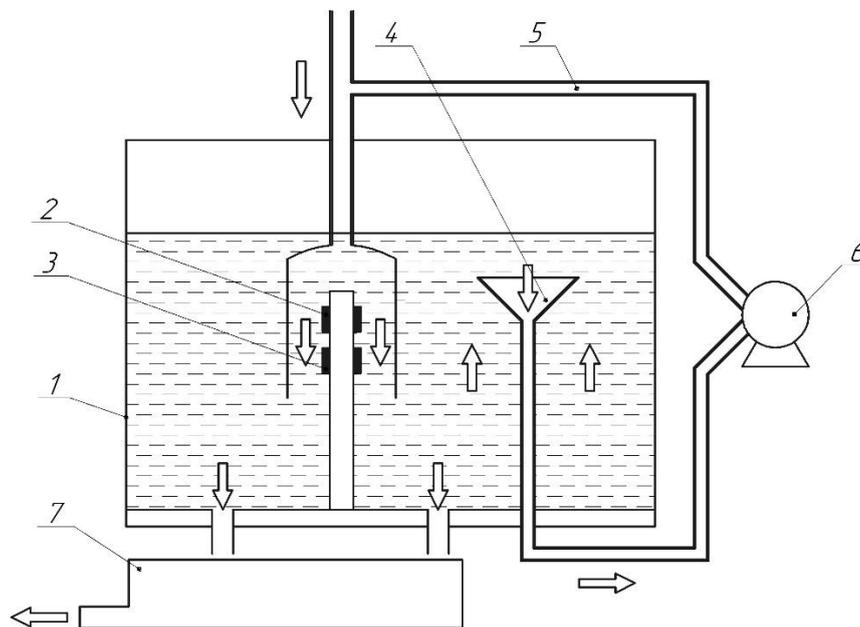


Рисунок. Ультразвуковой экстрактор

Покидая зону излучателя, часть обогащенной смеси отправляется в емкость для сбора и отправки на следующую стадию переработки через емкость 7, а другая часть, всплывая на поверхность, сливается через воронку 4 и поступает в трубопровод, соединенный с насосом 6. Этот насос возвращает смесь на дополнительную обработку через патрубок 5.

При осуществлении ультразвуковой экстракции компонентов из растительного пищевого сырья необходимо обратить внимание на следующие положения:

— степень дисперсности сырья оказывает значительное влияние на эффективность ультразвуковой обработки и процесс экстрагирования, поэтому перед экстракцией сырье необходимо измельчить;

— процесс замачивания сырья оказывает влияние на скорость процесса экстракции, так как явление кавитации и максимальный эффект ультразвуковой обработки достигается именно в жидкой среде, поэтому вначале происходит вытеснение воздуха из материала, удерживаемого до тех пор, пока не произойдет его растворение в экстрагенте;

— звукокапиллярный эффект, возникающий в процессе кавитации, ускоряет вытеснение воздуха из частиц материала, что ускоряет процесс напитывания сырья экстрагентом;

— повышение температуры смеси может интенсифицировать процесс экстракции, однако существует предел значений температуры, при котором процесс образования газовых пузырьков при кипении смеси начинает препятствовать передаче ультразвуковых колебаний.

Литература

1. Краткое описание применений звука и вибрации в приборах и технологиях / Электронный ресурс. Режим удаленного доступа. www.dynatecs.ru/02.0.html.
2. Патент РФ № 2369410. МПК А61М1/36. Способ очистки биологической жидкости организма (крови) от вирусной инфекции путем сорбции на магнитоуправляемых наночастицах и устройство для его осуществления / Данилин А.Н., Загребин Л.В., Шестов С.С., Яновский Ю.Г. // опубл.: 10.10.2009.
3. Хмелев В.Н. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности / Хмелев В.Н., Сливин А.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н., Шалунов А.В.; Алтайский государственный технический университет. БТИ. Бийск: Изд-во Алтайского государственного технического университета 2010. 203 с.
4. Акопян В.Б. Основы взаимодействия ультразвука с «биологическими объектами» (ультразвук в медицине, ветеринарии и экспериментальной биологии) / Акопян В.Б., Ершов Ю.А. М.: Изд-во РГТУ им. Н.Э. Баумана. 2005. 300 с.
5. Балдаев Р. Применения ультразвука / Балдаев Р., В. Раджен-дран. М.: Техносфера, 2006. 576 с.



Шашихин Тимофей Николаевич

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы №W41501,
направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность
e-mail: shashikhint@gmail.com

УДК 004

**МЕТОД 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ДЕТАЛЬНОГО
РАССМОТРЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ОПАСНОГО ВЛИЯНИЯ
ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
Т.Н. Шашихин**

Аннотация

В статье рассмотрен метод трёхмерной визуализации для детального рассмотрения возможного опасного влияния промышленного объекта на окружающую среду и приведён пример использования такого метода.

Ключевые слова

Окружающая среда, 3D, моделирование, трёхмерное моделирование, 3D-визуализация, Blender, Unity, метод 3D-визуализации, промышленность.

В настоящее время, ведущее место в экономике стран занимает промышленность. С каждым годом количество новых промышленных заводов и фабрик растёт, а вместе с ними растёт и потенциальная опасность негативного влияния на окружающую среду. Поэтому в современном мире одной из самых важных проблем является антропогенное воздействие на окружающую среду. В большинстве случаев влияние человека на состояние биосферы в процессе его жизнедеятельности оказывается негативным.

Практически на каждом промышленном предприятии существует возможность нанести ущерб окружающей среде. Например, на нефтеперерабатывающем заводе вероятен взрыв с последующим впитыванием нефти в почву. Без сомнения, такого рода аварии могут сильно навредить окружающей среде. Чтобы минимизировать риски возникновения аварий на промышленных объектах, в данной статье предлагается метод 3D(трёхмерной)-визуализации.

3D-визуализация – это метод моделирования, который включает в себя процесс создания трёхмерной модели объектов при помощи специальных программ (Blender, Cinema 4D, Maya...). Результатом разработки становится объёмное изображение предмета или объекта с реалистичными размерами, фактурой и цветом, которое можно проанализировать на факт потенциального опасного влияния. Любой из этих параметров может быть в последствии изменен [1].

Трёхмерная графика считается незаменимым средством для демонстрации разного рода сложных технических узлов, многоступенчатых производств, архитектурных сооружений. Трёхмерные модели наглядно показывают все особенности строения объекта, его мельчайшие элементы, которые скрыты от глаз наблюдателя. С помощью 3D-графики есть возможность показать всё оборудование и заглянуть "внутрь" технологического процесса.

При 3D-моделировании появляются новые возможности анализа и интерпретации данных о территории по сравнению с традиционными методами использования

двухмерных карт и планов.

3D-модели, разработанные в программном обеспечении для создания трёхмерной компьютерной графики, можно использовать в качестве тренировки эвакуации персонала, обучения безопасности на рабочем месте (если создать интерьер такого объекта) и для обеспечения экологической безопасности, то есть 3D-моделирование может помочь при проектировании технического объекта, рассмотрев мельчайшие детали со всех сторон. Чтобы трёхмерная модель была эффективнее использована для защиты окружающей среды, предлагаю использовать межплатформенную среду разработки компьютерных игр «Unity», в которой можно дать 3D-модели физические свойства (Возникновение пожара, взрыв на объекте). Также можно осмотреть техногенный объект от первого лица («прогуляться»), даже если он ещё только на стадии проектировки.

Результатом написания статьи стала трёхмерная модель тепловой электростанции, которую можно проанализировать на факт опасного влияния промышленного объекта на окружающую среду. Модель представлена на рисунке.



Рисунок. Трёхмерная модель тепловой электростанции

Blender – свободно распространяемый, профессиональный пакет для создания компьютерной трёхмерной графики.

Unity – это программа для разработки двухмерных и трёхмерных приложений и игр, работающая на компьютерах под управлением Windows и OS X.

Главный вывод, который можно сделать, заключается в том, что 3D-визуализация может улучшить качество представления информации, а также привнести новые возможности для обучения и работы в промышленной и экологической безопасности.

Литература

1. Журкин И.Г., Хлебникова Т.А. Цифровое моделирование измерительных трёхмерных видеосцен: монография. Новосибирск: СГГА. 2012. 246 с.



Шевченко Марианна Алексеевна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т41501с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: laura-mariann@yandex.ru



Забелина Александра Викторовна

Год рождения: 1984
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
аспирант, 1-й год,
направление подготовки: 25.00.36 – Геоэкология (по отраслям)
e-mail: zabelina@econw.ru

УДК 504.05

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В РАМКАХ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
ПОЛИГОНА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ**

М.А. Шевченко

Научный руководитель – А.В. Забелина

Работа выполнена в рамках темы НИР «Оценка состояния водных объектов в рамках производственного экологического мониторинга полигона твердых коммунальных и промышленных отходов».

Аннотация

В данной работе рассмотрена система мониторинга водных объектов на полигоне ООО «Новый Свет – ЭКО», проанализированы основные превышения по санитарно-химическим показателям. Выявлены возможные пути попадания загрязняющих веществ в поверхностные и подземные воды.

Ключевые слова

Мониторинг полигона ТБО, мониторинг водных объектов, подземные воды, загрязнение водных объектов.

Экологический мониторинг прилегающих к полигонам территорий проводится для обоснования и оценки эффективности мер по снижению негативного воздействия объектов размещения отходов на окружающую среду [1].

Актуальность данного исследования обусловлена высоким экологическим риском объектов размещения отходов.

Объектом исследования выбран полигон ООО «Новый Свет-ЭКО», расположенный вблизи Новосветского сельского поселения Гатчинского района Ленинградской области.

Полигон ТБО «Новый Свет-ЭКО» эксплуатируется с 2001 года, построен на месте бывших прудов-накопителей очистных сооружений свинооткормочного комбината.

Основной вид деятельности предприятия – прием и размещение отходов 3 и 4

класса опасности. Также предприятие осуществляет деятельность по предварительной сортировке, обработке и утилизации многих видов отходов с целью максимального извлечения полезных фракций и уменьшения количества отходов, размещаемых на полигоне.

Водные объекты вблизи полигона представлены сетью дренажных мелиоративных канав и затопленных торфяных карьеров, оставшихся после торфоразработок.

На полигоне функционирует система мониторинга водных объектов, включающая в себя 11 наблюдательных скважин по периметру, 2 куста по 6 скважин разных горизонтов залегания в границах СЗЗ и мелиоративные каналы.

Для оценки воздействия полигона на подземные воды в соответствии с п. 1.32 «Инструкции по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов» заложены два куста скважин различной глубины [2]. Первый куст расположен выше по течению грунтовых вод для характеристики их исходного состояния. Второй куст заложен ниже по течению для оценки их качества.

Скважины №19, 20, 21 заложены на границе полигона по направлению течения подземных вод в соответствии с постановлением Правительства РФ №467 "Об утверждении Положения о подтверждении исключения негативного воздействия на окружающую среду объектов размещения отходов" [3].

Наличие скважин по периметру полигона в непосредственной близости свалочных масс не требуется и не регламентируется действующим СП 2.1.7.1038-01 [4]. Данные скважины были заложены в самом начале эксплуатации полигона. Несмотря на регулярные работы по их прочистке и прокачке, скважины являются локальным источником выделения тяжелых металлов в почву и водоносные горизонты, в связи с этим стоит вопрос об их ликвидации.

Контроль качества поверхностных вод осуществляется на 5 наблюдательных пунктах (точках), расположенных в мелиоративных каналах и дренажной канаве, окружающих полигон ТБО в соответствии с п. 1.34 Инструкции по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов [2].

Пробы поверхностных и грунтовых вод исследуются на санитарно-химические, гельминтологические, бактериологические и органолептические показатели.

Выбор компонентов исследования обусловлен п. 6.7 Гигиенических требований к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов [4].

Рассмотрим некоторые результаты исследований поверхностных вод.

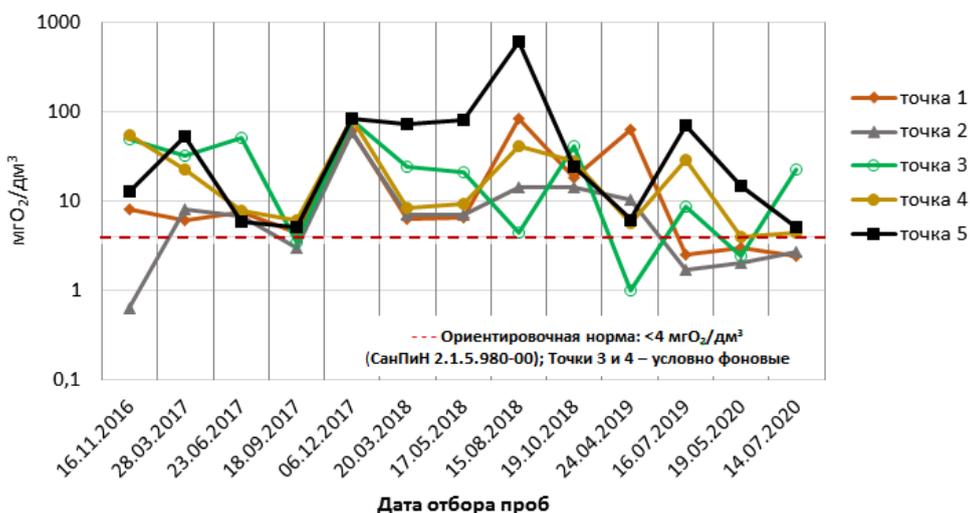


Рис. 1. Содержание БПК 5 в точках контроля поверхностных вод

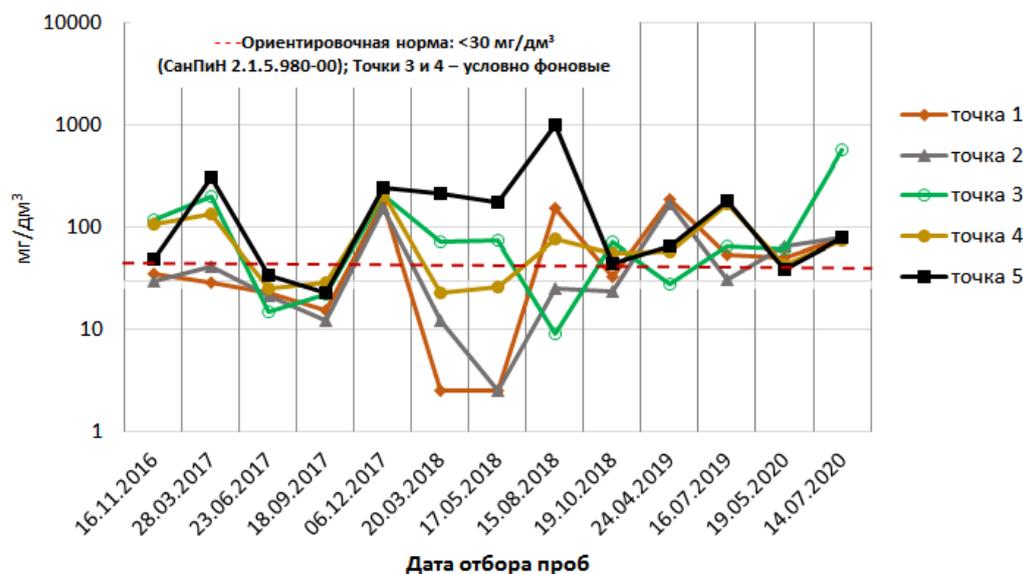


Рис. 2. Содержание ХПК в точках контроля поверхностных вод

Высокие значения показателей БПК (рис. 1) и ХПК (рис. 2) говорят о существенном содержании органических веществ в водах поверхностных объектов. Антропогенными источниками органики могут быть как сброс неочищенных стоков с поселка Новый Свет, так и результат деятельности свиноводческого комплекса, который располагался здесь ранее. Природный источник органических соединений для района расположения полигона – высокое содержание торфа в почвах, что в свою очередь является следствием высокой заболоченности территории.

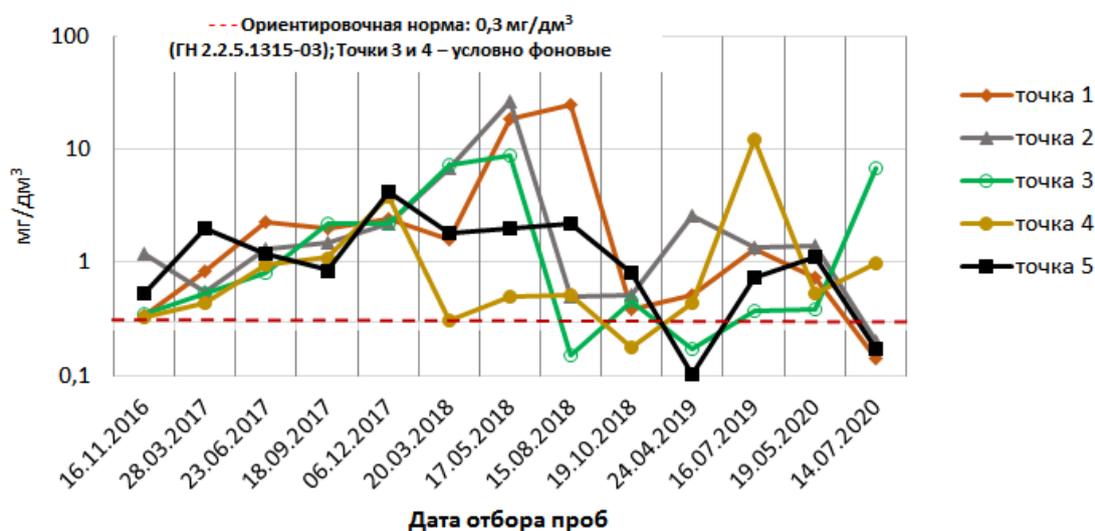


Рис. 3. Содержание железа в точках контроля поверхностных вод

Высокие концентрации железа в целом характерны для болотистых участков и участков с торфяными почвами (рис. 3). Железо содержится в торфах и озёрно-ледниковых песках, обогащенных железосодержащими минералами.

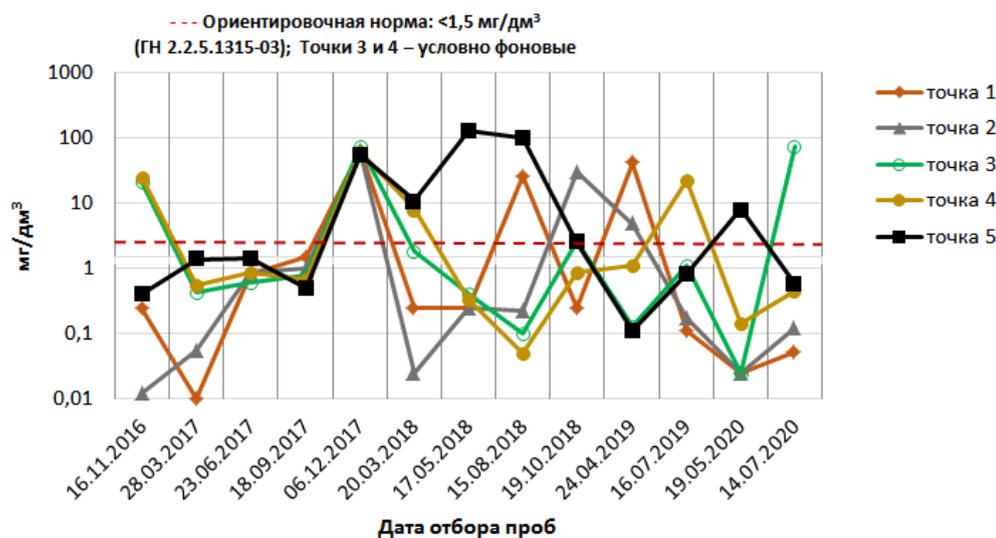


Рис. 4. Содержание аммоний-ионов в точках контроля поверхностных вод

Аммоний-ионы имеют свойство накапливаться в воде с высоким содержанием железа и марганца, что характерно для природной воды наблюдательных скважин полигона (рис. 4). Кроме того, высокие концентрации указанных показателей могут являться следствием органического загрязнения.

Исходя из рассмотренных данных, можно сделать вывод о стороннем влиянии на природные воды, так как превышения по компонентам наблюдаются во всех точках контроля, независимо от их расположения, состояние поверхностных вод вблизи полигона является следствием комплексного техногенного и антропогенного воздействия. Во многом превышения нормативных значений связано с природными особенностями территории расположения полигона и историческими особенностями ее хозяйственного использования. В ближайшей перспективе состояние поверхностных и подземных вод, скорее всего, существенно не изменится.

Литература

1. ГОСТ Р 56060-2014 Производственный экологический мониторинг. Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды на территориях объектов размещения отходов М.: Стандартинформ. 2015. 6 с.
2. "Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов" (утв. Минстроем России 02.11.1996) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006959> (дата обращения 25.12.2020).
3. Постановление Правительства РФ "Об утверждении Положения о подтверждении исключения негативного воздействия на окружающую среду объектов размещения отходов" от 26.05.2016 № 467 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2016 г. № 23. Ст. 3317.
4. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ "О введении в действие санитарных правил" (вместе с "СП 2.1.7.1038-01. 2.1.7. Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов. Санитарные правила") от 30.05.2001 № 16 (Зарегистрировано в Минюсте РФ 26.07.2001 N 2826) // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. 2001 г. № 33.



Шевченко Влада Васильевна

Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студентка группы №Т41503с,
направление подготовки: 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: vlada.shevchenko.98@mail.ru



Павлова Анастасия Сергеевна

Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: anastya.s.pavlova@gmail.com

УДК 338.45.01

"ГРИНВОШИНГ" НА РЫНКЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ КАК РАЗНОВИДНОСТЬ НЕДОБРОСОВЕСТНОГО ЭКОМАРКЕТИНГА

В.В. Шевченко

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.С. Павлова

Работа выполнена в рамках темы НИР №620144 «Разработка функциональных продуктов питания для здорового старения на основе вторичных продуктов переработки молока».

Аннотация

В работе рассмотрено проявление гринвошинга на примере популярных молочных продуктов питания. Выявлены наиболее часто встречающиеся маркетинговые уловки и предложены рекомендации по повышению экологической грамотности. Проведен анализ нормативно-правовых актов, регулирующих использование различных экоснаков и надписей в Российской Федерации.

Ключевые слова

Гринвошинг, экомаркетинг, экологические знаки, маркировка продукции, молочные продукты питания.

Тренд на покупку эко-товаров все больше набирает обороты. Согласно исследованию Nielsen, надписи «эко», «био», «натуральный» вызывают доверие у 41% респондентов по всему миру [2]. Чем выше спрос на определенный тип продукта, тем сильнее компании стараются быть «в тренде» и всеми силами показывать свою причастность к данному виду продукции. Но не все готовы инвестировать в новые разработки и технологии, сокращать отходы и отказываться от устоявшихся процессов, намного проще создать запоминающуюся эко-рекламу и придумать необоснованный экоснак. Вследствие этого появилось такое понятие, как «гринвошинг».

«Гринвошинг» – маркетинговая уловка, посредством которой производители заявляют об «экологичности» своих продуктов, хотя в действительности они такими не являются. Во-первых, «гринвошинг» опасен тем, что покупатели платят большую стоимость за товар, который, по их мнению, экологичный, но в лучшем случае получают

плацебо, а в худшем – наносят вред как своему здоровью, так окружающей среды. Во-вторых, «гринвошинг» стимулирует развитие недобросовестной конкуренции. Товары, имеющие настоящие экомаркировки, теряются среди поддельной продукции. Тем самым снижается желание добросовестных производителей инвестировать в развитие зеленых технологий на своих производствах [3].

Но прогресс не стоит на месте. Чтобы поддержать честных производителей и урегулировать процесс экомаркировки продукции, государства вводят различные законы, сдерживающие развитие недобросовестной конкуренции. Так, были приняты международные стандарты ИСО(ISO), содержащие критерии оценки стандарта качества продукции. Данная проблема не осталась без внимания и в России, ГОСТ 56508-2015 и ГОСТ Р 57022-2016 определяют понятие органической продукции, процесс ее производства, хранения, перемещения и содержат критерии, по которым сертифицируются товары соответственно. Но проблема остается не решенной в силу того, что рынок переполнен неконтролируемыми компаниями, проводящими сертификацию согласно различным критериям. Поэтому Федеральным законом №280 «Об органической продукции» (от 1.01.2020 г.) были уточнены критерии, по которым определяется действительно ли продукт можно называть органическим (таблица).

Таблица 1

Нормативно-правовые акты, регулирующие использование экологических знаков в России

Разновидность экознаков	Номер стандарта	Название стандарта
Органический продукт	ГОСТ 33980-2016	Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации
Биопродукт	ГОСТ Р 52738-2007	Молоко и продукты переработки молока. Термины и определения
Функциональные продукты питания	ГОСТ Р 52349-2005	Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения

Довольно часто можно увидеть надписи «100% натурально» и «эко» (рис. 1). Но данные термины и их определения не утверждены ни в одном нормативно-правовом акте, нормативном или техническом документе, определяющем требования к пищевой продукции.



Рис. 1. Логотип известного производителя молочных продуктов

Рассмотрим наиболее встречающиеся примеры «гринвошинга» на российских прилавках и разберемся, как не попасть в сети недобросовестного экомаркетинга. Статистика показывает, что молочная продукция - одна из самых покупаемых товаров среди отечественных потребителей, и именно поэтому многие производители позиционируют свою продукцию как экологичную в надежде больше заработать [1]. Обратим внимание на рис. 2.



Рис. 2. Упаковки производителей молочной продукции – лицевая сторона

На первый взгляд сразу заметен один из самых распространенных проявлений «гринвошинга» – использование слов «эко», «био» или «натуральный» [4]. Стоит отметить, что некоторые страны уже урегулировали данный процесс и ввели законодательные ограничения на использование вот таких приставок. Поэтому многие фирмы включают данные слова в название бренда. Таким образом, они обошли закон и создали видимость, что продукт натуральный и экологичный.

Также среди маркетологов, старающихся сделать бренд более экологичным, популярно использовать зеленый цвет в оформлении продукта. Данный способ полностью законен, но таким образом на психологическом уровне происходит манипулирование сознанием потребителей. Зеленый цвет отождествляется с процветанием и природой, и поэтому сам продукт как бы намекает на свою экологичность и причастность ко всему натуральному.

Но что, если рассматриваемые нами продукты действительно натуральны и полезны, как об этом заявляет производитель? Чтоб быть 100% уверенным в экологичности продукта, следует обратить внимание на имеющиеся сертификаты и эко-маркировки, а громкие слова и красивое оформление отбросить на второй план. В России, чтобы доказать свою экологичность, производителю необходимо пройти процедуру добровольной эко-сертификации. Нужно обратиться в специализированную компанию и пройти аудит. Но данный процесс достаточно сложен и требует дополнительных финансов, поэтому многие компании отказываются от этого. Одна из проблем сертификации России заключается в том, что в настоящее время отсутствуют регламенты по проведению сертификации. Вследствие чего появляются ничем не подтвержденные сертификаты и так называемые экологические заявления, которые отражают неполную информацию о продукте, говоря только об одном критерии экологичности продукта, не учитывая все остальные. А некоторые производители вовсе создают ничем не подтвержденные значки, которые визуалью похожи на знаки сертификатов (рис. 3).



Рис. 3. Пример изображений, которые выглядят как сертификаты, но ими не являются

Чтоб избежать обмана, стоит доверять только проверенным сертификатам, таким как экомаркировка I типа. Она соответствует международным стандартам ИСО и учитывает экологичность всего жизненного цикла продукта. В настоящее время в России существует только одна экомаркировка I типа – «Листок жизни» - признана GEN и входит в международную программу взаимопризнания ведущих экомаркировок мира GENICES [3]. Эта маркировка есть у продукции компаний «Сады Придонья», НМЖК, Henkel, SPLAT, «Ступинский химический завод», Samsung, «Акзо Нобель Декор», «ТехноНИКОЛЬ» и другие.

Вернемся к рассматриваемым нами продуктам, для удобства рассмотрим одну позицию – рис. 4. Имеющаяся маркировка на обратной стороне молока говорит о том, что данная продукция соответствует техническим регламентам Таможенного союза (ЕАС), следующий знак - "Упаковка для пищевой продукции", говорит о том, что упаковка продукта изготовлена из нетоксичного материала. Последний имеющийся знак указывает на состав упаковки - бумага (РАР). Это означает, что данные материалы подлежат переработке, но, помимо этого, никаких маркировок и экознаков, указывающих на натуральность, у продукта нет. Таким образом, продукт является наглядным примером «гринвошинга».



Рис. 4. Упаковка известного производителя молочной продукции – обратная сторона

Одно из самых распространённых проявлений «гринвошинга» в России – это бумажные пакеты, которые многие считают «экологичными», и биоразлагаемая упаковка, которая в основном не может полностью разложиться в естественной среде и является одной из причин образования микропластика, а он в дальнейшем может попасть в пищевые цепи.

Таким образом, «гринвошинг» - серьезная проблема на пути развития эко-продуктов в России. В первую очередь это связано с недоработанностью российского законодательства в области использования приставок «эко», «био» и «натуральный». Многие организации продают фальшивые эко-сертификаты или рассматривают только один критерий. Государству необходимо создать четкую систему государственного регулирования процесса сертификации продукции. Необходимо усилить контроль по надзору за сертифицирующими органами и лабораториями.

Маркетологи в погоне за продажами используют всевозможные методы, невзирая на законы этики. А иногда причиной становится недостаток экологической грамотности маркетологов (например, сода и соль без ГМО). Поэтому потребителю стоит очень осознано подходить к выбору продуктов, повышать свою экологическую грамотность и доверять только проверенным маркировкам. На помощь могут прийти бесплатные

мобильные приложения, такие как «Экополка» или Ecolabel Guide [3]. Они имеют широкий перечень экомаркировок с указанием их характеристик и степени доверия к ним. С их помощью легко можно проверить значение маркировки на товаре прямо в магазине.

Литература

1. Анастасия Чижевская, Гринвошинг и его приемы: как производители манипулируют нами и создают ложный образ экологичного бренда // Т&Р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://theoryandpractice.ru/posts/18032-grinvoshing-i-ego-priemy-kak-proizvoditeli-manipuliruyut-nami-i-sozdayut-lozhnyy-obraz-ekologichnogo-brenda>.
2. Артур Эльканов Гринвошинг или «зеленые» маркетинговые игры производителей // NR, 23.09.2020 г. - [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://new-retail.ru/marketing/grinvoshing_ili_zelenye_marketingovye_igry_proizvoditeley6532/.
3. Грачёва Ю. и др. Методическое руководство по экологизации ассортимента и грамотному позиционированию экотоваров. НП «Экологический союз». 2018..90 с. Access mode: https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/book_greenguide_final.pdf.
4. Сергиенко О.И. Basic principles and methodological aspects of foodstuffs eco-labeling // Экономика и экологический менеджмент. 2010. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/basic-principles-and-methodological-aspects-of-foodstuffs-eco-labeling> (дата обращения: 24.02.2021).



Шерматова Фируза Мирзоевна

Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
аспирант группы №7950,
направление подготовки: 16.03.03 – Холодильная, криогенная
техника и системы жизнеобеспечения,
e-mail: firuza_sh_19@mail.ru



Зайцев Андрей Викторович

Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: zai_@inbox.ru

УДК 621.565.93/.95

**МАТРИЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА МНОГОПОТОЧНЫХ
ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ**

Ф.М. Шерматова, А.В. Зайцев

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Зайцев

Работа выполнена в рамках проекта НИРМА №620149 «Усовершенствование ожигателя природного газа».

Аннотация

В работе исследуется матричная формализация расчета пластинчатого теплообменного аппарата. Рассматривается тепломассообмен в многопоточных системах со сложной конфигурацией потоков теплоносителей. В качестве теплоносителей используются многокомпонентные смеси с различными температурами кипения.

Ключевые слова

модель многопоточных теплообменников, аналитическое решение, теплопередача, численное решение, поток теплоносителей.

Теплообменник – это теплопередающее устройство, которое используется для передачи внутренней тепловой энергии между двумя или более жидкостями, при различных температурах. Теплообменники используются в качестве технологического оборудования в перерабатывающей, энергетической, нефтяной, транспортной, кондиционерной, холодильной, криогенной и других отраслях промышленности. Типичными примерами теплообменников, знакомых нам по повседневному использованию, являются автомобильные радиаторы, конденсаторы, испарители, воздухоподогреватели и маслоохладители. Многопоточные теплообменные аппараты – это теплообменники с количеством теплоносителей больше двух [3-5].

Сложная конфигурация потоков матричного метода расчета теплообменников представляет собой четырехполюсный инструмент с потоками горячего и холодного теплоносителя. На рис. 1 (а) представлена технологическая модель пластинчатого теплообменника. На модели видно, что многопластинчатый аппарат представляется

четырёхсторонним, и в нем теплоноситель взаимодействует с двумя прочими теплоносителями. Потоки бывают крайние и средние. Теплообмен в крайних потоках происходит с помощью одной стенки, а в средних – с двух сторон. Зная это, мы можем представить теплообменный аппарат как сочетание трех параллельных четырехполюсников. Схема данного теплообменника в виде трех четырехполюсников показана на рис. 1 б. Перевод из формы 1 а в 1 б для расчета теплообменного аппарата позволяет использовать матричный метод.

Горячий поток на рис. 1 а показан сплошной линией, а холодный - штриховой [1, 2].

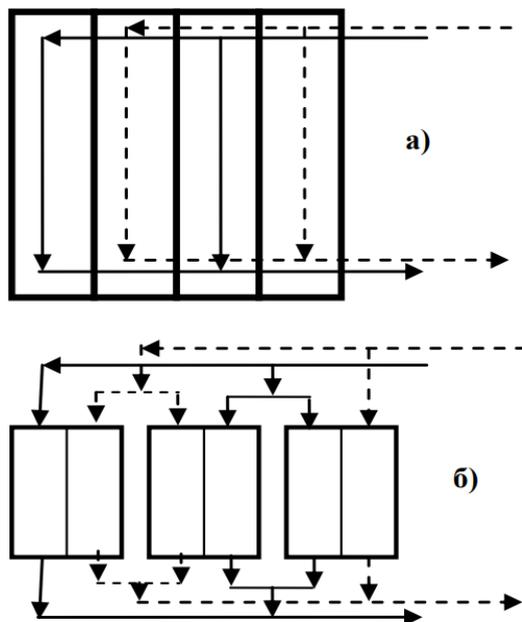


Рис. 1. Технологическая (а) и расчетная (б) схемы в четырехступенчатом пластинчатом теплообменнике с тремя секциями

Математическая модель матричного метода для расчета теплообменников в общих случаях представляется нижеследующим образом в виде системы:

$$\begin{pmatrix} -Q & C_{12}A_2 & \cdots & C_{1n}A_n \\ C_{21}A_1 & -Q & \cdots & C_{2n}A_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n1}A_1 & C_{n2}A_2 & \cdots & -Q \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -Y_{01} \\ -Y_{02} \\ \vdots \\ -Y_{0m} \end{pmatrix},$$

по-другому систему можно представить в следующем виде:

$$P \cdot Y = Y_0. \quad (1)$$

На рис. 2 представлены технологическая (а) и расчетная (б) модели теплообменного аппарата. На примере данного рисунка и приводится составление расчетной модели и численный анализ обмена тепла. Для упрощения расчетного анализа и представления анализов расчета вводится еще одна секция – четвертая. Входные параметры в четвертой секции должны соответствовать выходным параметрам анализируемого аппарата.

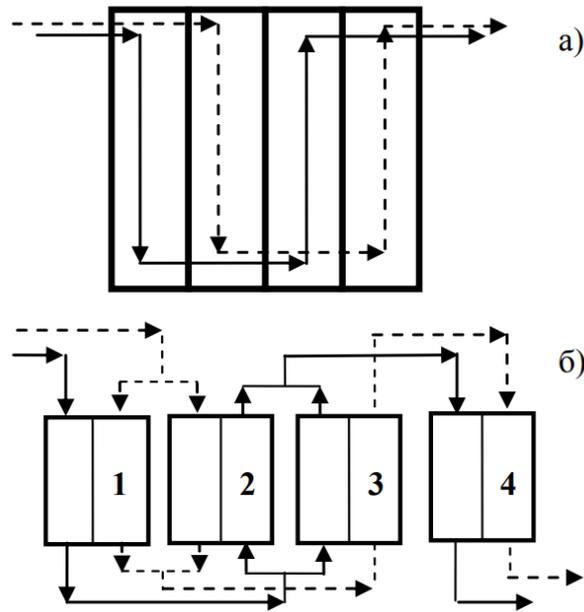


Рис. 2. Технологическая (а) и расчетная (б) модели в четырехступенчатом пластинчатом теплообменнике

Расчет проводится в двух этапах:

- 1) определяется расход;
- 2) подсчитывается температура в произвольных точках аппарата.

Как следует из расчетной схемы, которая показана на рис. 2 б, для рассматриваемого аппарата матрица коммутации записывается в следующем виде:

$$C_{11} = C_{12} = C_{13} = C_{14} = C_{22} = C_{23} = C_{24} = C_{32} = C_{33} = C_{34} = C_{41} = C_{44} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$C_{21} = \begin{pmatrix} 0.5 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad C_{31} = \begin{pmatrix} 0.5 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$C_{42} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad C_{43} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Матрица процесса на первом этапе записывается следующим образом:

$$P = \begin{pmatrix} C_{11} - Q & C_{12} & C_{13} & C_{14} \\ C_{21} & C_{22} - Q & C_{23} & C_{24} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} - Q & C_{34} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} - Q \end{pmatrix},$$

Для определения теплоносителей необходимо воспользоваться системой 1.

$$Y_0 = P^{-1} \cdot Y_0. \quad (2)$$

Следующий этап составляется за счет температур горячего и холодного теплоносителя и записывается в виде $Y = \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \end{pmatrix}$. Для всех секций (четырёхполюсников) матрица А записывается следующим образом:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}.$$

Чтобы составить баланс уравнений подобных формуле 1, надо умножить температуру потока на теплоемкость и расход.

$$\begin{pmatrix} -H_{11} & C_{12}H_{22}A_2 & C_{13}H_{33}A_3 & C_{14}H_{44}A_4 \\ C_{21}H_{11}A_1 & -H_{22} & C_{23}H_{33}A_3 & C_{24}H_{44}A_4 \\ C_{31}H_{11}A_1 & C_{32}H_{22}A_2 & -H_{33} & C_{34}H_{44}A_4 \\ C_{41}H_{11}A_1 & C_{42}H_{22}A_2 & C_{43}H_{33}A_3 & -H_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -[HY_0]_1 \\ -[HY_0]_2 \\ -[HY_0]_3 \\ -[HY_0]_4 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где $G_{ii} = \begin{pmatrix} G_{1i} & 0 \\ 0 & G_{2i} \end{pmatrix}$ – диагональная матрица затрат теплоносителей, $[GX_0] = \begin{pmatrix} Gt_{10} \\ Gt_{20} \end{pmatrix}$ – градиент температуры.

Массив уравнений (3) дает возможность установить температуру теплоносителей в произвольной точке.

На рис. 3 представлены итоги расчетного примера. На графике можно увидеть полную зависимость температуры теплоносителей от поверхности (F).

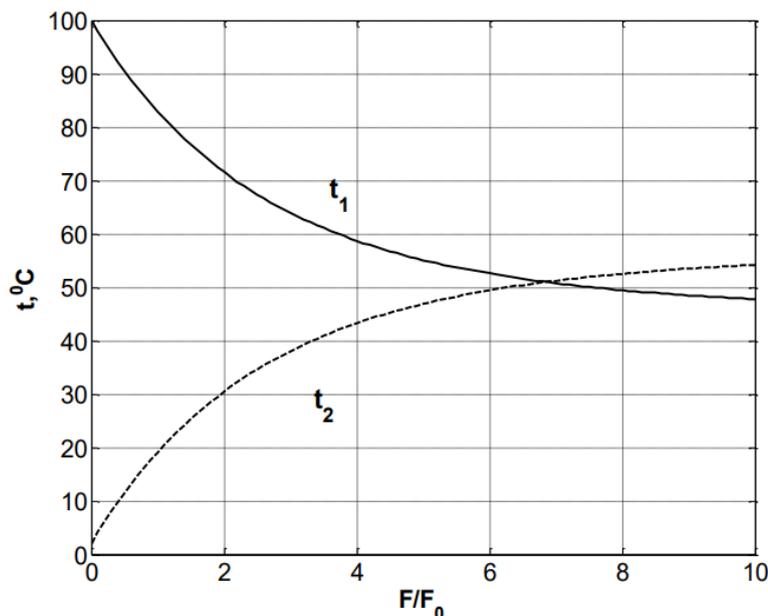


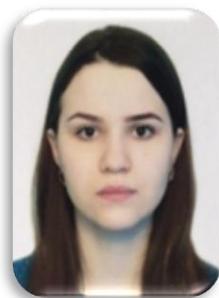
Рис. 3. Зависимости температуры горячего t_1 и холодного t_2 теплоносителя от суммарной площади теплообмена.

Рассматриваемый подход может быть удобен и интересен при анализе эффективности пластинчатых теплообменников и теплообменных аппаратов в целом.

Литература

1. Барочкин Е.В. и др.// Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2004. Т. 47. Вып. 9.
2. Сводны правил по проектированию и строительству СП 41-101-95 к СНиП 2.04.07-86. Москва. 1996.
3. Барочкин Е.В. и др.// Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2004. Т. 47. Вып. 3.

4. Жуков В.П. Применение теории цепей Маркова к динамическому моделированию теплообменных аппаратов/ Жуков В.П. [и др.] // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2005. т.Т. 48,N N 4. С.87- 89.
5. Барановский Н.В., Коваленко Л.М., Ястребенецкий А.Р. Пластинчатые и спиральные теплообменники. М.: Машиностроение. 1973. 288 с.



Шинкаренко Ольга Олеговна

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т42505с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: olya89.99@mail.ru



Юльметова Ралия Фагимовна

Год рождения: 1957
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.х.н., доцент,
e-mail: liya974@mail.ru

УДК 614.71

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ**

О.О. Шинкаренко

Научный руководитель – к.х.н., доцент Р.Ф. Юльметова

Аннотация

В работе рассмотрена проблема загрязнения воздуха дурнопахнущими веществами на животноводческих фермах. Описаны основные современные технологии и способы очистки воздуха от неприятных запахов (в составе которых содержатся сероводород, аммиак, метан, меркаптаны и т.д.) в зависимости от источника загрязнения.

Ключевые слова

Животноводческие фермы, загрязнение воздуха, навозные стоки, крупный рогатый скот, технологии очистки воздуха.

Так же, как и промышленные предприятия, животноводческие фермы загрязняют окружающую среду. Навоз и навозосодержащие стоки, а также вентиляционные выбросы из животноводческих помещений представляют опасность для окружающей среды и здоровья людей.

Не менее 30 соединений, содержащих в выбросах дунопахнущих газов животноводческих ферм, являются труднопереносимыми и вредными для здоровья. Например, сероводород, аммиак, метан, меркаптаны и другие [1].

Существуют различные технологии очистки воздуха от дурнопахнущих газов, выбрасываемых животноводческими фермами: физико-химическая (катализ, адсорбция, электрохимия), химическая (реагентная), биологическая очистки.

Запахи, производимые навозными ямами под щелевыми полами, можно удалить путем введения минеральных и биологических реагентов.

Введение минеральных реагентов-нейтрализаторов позволяет связать аммиак, амины, меркаптаны и сероводород (50-80%), эффект достигает быстро, но он является кратковременным. Необходимо периодическое внесение, из-за чего повышается солесодержание стоков.

Введение ингибиторов биологического брожения и окисления, солей тяжелых металлов, дезинфектантов позволяет снизить запахи сероводорода, аммиака, меркаптанов и аминов на 30-50%. Удаление неприятного запаха достигается не сразу, но имеет длительный характер. Эффективность данного метода невысокая, к тому же увеличивает концентрацию угарного газа, а также отрицательно влияет на дальнейшую биологическую очистку.

Введение ферментно-бактериальных биопрепаратов позволяет снизить концентрацию меркаптанов, аминов, сероводорода и аммиака на 30-60%, это происходит благодаря разложению органических веществ. Эффект достигается не сразу, но имеет длительный характер. Эффективность метода невысокая, повышает содержание угарного газа на 30-50%.

Также благодаря сооружению канализации и переработке навозных стоков можно практически избавиться от неприятных запахов.

Тентовые покрытия резервуаров и двухступенчатые реагентные фильтры позволяют достичь 90-95% степени очистки воздуха от сероводорода, меркаптана, аммиака, аминов, 80-90% альдегидов, летучих спиртов, кислот, кетонов и 80-95% пыли.

Биологическая анаэробная очистка навозных стоков на биогазовой установке снижает запахи сероводорода, меркаптана, аминов и аммиака на 50-70%, летучих спиртов, альдегидов, кетонов и кислот – на 60-70%, объём твердой фракции – в 2-5 раз.

Благодаря механическому разделению навозных стоков на твердую и жидкую фракции, дальнейшая биологическая анаэробная очистка навозных стоков на биогазовой установке снижает объём жидкой фракции в 2-5 раз [2].

Наружную очистку воздуха предлагается проводить путем использования специальных фильтров.

Центральные каминные фильтры двух-трёхступенчатые (мокрые реагентные) позволяют связать загрязнения, благодаря чему снижаются запахи сероводорода, меркаптана, аммиака, аминов на 90-95%, на 80-90% альдегидов, летучих спиртов, кислот и кетонов, 80-95% пыли.

Наружные одиночные фильтры скрубберы-абсорберы позволяют снизить запахи сероводорода, меркаптана, аммиака, аминов на 30-60%, при использовании данного метода наблюдаются проблемы в обслуживании и эксплуатации в зимнее время года.

Также существует метод очистки комплексными фильтрами, озонирование, катализ на приточной системе вентиляции, но данный способ – неэффективный и вредный для здоровья людей, так как не позволяет добиться полного окисления органических веществ, образуются канцерогенные радикалы [3].

Биогазовые станции позволяют снизить запахи до 70-80%, а доочистка стоков после биогазовой станции на аэротенках и биоплато практически полностью устраняет запахи (станция биологической очистки стоков).

На первом этапе биологической очистки происходит гидролиз и метановое сбраживание стоков в метантенке в течение 30-50 дней, при температуре 30-40°C. На втором этапе происходит бактериальное окисление стоков в аэротенке в течение 20-25 дней. Далее происходит бактериальное окисление, нитро-денитрификация стоков в аэротенке в течение 20-25 дней. Затем благодаря высшим водным растениям и биоценозу почвы происходит потребление органических и биогенных загрязнений (бактериальное окисление, нитро-денитрификация стоков) в биоплато в течение 10-15 дней. Данный метод очистки позволяет снизить запахи сероводорода, аммиака, меркаптанов, летучих спиртов, кислот, альдегидов и кетонов до 99%.

Пояс зеленых насаждений по периметру животноводческой фермы позволяет снизить запахи сероводорода, меркаптана, аммиака и аминов на 10-20%, на 10-30% - летучих спиртов, альдегидов, кетонов и кислот, на 20-40% - пыли. Это происходит благодаря потреблению органических и биогенных загрязнений наземными частями растений [2].

Дальнейшие исследования направлены на обоснование выбора наиболее эффективной и выгодной технологии очистки воздуха от дурнопахнущих веществ, выбрасываемых животноводческими фермами.

Литература

1. Трофимов А.Ф., Шалак М.В. Экологические проблемы производства молока и говядины // Животноводство и ветеринарная медицина. 2013. N 2.
2. Технологии очистки воздуха [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.eeb.com.ua/technologies/ochistka-vozduha/> (дата обращения: 23.01.2021)
3. Миронов В.Н., Гордеев В.В., Миронова Т.Ю. Очистка воздуха животноводческого помещения в культивационных сооружениях // Вестник ВНИИМЖ. 2012. N 4(8).



Ширяева Алина Евгеньевна

Год рождения: 1999

Университет ИТМО, факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы № W41502,

направление подготовки: 20.04.01 – Информационные системы
для экологической и техносферной безопасности,

e-mail: shirjaeva.a1399@gmail.com



Кустикова Марина Александровна

Год рождения: 1958

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

к.т.н., доцент,

e-mail: makustikova@itmo.ru

УДК 612.392.72

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЫРЬЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ
ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ СОЗДАНИИ
ПРОДУКТА ДЛЯ ИНКАПСУЛИРОВАНИЯ**

А.Е. Ширяева

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова

Работа выполнена в рамках темы НИР №620162 «Разработка комплексной технологии наноструктурированных мицелированных форм биологически активных веществ природного происхождения».

Аннотация

В статье приведён обзор методов оценки и результатов качества ягодного сырья. Данный обзор используется для определения пригодности рассматриваемого сырья для дальнейшего его применения при инкапсулировании. В ходе работы были изучены нормативные документы, методы проведения оценки качества сырья, а также проанализированы результаты полученной оценки ягодного сырья.

Ключевые слова

Оценка качества, ягодное сырьё, инкапсулирование, атомно-абсорбционная спектроскопия, жмых.

Россия богата плодово-ягодными культурами. Среди них широко распространены ягоды брусники, клюквы, черники и черноплодной рябины.

Ягоды доступны для промышленности и при этом имеют высокую пищевую ценность. В них высокое содержание большого количества разных витаминов (например, С, В2, В6, РР и др.), а также органических кислот и других микроэлементов [1].

Зачастую в пищевой промышленности применяют только соки плодово-ягодных растений. Однако стоит учитывать, что при переработке большое количество ценных компонентов после отделения сока остаётся в отходах, а именно в жмыхе [2]. Жмых составляет около 20-40% от общей массы ягод и состоит из неоднородной смеси кожуры, семян и пульпы. При этом использование жмыха позволяет сократить большое количество отходов, преобразуя его в сырьё [3].

В данной работе ягодный жмых рассматривается в качестве сырья, используемого для извлечения целевых компонентов при создании продукта для инкапсулирования. Одним из этапов применения ягодного сырья является оценка его качества.

Инкапсулирование представляет собой процесс включения одного материала в другой, отделяя капсулируемое вещество от окружающей его среды. При этом происходит создание новых частиц-капсул.

Результаты оценки качества показывают, насколько исследуемое сырьё подходит для изготовления определённого типа продукции по содержанию тяжёлых металлов и пестицидов, а также насколько оно соответствует требованиям государственных стандартов.

Цель работы заключается в изучении нормативов и проведении оценки качества плодово-ягодного сырья.

Исходя из поставленной цели, были сформулированы следующие задачи:

- изучить нормативы, применяемые к оценке качества сырья;
- рассмотреть методы оценки качества сырья;
- провести оценку качества жмыха клюквы, брусники, черники и черноплодной рябины и сделать выводы о его качестве.

Для определения возможности дальнейшего использования ягодного сырья был проведён анализ межгосударственных стандартов в области оценки качества пищевой промышленности:

- ГОСТ EN 14083-2013 Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение свинца, кадмия, хрома и молибдена с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии с атомизацией в графитовой печи с предварительной минерализацией пробы при повышенном давлении.

- ГОСТ Р 53183-2008 (EN 13806:2002) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением.

- ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение мышьяка и селена методом атомно-абсорбционной спектроскопии с генерацией гидридов с предварительной минерализацией пробы под давлением.

По данным нормативам определены допустимые количества веществ в образцах, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Допустимые количества веществ в испытуемых образцах

Измеряемое вещество (массовая доля)	Нормативные документы на методы испытаний	Максимально допустимые значения согласно нормативным документам, мг/кг
Свинец	ГОСТ EN 14083-2013	0,4
Мышьяк	ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005)	0,2
Кадмий	ГОСТ EN 14083-2013	0,03
Ртуть	ГОСТ Р 53183-2008 (EN 13806:2002)	0,02

В изучаемых стандартах рассматриваются разные методы оценки качества сырья, зависящие от определяемых веществ в образцах.

1. Атомно-абсорбционная спектроскопия с атомизацией в графитовой печи с предварительной минерализацией пробы при повышенном давлении.

Первым действием проба подвергается минерализации. Далее свинец, хром и молибден определяются количественно. Для этого проводят атомно-абсорбционную спектроскопию с атомизацией в графитовой печи.

Пробоподготовка заключается в минерализации раствора пробы при повышенном давлении без каких-либо дополнительных операций.

Следующим этапом проводят измерения методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Результаты подвергаются проверке качества. Изучаемые образцы сравнивают с холостыми растворами (с достоверно известным содержанием определяемых веществ). Заранее холостые образцы подвергают всем тем же операциям, что и для основного изучаемого образца.

При расчетах содержания определяемого элемента в образцах происходит обработка информации.

2. Атомно-абсорбционная спектроскопия холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением.

В данном методе определяется содержание ртути в образцах. При этом применяется кислотная минерализация пробы под давлением, а затем атомно-абсорбционная спектроскопия холодного пара.

Для начала пробу подготавливают. Для подготовки пробы раствор вносят в реакционный сосуд приставки для определения ртути. Здесь ртуть проходит процесс восстановления двухвалентным оловом или борогидридом натрия. Далее ртуть переносится в измерительную кювету спектрометра при помощи потоков газ-носителя.

Затем проводится спектрометрический анализ раствора пробы. Анализ проводят напрямую без разбавления или после него, если в этом есть необходимость.

Контроль качества результатов заключается в проведении анализа контрольной пробы с известным содержанием определяемого вещества.

3. Атомно-абсорбционная спектроскопия с генерацией гидридов с предварительной минерализацией пробы под давлением.

Метод основан на определении мышьяка и селена. Здесь применяется генерация гидридов определяемых элементов в растворе пробы, которая минерализована кислотой под давлением, с последующей атомно-абсорбционной спектроскопией.

Мы рассматриваем только определение мышьяка, так как только он представляет для нас интерес. Наличие в сырье тяжелых металлов и мышьяка негативно сказывается на здоровье человека. Селен же относится к числу микроэлементов, необходимых для нормального функционирования организма.

Перед тем, как проводить спектрометрическое измерение, подготавливают раствор пробы. Для этого проводят процедуру восстановления мышьяка в растворе.

Для раствора пробы и фонового раствора также производятся процедуры предварительного восстановления. Если есть необходимость, раствор разбавляют. К анализу не допускаются растворы с желтой окраской, так как при этом возможно получение недостоверных результатов.

Как и в других методах, здесь проводится анализ контрольной пробы с известным содержанием определяемого элемента.

Во всех методах для оценки качества сырья применяется атомно-абсорбционная спектроскопия.

Атомно-абсорбционная спектрометрия - это метод определения концентрации элемента в образцах путем измерения поглощения электромагнитного излучения атомными парами элемента в тестовом образце. Испытание проводится на длине волны одной из линий поглощения определяемого элемента, при этом количество поглощенного излучения пропорционально концентрации элемента.

Последовательность работы здесь такова:

1. Образец вводится в источник излучения. Там испаряются твёрдые и жидкие пробы, диссоциируются соединения, возбуждаются атомы и ионы.
2. Получение свечения преобразуют в спектр.
3. Спектр расшифровывают. Используются таблицы и атласы спектральных линий элементов.

В работе мы рассматриваем образцы жмыха клюквы, брусники, черноплодной рябины и черники, которые были предоставлены нам из Псковской области. Ягоды, из которых был получен жмых, были предоставлены с территорий, удаленных от промышленных предприятий. Следовательно, превышение концентраций содержания тяжёлых металлов в исследуемом жмыхе маловероятно.

Следующим этапом исследования стало проведение оценки качества жмыха. Были использованы все методы оценки, поскольку каждый метод применим только для определения наличия в сырье конкретной группы веществ.

Образцы были отправлены на анализ в испытательную лабораторию пищевых продуктов, сырья и материалов для установления соответствия ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевых продуктов». Испытания были проведены в соответствии с нормативами ГОСТ EN 14083-2013, ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005), ГОСТ Р 53183-2008 (EN 13806:2002).

Согласно результатам испытаний, представленных в табл. 2, содержание веществ в представленных образцах соответствует норме.

Таблица 2

Результаты испытаний

Наименование образца	Наименование измеряемого вещества (массовой доли)	Результаты испытаний, мг/кг
Жмых ягод брусники	Свинец	Менее 0,2
	Мышьяк	Менее 0,1
	Кадмий	Менее 0,02
	Ртуть	Менее 0,005
Жмых ягод черники	Свинец	Менее 0,2
	Мышьяк	Менее 0,1
	Кадмий	Менее 0,02
	Ртуть	Менее 0,005

продолжение таблицы

Наименование образца	Наименование измеряемого вещества (массовой доли)	Результаты испытаний, мг/кг
Жмых ягод клюквы	Свинец	Менее 0,2
	Мышьяк	Менее 0,1
	Кадмий	Менее 0,02
	Ртуть	Менее 0,005
Жмых ягод черноплодной рябины	Свинец	Менее 0,2
	Мышьяк	Менее 0,1
	Кадмий	Менее 0,02
	Ртуть	Менее 0,005

В ходе работы были проанализированы полученные результаты оценки качества плодово-ягодного сырья, рассмотрено наличие тяжёлых металлов и пестицидов с целью возможности применения сырья для извлечения целевых компонентов.

Анализ нормативных документов даёт представление о том, какими методами проводилась оценка качества.

Исследуемое сырьё (жмых ягод клюквы, черники, брусники и черноплодной рябины) соответствует нормативам ГОСТ. Содержание ртути, мышьяка, свинца и кадмия в образцах находится в пределах нормы. Изучаемый жмых может быть использован в качестве сырья для извлечения целевых компонентов при дальнейшем инкапсулировании.

Литература

1. Алексеенко Е.В. Инновационные технологии переработки ягодного сырья: научные и прикладные аспекты: автореф. дис. док. технич. наук: 05.18.01 / Моск. гос. унив. пищ. произв. М. 2013. 478 с.
2. Рециклинг отходов в АПК: справочник / Голубев И.Г., Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю., Лопатников М.В. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2011. 296 с.
3. Бакин И.А., Мустафина А.С., Вечтомова Е.А., Колбина А.Ю. Использование вторичных ресурсов ягодного сырья в технологии кондитерских и хлебобулочных изделий // Food Processing: Techniques and Technology. Vol. 45. 2017. N 2.



Щеглова Варвара Дмитриевна

Год рождения: 2000
Университет ИТМО,
факультет прикладной оптики,
студент группы №В3220,
направление подготовки: 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии,
и биотехнологии,
e-mail: varya.sheglova@yandex.ru



Митропов Владимир Викторович

Университет ИТМО,
факультет энергетики
и экотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: vvmitropov@itmo.ru

УДК 620.92

**ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ
РАЗВИТИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

В.Д. Щеглова

Научный руководитель – к.т.н., доцент В.В. Митропов

Аннотация

В статье дан обзор на реализуемые способы генерации энергии из геотермальных источников. Рассмотрены простые и, более детально, бинарные циклы на геотермальных электростанциях. Проанализированы преимущества и недостатки двух бинарных циклов: органического цикла Ренкина и цикла Калины.

Ключевые слова

Геотермальные источники, альтернативные источники энергии, альтернативная энергетика, бинарные циклы, цикл Калины, органический цикл Ренкина.

Неисчерпаемость запасов и полная независимость от условий окружающей среды, времени суток и года делают геотермальные источники одними из самых привлекательных ресурсов в современной энергетике. Потенциал таких ресурсов составляет $(47 \pm 2) \cdot 10^{12}$ Ватт, что эквивалентно теплу, которое могут генерировать 50 тысяч атомных электростанций (средняя мощность одной АЭС около 10^9 Ватт) [1]. В мировой практике применяются различные способы получения электричества из геотермальных источников: термоэлектрические генераторы, установки на основе бинарных циклов.

Анализ и сравнение вышеупомянутых видов преобразования энергии в первую очередь позволяет прийти к выводу, что наиболее используемыми являются установки, применяющие термоэлектрические генераторы и паровой цикл расширения, однако их эффективность значительно ниже эффективности цикла Карно. Для справки: КПД термоэлектрического генератора примерно 10%, парового цикла около 50%. Теоретически КПД цикла Карно (1) является самым высоким, который может быть достигнут путем преобразования тепловой энергии в механическую, но следует

заметить, что КПД цикла Карно используется только в качестве сравнения.

$$\eta_{\text{carno}} = 1 - \frac{T_c}{T_b}, \quad (1)$$

где T_c – температура конденсации, T_b – температура кипения.

Для низкопотенциальных геотермальных источников (ниже 150°C) были разработаны более эффективные бинарные циклы с промежуточным рабочим телом. В этом случае промежуточное рабочее тело используется для нагрева и испарения в специальном теплообменнике основного рабочего тела, циркулирующего уже во вторичном контуре бинарной ГеоЭС. На рис. 1 представлен упрощенный принцип работы бинарного цикла.

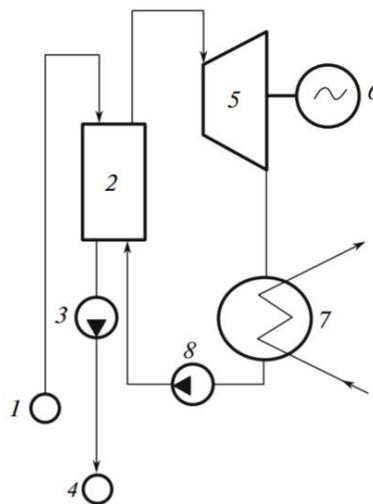


Рис. 1. Схема бинарной ГеоЭС: 1 – геотермальная добычная скважина; 2 – теплообменник с рабочим агентом; 3 – нагнетательный насос; 4 – нагнетательная скважина; 5 – турбина; 6 – генератор; 7 – конденсатор; 8 – циркуляционный насос второго контура

Сегодня наиболее широко применяется цикл Ренкина на основе органического теплоносителя (ОРС-цикл), например изобутана или изопентана. Этот цикл имеет одну ступень внутрициклового регенерации теплоты. В единичных случаях в геотермальной энергетике (Хусавик, Исландия; Унтерхахинг, Германия; Ниагата, Япония; Тайбей, Тайвань) применяется цикл Калины, в котором рабочим агентом является водный раствор аммиака. Так как вода и аммиак имеют разные критические температуры, то есть равновесное состояние между жидкой и газообразной фазами у каждого из них наступает при различных параметрах, фазовое состояние смеси в ходе процесса и, соответственно, концентрация в ней компонентов непрерывно меняется. С помощью добавления дополнительных теплообменников такая система позволяет оптимизировать теплообмен и, по сути, является циклом Ренкина с регенерацией теплоты. На рис. 2 представлены циклы Ренкина и Калины. Между двумя диаграммами можно заметить существенную разницу: в цикле Ренкина во время фазового перехода температура не изменяется, а в цикле Калины температура меняется даже в пределах фазового перехода. Видно, что при подводе тепла температура повышается, а при отводе, наоборот, понижается. Для цикла Ренкина средние температуры подвода и отвода тепла будут равны температурам кипения и конденсации соответственно. Для цикла Калины видно, что диапазон температур в нем шире, чем в традиционном цикле: он имеет более высокую среднюю

температуру поглощения тепла и более низкую среднюю температуру отвода. Таким образом, КПД цикла Калины будет больше.

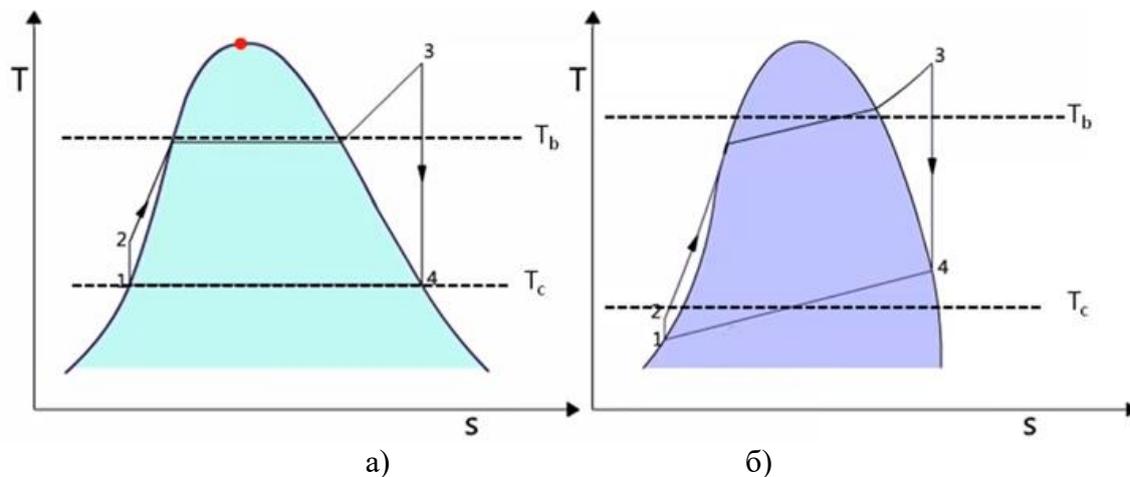


Рис. 2. а) цикл Ренкина, б) цикл Калины

Благодаря свойствам двухкомпонентного рабочего агента цикл Калины оказался эффективнее ОРС-цикла. По некоторым оценкам, при работе с одним и тем же источником тепловой энергии цикл Калины примерно на 3% эффективнее, чем органический цикл Ренкина [2], но это не гарантирует циклу Калины всеобщее признание. Среди бинарных циклов традиционный ОРС-цикл был и остается экономически более привлекательным для геотермальных электростанций по нескольким причинам:

1. Низкая стоимость оборудования.
2. Простота реализации и установки.
3. Возможность использования разнообразных теплоносителей в широком диапазоне температур и давлений, что обеспечивает работу как в высокотемпературной, так и в низкотемпературной областях.

Таким образом, несмотря на безусловную эффективность цикла Калины, по-прежнему существуют различные проблемы в его развитии. Выработка электроэнергии из низкопотенциальных геотермальных источников является единственным успешным его применением, и пока не удастся применить этот цикл при высоких температурах (выше 150°C) [3]. Практическое воплощение установки, работающей по циклу Калины, осуществлено на северо-восточном побережье Исландии, в Хусавике — городке, насчитывающем 2,5 тыс. жителей. Их потребности в электроэнергии на 80% покрывает эта установка [4].

Литература

1. Капитонов И.М. Ядерное тепло Земли. Капитонов И.М., Ишханов Б.С.// Университетская книга – Радиоактивность атомных ядер: сб. учеб. пособие. / МГУ. Москва. 2017. С. 48–56.
2. Белов Г.В., Дорохова М.А. Органический цикл Ренкина и его применение в альтернативной энергетике. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. С. 99–124 / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskiy-tsikl-renkina-i-ego-primeneniye-v-alternativnoy-energetike/viewer> (дата обращения 22.02.2021).
3. Карабарин Д.И. Повышение эффективности использования низкопотенциальной теплоты: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.14.04) / Карабарин Д.И.

- Сибирский федеральный университет. Красноярск. 2019. 197 с.
4. Вафина Ю.А. Энергосбережение за счет использования альтернативных источников энергии и вторичных энергоресурсов: Россия и мировой опыт // Вестник Казанского технологического университета. 2012. С. 265–272.



Яхьярова Дильназ

Год рождения: 1998

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

студент группы № W42522,

направление подготовки: 27.04.01 – Стандартизация и метрология,

e-mail: di.yakhy@gmail.com



Кустикова Марина Александровна

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

к.т.н., доцент ФЭ и ЭТ,

e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 502.55

ОСОБЕННОСТИ СОРТИРОВКИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В РОССИИ

Д. Яхьярова

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова

Аннотация

В работе рассмотрены особенности сортировки твердых коммунальных отходов в городах России. В ходе работы выполнено исследование способов и видов сортировки твердых коммунальных отходов в разных странах и на основе полученных данных проведен сравнительный анализ с Россией.

Ключевые слова

Твердые коммунальные отходы, сортировка отходов, экология, управление ТКО, особенности сортировки в России.

По данным Всемирного банка (2019), в год воспроизводится более 2 млрд тонн твердых коммунальных отходов. По данным Росприроднадзора за 2019 год, на территории Российской Федерации было образовано 61 147 655 тонн ТКО, из них 18 186 040 тонн направлено на обработку и 2 674 946 тонн направлено на утилизацию [1].

Огромные горы мусора приносят множество проблем для человечества и, в частности, для окружающей среды. К ним можно отнести выбросы токсичных газов, неприятные запахи, загрязнение грунтовых вод, что способствует возникновению болезней, в том числе со смертельным исходом. Исследования показывают, что 33% мировых отходов обрабатываются неправильно: использование свалок и полигонов, или сжигание.

В России нет традиции утилизации и сортировки коммунальных отходов. Существующие на сегодня свалки достигают пределов своих возможностей. В 2018 году правительство РФ ввело Национальный проект «Экология» по защите окружающей среды. Частью этого плана является внедрение системы управления твердыми коммунальными отходами, а также ликвидация всех несанкционированных свалок к 2024 году [2].

В среднем на каждого жителя России приходится 400 кг твердых коммунальных отходов в год. Предприятий, которые занимаются сбором, сортировкой и их утилизацией мало: на территории России находится 240 комплексов по переработке ТКО. Более 90% отходов вывозится на свалки – это около 70 млн тонн отходов в год. Всего в стране 5 500 санкционированных и 17 000 несанкционированных свалок, что составляет около 4 млн га. При этом каждый год площадь увеличивается на 400 тыс га.

К регионам с наибольшим количеством отходов относятся: Московская область, Москва, Краснодарский край, Республика Башкортостан, Свердловская область, Санкт-Петербург, Ростовская область и т.д.

Москва является самым густонаселенным мегаполисом страны. С января 2020 года для сбора и сортировки твердых коммунальных отходов в столице ввели отдельные контейнеры для органики и вторсырья, которые составляют 4% от общего числа переработки всех отходов города. Граждане с недоверием относятся к нововведениям, поэтому сортировка отходов пока еще не вошла в обиход жителей.

Санкт-Петербург и Ленинградская область входят в топ регионов с наибольшим количеством вырабатываемых отходов. Сегодня в городе и области перерабатывается 17% ТКО, что является самым лучшим показателем по стране.

Статистика наглядно показывает, что к странам с самым большим количеством вырабатываемых твердых коммунальных отходов относятся США, Китай, Индия, Бразилия, Россия, Германия, Япония и т.д. Страны Европы, Япония и США имеют наиболее успешный опыт борьбы с отходами. Главная особенность сортировки передовых стран является то, что они с 1970-х и 1980-х годов уже начали вводить проекты по управлению отходами. И за долгие годы им удалось воспитать гражданскую сознательность и научиться грамотно сортировать отходы. Многие страны устанавливают в магазинах терминалы для сдачи пластиковых и стеклянных бутылок. В Германии, например, стоимость упаковки включают в стоимость товара в качестве залога, и после сдачи на переработку этот залог возвращается. В Бразилии же сбором и сортировкой отходов занимаются самые бедные слои населения: за 6 собранных пакетов отходов выдается 1 пакет еды [3]. Как некоторые страны обрабатывают ТКО, представлено на рисунке.



Рисунок. Обработка отходов в некоторых странах

Как показывает опыт стран Европы, США и Японии, наилучший способ утилизации отходов – его переработка и сжигание тех отходов, которые не подлежат для вторичного использования. Например, в Германии 32% отходов сжигается, в Китае – 30%, в США – 13%, в Южной Корее – 25%, а в Японии – все 80%. В Германии 48% ТКО перерабатывают, в США переработке поддаются 34%, в Южной Корее – 58%, в Канаде – 21%. В России только 10% перерабатываются, остальные 90% вывозятся на открытые свалки.

По итогам анализа можно сделать вывод, что главным ключом для успешной реализации проекта по защите окружающей среды является изменение поведения граждан, привлечение к системе сортировки отходов.

В ходе работы были исследованы методы и виды сортировки в разных странах и был проведен сравнительный анализ состояния в России. Решение проблемы с утилизацией отходов в РФ только начинает развиваться по следующим направлениям:

- а) разработка надежных систем для сбора ТКО и ее сортировки;
- б) сжигание отходов;
- в) повышение осведомленности среди потребителей и производителей.

Рекомендуется вводить программы по мотивации потребителей разделять и сдавать ТКО для повторного использования. Также предлагается для решения этой проблемы вводить автоматические системы для сбора и сортировки твердых коммунальных отходов.

Литература

1. Росприроднадзор. Справочная информация [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rpn.gov.ru/activity/regulation/help/> (дата обращения: 28.01.2021).
2. Паспорт Национального проекта «Экология» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/ (дата обращения: 02.02.2021).
3. От отходов на улицах до глубокой сортировки: мировой опыт борьбы с мусором [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://tass.ru/spec/mirovoi_musor (дата обращения: 27.01.2021).

СОДЕРЖАНИЕ

НАПРАВЛЕНИЕ «ПИЩЕВЫХ БИОТЕХНОЛОГИЙ И ИНЖЕНЕРИИ; НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА; ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ».....	4
Миниахметова А.В., Сергиенко О.И. СОЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КАК ИНСТРУМЕНТ МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	5
Миннигазимова Л.И., Тимофеева И.В. ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ПЕСЧАНЫХ ПОБЕРЕЖИЙ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА ЧАСТИЦАМИ РАЗЛИЧНЫХ ФРАКЦИЙ.....	11
Митрофанова Е.С., Козликова А.В. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С УТИЛИЗАЦИЕЙ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ.....	16
Назарова А.В., Молодкина Н.Р. АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НЕПРИЯТНО ПАХНУЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ НА ПТИЦЕВОДЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ.....	21
Назин М.А., Кустикова М.А. ВНЕДРЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO В АВТОМАТИЧЕСКУЮ СОРТИРОВКУ ОТХОДОВ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА.....	25
Наумов Ф.В., Зайцев А.В. PRE-FEED МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГАЗИФИКАЦИИ СПГ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ПЛАВУЧЕГО ЭНЕРГОБЛОКА.....	31
Николаев Е.М., Максименко Н.И., Кочурова А.И., Сарамотина В.А. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЭКСТРАКЦИИ УГЛЕВОДОВ ИЗ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЭТАНОЛА.....	37
Новикова А.Д., Савоскула В.А., Сергиенко О.И. ФАКТОРЫ, ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ РАЗВИТИЮ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ.....	44
Омельяненко В.А., Гатауллина Д.Р. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА РАБОТНИКА УСТАНОВКИ ПО ФИЛЬТРАЦИИ САХАРНОГО СИРОПА.....	47

Острохишко А.А., Николаева А.Д., Березина Е.А., Помыткина А.В., Николаев К.Г. ОБНАРУЖЕНИЕ АНТИБИОТИКОВ В СЫРОМ КОРОВЬЕМ МОЛОКЕ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОХИМИИ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	52
Першина Л.В., Николаев К.Г., Шиловских В.В., Скорб Е.В. ПРОЦЕССЫ ИОННОГО ПЕРЕНОСА НА МЕЖФАЗНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ПРИ СОЗДАНИИ ИОНСЕЛЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ.....	58
Пивоваров А.С. СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНОГО МОМЕНТА.....	62
Лисина Е.И., Пискунова А.В. ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ.....	69
Предко К. ОЦЕНКА ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В СИСТЕМАХ СЕРТИФИКАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	73
Раджабов С.Р. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА УЧАСТКЕ КОМПРИМИРОВАНИЯ ГАЗА.....	77
Rakhamnov Y.A., Khutornaia I., Kalashnikova L.I., Shevchenko V.V., Mohammed I., Meganathan S. ENERGY UTILIZATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN THE VIEW OF CIRCULAR ECONOMY PERSPECTIVE.....	82
Резченко О.Д. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОБРАЗОВАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В РАСТЕНИЯХ.....	88
Роголев А.И. АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ ДОКУМЕНТОВ РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ ВНЕДРЕНИЕ НДТ.....	91
Роголев А.И., Банарь С.А. ПУТИ СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЙ РУБОК ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	96
КУСТИКОВА М.А., РУНГ Ю.О. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	101
Савельев А.И., Орипова А.А. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ СОЛЕЙ КАЛЬЦИЯ ИЗ МОРСКИХ ГИДРОБИОНТОВ.....	105

Саламахина А. БЕТА-ГЛЮКАН КАК БИОСОВМЕСТИМАЯ ОБОЛОЧКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМОЙ ФОРМЫ КАРАТИНОИДА.....	110
Санавбаров Р.И., Зайцев А.В. АНАЛИЗ ОЖИЖИТЕЛЕЙ ПРИРОДНОГО ГАЗА С ЦИКЛОМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ.....	115
Сиротин А.В. ГЕЛИЕВАЯ РЕФРИЖЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА С СОРБЦИОННЫМ НАСОСОМ ДЛЯ КРИОСТАТИРОВАНИЯ КВАНТОВОГО ПРОЦЕССОРА СОВРЕМЕННОГО ТИПА.....	121
Смирнова А.Ю. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ИНФОРМАЦИИ ГИС, КАК ОСНОВА ВЕДЕНИЯ КАДАСТРА ООПТ	125
Снытко Ю.Н., Кустикова М.А. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ГАЗОАНАЛИЗАТОРА ФРЕОНА.....	128
Соколенко Д.С., Александрова Е.Ю. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ДРЕВОСТОЯ СКВЕРОВ ГОРОДА МУРМАНСКА.....	134
Тауберт Е.А., Павлова А.С. УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ЗА СЧЕТ РЕОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	138
Темнов А.А., Захарова В.Ю., Файзуллин Р.О. ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ РАБОТЫ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ЗАЩИТЕ БОРТОВЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ.....	142
Терентьева А.С. ОСОБЕННОСТИ ПРОБОПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ ИЗ ЖМЫХА ЯГОД.....	147
Тимирьянова А.А., Кравцов А.Я., Миниахметова А.В., Сергиенко О.И. ВНЕДРЕНИЕ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА МУСОРОСОРТИРОВОЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ.....	153
Тихонова Г.А. АНАЛИЗ РЫНКА RDF-ТОПЛИВА.....	157
Токбаева А.А., Кудрявцева В.А. ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТОВ ПЕКТОЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НА ВЫХОД СОКА ИЗ БОРЩЕВИКА (<i>HERACLEUM SP.</i>).....	163

Токбаева А.А., Репнин А.Ф., Роцин В.И. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРПЕНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ КОРНЕЙ БОРЩЕВИКА (<i>HERACLEUM SP.</i>).....	167
Тонкова К.В., Забелина А.В. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВАЛОЧНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ.....	171
Торопова А.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАЛЛУСНЫХ ТКАНЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	176
Тюрикова Е.П., Быковская Е.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОЗОНООПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	179
Усас О.Р. АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКОГО И ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ТКО.....	183
Фахртдинова С.З., Тимофеева И.В. ПРИРОДНЫЕ ХЛАДАГЕНТЫ В ТЕХНИКЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР (АММИАК, УГЛЕВОДОРОДЫ, ДИОКСИД УГЛЕРОДА).....	186
Филина В.С., Забелина А.В. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНОЙ ФРАКЦИИ ОТХОДОВ КАК ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ.....	192
Флегентова К.А., Забелина А.В. ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ ОФИСНОЙ И БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ, УТРАТИВШЕЙ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА, В СООТВЕТСТВИИ С ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТРЕТЕГИЕЙ РФ.....	195
Халиманчик А.О., Зайцев А.В. ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МАЛОТОННАЖНОГО СПГ.....	199
Хамзина А.М., Карпова Н.Г., Кустикова М.А. НАЦИОНАЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ УНИЧТОЖЕНИЯ ИЛИ РЕЦИКЛИНГА ОЗОНОРАЗРУШАЮЩИХ ВЕЩЕСТВ.....	202
Хохол Е.А. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЮЖНЫХ РЕГИОНАХ РФ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ.....	208

Хуторная Ю.А. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ЦЕПОЧКЕ СОЗДАНИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ.....	213
Цветков В.А., Пронин В.А., Кованов А.В. ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВИНТОВЫХ КОМПРЕССОРНЫХ МАШИН.....	218
Челомбиткин М.А. ДИЗАЙН ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ, ОБОГАЩЕННЫХ ФИТОСТЕРИНАМИ.....	223
Черезова А.С., Дубровская О.Ю. АНАЛИЗ ВОЗВРАТНЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПО САНКТ-ПЕТЕРБУРГУ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ИЗ РОЗНИЧНЫХ СЕТЕЙ.....	229
Черепович Д.С., Сергиенко О.И., Савоскула В.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, СДЕРЖИВАЮЩИХ ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА НА РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	233
Шанин В.А., Егорова О.А., Леу А.Г. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ПРОЦЕССАХ ЭКСТРАКЦИИ.....	237
Шашихин Т.Н. МЕТОД 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ДЕТАЛЬНОГО РАССМОТРЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ОПАСНОГО ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	242
Шевченко М.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В РАМКАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОЛИГОНА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ.....	244
Шевченко В.В. "ГРИНВОШИНГ" НА РЫНКЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ КАК РАЗНОВИДНОСТЬ НЕДОБРОСОВЕСТНОГО ЭКОМАРКЕТИНГА.....	248
Шерматова Ф.М., Зайцев А.В. МАТРИЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА МНОГОПОТОЧНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ.....	253
Шинкаренко О.О. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ.....	258

Ширяева А.Е. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЫРЬЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ СОЗДАНИИ ПРОДУКТА ДЛЯ ИНКАПСУЛИРОВАНИЯ.....	261
Щеглова В.Д. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.....	266
Яхьярова Д. ОСОБЕННОСТИ СОРТИРОВКИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В РОССИИ.....	270

**АЛЬМАНАХ
НАУЧНЫХ РАБОТ
МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ
Университета ИТМО**

Том 1
Часть 2

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Дизайн обложки

Вёрстка

Подписано к печати 26.10.2021

Заказ № 4524 от 26.10.2021

Тираж 100 экз.

Печатается в авторской редакции

Н.Ф. Гусарова

Н.А. Потехина

Я.Я. Платунова

ISBN 978-5-7577-0649-8



9 785757 706498

Редакционно-издательский отдел
Университета ИТМО

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49