

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 1



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург

2021

УДК_082.2

ББК_94.3

Альманах научных работ молодых учёных Университета ИТМО. Том 1.
Часть 1. СПб.: Университет ИТМО. 2021. 258 с.

Издание содержит результаты научных работ молодых учёных, доложенные на Пятидесятой научной и учебно-методической конференции Университета ИТМО по тематикам: пищевые биотехнологии и инженерия; 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 978-5-7577-0649-8 (Том 1, часть 1)



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: пищевые биотехнологии и инженерия; 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, РНФ, по постановлению Правительства РФ № 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 поддержке 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
«ПИЩЕВЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРИЯ;
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА;
ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ»

Алиев Тимур Алекберович

Университет ИТМО,
Научно-образовательный центр инфохимии,
студент группы №О41441,
направление подготовки: 18.04.01 – Биотехнология,
e-mail: aliev@infochemistry.ru

Тимралиева Александра Акбулатовна

Университет ИТМО,
Химико-биологический кластер,
студент группы №А42401,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: timralieva@itmo.ru

Кацуба Константин Евгеньевич

Университет ИТМО,
Научно-образовательный центр инфохимии,
студент группы О41441,
направление подготовки: 18.04.01 – Биотехнология,
e-mail: katsuba@infochemistry.ru

Куракина Татьяна Андреевна

Университет ИТМО,
Научно-образовательный центр инфохимии,
лаборант,
e-mail: katsuba@infochemistry.ru

Скорб Екатерина Владимировна

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

УДК 54.062

**НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ
РЕАКЦИОННО-ДИФФУЗИОННЫХ СИСТЕМ
Т.А. Алиев, К.Е. Кацуба, Т.А. Куракина, А.А. Тимралиева
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

В настоящий момент активно развивается область точечной доставки биоактивных молекул в организм. Для контроля над процессом инкапсуляции мы предлагаем использовать реакционно-диффузионную систему в прозрачной матрице, что позволит in-situ контролировать формирование капсул. Для оценки процесса инкапсуляции путем анализа изображений были использованы две сверточные нейросети, показавшие высокую валидационную точность.

Ключевые слова

Реакционно-диффузионные системы, инкапсулирование, сверточные нейросети, машинное обучение.

Реакционно-диффузионные системы позволяют точно контролировать протекание химической реакции за счет диффузии компонентов к друг другу через инертную среду. Для ряда актуальных направлений современной химии и материаловедения является критически важной возможность контроля процесса формирования микро- и наноструктур. К ним можно отнести и исследования в области инкапсуляции биоактивных молекул для их точечной доставки в организм.

В рамках такого подхода биоактивные молекулы окружают оболочкой, своего рода «каркасом». Такие оболочки должны отвечать ряду специфических требований: во-первых, они должны быть стабильны при контакте с биологическими агентами в течение доставки активных молекул к целевой точке организма, и во-вторых, распад оболочки должен быть инициирован изменениями внешних условий, интервал которых достаточно узок. Также стоит отметить, что продукты распада оболочки должны быть нетоксичны и легко выводиться из организма без накопительного эффекта в органах и тканях [1]. Кроме того, обязательно сохранение функционала активных молекул после их высвобождения из капсулы, что также усложняет подбор материала для «каркаса».

В роли оболочки для капсул возможно использование супрамолекулярных самосборок. Данные комплексы соединены распределенной сетью водородных связей. Особенностью водородных связей является сравнительно низкая энергия связи, при этом формирование, связи в свою очередь, не требует изменения состава или структуры молекулы. Часть самосборок обладает при этом жесткой структурой, что в случае их использования в качестве капсул обеспечит гарантированную доставку целевого компонента.

Выбранный в качестве материала для капсул цианурат меламина представляет собой структуру из молекул меламина и циануровой кислоты, которые соединены водородными связями в форме розетки [2]. Данная структура обеспечивает возможность внедрения в цианурат меламина ряда крупных органических молекул, обладающих биологической активностью.

Так, для модельной системы в качестве внедряемого компонента была выбрана цепь олигонуклеотидов, модифицированных красителем, таким как тетраметилродамин. В работе показано, что варьирование внешних условий позволяет получить капсулы с различным количеством внедренного активного вещества при сохранении его концентрации в растворе неизменной. Наиболее четкую корреляцию данный параметр показал с фоновой концентрацией катионов магния.

Капсулы, образованные в ходе медленной диффузии меламина и циануровой кислоты в агарозном геле в присутствии меченного олигонуклеотида друг к другу, были проанализированы методом флуоресцентной микроскопии. Меченные тетраметилродамином молекулы проявляют заметную желтую люминесценцию, что позволяет отличить их от самосборок цианурата меламина.

Интенсивность люминесценции в первую очередь зависит от количества инкапсулированного реагента. Степень успешности инкапсуляции олигонуклеотидов и, соответственно, их концентрация в сформированной капсуле, как уже упоминалось ранее, напрямую зависит от концентрации катионов магния в агарозном геле.

Особенностью реакционно-диффузионных систем является неоднородность распределения образуемых частиц по размерам в зависимости от участка системы. Данное распределение легко предсказывается, однако для сравнения интенсивности люминесценции капсул в данной системе необходимо рассматривать в каждом из образцов один и тот же участок.

Данное ограничение касается только такого инструмента, как человеческое зрение. В ходе работы было предложено использование нейронных сетей для определения фоновой концентрации катионов магния в зависимости от характерных особенностей изображений, снятых с использованием флуоресцентной микроскопии. База данных изображений включала пять категорий с определенной концентрацией катионов магния, при этом в каждой категории содержались снимки с разных участков изучаемой системы, как на рис. 1.

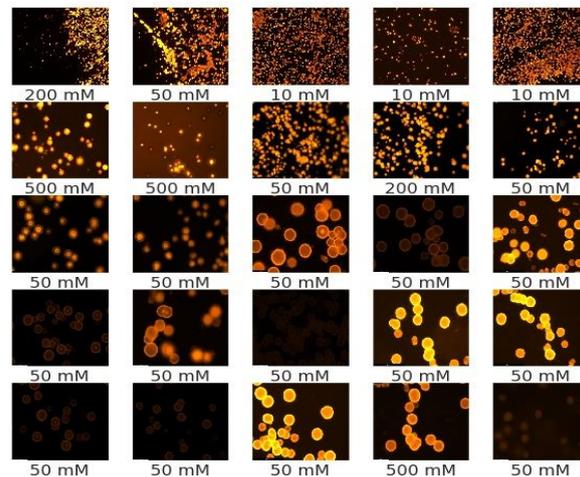


Рис. 1. Примеры изображений капсул в базе данных

Для подготовки категорий базы данных, однородных по объему изображений, использовалась аугментация данных. Алгоритм работы нейросетей в целом состоит из трех стадий: извлечение признаков, обучение нейросети и тестирование нейросети. Были использованы две сверточные нейросети, одна из которых VGG16. Обе нейросети необходимы для извлечения из базы данных паттернов, характерных для изображений с определенной концентрацией катионов магния. Точность по валидационной выборке для первой нейросети составила 83%, однако по предсказательной аналитике данная нейросеть показала недостаточно удовлетворяющие результаты, как показано на рис. 2.

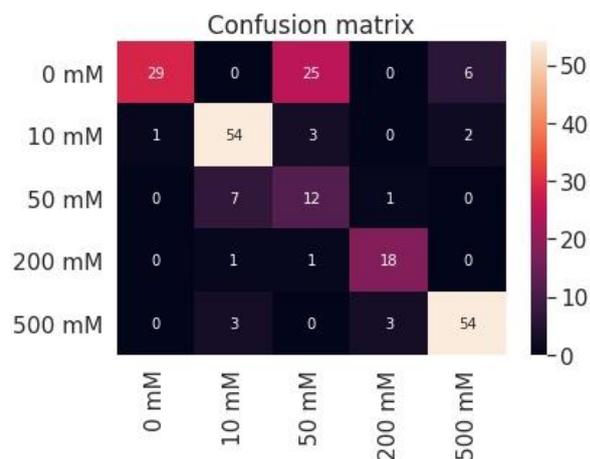


Рис. 2. Матрица неточностей для первой сверточной нейросети

Точность по валидационной выборке для второй сверточной нейросети VGG16 составила 91% с достаточно низким количеством неточностей в предсказательной аналитике, что подтверждает рис. 3.

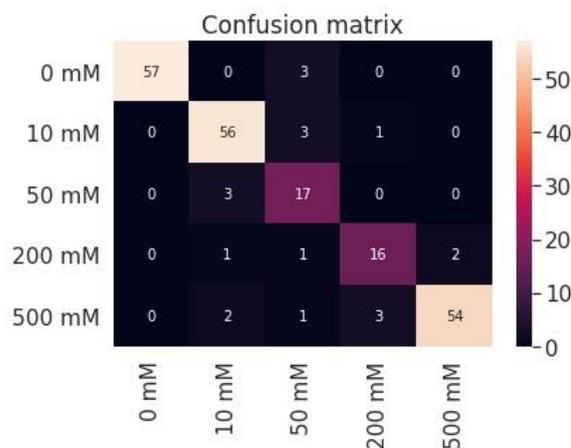


Рис. 3. Матрица неточностей для второй сверточной нейросети VGG16

Таким образом, полученные результаты подтверждают, что сверточные нейронные сети подходят для анализа изображений реакционно-диффузионных систем. Использование методов машинного обучения снизит вероятность ошибок, обусловленным человеческим факторов, и увеличит скорость аналитики.

Литература

1. Shilovskikh V.V., Timralieva A.A., Nesterov P.V., Novikov A.S., Sitnikov P.A., Konstantinova E.A., Kokorin A.I., Skorb E.V., «Melamine-barbiturate supramolecular assembly as pH-dependent radical trap material» // Chemistry – A European Journal. 2020. P. 16603.
2. Shilovskikh V.V., Timralieva A.A., Belogub E.V., Konstantinova E.A., Kokorin A.I., Skorb E.V., «Radical Activity of Binary Melamine-Based Hydrogen-Bonded Self-Assemblies» // Applied Magnetic Resonance. 2020. P. 942.

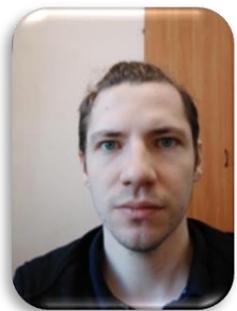


Аль-Ясари Аркан Хади

Год рождения: 1975

Университет ИТМО,
факультет биотехнологий
аспирант,

направление подготовки: 19.04.01 – Промышленная
экология и биотехнологии,
e-mail: arkanhadi888@gmail.com



Челомбиткин Михаил Александрович

Год рождения: 1993

Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
аспирант,

направление подготовки: 19.04.01 – Промышленная
экология и биотехнологии,
e-mail: mchelombitkin@gmail.com



Береснева Александра Олеговна

Год рождения: 2000

Университет ИТМО,
факультет биотехнологий
студент группы №Т33151,

направление подготовки: 19.03.01 – Биотехнология,
e-mail: alexy.2000@mail.ru



Баракова Надежда Васильевна

Год рождения: 1954

Университет ИТМО,
факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
к. т. н., доцент,

e-mail: barakova@itmo.ru

УДК 632.95

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В СОЕ**

Аль-Ясари Аркан Хади, М.А. Челомбиткин, А.О. Береснева

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

Проведено обоснование применения электрохимических датчиков как преобразователя сигналов в определении пестицидов в сое. Недостатки существующих методов определения пестицидов говорят о необходимости разработки новых экспрессных и неразрушающих методов.

Ключевые слова

Определения пестицидов в воздухе, воде, почве, сырье, готовых продуктах.

Высокое содержание в сое сбалансированного по аминокислотному составу белка и богатый жирнокислотный состав обуславливают широкое применение сои в пищевой и кормовой промышленности. Производители сои активно используют различные пестициды: фунгициды, гербициды, инсектициды. Эти препараты позволяют бороться с заболеваниями сои, вызванными размножением плесневых грибов и других микроорганизмов, конкурентных растений, насекомых-вредителей [1].

Пестициды имеют свойство накапливаться в плодах растений и почве, переходят в грунтовые воды и атмосферу. Действие пестицидов на воду, почву, культурные растения и остальную флору, а также потребляющих эти растения животных и человека остается до конца не изученным. Пестициды же продолжают широко применяться, поэтому единственный способ предупредить возможный вред – отслеживать концентрации таких препаратов в сельскохозяйственной продукции, питьевой и водопроводной воде и природных средах. Нормы максимального содержания остатков пестицидов в продуктах законодательно регулируются и регулярно пересматриваются (см., например, [2]). Скорость деградации пестицидов в почве под воздействием микроорганизмов и химических взаимодействий различается сильно в зависимости от ряда условий. К ним относятся тип почвы, климат, методы возделывания культурных растений [2]. Чтобы создать условия, в которых пестициды будут накапливаться и распадаться с известной скоростью, необходимо проводить определение пестицидов и продуктов распада регулярно, точным и чувствительным к низким концентрациям методом

Самое распространенное вещество гербицидного действия, используемое в обработке сои, – глифосат (N-фосфонометилглицин), входящий в состав многих препаратов широкого спектра действия. Принцип действия глифосата – в ингибировании 5-енолпирувилшикимат-3-фосфатсинтазы, обеспечивающей синтез ароматических протеиногенных аминокислот [1].

Предложенные в последние годы аналитические методы определения глифосата в основном предполагают хроматографическое разделение экстрагированного пестицида с последующим детектированием. Все эти методы не только сложны, но и используют аналитические процедуры, предъявляющие высокие требования к оснащению лаборатории и качеству реактивов: ВЭЖХ, жидкостная хроматография – тандем-масс-спектрометрия, ионообменная или газовая хроматография [3]. Рассматривалась также замена метода разделения с хроматографии на капиллярный электрофорез [4].

Перечисленным методам свойственна высокая точность и селективность, однако эти преимущества реализуемы только в лабораторных условиях. Образцы невозможно исследовать *in situ*, и как следствие, время, затрачиваемое на проведение анализов, сильно увеличивается. Кроме того, работа на хроматографе требует высокой квалификации оператора, что также затрудняет быстрый анализ полученных образцов.

За последние 10-12 лет созданы альтернативные способы определения глифосата, так или иначе связанные с образованием комплексов, интенсивность светопоглощения которых возможно количественно соотнести с концентрацией пестицида. Эти методы требуют менее сложных и дорогих процедур пробоподготовки, но также не лишены

недостатков. Колориметрические методы требуют калибровки по большому числу стандартных растворов. Некоторые из спектроскопических методов, кроме того, требуют предварительной дериватизации и не позволяют количественно определять малые (но превышающие допустимые пределы) концентрации глифосата [3].

Примечательно, что один из таких методов использует наночастицы серебра для повышения селективности колориметрического определения. Недостатком этого и большинства других методов, основанных на взаимодействии с металлическими наночастицами, является дороговизна применяемых металлов [5].

Немногочисленные пока методы используют наноструктурированные метаматериалы с электромагнитными свойствами для связывания молекул глифосата [3]. Связывание экстрагированного глифосата может не только повысить точность определения пестицида, но и послужить средством его удаления из воды. Это пример «полевого» метода определения пестицидов, который мог бы помочь оценить опасность загрязнения культуры и всего агробиоценоза и своевременно устранять причины. Это, в свою очередь, обеспечит сохранность и урожая, и местной экологической обстановки.

Еще одним «полевым» методом может стать анализ с помощью датчиков – электрохимических или биосенсоров. Биосенсоры состоят из двух компонентов: системы биохимического распознавания и преобразователя первичного сигнала. Обычно для распознавания искомого вещества используются биологические объекты: ферменты, антитела или антигены, среды, иммобилизованные на носителе органической или неорганической природы [3, 5].

Электрохимические сенсоры – датчики, в которых преобразователем сигнала служит электрод, образующий вместе с электродом сравнения и анализируемой средой электрохимическую ячейку. Селективность электрода может достигаться структурой рабочего электрода. Для определения глифосата предлагается использование наноструктурированного оксида меди (CuO). Опробованы, в том числе, сонохимические методы получения таких электродов [5].

Имеющийся научный задел по разработке биосенсоров на основе электрохимических датчиков и высокая востребованность экспресс-методов определения пестицидов в такой распространенной культуре, как соя, говорит о перспективности работ, связанных с разработкой метода определения гербицидов в сое с применением электрохимических преобразователей.

Литература

1. Maeda H., Dudareva N. The shikimate pathway and aromatic amino acid biosynthesis in plants. *Annual Review of Plant Biology*. 2012. Vol. 63. P. 73–105.
2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cf_event=pesticide.residue.CurrentMRL. Дата обращения: 24.02.2021.
3. Çetin E., Şahan S., Ülgen A., Şahin U. DLLME-spectrophotometric determination of glyphosate residue in legumes//*Food Chemistry*. 2017. Vol. 230. P. 567–571.
4. Большаков Д.С. Одновременное определение полярных пестицидов различных классов в водах и почвах методом капиллярного электрофореза: автореф. дис. ... канд. хим. наук: 02.00.02/Большаков Дмитрий Сергеевич. Саратов. 2013. 24 с.
5. Pintado S., Montoya M.R., Rodriguez-Amaro R., Mayen M., Mellado J.M.R. Electrochemical determination of glyphosate in waters using electrogenerated copper ions//*International Journal of Electrochemical Science*. Vol. 7. P. 2523–2530.



Апицына Ольга Сергеевна

Год рождения: 1995
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
аспирант,
направление подготовки: 01.04.14 – Теплофизика
и теоретическая теплотехника,
e-mail: apitsyna.olga@yandex.ru



Малышев Александр Александрович

Год рождения: 1946
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: malyshev46@list.ru

УДК 536.24

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕНА ПРИ
КИПЕНИИ ХЛАДАГЕНТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ**

О.С. Апицына

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Малышев

Работа выполнена в рамках темы НИР №620154 «Экологически безопасные технологии энергосбережения и повышения эффективности низкотемпературных систем».

Аннотация

В работе представлена схема экспериментального стенда по исследованию характеристик двухфазного потока в миниканале. Рассмотрены зависимости истинного объемного паросодержания и градиента давления от геометрических и теплофизических параметров потока.

Ключевые слова

Истинное объемное паросодержание, потери давления, испарители холодильных машин, миниканалы, режимы двухфазных потоков.

Энергосбережение как основной тренд современности требует повышения эффективности теплообменных аппаратов тепло-хладэнергетических комплексов, а также оптимизации конструктивных и режимных параметров. Как показывает обзор современных источников информации, в настоящее время отсутствует общий подход к анализу и расчёту тепло-гидродинамических параметров, а большинство традиционных методов основано на расходных параметрах, что приводит к погрешностям от 50 до 500 процентов.

В последние годы особую значимость приобретают миниканальные технологии теплообменного аппаратостроения, в которых кипение рабочих веществ происходит в каналах с величиной зазора $D_h < 1$ мм. При кипении в миниканалах информация об истинном объемном паросодержании важна не только с позиции точности и физической обоснованности расчётов теплообмена и потерь давления, но и для расчета емкости заправки системы хладагентом и выбора оптимальных режимных и конструктивных параметров [1].

Экспериментального материала, накопленного за годы исследований недостаточно, чтобы производить расчеты тепло-гидродинамических характеристик с достаточной точностью, а значит, на сегодняшний день эта проблема является открытой задачей теплофизики [2].

Исследованиями А.А. Малышева, К.В. Киссер, Ф. Куадио доказано, что наибольшую точность расчета теплообмена при кипении в трубах и каналах обеспечивают методы, основанные на истинном объемном паросодержании или, иначе говоря, на скольжении фаз. На этих исследованиях основана методология комплексного анализа тепло-гидродинамических процессов при кипении в трубах и миканалах [3].

Экспериментальные исследования гидродинамических параметров при кипении в миканале с размером щелевого зазора $D_h = 0,5$ мм проводились Ф. Куадио с использованием холодильного агента R134a при температурах насыщения $t_0 = -10 \div +20$ °С, массовых скоростях $\omega\rho = 100 \div 500$ кг/(м²с) и массовом расходе паросодержания $x = 0,1 \div 0,9$. Схема экспериментального стенда представлена на рис. 1.

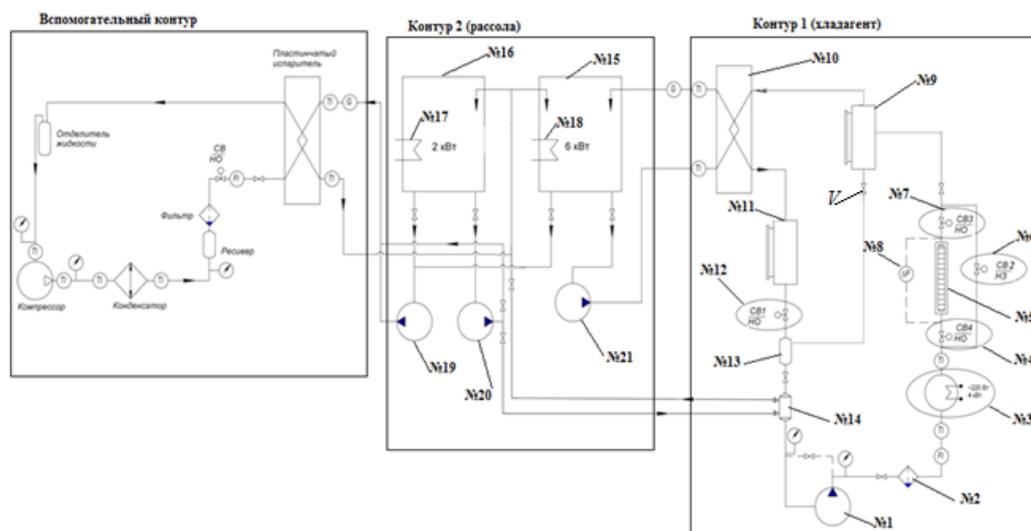


Рис. 1. Экспериментальный стенд: 1 – фреоновый насос, 2 – фильтр, 3 – парогенератор, 4, 6, 7, 12 – быстродействующие клапаны (сленоиды), V – клапан, 5 – экспериментальный блок, 8 – электронный измеритель потери давления, 9, 11 – мерные емкости (клинкеры), 13 – ресивер, 10 – пластинчатый конденсатор, 14 – переохладитель, 15, 16 – накопительные баки (аккумуляторы), 17, 18 – нагревательные элементы, 19, 20, 21 – насосы

Полученные экспериментальные данные по истинному объемному паросодержанию φ представлены на рис. 2-4.

При анализе рис. 2 можно заключить, что рост массовой скорости от 120 до 450 кг/(м²с) приводит к росту значения истинного объемного паросодержания φ . Возрастание φ на 10 – 30% приближает его к значениям объемного паросодержания β , а структуру потока к гомогенной модели, что говорит об отсутствии скольжения фаз.

Если проводить сопоставление полученных опытных данных миканала с трубой диаметром $D = 6$ мм при температуре $t_0 = -8$ °С (рис. 3), то можно заметить, что при одинаковом значении массовой скорости $\omega\rho = 120$ кг/(м²с) значения φ в миканалах на 11 – 15 % ниже, чем в трубе диаметром 6 мм [3]. Это может быть связано с силами поверхностного натяжения, роль которых возрастает при уменьшении проходного сечения канала.

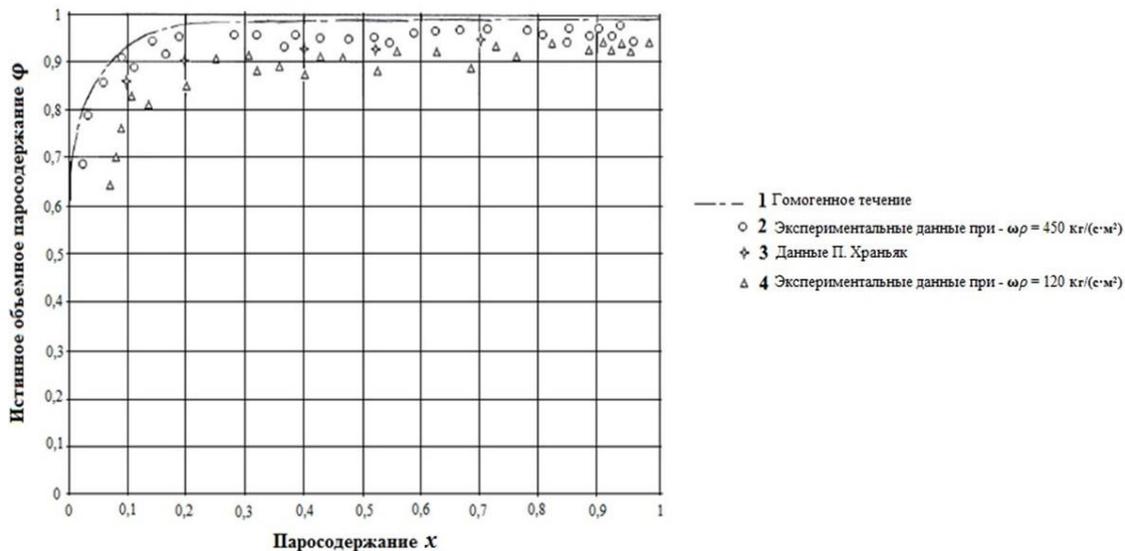


Рис. 2. Влияние массовой скорости ($\omega\rho$) при температуре $t_0 = 20\text{ }^\circ\text{C}$

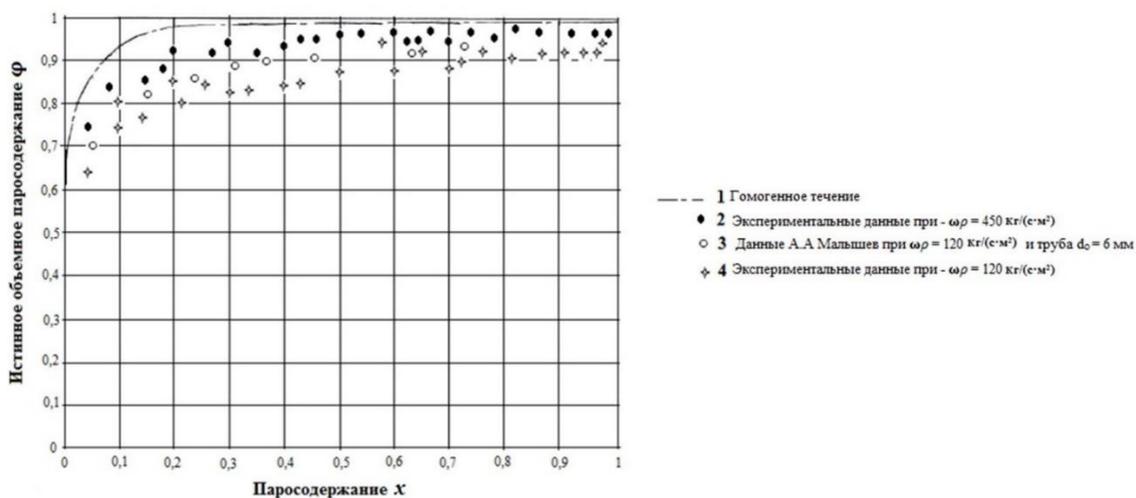


Рис. 3. Сопоставление опытных данных для трубы $D = 6\text{ мм}$ и микканала с $D_h = 0,5\text{ мм}$ при температуре $t_0 = -8\text{ }^\circ\text{C}$.

На рис. 4 отражено влияние температуры насыщения t_0 на истинное паросодержание φ . Значение φ уменьшается при переходе в зону низких температур (при $t_0 = -8\text{ }^\circ\text{C}$), поскольку возрастает скольжение фаз. Это обусловлено возрастанием удельного объема пара в 4,5 раза при переходе в область отрицательных температур.

Экспериментальные данные по истинному паросодержанию примерно с одинаковой достаточно высокой точностью обобщаются зависимостью (1) [3].

$$\varphi = \beta - 0,06 \cdot \beta(1 - \beta)^{0,5} \cdot \left(\left(\frac{\sigma \cdot We}{gd_n^2 \cdot \rho'} \right) Re_{cm}^{-1} \right)^{-0,23} \cdot \left(\frac{P_0}{P_{KP}} \right)^{-0,15}, \quad (1)$$

где: $We = \frac{\rho' \cdot D_h \cdot w_{cm}}{\sigma}$ и уравнением Локхарта – Мартинелли (2) [4].

$$\varphi = \left[1 + \left(X + \frac{1}{We^{1,3}} \right) \cdot \left(\frac{\rho'}{\rho''} \right)^{0,9} \right]^{-0,6}, \quad (2)$$

где критерий Вебера $We = (x \cdot G)^2 \left(\frac{\rho''}{\sigma} \right)^{-1}$.

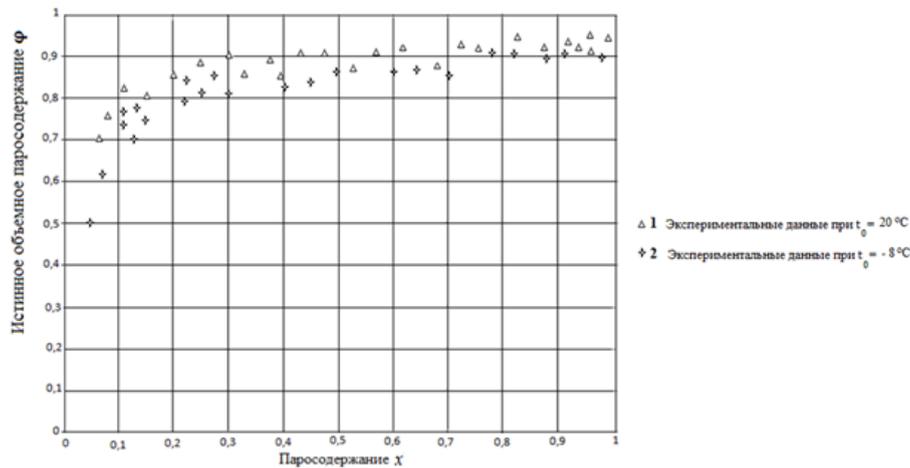


Рис. 4. Влияние температуры насыщения (t_0) при $\omega\rho = 120 \text{ кг}/(\text{м}^2\text{с})$

Потери давления являются важной гидродинамической характеристикой двухфазного потока в микканале, величина которой находится в существенной зависимости от массовой скорости $\omega\rho$. Увеличение скорости потока от $\omega\rho = 112 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ до $450 \text{ кг}/(\text{м}^2\text{с})$ в диапазоне $x = 0,2 \div 0,7$ приводит к росту градиентов давления примерно в 5 раз, что вполне согласуется с общепринятыми представлениями о потерях давления на трение (рис. 5).

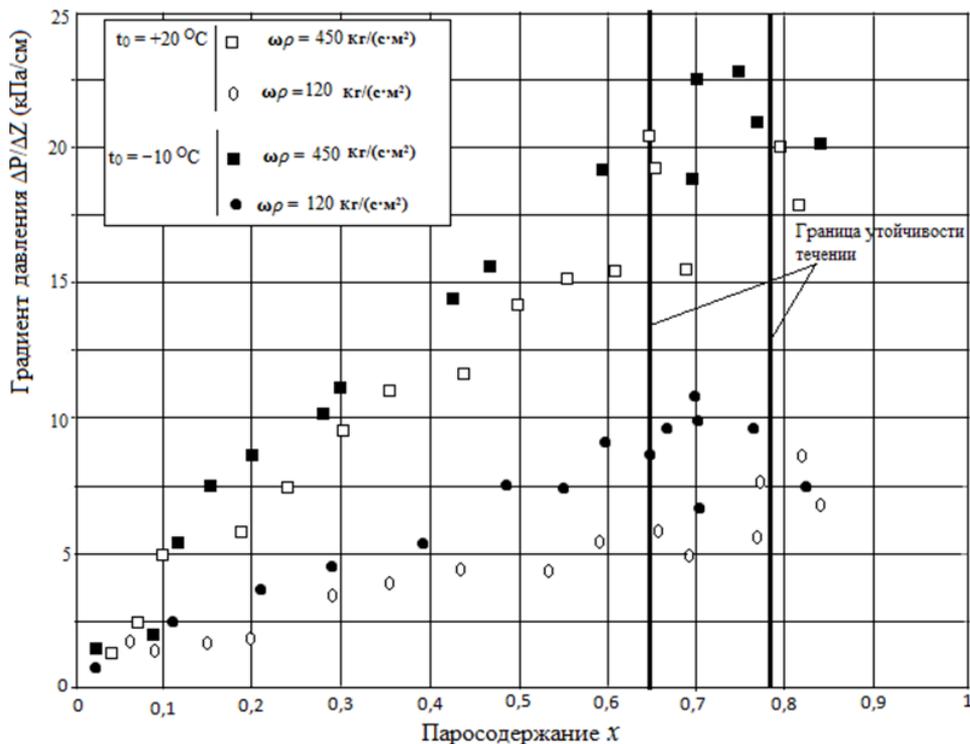


Рис. 5. Влияние массовой скорости на потери давления при $t_0 = 20^\circ\text{C}$ и $t_0 = -10^\circ\text{C}$

На рис. 5 можно наблюдать явление неустойчивости в границах $x = 0,6 \div 0,8$, оно связано со следующими причинами. Большую часть сечения канала в стесненных занимает паровая фаза, что приводит к резкому росту давления при торможении потока. Силам трения, как основным причинам падения давления, противодействуют силы инерции, обусловленные скоростным напором парового ядра. С ростом массового и объёмного паросодержаний возрастает их силовое взаимодействие, что и является причиной неустойчивости.

Таким образом, можно уверенно утверждать, что истинное паросодержание φ , лежащее в основе комплексного метода анализа, является важной характеристикой при исследовании тепло-гидродинамических процессов кипения. Важность этой величины растет при исследовании агрегатов холодильной техники, поскольку снижение температур и низкая скорость потока приводят к росту скольжения фаз, а значит к значительному отличию процессов от гомогенной модели. Поскольку скольжение в микрочаналах больше, чем в трубах, использование истинных параметров в расчетах и исследованиях приобретает еще большую актуальность.

Литература

1. Kabov O.A., Iorio C.S., Colinet P., Legros J.C. Twophase Flow Pattern and Pressure Drop in a MicroChannel // Proc. First International Conference on Microchannels and Minichannels. USA. Rochester: ASME, P. 465. 2003.
2. Khovalyg D.M., Baranenko A.V. Two-phase flow dynamics during boiling of R134a refrigerant in minichannels. // Technical Physics. Vol. 85. No 3. p. 34-41. 2015.
3. Малышев А.А., Киссер К.В., Куадио К.Ф. Комплексные экспериментальные исследования тепло- гидродинамических процессов кипящих хладагентов в мини-(микро) каналах // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Холодильная техника и кондиционирование. № 2. С. 12 – 17. 2017.
4. Niño V. G., Hrnjak P. S., and Newell T. A., “Two-Phase Flow Visualization of R134A in a Multi-port Microchannel Tube”, Heat Transfer Engineering, Vol. 24, No. 1, pp. 41-52, 2003.



Артемьев Давид Вячеславович

Год рождения: 1998

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий

студент группы №W4105,

направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения,

e-mail: david.art.kz@gmail.com

УДК 536

УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В КОЖУХОТРУБНОМ ТЕПЛООБМЕННОМ АППАРАТЕ

Д.В. Артемьев

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

Аннотация

В данной работе анализируется и рассматривается вариант увеличения эффективности ожижения природного газа в кожухотрубном аппарате U-образного типа с помощью применения трубных вставок типа Twisted Tape (Скрученная лента). В процессе работы сравниваются полученные результаты конструкции теплообменного аппарата без и с трубными вставками и оценивается конструкционная и теплофизическая целесообразность их внедрения.

Ключевые слова

Теплообменный аппарат, трубные вставки, сжиженный природный газ, Twisted Tape, коэффициент теплоотдачи, усовершенствование теплообмена.

Введение

В сегодняшнее время теплообменные аппараты (ТА) имеют широкое применение в ряде областей промышленности, начиная от нефтепереработки и криогенных установок и заканчивая пищевой сферой. Наибольшее применение и популярность получили кожухотрубные ТА в силу своей простоты, надежности и долговечности. Традиционно кожухотрубные теплообменные аппараты (КТА) разделяются на следующие виды:

- с температурным кожуховым компенсатором;
- с неподвижными трубками;
- с плавающей головкой;
- с трубами, выполненными в форме буквы U;
- с конструкцией вида «труба в трубе».

В данной работе будет рассмотрен именно U-образный тип теплообменника, основной особенностью которого являются выполненные в форме буквы U трубы ТА и отсутствие задней камеры, что способствует уменьшению протечек и стоимости ТА [1]. Подобный вид конструкции является наиболее подходящим для сжижения природного газа (СПГ) из-за следующего фактора:

- U-образный ТА предназначен для сред, которые не загрязняют трубы при движении по ним и, в отличие от других видов кожухотрубных ТА, не предполагает внутреннюю чистку труб, что, с одной стороны, является его недостатком, а с другой, учитывая, что сжиженный природный газ (СПГ) является чистой жидкостью, является именно преимуществом применения в СПГ – индустрии (рис. 1).

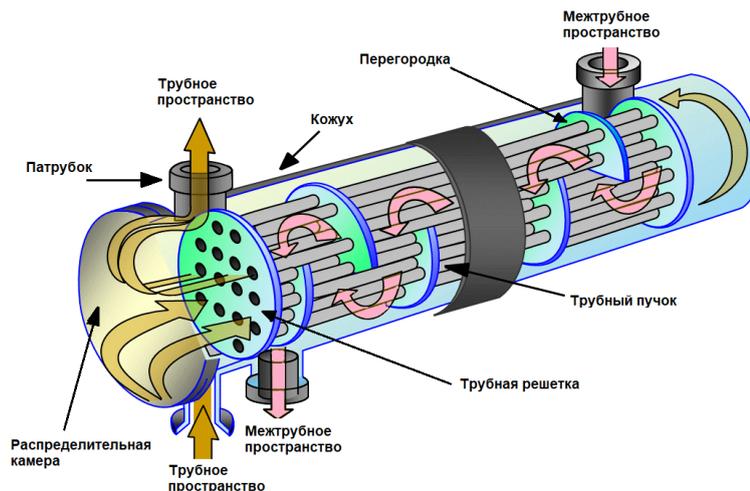


Рис. 1. Схема U-образного кожухотрубного теплообменного аппарата

Принцип действия U-образного КТА следующий: в трубное пространство через патрубок поступает газ/жидкость, делает 2 хода по трубам U-образного типа, разделяется в распределительной камере с перегородкой и выходит через второй патрубок. Одновременно с подачей теплоносителя в трубное пространство в межтрубное пространство через патрубок направляется второй теплоноситель, где проходит через перегородки в перпендикулярном направлении движению теплоносителя в трубах и выходит через выходной патрубок. В процессе работы в КТА происходит теплообмен между теплоносителями через стенки труб, при этом исключая смешивание веществ [2].

Известным методом повышения эффективности теплоотдачи теплоносителя в трубном пространстве является применение специальных металлических вставок в трубах, относящихся к пассивным методам интенсификации теплообмена в трубном пространстве в ТА, не требующим использования какой-либо дополнительной энергии для их функционирования. Наиболее простым и общеприменимым является тип Twisted Tape, представляющий собой скрученную в продольном направлении ленту (рис. 2).

Принцип действия трубной вставки Twisted Tape заключается в искусственном создании турбулизации теплоносителя, путем изменения направления движения его потока в форме траектории «закручивание». Как результат – увеличение числа Рейнольдса и достижение турбулентного режима потока, а также увеличение скорости движения потока [3].

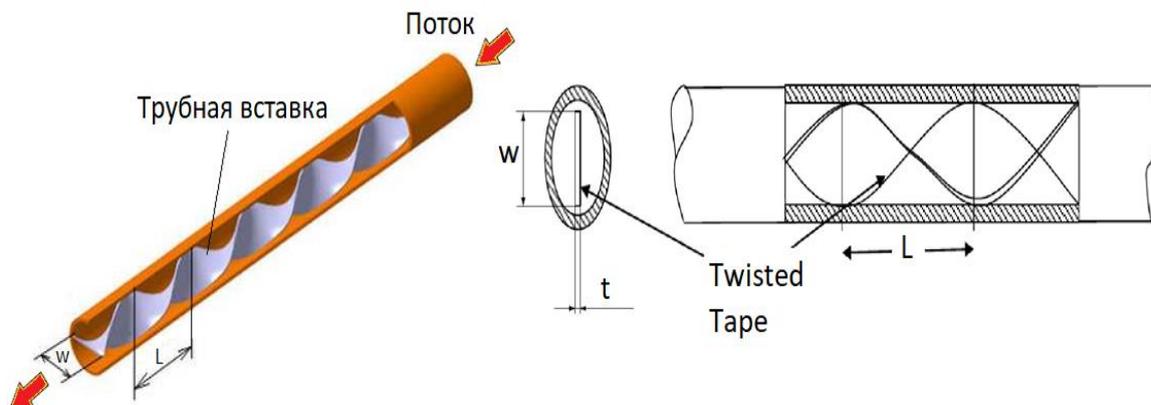


Рис. 2. Трубная вставка типа Twisted Tape

Целью работы будет являться увеличение эффективности КТА с помощью металлических трубных вставок Twisted Tape и анализ полученных данных. Все расчеты КТА будут вестись с помощью программного обеспечения американской компании HTRI Xchanger Suite 8.2 в модуле Xist.

Материалы и методы

В качестве исходных теплофизических данных КТА, изображенных в табл. 1, будут браться исходные данные для одной из прошлых работ автора, посвященной ожигению газа на газораспределительной станции, в которой криогенная установка, работающая по циклу Клода, включает в себя 3 параллельно соединенных между собой ТА с расположенным в трубном пространстве горячим теплоносителем в виде СПГ и охладителем в межтрубном пространстве, в качестве которого используется метан [4].

Таблица 1

Исходные параметры теплообменного аппарата

Расположение вещества	Межтрубное пространство		Трубное пространство	
Название вещества	Метан		Природный газ	
Количество, кг/с	10		0,5	
Температура (Вх/Вых), °С	-122	-108,5	20	-101
Входное давление, МПа	0,6		3,5	

Свойства ПГ генерируются в модуле Xist с помощью библиотеки свойств VMG Thermo. Так как состав ПГ примерно одинаков, но различается в зависимости от места добывания, то в качестве примера будет использоваться состав ПГ, добываемого на Уренгойском месторождении и изображенного в табл. 2.

Таблица 2

Состав природного газа, об. %

Месторождение	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	CO ₂
Уренгойское	98,84	0,1	0,03	0,02	0,01	1,7	0,3

В процессе эксперимента опытным путем подбирается соответствующая геометрия трубных вставок так, чтобы достигнуть максимальный коэффициент запаса поверхности теплообмена (КЗПТ), вычисляемый по формуле (1), используя его далее для уменьшения габаритов КТА и поддержания КПЗТ на уровне 10-15 %.

$$c = 100 \cdot \left(\frac{k_{\text{действ}}}{k_{\text{треб}}} - 1 \right), \quad (1)$$

где:

$k_{\text{действ}}$ – действительный коэффициент теплопередачи, Вт/м² · °С

$k_{\text{треб}}$ – требуемый коэффициент теплопередачи, Вт/м² · °С

Результаты

Глядя на табл. 3, можно заметить, что максимальный КЗПТ достигается в эксперименте под номером 6.

Таблица 3

Исходные параметры трубных вставок типа Twisted Tape

№	Толщина, мм	Отношение L/w при скручивании и на 360 °	Ширина, мм	Требуемый Коэффициент теплопередачи и $k_{\text{треб}}$, Вт/м ² ·°С	Действительный коэффициент теплопередачи $k_{\text{действ}}$, Вт/м ² ·°С	Коэффициент запаса поверхности теплообмена с, %
1	0,5	3	21	0,38	0,40	69,13
2	0,5	4	21	0,38	0,37	56,88
3	1	3	21	0,37	0,40	72,79
4	1	4	20	0,38	0,38	59,92
5	2	4	21	0,38	0,39	65,99
6	2	3	23	0,37	0,42	76,10

При использовании именно выбранной геометрии трубной вставки и глядя на табл. 4, можно сделать выводы о достигнутом прогрессе в уменьшении габаритов КТА, и при этом сохраняя схожий изначальный КЗПТ. Так, длина кожуха сокращается на 30,3 %, диаметр на 14,3 %, количество трубок в кожухе на 16 штук, а общая площадь всех трех параллельно-соединенных между собой ТА на 46 %.

Таблица 4

Сравнение результатов расчета до/после внедрения трубной вставки типа Twisted Tape

Название параметра	Без Twisted Tape	С Twisted Tape
Длина, мм	3 300	2 300
Внутр./Внеш. диаметр кожуха, мм	350/369	300/319
Внешний диаметр трубки, мм	25	25
Толщина трубки, мм	2	2
Количество U-образных трубок	48	32
Общая площадь 3-х ТА, м ²	46 859	21715
Эффективная площадь теплообмена 3-х ТА, м ²	15 619	7 238,3
Коэффициент запаса поверхности теплообмена, %	11,08	11,05

Стоит обратить внимание на увеличение коэффициента теплоотдачи и скорости потока в трубном пространстве, изображенные на рис. 3 и 4. Так, глядя на графики, можно заметить увеличение максимального значения коэффициента теплоотдачи на 33 % и максимального значения скорости потока на 35 % в трубном пространстве, что достигается за счет увеличения турбулентности потока.

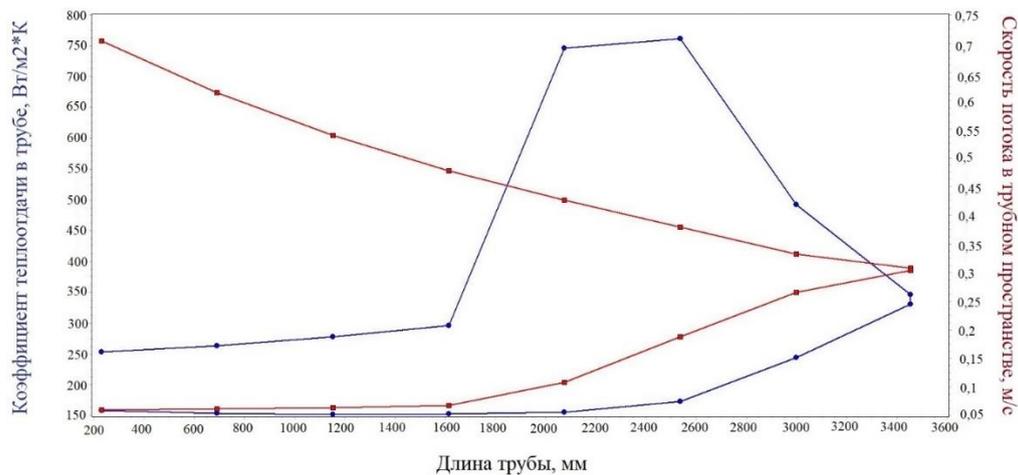


Рис. 3. Изменение коэффициента теплоотдачи и скорости потока в трубном пространстве в зависимости от длины трубы U – образного вида без использования Twisted Tape

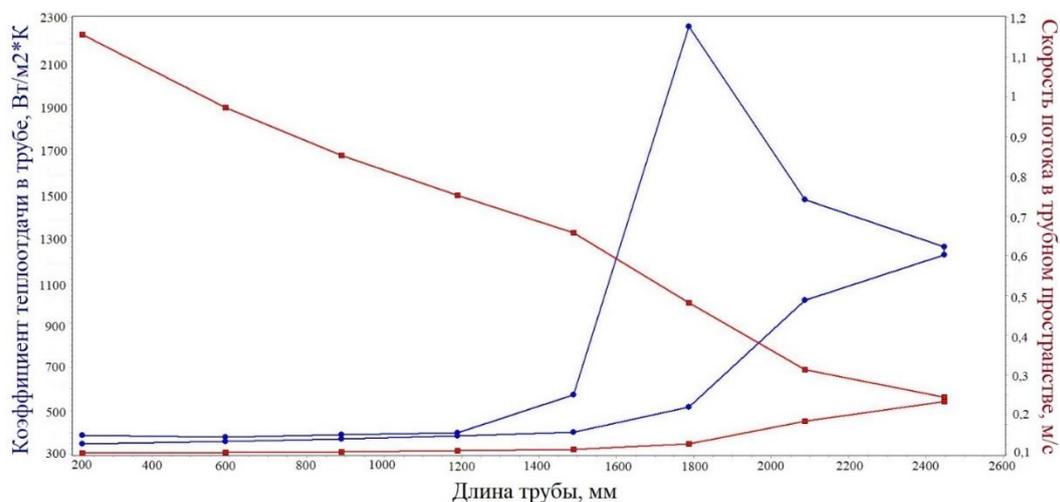


Рис. 4. Изменение коэффициента теплоотдачи и скорости потока в трубном пространстве в зависимости от длины трубы U – образного вида с использованием Twisted Tape

Выводы

Как итог можно подвести следующие заключения:

1. Проанализирована различная геометрия трубных вставок Twisted Tape и подобрана оптимальная, обеспечивающая максимальный коэффициент теплоотдачи, скорость потока и максимальный коэффициент запаса поверхности теплообмена.
2. Внедрение трубных вставок позволяет сократить общую площадь трех параллельно-соединенных между собой ТА при необходимом коэффициенте запаса поверхности в 10-15 % на 46 %, а коэффициенты теплоотдачи и скорости потока в трубном пространстве на 33 и 35 % соответственно.

Литература

1. Крутов В.И. Теплотехника // Учеб. Пособие. Москва: МГТУ имени Н. Э. Баумана. С. 33 – 35. 2011 г.
2. Савельев Н.И. Лукин П.М. Расчет и проектирование кожухотрубчатых теплообменных аппаратов // Учеб. пособие. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та. 80 с. 2010 г.

3. Белозерцев В.Н., Бирюк В.В., Довгялло А.И., Некрасова С.О., Угланов Д.А., Сармин Д.В. Интенсификация теплообмена // Учеб. Пособие. Самара: Изд-во Самарского университета, 2018. 208 с.: ил.
4. Артемьев Д.В. Выбор оптимального режима работы ожижителя природного газа на газораспределительной станции // Научная статья. СПб: Сборник трудов Конгресса молодых ученых, 2020 г. 5 с.



Ахмедова Аминат Руслановна

Год рождения: 1996

Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова, магистрант группы №ЗГМУ-20-2М, направление подготовки: 38.04.04 – Государственное и муниципальное управление, e-mail: amibis96@mail.ru



Ушаева Ирина Увайсовна

Год рождения: 1977

Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова, кафедра технологии продуктов питания, и бродильных производств, к.т.н., старший преподаватель, e-mail: ushaevaira77@mail.ru



Джамалдинова Бирлант Абдулаевна

Год рождения: 1962

Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова, кафедра технологии продуктов питания и бродильных производств, к.т.н., зав. кафедрой, e-mail: dbirlant@list.ru

УДК 665.33/ 664.143

**ТРАДИЦИОННАЯ ПИЦА ГОРЦЕВ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННЫХ
ПРИНЦИПОВ ПИТАНИЯ**

А.Р. Ахмедова, И.У. Ушаева

Научный руководитель – к.т.н., доцент Б.А. Джамалдинова

Аннотация

В работе рассмотрено применение традиционных компонентов горской пицци кукурузной муки и чабреца при разработке нового вида хлеба функциональной группы. До советского периода в качестве основного хлебного продукта горцев оставался сискал, позже в их рацион прочно вошел хлеб из пшеничной муки. Сегодня появилась единая выравнивающая все народы пицца, что отразилось на иммунную и ферментативную систему горцев, и как следствие - появление болезней, не характерных для конкретного этноса.

Ключевые слова

Модель питания, сискал (лепешка из кукурузной муки), зеин, чабрец, карвакрол, олеаноловая кислота, урсоловая кислота.

Пищевой рацион и традиционная модель питания этноса зависят от характера основных видов хозяйства, хозяйственно-культурного типа, который, в свою очередь, в какой-то мере обуславливается исторически сложившейся моделью питания [1].

Горская пища всегда отличалась тем, что питательна, калорийна и состоит из ограниченного числа компонентов. Характер пищи соответствовал образу жизни горца – сушёное мясо (которое вообще не портится и можно есть в любом виде) и сискал (лепешка из кукурузной муки) могли быть всегда при себе и были вкусной и сытной пищей. Растительные компоненты, черемша, крапива, чабрец, душица и другое местное сырьё – обогащали пищевой рацион горца витаминами, микроэлементами и другими микронутриентами. Несомненный факт, что долголетие горцев кроется в потреблении специфичной, натуральной пищи и здорового образа жизни.

Развитие промышленности повлекло за собой существенную модернизацию традиционных форм жизнеобеспечения этносов. В процессе урбанизации распространяющаяся городская культура всё чаще диктует некую унифицированную модель питания. Модель питания этноса, сложившаяся в ходе его адаптации к окружающей природной среде, в условиях естественного отбора, свойственна ему уже на генетическом уровне, потому универсализация питания, практикуемая сегодня во всех промышленных зонах России, «представляет собой весомый фактор экологический нагрузки на человеческий организм вместе с такими вредными явлениями, как загрязнение воды и воздуха» [2]. Ведь на пище сказывается все: продукты, из которых ее готовят; топливо, на котором ее готовили; пища несла даже печать посуды и утвари, изготавливаемых из местных видов древесины или глины – соответственно, все это откладывалось в генофонде этноса. И, естественно, что сегодня, когда человек в питании связан не с конкретной географической средой, а со всей биосферой, и появилась единая, выравнивающая все народы пища, это не проходит без последствий.

Переход от традиционной пищи, основу которой составляют натуральные продукты, к унифицированной с большим процентом пищевых добавок негативно сказывается на здоровье. «Из чужеродных продуктов строятся и чужеродные клетки организма. С ними пришли и новые заболевания – аллергия, рак, атеросклероз».

До советского периода в качестве основного хлебного продукта горцев Чечни оставался сискал (лепешка из кукурузной муки), позже через государственную торговлю в пищу народов Кавказа прочно вошел хлеб и хлебобулочные изделия из пшеничной муки. Это не могло не отразиться на иммунную и ферментативную систему горцев, и как следствие – появление болезней, не характерных для них [5].

Анализ динамики потребления пищевых продуктов в РФ за последнее десятилетие показал, что доля хлебобулочных изделий в структуре рациона питания россиян существенно возросла и продолжает увеличиваться, однако пищевая ценность традиционных продуктов не отвечает современным требованиям науки о питании.

Целесообразность обогащения хлеба (и равноценных ему продуктов) минеральными веществами, витаминами, пищевыми волокнами и другими физиологически функциональными ингредиентами обусловлена тем, что хлеб в России остается продуктом наиболее массового и повседневного потребления. Учитывая это, потребление хлебобулочных изделий функционального назначения, дополнительно обогащенных недостающими микронутриентами, позволит нормализовать пищевой статус населения.

При выборе функциональных ингредиентов для обогащения пищи необходимо учесть исторически сложившиеся приоритеты национальной кухни и то, что ферментативная система организма ориентирована на определенную структуру питания.

Базируясь на этих принципах, нами проведена исследовательская работа по разработке нового вида хлеба функциональной группы из смеси ржаной и кукурузной муки с добавлением вытяжки из чабреца. В табл. 1 представлен химический состав различных видов муки [4].

Таблица 1

Химический состав муки

Показатели	Мука пшеничная	Кукурузная мука	Ржаная мука
Вода, г	14	14	14
Белки, г	11,5	10,3	9,82
Жиры, г	3,3	4,9	1,33
Моно-дисахариды, г	1,7	1,6	0,9
Крахмал, г	64,8	56,9	59,3
Клетчатка, г	0,7	2,1	8,0
Зола, г	1,1	1,2	0,78
Натрий, мг	10	27	2,0
Калий, мг	211	340	224
Кальций, мг	27	34	13
Магний, мг	83	104	32
Фосфор, мг	233	301	130
Железо, мг	2,7	3,7	0,9
Каротин, мг	0,02	0,32	-
В ₁ , мг	0,42	0,38	0,3
В ₂ , мг	0,04	0,14	0,1
РР, мг	1,55	2,1	-
ЭЦ, ккал	348	325	298

Благодаря более низкой калорийности кукурузная мука полезнее пшеничной. Она улучшает работу кишечника, уменьшает брожение. Укрепляет сосуды, делает их более эластичными. Противостоит скоплению холестерина. Укрепляет иммунную систему. В кукурузной муке значительно выше содержание таких важных макроэлементов, как калий, кальций, магний и микроэлемента железо, который стимулирует воспроизводство кровяных клеток и доставку к ним кислорода. Содержание каротина в кукурузной муке превышает более чем в десять раз по сравнению с пшеничной, а в ржаной вообще каротин отсутствует. Содержание витаминов В₂ и РР также высокое в кукурузной муке. Эти витамины омолаживают клетки кожи и способствуют лучшему усвоению растительного белка.

Надо отметить, что белки кукурузной муки в основном представлены спирторастворимой фракцией зеином, очень бедным незаменимыми аминокислотами триптофаном и лизином [1]. Для восполнения этого недостатка в разработанном изделии применяется смесь кукурузной муки с ржаной мукой, в которой этих аминокислот значительно выше (табл. 2). Также мука ржаная богата клетчаткой (пищевые волокна), которая, согласно теории адекватного питания, не усваивается организмом человека, однако обеспечивает ряд важных функций в процессе пищеварения и обмена веществ в целом [3].

В качестве компонента для повышения функциональности и натурального ароматизирующего вещества нами исследован чабрец (тимьян ползучий). Уникальные свойства чабреца известны издавна, потому в народной медицине он занимает достойное место, однако лишь в двадцатом столетии ученые смогли разобраться в особенностях химического состава этого растения, обладающего невероятной биологической активностью. Состав питательных веществ выглядит следующим образом: 9,11 г белков, 7,43 г жиров и 63,94 г углеводов. В химическом составе чабреца присутствует весь спектр витаминов и минералов, которым эта трава обязана своими целебными свойствами. Витаминный состав: витамин А, В₁, В₂, В₄, В₆, В₉, С, Е, РР. Минеральный состав: калий, кальций, магний, натрий, фосфор, железо, марганец, медь, селен, цинк.

Также в этом удивительном растении содержится эфирное масло, насыщенное тимолом и карвакролом. Первый из них – вещество с мощнейшим антисептическим действием, обладающее бактерицидными свойствами. В свою очередь, карвакрол способен расправляться с патогенными бактериями, влияющими на микрофлору кишечника, и обладает сильнейшим противовоспалительным действием. Кроме того, в составе чабреца присутствуют пигменты-флавоноиды, дубильные вещества, обладающие кровеостанавливающими и вяжущими свойствами, а также гепатопротектор – олеаноловая кислота, которая также способна оказывать противовирусное действие и является тонизирующим средством. Также следует упомянуть об урсоловой кислоте – веществе, которое помогает поддерживать в тонусе мышцы, рекомендовано при сбоях в работе эндокринной системы и при замедленном метаболизме.

Таблица 2

Аминокислотный состав муки

Незаменимые аминокислоты, г	Потребность человека по данным ФАО в незаменимых аминокислотах [3]	Мука пшеничная	Кукурузная мука	Ржаная мука
Триптофан	0,140	0,120	0,07	0,130
Треонин	0,280	0,318	0,280	0,320
Лейцин, г	0,480	0,813	1,300	0,690
Изолейцин	0,420	0,530	0,300	0,400
Лизин	0,420	0,265	0,220	0,360
Финилаланин	0,280	0,580	0,360	0,600
Метионин	0,220	0,160	0,170	0,150
Валин	0,420	0,510	0,420	0,520

Для восполнения существующего дефицита микронутриентов в организме современного человека нами предлагается новый вид хлеба из смеси муки кукурузной и ржаной сеяной с добавлением вытяжки из чабреца.

Вытяжку из чабреца готовили из собранных во время цветения и высушенных естественным способом веточек растения. Сухую траву чабреца промывают 2-3 раза холодной водой, затем заливают горячей водой температурой 90 °С в соотношении 1:20, выдерживают на водяной бане при температуре 60 °С в течение 30 мин. Пропускают через сито и в горячем виде используют для приготовления заварки из кукурузной муки, так как температура клейстеризации кукурузного крахмала составляет 65-75 °С, а это способствует лучшему набуханию крахмальных зерен, повышает водопоглонительную способность муки.

Для замеса теста применяли смесь муки кукурузной и ржаной сеяной в соотношении 50:50. Замес теста осуществляется безопасным способом на заварке из кукурузной муки и вытяжки чабреца в лабораторной тестомесильной машине с добавлением солевого раствора, дрожжевой суспензии в течении 5 мин до однородной

консистенции. Выпечку хлеба проводили в лабораторной печи «Комфорт».

В качестве контрольного образца выбран хлеб столичный формовой.

Готовые изделия оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям (табл. 3, 4).

Таблица 3

Органолептические показатели качества изделия

Наименование показателя	Контрольный образец Хлеб столичный	Разработанный образец Хлеб из смеси муки кукурузной и ржаной сеяной в соотношении 50:50
Внешний вид: формового	Соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка, без боковых выплывов	Соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка
поверхность	Шероховатая, без крупных подрывов	Слегка шероховатая, без подрывов
цвет	От светло-коричневого до темно-коричневого	Светло-коричневый
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не липкий, не влажный на ощупь, эластичный	Пропеченный, не липкий, сухой на ощупь, эластичный
промес	Без комочков и следов непромеса	Без комочков и следов непромеса
пористость	Развитая, без пустот и уплотнений	Развитая, без пустот и уплотнений
Вкус и запах	Слегка кисло-сладкий, свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса	Слегка кислый, свойственный изделию с добавлением кукурузной муки, с характерным ароматом чабреца

Таблица 4

Физико-химические показатели качества изделия

Наименование показателя	Контрольный образец Хлеб столичный	Разработанный образец Хлеб из смеси муки кукурузной и ржаной сеяной в соотношении 50:50
Влажность мякиша, %, не более	47,0	47.0
Кислотность мякиша, град, не более	8,0	5.5
Пористость мякиша, %, не менее	65,0	65.0

На основе проведенных нами исследований и полученных результатов разработанный хлеб из смеси муки кукурузной и ржаной сеяной рассматривается как один из вариантов решения проблемы обеспечения населения хлебом с функциональными свойствами с учетом традиционно сложившегося рациона питания населения.

Актуальность исследований представляется также в том, что новое изделие

позволит включить в хозяйственный оборот местное нетрадиционное сырьё (чабрец) с мощной биологической активностью и тонким специфичным ароматом.

Литература

1. Казаков Е.Д., Карпиленко Г.П. Биохимия зерна и хлебопродуктов. СПб.: ГИОРД, 2005. 512с.
2. Матвеева Т.В., Корячкина С.Я. Физиологически функциональные пищевые ингредиенты для хлебобулочных и кондитерских изделий: монография. Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2012. 947 с.
3. Нечаев А.П. Технология пищевых производств. СПб.: ГИОРД, 2005. 631с.
4. Пащенко Л.П., Жаркова И.М. Технология хлебопекарного производства – СПб.: Издательство «Лань», 2014. 672 с.
5. Берсанова Л.И. Традиционная система питания чеченцев и ингушей в XIX-XX вв.: автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. истор. наук. М.: Научная библиотека МГУ, 2012. 34 с.



Байкова Яна Сергеевна

Год рождения: 1997

Университет ИТМО,

студент группы №Т41501с,

направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: yanabajkova@gmail.com



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 504.064.47

ПРИМЕНЕНИЕ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРПЕСЧАНОГО КОМПОЗИТА

Я.С. Байкова, А.В. Забелина

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

Аннотация

Большую часть полимерных отходов утилизируют методом захоронения в почву, в результате чего теряется безвозвратно существенное количество полезных материалов, которые можно перерабатывать путем механического рециклинга и применять в производстве новой товарной продукции. В работе рассмотрен способ получения полимерпесчаных композитов с использованием твердых бытовых отходов в качестве основного источника сырья.

Ключевые слова

Полимерпесчаный композит, полимерные отходы, механический рециклинг, переработка, вторичное сырье.

На протяжении всей нашей жизни мы неизбежно сталкиваемся с образованием полимерных отходов. Синтетические продукты, имея существенный ряд положительных качеств, к сожалению, содержат в себе серьезный минус: они не поддаются никакому разложению. Если природные материалы, оказав на них воздействие в виде тепла, света или микроорганизмов, уничтожаются весьма быстро, то пластик представляет собой долгоживущий отход, который наносит существенный ущерб экологии.

Как правило, большую часть отходов утилизируют следующими способами: захоронением на полигонах и сжиганием. К главному недостатку сжигания можно отнести выделение огромного количества токсичных веществ. При захоронении в почву полимеры с течением времени не претерпевают заметных изменений, не подвергаются процессу гниения или коррозии. Основной причиной, почему данный метод до сих пор относится к наиболее часто используемому, является его низкая стоимость [5].

Также стоит выделить такие минусы захоронения отходов, как:

1. Большая площадь территорий, занимаемых под полигоны.
2. Необходимость в постоянном поиске и внедрении новых земельных ресурсов (у каждого полигона есть свой лимит по объему захороненных отходов, требуется организация новых полигонов).
3. Старые полигоны подлежат рекультивации.
4. Потеря полезных компонентов (несортированные отходы, отправляемые на захоронение, не подвергаются извлечению полезных материалов. Тем самым порядка 90 % продукции, которой можно получить в качестве вторичного сырья, теряется безвозвратно. Около 2 млн тонн полимерных отходов в год подвергается захоронению).

Сложность переработки пластмассы складывается из двух весьма весомых факторов:

1. Полимерные отходы представляют собой смесь, различающуюся по своему химическому составу (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирол, полиэтилентерефталат и др.).
2. Долгий период разложения пластика (сроки распада могут достигать сотни лет).

Для России на данный момент наиболее целесообразным и реализуемым способом переработки полимерных отходов является механический рециклинг. Данный вариант не требует применения какого-либо дорогостоящего оборудования, технологический процесс проводится без использования высоких температур или давлений. Также такой способ может быть реализован территориально в любом месте, где осуществляется сбор и накопление отходов.

Благодаря использованию полимерных отходов в качестве вторичного сырья, наблюдается существенная экономия первичных ресурсов и электроэнергии. Главным достоинством переработки пластика является получение нового товарного продукта, пользующегося спросом в различных отраслях производства, а также отсутствие воздействия на окружающую среду в виде повторного загрязнения.

В связи с вышеизложенным переработка полимеров, а именно механический рециклинг, является не только экономически выгодным, но и также экологически верным решением вопроса утилизации твердых бытовых отходов.

Твердые бытовые отходы содержат в себе большое количество полезных компонентов, которые могут быть использованы в производственном цикле не один раз. Таким образом, технологический процесс получения тех или иных изделий может представлять собой замкнутый цикл, обеспечивающий двух-трехкратную переработку сырья с получением нового продукта [4]. Предварительное извлечение этих материалов из всего объема отходов с последующей их переработкой в изделия позволяет получать продукт с меньшими капитальными затратами. К основным источникам образования полимерных отходов относятся [3, 5]:

1. Отходы от предприятий, производящих непосредственно полимерную продукцию (брак на производстве, облой, литники и др.). Такие отходы весьма однородны, практически не отличаются по составу с исходным материалом и могут быть переработаны вместе с первичным сырьем.
2. Отходы, получаемые в результате деятельности промышленных предприятий (тары, емкости, крышки, отработанные упаковочные материалы, трубы, детали машин и др.). Отходы данного типа образуются при выходе изделий из строя при эксплуатации или истечении срока использования. Они также мало отличаются по своим свойствам от первичного сырья и подлежат повторной переработке.
3. Отходы, получаемые в результате жизнедеятельности общества (бутылки, чашки, тары, емкости, крышки, посуда, бытовая техника и др.). Являются наиболее важным типом отходов, поскольку представляют собой источник вторичного сырья.

Отходы общественного потребления составляют порядка 60 % от общего объема образующихся полимерных отходов.

В таком секторе производства, как переработка полимерных материалов переработанный пластик должен выполнять такую же функцию, какую выполняет металлолом в металлургической промышленности. Вторичные материалы приходят на смену дорогостоящему первичному сырью, тем самым решая одну из главных экологических проблем – утилизацию отходов из пластмасс. К положительным аспектам такого вида переработки можно также отнести:

1. Отсутствует надобность в поиске новых территорий для организации полигонов по утилизации полимерных отходов.
2. Не требуется подключения других методов переработки, таким образом пропадает потребность в строительстве заводов, предназначенных для сжигания полимеров.
3. Сокращается количество затрачиваемых природных ресурсов, необходимых в производстве первичных полимеров.

Главным достоинством механического рециклинга является осуществимость многократной переработки пластмасс, при которой их физико-механические свойства практически не изменяются. Тем самым вполне допустимо добавление в технологическом процессе по получению новых изделий отходов синтеза и повторно переработанного пластика, подверженного недлительному термическому воздействию. Получаемый готовый продукт выходит по себестоимости значительно ниже, чем если бы вместо полимерных отходов использовалось первичное сырье, а производственный цикл становится существенно экологически безопаснее.

На сегодняшний день существует огромное множество видов композиционных материалов. Среди них наибольший интерес в строительной промышленности приобретают полимерпесчаные композиты. В качестве основы используется кварцевый песок с минимальным содержанием глинистых и пылевидных частиц, связывающим агентом в смеси служат термопластичные полимеры, такие как полиэтилен низкого и высокого давления, поливинилхлорид, полиэтилентерефталат, полистирол, полипропилен, акрилонитрил-бутадиен-стирол и т.д. [2].

За счет применения кварцевого песка в виде наполнителя достигаются оптимальные физические параметры выпускаемого продукта, а именно повышается прочность и снижается усадка готового изделия. Термопласты, в свою очередь, обеспечивают возможность формования сложных конфигураций деталей, обладают высокими показателями тепло- и трещиностойкости. Получаемый готовый продукт не уступает своим аналогам из бетона или других материалов, даже, наоборот, по некоторым критериям превосходит их [1].

Технология получения полимерпесчаных композитов с использованием переработанных отходов не требует жесткой сортировки полимеров, а также доскональной и сильной их очистки, вместе с этим в процессе производства допустимо использование смеси, состоящей из различных видов пластика. Таким образом, можно отметить, что применение данного способа получения материалов позволяет сократить количество полимерных отходов.

Использование полимерных отходов в качестве основного источника сырья для производства полимерпесчаных изделий отвечает требованиям экологической безопасности, поскольку осуществляется утилизация практически не разлагаемого типа отходов. В свою очередь, получаемый из них готовый продукт, обладая высокими физическими показателями, а именно ударопрочностью, жесткостью, устойчивостью к температурным колебаниями, будет всегда иметь спрос у потребителя. В строительной отрасли производство такого рода изделий постепенно заменяет устаревшие на данный момент аналоги, изготовленные из других видов материалов [3].

Литература

1. Бондалетов В.Г. Полимерные композиционные материалы: учебное пособие / Бондалетов В.Г., Бондалетова Л.И. Томск: Изд-во ТПУ. 2013. 118 с.
2. Колосова А.С., Сокольская М.К., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. Современные полимерные композиционные материалы и их применение // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=12252>. (дата обр. 12.12.2020).
3. Перовская К.А. Технология утилизации отходов в производстве полимерпесчаных изделий / Перовская К.А. // Сборник материалов научно-практических конференций. Владимир: Изд-во ВлГУ. 2019. 3597 с.
4. Севостьянов В.С. Промышленные предприятия для комплексной переработки техногенных материалов / Уральский В.И., Севостьянов М.В., Дубинин Н.Н. Белгород: Изд-во БГТУ. 2016. 304 с.
5. Современные технологии получения и переработки полимерных и композиционных материалов: учебное пособие / Галыгин В.Е., Баронин Г.С., Таров В.П., Завражин Д.О. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО "ТГТУ" 2012. 180 с.



Барбанэль Полина Феликсовна

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: barbanelpolina@mail.ru



Агаханянц Полина Феликсовна

Год рождения: 1972

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

e-mail: aga-polina@yandex.ru

УДК 504.064.45

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

П.Ф. Барбанэль

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

Аннотация

В работе рассмотрены аналитические способы оценки теплоты сгорания твердых коммунальных отходов. Актуальность таких методов обоснована трудоемкостью и дороговизной лабораторных методов оценки теплотворной способности, а также проблемой репрезентативности пробы. В работе рассмотрены имеющиеся в литературных источниках аналитические зависимости (регрессии). Имеющиеся зависимости апробированы на данных состава твердых коммунальных отходов Московской области.

Ключевые слова

Твердые коммунальные отходы, топливо из отходов, теплотворная способность, аналитические методы оценки, морфологический состав, элементный состав.

Проблема растущего образования твердых коммунальных отходов (ТКО) стоит во всем мире и в России, в частности. По данным Министерства природных ресурсов и экологии РФ, объем вывозимых ТКО вырос с 235,4 млн м³ в 2010 году до 304,4 млн м³ в 2019 году, причем на мусороперерабатывающие предприятия в 2019 году было отправлено только 16% образовавшихся ТКО. Для снижения количества отходов, отправляемых на полигоны, используют технологии переработки и утилизации. Один из возможных способов использования сырьевого и энергетического потенциала ТКО – производство топлива из отходов [1]. Топливо из отходов (RDF, SRF) производится из сортированных, измельченных, и иногда гранулированных отходов.

Топливо из отходов классифицируется по трем основным параметрам: низшая теплота сгорания (экономический параметр), содержание хлора (технический) и содержание ртути (экологический) [2]. Теплота сгорания - один из важнейших критериев, характеризующих топливо, полученное из отходов. Для определения

значения теплоты сгорания на данный момент применяют экспериментальные методы, испытания проводят на калориметрах [3]. Испытания на теплоту сгорания трудоемки и дороги. Теплота сгорания зависит от состава топлива, то есть состава входящих в него фракций ТКО, с связи с чем рациональным представляется применение аналитических методов расчета.

Цель данной работы состоит в поиске аналитического способа оценки энергетического потенциала топлива из ТКО, то есть зависимости “теплота сгорания – состав”, пригодной для расчета теплоты сгорания по имеющейся пробе ТКО.

Была рассчитана теплота сгорания пробы отходов с известным морфологическим составом и влажностью (34,06 % на рабочее состав) посредством регрессий, представленных в вышеупомянутых источниках [4, 5]. Круговая диаграмма с морфологическим составом изображена на рисунке.



Рисунок. Морфологический состав пробы ТКО

Семь регрессий были взяты из исследований, проведенных в разных регионах (Россия, Испания, Япония, Малайзия, США) [4, 5]:

$$Q_p^H = 4,186((95F_{пол} + 40F_{орг} + 40F_{мак} + 44F_{дер.тек}) \frac{100-W}{100} - 14W), \quad (1)$$

Q_p^H – низшая теплота сгорания ТБО на рабочую массу, кДж/кг;

$F_{пол}$ – общее содержание полимеров, мас.%;

$F_{орг}$ – общее содержание органических расходов (пищевых и растительных), мас.%;

$F_{мак}$ – общее содержание макулатуры, мас.%;

$F_{дер.тек}$ – общее содержание дерева и текстиля, мас.%;

W – общая влажность отходов, мас.%;

$$Q_p^H = \frac{100-W}{100} (38,8(Pa + Ga + T + Oc) + 50,9(Te + Ru) + 73,7Pl) - 6W, \quad (2)$$

где Q_p^H – низшая теплота сгорания ТКО на рабочую массу, кДж/кг;

Pa – общее содержание бумаги, мас.%;
 Ga – общее содержание органических расходов (пищевых и растительных), мас.%;
 T – общее содержание макулатуры, мас.%;
 Oc – общее содержание остальных горючих компонентов, мас.%;
 Te – общее содержание текстиля, мас.%;
 Ru – общее содержание резины и кожи, мас.%;
 Pl – общее содержание пластика, мас.%;
 W – общая влажность отходов, мас.%.

$$Q_p^H = 23(Ga + 3,6Pa) + 160(Pl + Ru), \quad (3)$$

$$Q_p^H = 112,157Ga + 183,386Pa + 288,737Pl + 5064,701, \quad (4)$$

$$Q_p^H = 112,815Ga + 184,366Pa + 298,343Pl - 1,920W + 5130,380, \quad (5)$$

$$Q_p^H = 81,209Ga + 285,035Pl + 8724,209, \quad (6)$$

$$Q_p^H = \sum_{i=1}^n \frac{Q_{pi}^H \cdot C_i}{100} - 4,2(t_1 - t_2)W - 2268W/100, \quad (7)$$

где Q_p^H – низшая теплота сгорания ТБО на рабочую массу, кДж/кг;
 Q_{pi}^H - теплота сгорания на рабочую массу i -го компонента ТБО, кДж/кг;
 C_i – содержание i -го компонента в общей массе ТБО, %;
 t_1 - температура подачи в печь, град;
 t_2 - температура кипения воды, град; W – общая влажность отходов, мас.%.
 В таблице представлены результаты расчетов.

Таблица

Результаты расчетов

Уравнение №	1	2	3	4	5	6	7
Теплота сгорания, кДж/кг	10381,72	6616,05	7796,96	7655,00	7693,37	10715,21	10825,64
Относительная погрешность, %	34,44	51,17	42,46	43,51	43,22	20,92	20,11

Таким образом, регрессии, представленные в литературных источниках, не дают значений, соответствующих экспериментальным данным: экспериментальная теплотворная способность составила 13,55 МДж / кг, значения по представленным формулам варьируются от 6,62 до 10,83 МДж / кг.

Дальнейшая работа будет направлена на поиск аналитических методов расчета и их проверку, а также на самостоятельный статистический анализ с выводом новой зависимости. Эту работу можно провести в случае расширения числа имеющихся экспериментальных данных.

Литература

1. Будко А.Г., Вниим Ф., Менделеева Д.И. Альтернативное топливо из твердых бытовых отходов // Твердые бытовые отходы. 2015. N. 4. С. 38–41.

2. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: ГОСТ 33516-2015 (EN 15359:2011) Топливо твердое из бытовых отходов. Технические характеристики и классы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200126393> (дата обращения: 07.12.2020).
3. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: ГОСТ 33108-2014 (EN 15400:2011) Топливо твердое из бытовых отходов. Определение теплоты сгорания [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200120566> (дата обращения: 07.12.2020).
4. Ильиных Г.В. оценка теплотехнических свойств твердых бытовых отходов исходя из их морфологического состава // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. 2013. N 3. С. 125–137.
5. Kathiravale S. et al. Modeling the heating value of Municipal Solid Waste // Fuel. 2003. Vol. 11, No 9. P. 1119–1125.

Барт Сара Лиан / Sarah L. Barth

Год рождения: 1994

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

студент группы № Т42506с

направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-и

ресурсосберегающие процессы в химической технологии.

нефтехимии и биотехнологии,

e-mail: sarah.barth@stud.hszg.de

Сергиенко Ольга Ивановна / Olga I. Sergienko

Год рождения: 1957

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий

к.т.н., доцент,

e-mail: oisergienko@itmo.ru

УДК 628.477.2

**ENERGETIC UTILIZATION OF AGRICULTURAL RESIDUES FROM
AGRICULTURAL HEMP CROP CULTIVATION AND FIBER PRODUCTION**

S.L. Barth

Scientific supervisor – PhD, associate professor O.I. Sergienko

Abstract

Commercial hemp or industrial hemp is the name given to all varieties of hemp (genus Cannabis) grown for commercial use. These varieties are specifically for fiber and seed use and have a very high fiber content of 30 to 40%. A fertilization with a total of 60 - 150 kg nitrogen, 40 - 140 kg phosphorus (P₂O₅) and 75 - 200 kg potassium per hectare, is applied before sowing [14]. Weed control or other plant protection measures are not necessary in cultivation [14]. The water requirement is relatively low at 300 - 500 l/kg dry matter.

Keywords

Hemp, bioethanol, residues, carbon balance, energy recovery, biofuels.

The analysis of the biomass potential of hemp straw generally serves to provide an overview of focal points and development opportunities for the sustainable use of agricultural residues. Such an analysis does not replace planning and has no claim to completeness and high accuracy.

The survey of land and residual material potentials was carried out by researching and evaluating relevant specialist literature and publications.

In recent years, the cultivation of commercial hemp in the EU has become increasingly important. In 2015, the area on which hemp was cultivated was 19,970 hectares; in 2019, the area was already 32,670 hectares.

Based on the climate strategy of the EU, it can be assumed that the area under cultivation will increase again. If the current development of the last 5 years by means of a potential trend line is projected until 2030, the cultivated area is expected to double compared to 2019.

In order to be able to estimate the technical potential of commercial hemp cultivation in the EU, data from the "European Industrial Hemp Association" (EIHA) were used. The most important hemp producers in the EU are represented in the EIHA. The statistics collected by the EIHA state that the average yield of hemp straw is between 6.3 and 7.3 tons per hectare [5]. An average value of 6.8 t/ha was assumed for the further calculations. With a theoretical area potential of 32,670 hectares of cultivated land, this results in a raw material potential of 222,156

t/a. Based on the black box presented above, 15.1% other materials and 2% material losses must be subtracted to calculate the technical potential. This results in a technical potential of 184,167 t/a (fig. 1-3).

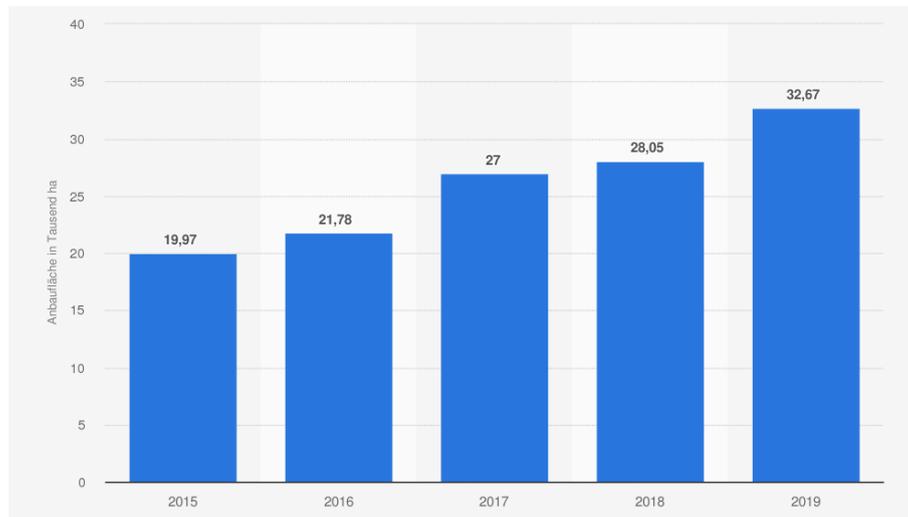


Fig. 1. Area under hemp cultivation in the EU from 2015 to 2019 [1]

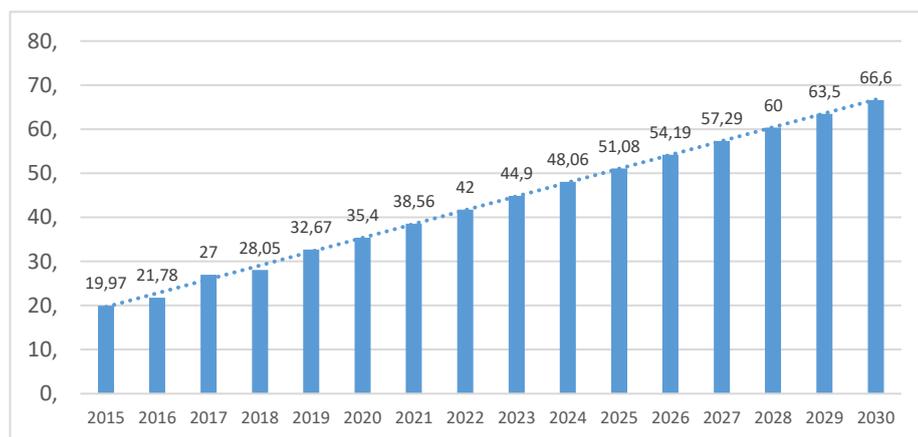


Fig. 2. Estimation of the area under hemp cultivation up to the year 2030

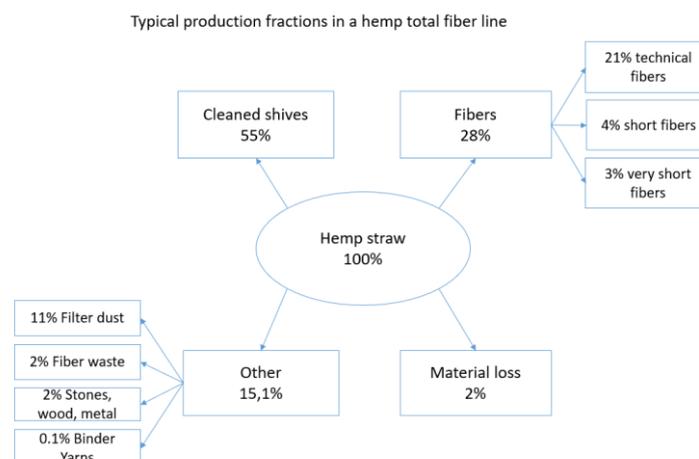


Fig. 3. Black box representation of hemp straw [19]

Traditionally, biofuels are produced based on sugar or starch. Typically, plants such as sugar beet, sugar cane, corn or wheat are used for the production of biofuels [7]. Often in recent years, the thesis has been made that hemp in energy production is considered a fuel without sulfur emissions, which can be burned directly or converted into liquid fuels [1, 3, 8-9, 11-12, 17, 21-22].

In this way, with the help of various biorefinery concepts, diverse products can be manufactured from the hemp plant, such as [7]:

1. Biogas from anaerobic digestion.
2. Bioethanol from fermentation.
3. Biochemical products such as succinic acid.
4. Biodiesel from seeds.
5. Briquettes or pellets.

The biggest benefit compared to other energy crops is the low need for fertilizer and pesticides and other plant protection products are obsolete. This reduces the environmental intensity of hemp biomass and gives it a significant advantage compared to other energy plants [14].

During the production of fibers, the shives are processed into wood chips or shavings, as well as dusts and short fibers that are unusable for further technical use. These production wastes can be further compressed into heating pellets.

As shown in table, hemp pellets have a lower heating value of about 4.8 kWh/kg. This means that hemp pellets have a higher calorific value than, for example, beech logs [13].

Table

Comparison of the lower heating value of different materials [13]

Fuel	lower heating value in MJ/kg	lower heating value in kWh/kg
Wood / wood chips fresh	6,8	1,9
Straw / straw pellets	14,2	3,9
Paper	14,8	4,1
Wood pellets DIN 51731	17,5	4,8
Hemp pellets	17,4	4,8
Lignite briquettes	19,6	5,4
Hard coal	27,2	7,6

However, it should be noted that briquettes with the heating value represented in Table 1 are usually so-called "whole-plant hemp briquettes". The combination of fibers and shives increases the heating value and the hemp briquette can be produced without binders, which keeps the carbon balance low during combustion.

Another use case for the seed is Hemp oil, which was used for centuries as lamp oil. Nowadays, hemp oil can be used to produce biodiesel, which can be burned in internal combustion engines without further modification [7]. Biodiesel is considered a clean and renewable alternative to petroleum-based diesel fuel. Hemp diesel is derived from the seeds of the hemp plant, which must be harvested separately at harvest. For a long time, farmers had to choose between the seeds and long-fibered stalks. However, today's agricultural machinery, which has been specially developed for harvesting hemp seeds, allows farmers to conduct a separate harvest of the seeds and the hemp stalks, while keeping the stalk of an appropriate length for fiber production.

Bioethanol is seen as a promising biofuel, as it can be integrated into many existing fuel systems and thus substitute fossil fuels [6, 7].

The main challenge in the production of biofuels from hemp is that in the usual process other biomass feedstocks provide higher yields and are therefore more economical. Another problem is the development of an efficient pre-treatment method to remove the lignin in order to ensure the access of the enzymes to the cellulose, only in this way can sugars be released [7].

The Angelidakis Group developed a biorefining concept in which commercial hemp can be used for the production of cellulosic bioethanol and succinic acid [17, 18]. Two pre-treatment methods were investigated, the "dilute-acid treatment" and the "alkaline-oxidative method". The results showed high cellulose recovery (>95%), and significant hemicellulose solubilization (49-59%) by the acid-based method and lignin solubilization (35-41%) by the alkaline-H₂O₂ method. The highest ethanol production was obtained by the alkaline-oxidative method. However, in terms of combined ethanol-succinic acid production, the acid-based method was superior. The mass balance calculations indicated that 149 kg of bioethanol and 115 kg of succinic acid could be obtained from one ton of dried hemp [17].

Taking into account the costs of the whole life cycle from farm-to-ethanol plant, results indicate that the field-dried hemp, pretreated under optimal conditions, provides positive, economic results [10, 15, 16]. Looking at the results of the experimental solution approach, it can be assumed that hemp will be used as a potential energy crop in the future. However, even though there are many studies on the topic "biofuel potential of hemp", the technical and economic practicability is still unclear.

There is some debate around the carbon footprint of hemp in relation to combustion for use as a biofuel. When using hemp as a biofuel, it is important to note that the full environmental benefits cannot be realized until the plant is regrown. It has been scientifically proven that industrial hemp absorbs more CO₂eq per hectare than most commercial crops, making the plant a very potent carbon sink. It is estimated that hemp absorbs 1630 kgCO₂eq/t of hemp straw [23].

This estimated value is composed of the plant parts and their respective average amount of absorbed CO₂ [23]:

- 0.7 tons cellulose (45% carbon),
- 0.22 tons of hemicellulose (48% carbon),
- 0.06 tons of lignin (40% carbon).

It follows that one ton of industrial hemp stalk absorbed about 0.445 tons of carbon from the atmosphere, which is 44.46% of the dry weight. To get the corresponding CO₂eq the carbon must be converted to CO₂. 12 tons of carbon equals 44 tons of CO₂ (IPCC), which equals 1.63 tons [23].

For further utilization, however, the absorbed carbon in roots and leaf mulch must be deducted, as these plant components remain in the field. The mass fraction is on average 20% of the harvested material. So, the absorbed carbon content remaining in the soil is around 0.089 tons of carbon and 0.326 tons of CO₂ per ton of harvested material [23]. In the final effect, therefore, a CO₂ absorption of 1.37t per dried ton of hemp stalks can be assumed [23, 24]. Cultivation and harvesting, however, are associated with carbon emissions. Barth and Carus calculated the emissions associated with the cultivation and harvesting of industrial hemp to range from 450 to 600 kg CO₂eq/t of hemp straw produced, depending on the type of fertilizer used [4]. Using the data from Andreae and Merlet, the approximate CO₂eq/t emitted from the combustion of hemp straw can be calculated. The calculation results in a value of 1722 kgCO₂eq/t [2]. In comparison, hard coal has a value of 2176 kg CO₂eq/t. The seeds of the hemp plant absorb around 1.90 tons of CO₂ per ton of seed. The production of 1 MJ of hemp biodiesel requires an amount of hemp seed that has stored approximately 0.163 kgCO₂. The corresponding amount of hemp straw absorbed 0.733 kgCO₂. For every 1 MJ of hemp biodiesel produced, the total plant storage of carbon dioxide is 0.896 kg. The absorption of CO₂ is much higher than the release from the production process at 0.137 kgCO₂eq per 1MJ of biodiesel. Combustion of the hemp diesel releases CO₂ and nitrogen oxides, so this phase of the life cycle

emits 0.0745 kg CO₂eq per 1 MJ of hemp diesel [20].

According to the data from O'Mahony, the total climate impact potential of 1 MJ of hemp biodiesel is +0.684 kgCO₂eq, which is an overall net reduction in atmospheric greenhouse gas concentration [19, 20].

However, the net reduction can only be considered if the CO₂ absorption of the hemp stalk is included in the calculation. Since this is no longer within the scope of use, it should also not be included. So, the calculation would be:

$$0,163 \text{ kgCO}_2 - (0,137 + 0,0745) \text{ kgCO}_2 = -0,0485 \text{ kgCO}_2.$$

Which suggests that biodiesel has very low CO₂ emissions, but the combustion is not CO₂ positive.

As a result of the potential analysis of possible biomass pathways, only those pathways that show positive life cycle assessments and/or significant greenhouse gas savings potential are viable in the long term. The examples named in chapter 3 show clear greenhouse gas saving potentials. Even so, it should not be cultivated entirely as an energy crop, as this could lead to adverse shifts in global CO₂ emissions. This would be the case, for example, if required natural fibres for composite materials had to be imported from China. The use of the hemp plant is then goal-oriented if all its components can be used as efficiently and long-lasting as possible and can therefore function as a carbon sink.

References

1. Ahrens S. (16. 12 2020). Anbaufläche von Hanf in der Europäischen Union 2019. (Statista, Hrsg.) Eurostat. Von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1174126/umfrage/anbauflaeche-von-hanf-in-europaische-union/> abgerufen (дата обр. 12.12.20).
2. Andreae M. & Marlet P. (2001). Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Glob Biogeochem Cycles*. 15 (S. 955-966) (дата обр. 12.12.20).
3. Asquer C., Melis E., Scano E. & Carboni G. (2019). Opportunities for green energy through emerging crops: biogas valorization of Cannabis sativa L. residues. *Climate* (S. 142).
4. Barth M. & Carus M. (2015). Carbon footprint and sustainability of different natural fibres for biocomposites and insulation material: study providing data for the automotive and insulation industry. Hürth: Nova-Institut GmbH.
5. Carus M. (2017). Cultivation, processing and applications for fibres, shivs, seeds and flow-ers. (T. E. Industry, Hrsg.) Von http://eiha.org/media/2017/12/17-03_European_Hemp_Industry.pdf. abgerufen.
6. Carus M., Gahle C., Pendarovsk C., Vogt D., Ortman S., Grotenhermen F., . . . Schmidt C. (2008). Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU), Gülzower Fachgespräche. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
7. Crini G., Lichtfouse E., Chanut G., & Morin-Crini N. (2020). Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review. *Environmental Chemistry Letters* 18 (S. 1451-1476). Springer Nature Switzerland AG.
8. Das L., Liu E., Saeed A., Williams D., Hu H., Li C., . . . Shi J. (2017). Industrial hemp as a potential bioenergy crop in comparison with kenaf, switchgrass and biomass sorghum. *Bioresour Technol* (S. 641-649).

9. Fernando A., Duarte M., Vatsanidou A., & Alexopoulou E. (2015). Environmental aspects of fiber crops cultivation and use. *Ind Crops Prod* 68 (S. 105-115).
10. Fike J. (2016). Industrial hemp: renewed opportunities for ancient crop. *Crit Rev Plant Sci* 35 (S. 406-424).
11. Finnan J., & Styles D. (2013). Hemp: a more sustainable annual energy crop for climate and energy policy. *Energy Policy* 58 (S. 152-162).
12. Gomes H. (2012). Phytoremediation for bioenergy: challenges and opportunities. *Environ Technol Rev* 1 (S. 59-66).
13. Hanffaser Uckermark eG. (06. 01 2021). hanffaser. Von Heizpellets aus Hanf: <https://www.hanffaser.de/uckermark/index.php/sonstige-produkte/heizpellets> abgerufen.
14. Heyland K., Hanus H., & Keller E. (2006). Ölf Früchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen. *Handbuch des Pflanzenbaues* (Bd. 4, S. 301–307). Eugen Ulmer Verlag.
15. Johnson, R. (2018). Hemp as an agricultural commodity. *Congressional Research Service* (S. 1-48).
16. Kaltschmitt M., Hartmann H., & Hofbauer H. (2009). *Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken, Verfahren*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
17. Kuglarz M., Alvarado-Morales M., Karakashev D., & Angelidaki I. (2016). Integrated production of cellulosic bioethanol and succinic acid from industrial hemp in a biorefinery concept. *Bioresour Technol* 200 (S. 639-647).
18. Kuglarz M., Gunnarsson I., Svensson S., Prade T., & Johansson E. (2014). Ethanol production from industrial hemp: effect of combined dilute acid/steam pretreatment and economic aspects. *Bioresour Technol* 163 (S. 236-243).
19. Nova-Institut GmbH. (2015). Typical product fraction of a total firmer line for hemp fibre production.
20. O'Mahony S.J. (2011). Life cycle assessment of biodiesel from cannabis sativa L. for transport fuel in the UK. Von <https://ueaeprints.uea.ac.uk/id/eprint/32666/1/SJOMahony-PhD-Thesis.pdf> abgerufen
21. Prade T., Svensson S., & Mattsson J. (2012). Energy balances for biogas and solid biofuel production from industrial hemp. *Biomass Bioenergy* 40 (S. 36-52).
22. Schluttenhofer C., & Yuan L. (2017). Challenges towards revitalizing hemp: a multifaced crop. *Trends Plant Sci* 22 (S. 917-929).
23. Vosper J. (2011). The Role of Industrial Hemp in Carbon Farming. GoodErth Resources PTY Ltd. Von <https://hemp-copenhagen.dk/images/Hemp-cph-Carbon-sink.pdf> abgerufen
24. Waskow F. (1995). *Hanf & Co.: die Renaissance der heimischen Faserpflanzen*. (K.-I. f. Umweltforschung, Hrsg.) Göttingen: Verlag Die Werkstatt.



Басковцева Ангелина Станиславна

Год рождения: 1995
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы № Т4115,
направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология,
e-mail: baskovtseva.ang@yandex.com



Кыздарбек Улбосын

Год рождения: 1995
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
аспирант группы № 7951,
направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная
экология и биотехнологии,
e-mail: kyzdarbekova.ulbosyn@mail.ru



Баракова Надежда Васильевна

Год рождения: 1954
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: barakova@corp.ifmo.ru

УДК 579.64

МИКРООРГАНИЗМЫ-ПРОДУЦЕНТЫ КАРОТИНОИДОВ

А.С. Басковцева, У. Кыздарбек

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

Работа выполнена в рамках темы НИР-ФУНД №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

Имеется описание каротиноидов с точки зрения химических соединений и их полезных свойств, в том числе онкопротекторного действия. Выполнен обзор микроорганизмов-продуцентов каротиноидов, относящихся к бактериям, грибам и водорослям. Описаны условия, влияющие на процесс культивирования микроорганизмов и недостатки различных микроорганизмов для биосинтеза.

Ключевые слова

Каротиноиды, водоросли-продуценты каротиноидов, микроорганизмы, биосинтез каротиноидов, онкопротекторное действие.

Каротиноиды могут использоваться в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности благодаря биоактивным и цветным свойствам – они

одни из самых мощных питательных веществ на земле из-за сильных антиоксидантных свойств. Каротиноиды давно привлекают внимание врачей и ученых своей способностью положительно воздействовать на организм человека при серьезных хронических заболеваниях, таких как рак, сердечно-сосудистые заболевания, остеопороз и диабет, которые очень распространены в наше время.

Обычно каротиноиды экстрагируют из растительных материалов и побочных продуктов агропромышленного комплекса с использованием органических растворителей, но эти процедуры приводят к загрязнению получаемых соединений и окружающей среды. Помимо этого, производства, получающие каротиноиды путем химического синтеза, негативно влияют на экологию [1]. Данные причины вызывают критику со стороны потребителей, экологов и работников здравоохранения.

Хотя химический синтез каротиноидов является хорошо развитым рынком, натуральные продукты считаются более безопасными для потребления человеком. Каротиноиды, экстрагированные из их природных источников, обычно состоят из сложных смесей изомеров вместе с другими биологически активными соединениями, в отличие от химически синтезированных каротиноидов, которые обычно являются транс-изомерами. В некоторых исследованиях подчеркивается потенциальный риск для здоровья определенных химически синтезированных каротиноидов и других антиоксидантов. В связи с этим встает вопрос об альтернативных методах экстракции каротиноидов, например, с помощью микроорганизмов, синтезирующих данные вещества.

Целью данной работы является обзор информации о микроорганизмах, с помощью которых можно синтезировать каротиноиды.

Каротиноиды – это класс пигментированных соединений, которые могут синтезироваться в растениях и микроорганизмах. Химическая структура каротиноидов представляет из себя изопреновую цепь, состоящую обычно из 40 атомов углерода и имеющую четыре метилбутадиеновых остатков, разделенных в середине $\text{CH}=\text{CH}$ -группой, и одно или два циклогексеновых иононовых кольца на концах цепи. Вследствие этого данные соединения окрашены (в зависимости от длины цепи) в цвета от желтого и оранжевого до глубокого красного.

К основным и наиболее изученным каротиноидам относятся: α -каротин, β -каротин, ликопин, лютеин, β -криптоксантин, зеаксантин, кантаксантин, астаксантин. Каротиноиды делятся на: каротины – ненасыщенные углеводороды и ксантофиллы – кислородсодержащие каротиноиды, имеющие гидрокси-, метокси-, карбокси- кето- и эпоксигруппы. Каротины представляют собой полиеновые углеводороды и не содержат гетероатомные группы.

Базовые каротиноиды могут модифицироваться следующими путями: образование боковых кислородсодержащих групп, окислением либо ферментативно. Кроме того, гидроксिलированные каротиноиды могут находиться в природных источниках в виде гликозидов или эфиров длинноцепочечных жирных кислот, которые характеризуются более высокой гидрофобностью [2].

Каротиноиды, будучи жирорастворимыми, поглощаются, как и обычные жиры. В еде достаточно 3–5 г жира для удачного поглощения. Отсутствие желчи или нарушения системы поглощения жиров влияет на усвоение каротиноидов. Рекомендуемый адекватный уровень потребления каротиноидов в сутки составляет 15 мг, в том числе для бета-каротина – 5 мг, ликопина – 5 мг, лютеина – 5 мг, зеаксантина – 1 мг, астаксантина – 2 мг [2].

Из растительного сырья лучшими источниками каротиноидов являются: морковь, которая содержит 4–9 мг каротиноидов на 100 г; рябина садовая – 9 мг; зелень петрушки, шпинат – 4 мг; зеленый лук, красный перец, абрикосы – 2 мг; салат, тыква, помидоры, персики, дыня – 0,4–1,7 мг. В частности, ликопин является главным красным пигментом

помидоров, розовых грейпфрутов, кожуры красного винограда, мякоти арбуза; для жителей европейских стран томаты и продукты из томатов – основной его источник [2].

Среди микроорганизмов способностью синтезировать каротиноиды обладают бактерии, грибы, дрожжи и водоросли. Использование смеси природных каротиноидов более целесообразно для химиопрофилактики рака и раскрытия прочих полезных свойств по сравнению с синтетическими аналогами. Кроме того, для оптимальной профилактики злокачественных опухолей и хронических заболеваний необходимо использовать комплекс каротинов и ксантофиллов, а не один β -каротин.

Каротиноиды получают в значительных количествах из некоторых водорослей, например, из *Chlorella*, *Spirulina*, *Dunaliella*, *Nannochloris*, *Nitzschia*, *Cryptocodinium*, *Schizochytrium*, *Tetraselmis* и *Skeletonema* видов. Микроводоросли являются отличным источником каротиноидов, и прилагаются постоянные усилия по совершенствованию нескольких этапов последующей обработки для получения ценных соединений. Но клетки микроводорослей покрыты сложными и богатыми углеводами клеточными стенками, которые затрудняют извлечение каротиноидов и других ценных соединений, получаемых из микроводорослей [3].

Бактерии, продуцирующие каротиноиды, можно разделить на фототрофные, оксигенные и нефототрофные. У фотосинтезирующих бактерий есть светособирающая фотосистема, основанная на дополнительных пигментах бактериохлорофилла и других каротиноидов. Кислородные фототрофные бактерии в основном представлены цианобактериями, синтезирующими β -каротин, зеаксантин, эхиненон, кантаксантин и другие каротиноиды. Бактерии, продуцирующие каротиноиды, синтезируют почти все типы каротиноидов, включая C_{30} , C_{40} , C_{45} и C_{50} . Бактерия *Corynebacterium glutamicum* продуцирует уникальный декапреноксантин каротиноидов C_{50} и его гликозилированные формы. Некоторые штаммы *Gordonia sp.*, такие как штамм *IB Gordonia alkanivorans*, синтезируют лютеин, кантаксантин и астаксантин, тогда как *Gordonia terrae TWRH01* производит в основном эхиненон. Новый стафилоксантин с антимикробными, антиоксидантными и противораковыми свойствами был выделен из микрофлоры кишечника тутового шелкопряда [4]. Ключевыми факторами, регулирующими биосинтез каротиноидов в фотосинтетических бактериях, являются кислород и свет.

Анаэробные условия способствуют образованию менее окисленных производных, в отличие от кетокаротиноидов, которые образуются в присутствии кислорода, что является положительным моментом. Производство каротиноидов нефотосинтетическими бактериями зависит от состава культуральной среды, температуры, скорости перемешивания и аэрации [4]. В целом бактериальные каротиноиды являются многообещающим источником для промышленного использования из-за различных цветовых тонов и меньших требований к материалам. Однако стоимость производства бактериальных каротиноидов по-прежнему значительно выше, чем синтетических источников, что препятствует их коммерческому применению.

Дрожжи и мицелиальные грибы также являются обычными микробными источниками каротиноидов. Грибы, такие как *Blakeslea trispora* и *Mucor circinelloides*, производят β -каротин, а дрожжи *Xanthophyllomyces dendrorhous*, производят в основном астаксантин. Другие дрожжи, продуцирующие каротиноиды, включая *Rhodoturula*, *Sporobolomyces* и *Sporidiobolus*, синтезируют только торулен и торулародин. На основе мутантов дрожжей *Rhodospiridium diobovatum* получают каротиносодержащий препарат, включаемый как белково-каротиноидная добавка в рацион скота. В настоящее время разработан способ получения каротиносодержащего препарата на основе мутантов *Mycobacterium rubrum*. Препарат комплексный и содержит β -каротин, ликопин и ксантофиллы. Кроме того, для производства ксантофиллов используют гриб *Dacrymyces deliquescens* [5].

На синтез каротиноидов в дрожжах и грибах влияет несколько факторов. При низких температурах в некоторых красных дрожжах преобладают β -каротин и γ -каротин, тогда как повышение температуры способствует образованию торулена и торулародина. Природа источников углерода и азота также непредсказуемым образом влияет на образование каротиноидов в дрожжах и грибах. Высокое соотношение углерода и азота способствует биосинтезу каротиноидов у дрожжей. Есть несколько грибов, которые реагируют на более кислые условия pH накоплением пигментов при погруженном культивировании. Ферментация *V. trispora* в среде от нейтрального до щелочного pH способствует выработке ликопина, тогда как β -каротин образуется в качестве преобладающего пигмента при более кислом pH.

Другими факторами, которые могут влиять на выработку каротиноидов дрожжами и грибами, являются интенсивность света и питательная среда. Чтобы получить оптимальную биомассу или выход интересующего соединения, может потребоваться компромисс. Основным недостатком, ограничивающим коммерческое использование грибов, является потенциальное совместное производство микотоксинов. *Fusarium spp.*, который производит β -каротин и ликопин, может генерировать микотоксины в зависимости от условий роста, в то время как производство пигментов *Neurospora intermedia* безопасно для потребления человеком без совместного производства микотоксинов [5].

Выводы

Растущая коммерческая ценность каротиноидов из-за их актуальности во многих отраслях промышленности подталкивает к поиску устойчивых и экономичных подходов к производству каротиноидов. Производство каротиноидов с помощью микробного синтеза рассматривается как отличная стратегия преодоления ограничений, налагаемых химически синтезированными каротиноидами и каротиноидами растительного происхождения. Поэтому необходима разработка и оптимизация процессов культивирования микроорганизмов-продуцентов каротиноидов для их устойчивого промышленного производства.

Литература

1. Adadi P., Barakova N.V., Krivoshapkina E.F. Selected Methods of Extracting Carotenoids, Characterization, and Health Concerns: A Review // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2018. № 66. P. 5925–5947.
2. Нилова Л.П., Пилипенко Т.В. Функциональные пищевые ингредиенты: учебное пособие. СПб: ТЭИ. 2013. 112 с., 14–17.
3. Gong M., Bassi. A. Carotenoids from microalgae: A review of recent developments // Biotechnology Advances. 2016. № 34. P. 1396–1412.
4. Chee Foong L., Leng Loh C.W., Suan Ng H., Chi-Wei Lan J. Recent development in the production strategies of microbial carotenoids // World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2020. № 37. P. 12.
5. Chandi G.K., Gill B.S. Production and characterization of microbial carotenoids as an alternative to synthetic colors: a review // International Journal of Food Properties. 2011. – № 14. P. 503–513.



Бельшева Дарья Андреевна
Университет ИТМО,
Год рождения: 1998
факультет биотехнологий,
студент группы №Т41505с,
направление подготовки: 18.04.02 – Промышленная
экология и чистое производство,
e-mail: belysheva-98@mail.ru



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

УДК 504.05

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ УКИЗВ ПРИ ОЦЕНКЕ ИЖЕВСКОГО ПРУДА

Д.А. Бельшева

Научный руководитель – ст. преподаватель Н.В. Динкелакер

Аннотация

В работе рассмотрено применение комплексного показателя УКИЗВ при оценке экологического состояния Ижевского пруда. Экологическое состояние водного объекта производилось по гидрохимическим показателям с использованием интегральной оценки.

Ключевые слова

Водные объекты, водоёмы, УКИЗВ, Ижевский пруд, гидрохимические показатели, экологическое состояние.

Водоёмы, расположенные в городской черте, часто имеют много источников негативного воздействия и сложный состав загрязняющих веществ, что затрудняет оценку свойств их безопасности и пригодности для различных видов использования (рекреационное, спортивное, рыбохозяйственное, декоративное и др.). Тем не менее, комплексная оценка необходима для планирования использования водных объектов в городской среде. Для учета экологического благополучия водоемов и их частей при градостроительном планировании наиболее удобно использование интегральных показателей загрязнения. Для интегральной оценки загрязненности воды используется показатель «Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды» (УКИЗВ) [1]. Как и другие интегральные показатели загрязненности окружающей среды, УКИЗВ отражает обобщенную информацию о загрязненности и не несет прямой информации о конкретных опасных уровнях загрязнения. В связи с этим применение показателя требует оценки его репрезентативности для конкретных задач управления урбанизированными ландшафтами.

Цель настоящего исследования заключается в оценке репрезентативности

показателя УКИЗВ при его применении при оценке экологической безопасности крупных мелководных водоемов в городской среде.

Исследования проведены в 2019 – 2020 гг. В столице Удмуртии самым крупным водным объектом является Ижевский пруд, который стал объектом исследования. Его площадь составляет 24 км². Водоём является принимает на себя большое количество ливневых и поверхностных стоков, также испытывает на себе антропогенное воздействие от неорганизованного сброса с прибрежной полосы.

Перечень стандартов качества и контроля качества природной воды определяется Водным кодексом Российской Федерации и законом РФ «Об охране окружающей среды». Необходимость использования методических указаний по УКИЗВ определяется статьёй 78 Водного кодекса Российской Федерации.

В качестве нормативов взяты предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ для вод рыбохозяйственных водоемов [2].

Классификация качества воды, полученная из значений УКИЗВ, может разделять поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности [3]. Классы качества вод представлены в табл. 1.

Таблица 1

Классы качества вод

Класс качества	Определение
1-й класс	Условно чистая
2-й класс	Слабо загрязненная
3-й класс	Загрязненная
4-й класс	Грязная
5-й класс	Экстремально грязная

Для того, чтобы вычислить комбинаторный индекс, были приняты за основу результаты оценки поверхностных вод пруда в г. Ижевске за 2015-й – 2019-й года. Результаты мониторинга были получены из госдокладов «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в УР». Места отбора анализа представлены на рисунке.

В процессе написания работы был осуществлён анализ выводов значения комбинаторного индекса. Результаты проделанного анализа можно наблюдать в табл. 2.

Таблица 2

Значения индекса УКИЗВ и классов загрязненности в точках отбора проб Ижевского пруда

Значение показателя	Места отбора анализа	Классификация качества вод
4,08	Зона пляжа реки Волажка	4 класс грязная разряд "А"
3,85	Зона пляжа пристань Юровский мыс	4 класс грязная разряд "А"
2,95	Главные сооружения СПВ Ижевский пруд	3 класс очень загрязнённая разряд "Б"
4,79	Пляжный берег	4 класс грязная разряд "А"
5,47	Берег Электромеханический завод	4 класс грязная разряд "Б"
4,79	Пирс	4 класс грязная разряд "Б"

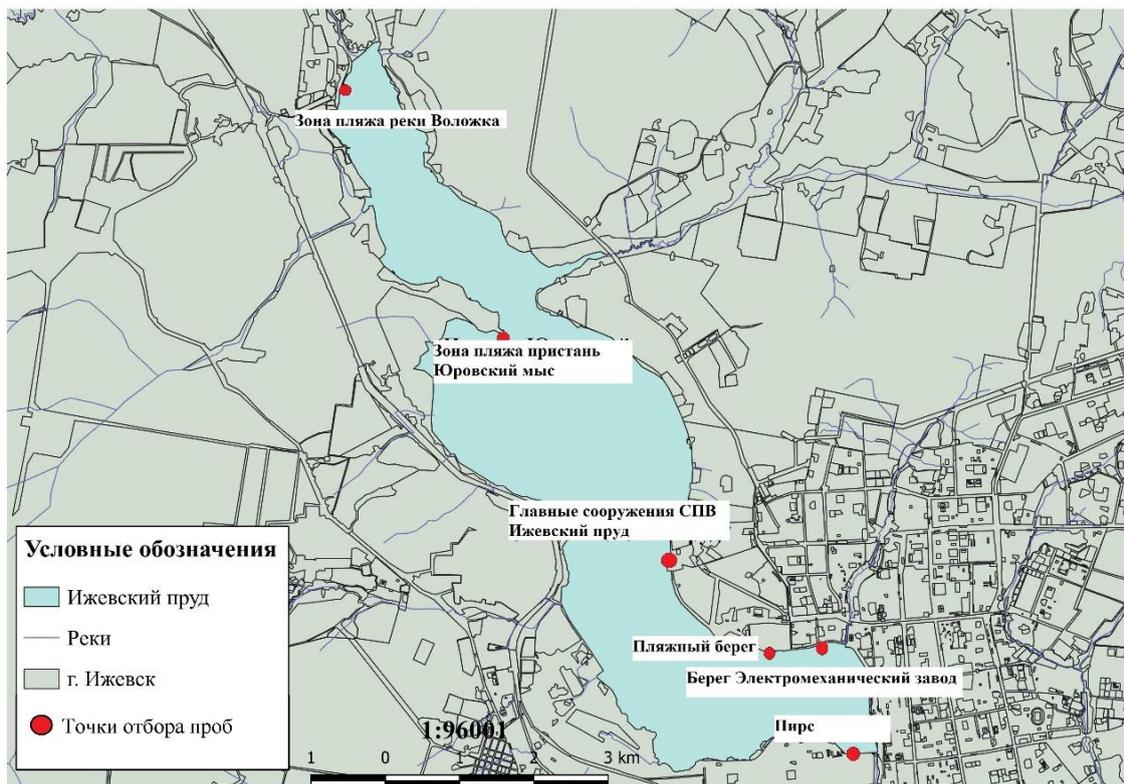


Рисунок. Места отбора анализа

Из полученных результатов можно сделать вывод, что одним из самых загрязнённых мест поистине можно считать «Берег Электромеханический завод», потому что значение индекса составляет 5,47. Данный результат принято относить к 4 классу, разряд «Б».

Причиной столь высокого загрязнения поистине можно считать ежегодный сброс ливневых и поверхностных стоков. Следует добавить, что ещё одним из загрязнителей можно считать реку Подборинка. Главными загрязняющими веществами в этом месте являются медь, цинк, марганец, легко окисляемые органические вещества, фенолы.

Хотелось бы отметить, что, помимо предыдущего место отбора анализа, также сильно загрязнены такие точки, как «Пляжный берег» и «Пирс», значение индексов в этих точках составляет 4,79. Эти точки относятся к 4 классу, разряд «А».

Ижевский водоём является огромным источником многих нужд для ижевчан. Поэтому сохранить его в чистом виде является первостепенной задачей. Наиболее крупными пользователями можно считать ОАО Ижевская сталь, Теплоэлектростанция-1, ОАО Удмуртэнерго, ОАО Ижевские машины, которые, в свою очередь, являются крупным индустриальным ансамблем города.

При осуществлении анализа проделанной работы был дан результат качества поверхностных вод водного объекта в городе Ижевск, которая оценивалось по методу УКИЗВ. Данный совокупный подход помогает адаптировать операцию представления и разбора материала о качестве природных вод. В результате работы были изучены особенности применения комплексного показателя УКИЗВ и произведён анализ экологической обстановки Ижевского водоёма. Поверхностную воду в изучаемом водоёме можно определить к 4 классу загрязнённости.

Для того, чтобы повысить качество природной воды водного объекта в столице Удмуртской Республики, были исследованы предложения посредством осуществления комбинированных инженерных, финансовых и экологических процедур при неотрывном

муниципальном экологическом мониторинге, в том числе организация сбора и очистки поверхностного и ливневого стока. Также необходимы биоманипуляционные меры, к примеру, защитные посадки прибрежных растений, а против излишнего разрастания – выкашивание и утилизация или введения растительноядных рыб.

Литература

1. Оценка экологического состояния водоемов города Казани [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekologicheskogo-sostoyaniya-vodоемов-goroda-kazani> (дата обращения 23.02.2021).
2. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов-на-Дону: Росгидромет. 2002 г. 49 с.
3. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействий (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: ВНИРО. 1999. 304 с.



Богданова Полина Антоновна

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: ollol0401@gmail.ru



Юльметова Ралия Фагимовна

Год рождения: 1957
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.х.н., доцент,
e-mail: liya974@mail.ru

УДК 35.24.12

**РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ
ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ ОЧИСТНЫХ СТАНЦИЙ**

П.А. Богданова, Р.Ф. Юльметова

Научный руководитель – к.х.н., доцент Р.Ф. Юльметова

Аннотация

В работе рассмотрены основные свойства загрязняющих веществ и их влияние на гидробионтов. Представлены основные загрязняющие вещества и показатели загрязнения сточных вод, контролируемые при сбросе очищенных дождевых и бытовых сточных вод. Представлены сравнительные графики загрязняющих веществ на выходе с очистных сооружений со значением ПДК. Рассмотрены основные причины повышения концентрации загрязняющего вещества после очистки на очистных сооружениях.

Ключевые слова

Очистные сооружения, загрязняющие вещества, эффективность, сточные воды.

Одной из актуальных проблем в наше время является загрязнение водоемов производственными сточными водами. Огромные масштабы промышленной деятельности человека привели к резкому ухудшению качества окружающей среды. Дальнейшее ухудшение качества гидросферы может привести к негативным последствиям для человечества. На данный момент охрана природы, защита ее от загрязнений является одной из важнейших проблем.

Цель работы – изучение основных причин повышения концентрации загрязняющих веществ в бытовых сточных водах после биологической и механической очистки и в ливневых сточных водах после механической очистки.

Лабораторные исследования были выполнены лабораторией «Центр экологических исследований и мониторинга». В ходе лабораторных исследований были измерены концентрации основных загрязняющих веществ.

Хозяйственно-бытовые и поверхностные стоки с территории производства отводятся посредством двух существующих береговых сосредоточенных выпусков в реку.

В выпуск №1 осуществляется сброс с территории производства: хозяйственно-

бытовой сток и поверхностный сток. Для очистки хозяйственно-бытового стока используются локальные очистные сооружения хозяйственно-бытового стока (далее – БОС). Для очистки поверхностного стока используются локальные очистные сооружения поверхностного стока (далее – ЛОС-1).

В выпуск №2 осуществляется сброс поверхностных стоков с территории производства. Для очистки поверхностного стока используются локальные очистные сооружения. (далее – ЛОС- 2).

В состав БОС входят: механическая, биологическая очистки, доочистка на фильтрах, обеззараживание на УФ лампах, глубокая очистка в биореакторе и на фильтрах с зернистой загрузкой.

В состав ЛОС-1 входят: распределительный колодец, накопительная емкость - пескоотделителя, маслобензоотделитель, сорбционный фильтр, колодец для отбора проб.

ЛОС-2 представляют собой железобетонные отстойники в подземном исполнении и фильтр с зернистой загрузкой. После очистки поверхностные сточные воды отводятся на выпуск №2.

На рис. 1 представлена схема системы очистных станций производства.

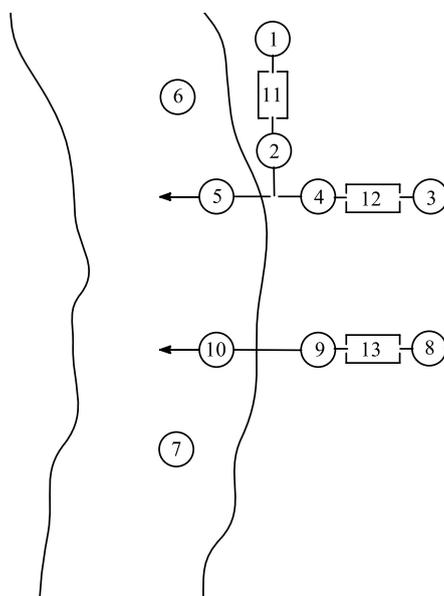


Рис. 1. Схема очистных станций производства. 1 – колодец перед выходом на БОС, 2 – контрольный колодец после БОС, 3 – колодец перед выходом на ЛОС-1, 4 – контрольный колодец после ЛОС-1, 5 – выпуск №1, 6 – 50 м выше по течению от выпуска №1, 7 – 50 м ниже по течению от выпуска №2, 8 – колодец перед выходом на ЛОС-2, 9 – контрольный колодец после ЛОС-2, 10 – выпуск №2, 11 – БОС, 12 – ЛОС-1, 13 – ЛОС-2

Значение БПК5

Показатели биологического потребления кислорода за 5 суток (БПК5) является одним из важнейших критериев уровня загрязнения водоёма органическими веществами, он определяет количество легкоокисляющихся органических загрязняющих веществ в воде [1].

На рис. 2 представлен сравнительный график БПК5 на выходе со значением ПДК. Показатель БПК5 за исследуемый период находились в пределах нормы, но в сентябре 2019 года и в августе 2020 года наблюдаются резкие повышения показателя (превышение ПДК в 19 и более раз). Наблюдается сезонное повышение значения БПК5. Это может быть связано с наступлением осени и процессов разложения растений.

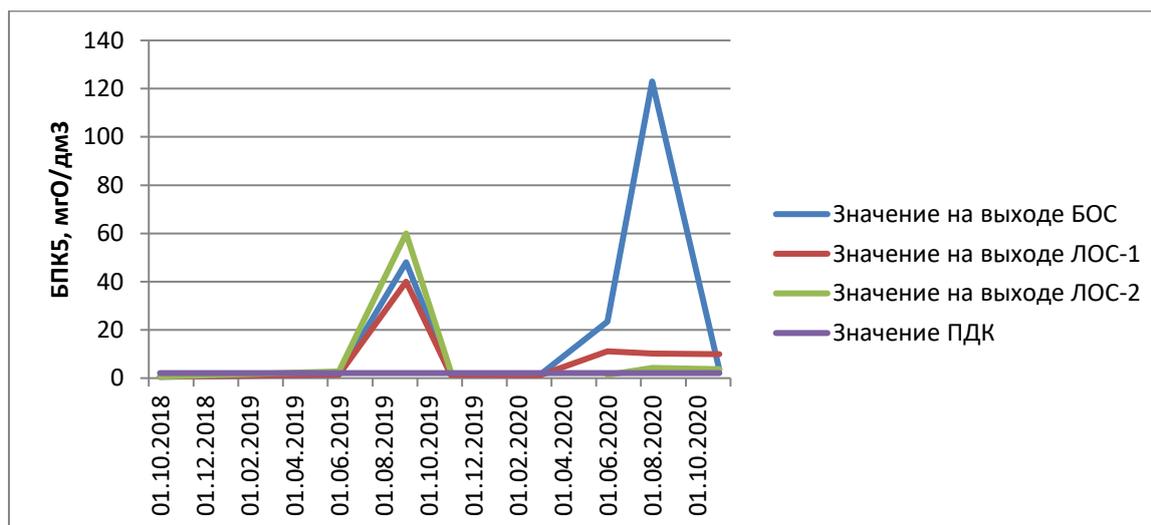


Рис. 2. Сравнительный график БПК5 на выходе со значением ПДК

Значение ХПК

Показатель химического потребления кислорода является одним из основных показателей степени загрязнения питьевых, природных и сточных вод органическими соединениями [1].

Из графика, представленного на рис. 3, видно, что в начале исследуемого периода величина ХПК не превышала норму, однако позднее наблюдается повышение ХПК. Резкое повышение значения ХПК может быть связано с увеличением количества загрязняющих веществ на территории производства, асфальтированием дорог и неправильной утилизацией отходов.

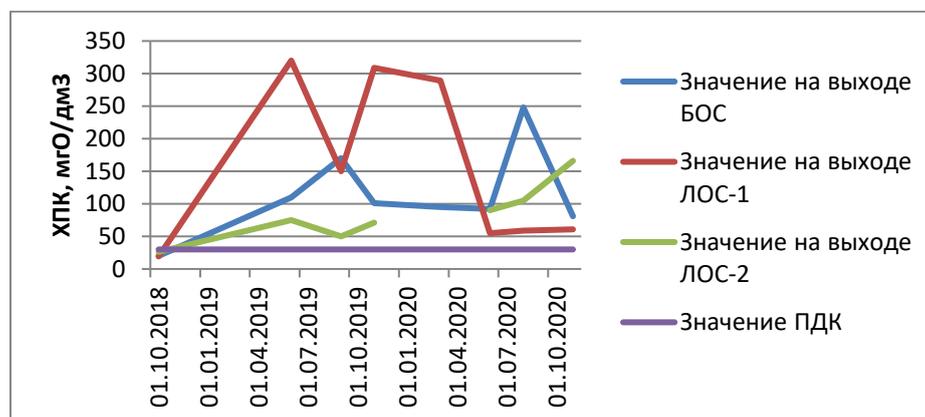


Рис. 3. Сравнительный график ХПК на выходе со значением ПДК

Концентрация взвешенных веществ

Взвешенные вещества в сточных водах находятся в виде суспензии. Представляют собой инертную природную взвешенную смесь. Взвеси затрудняют фотосинтез, уменьшают поступление кислорода в воду и поглощают его, что вызывает угнетение дыхательного аппарата гидробионтов [2].

На рис. 4 представлен график зависимости концентрации взвешенных веществ на выход с очистных станций. В начале исследуемого периода концентрация взвесей не превышала норму, однако позднее наблюдается повышение концентрации взвешенных веществ. Если проследить за эффективностью очищения сточных вод от взвешенных

частиц, можно заметить, что она резко идет на спад. Особенно такая зависимость прослеживается для ЛОС-2. Уменьшение эффективности очистки ЛОС-2 может быть связано с тем, что отстойник выполнен из железобетонного материала, и со временем твердые частицы начинают вымываться из стенок отстойника.

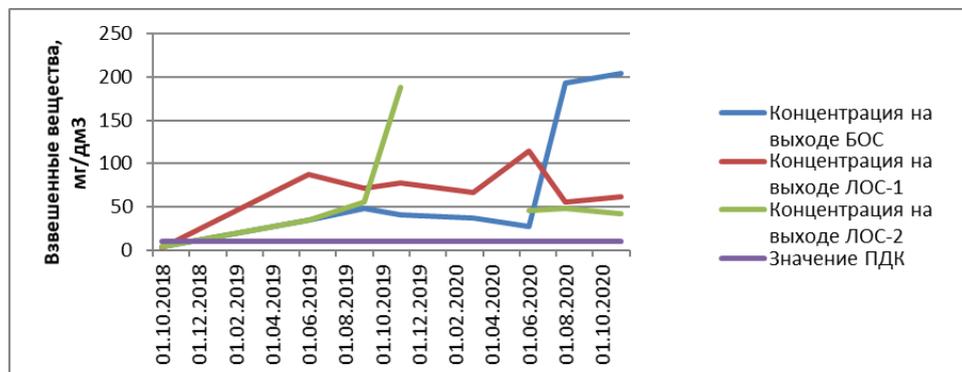


Рис. 4. Сравнительный график концентрации взвешенных веществ на выходе со значением ПДК

Концентрация аммоний-иона

Аммоний-ион – это токсичное вещество, которое оказывает раздражающее, слезоточивое действие. При загрязнении водоемов аммиачными сточными водами у гидробионтов наступает прямое отравление аммиаком. Развивается комбинированный токсикоз, так называемый аутоксикоз [1].

На рис. 5 представлена зависимость концентрации ионов аммония в пробах сточной воды в зависимости от времени. Особенно сильное повышение концентрации ионов аммония заметно на выходе из БОС. При изучении эффективности очистки сточных вод от аммоний-иона на БОС прослеживается ее спад. Потеря эффективности может быть связана с неправильной работой с оборудованием.

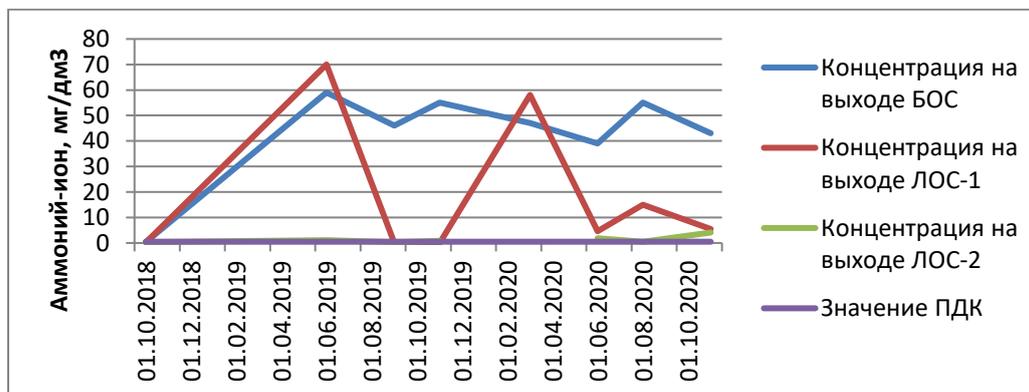


Рис. 5. Сравнительный график концентрации аммоний-иона на выходе со значением ПДК

Концентрация нефтепродуктов

Нефтепродукты – парафиновые, нафтеновые и ароматические углеводороды. Приводят к разрушению жабр, плавников, патологии печени, массовой гибели морских организмов и водоплавающих птиц вследствие разрушения оперения [3].

На рис. 6 представлен график зависимости концентрации нефтепродуктов в сточной воде на выходе из очистных станций от времени. В период 07.2019-07.2020 на выходе из ЛОС-1 наблюдается превышение ПДК в 220 и более раз. Это говорит о неисправности работы маслобензоотделителя, входящего в состав ЛОС-1, которую позднее устранили.

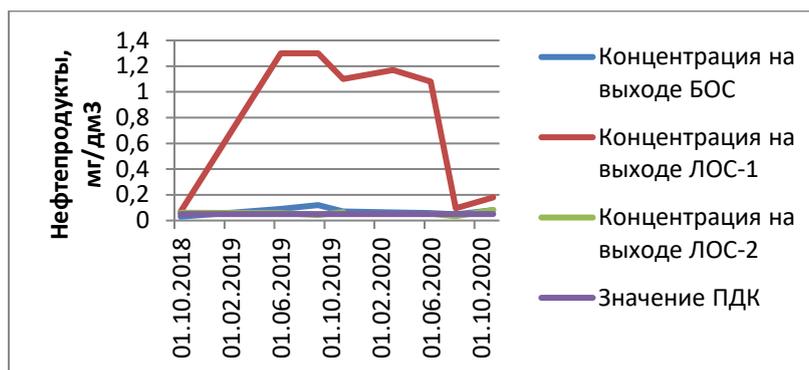


Рис. 6. Сравнительный график концентрации нефтепродуктов на выходе со значением ПДК

Концентрация растворенного железа

Железо – токсичное вещество. Токсичность железа обусловлена механическим повреждением и асфиксией рыб в результате осаждения хлопьев гидроокиси железа или снижением в воде кислорода, потребляемого на окисление закисного железа [4].

На рис. 7 представлен сравнительный график концентрации растворенного железа со значением ПДК. На графике прослеживается увеличение концентрации элемента на выходе из ЛОС-1 к концу исследуемого периода.

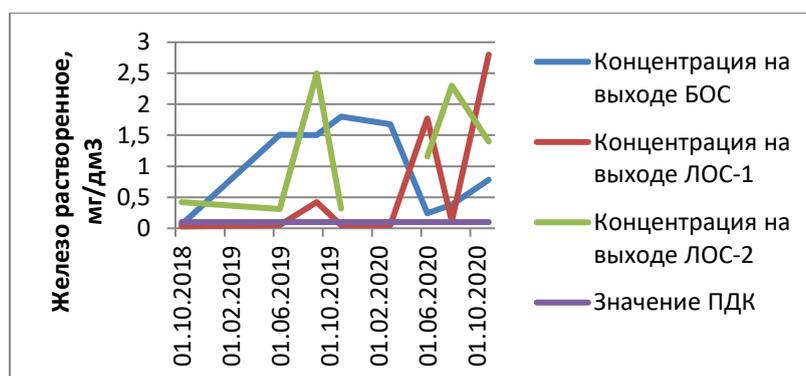


Рис. 7. Сравнительный график концентрации растворенного железа на выходе со значением ПДК

В ходе исследования были обработаны данные лабораторных анализов, построены сравнительные графики, с помощью которых были определены зависимости значений концентраций загрязняющих веществ. В будущем планируется более детальная обработка данных с учетом эффективности очистных сооружений, расчёт теоретической эффективности оборудования и разработка мероприятий по её увеличению.

Литература

1. Арбузова Л.Л. Ихтиотоксикология : учебное пособие / Арбузова Л.Л. Владивосток: Дальрыбвтуз. 2015. 92 с.
2. Зиновьев Е.А., Китаев А. Б. О воздействии взвешенных частиц на гидрофауну // Полезные ископаемые. 2015. Т. 17. № 5. с. 283-288.
3. Осипова В.П., Берберова Н.Т., Пименов Ю.Т. Пути попадания нефти в акватории каспийского моря. Токсичность и механизмы самоочищения// Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 2. с. 15-21.
4. Шилова Н.А. Влияние тяжелых металлов на представителей пресноводного фито- и зоопланктона в условиях засоления: дис. ... канд. биол. наук.: 03.02.08. Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, 2014. 133 с.



Васильева Мария Олеговна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №т41502с,
направление подготовки: 18.04.02. – Промышленная экология
и чистое производство,
e-mail: vasileva223344@gmail.com



Молодкина Нелли Ринатовна

Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н, доцент, зав. лабораторией,
e-mail: nrmolodkina@itmo.ru

УДК 504.00

**АКТУАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ
ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

М.О. Васильева

Научный руководитель – к.т.н., доцент, зав. лабораторией

Н.Р. Молодкина

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

Аннотация

В данной работе рассмотрены способы получения биоразлагаемых материалов, в частности, получение материалов из отходов пищевых производств. Данный метод можно считать целесообразным ввиду способности этих отходов к биоразложению, а также как один из методов для их утилизации.

Ключевые слова

Биоразлагаемость, разработка рецептуры, технология производства, биоразлагаемая посуда, рисовая шелуха, отходы пищевых производств.

В настоящее время всё большее распространение получает пластиковая продукция, производство изделий из пластика к 2050-у году достигнет 32 миллиардов тонн, по одним из прогнозов. При всём этом на данный момент перерабатывается лишь 8% отходов. Наиболее полезным для экологии решением данной проблемы является переход к производству биоразлагаемого пластика, однако в Российской Федерации данная отрасль только начала своё развитие (рис. 1). Производством подобных материалов начали заниматься лишь несколько компаний, например АО «ВНИИСВ», г. Тверь или MCPP Europe GmbH, Московская область [1].

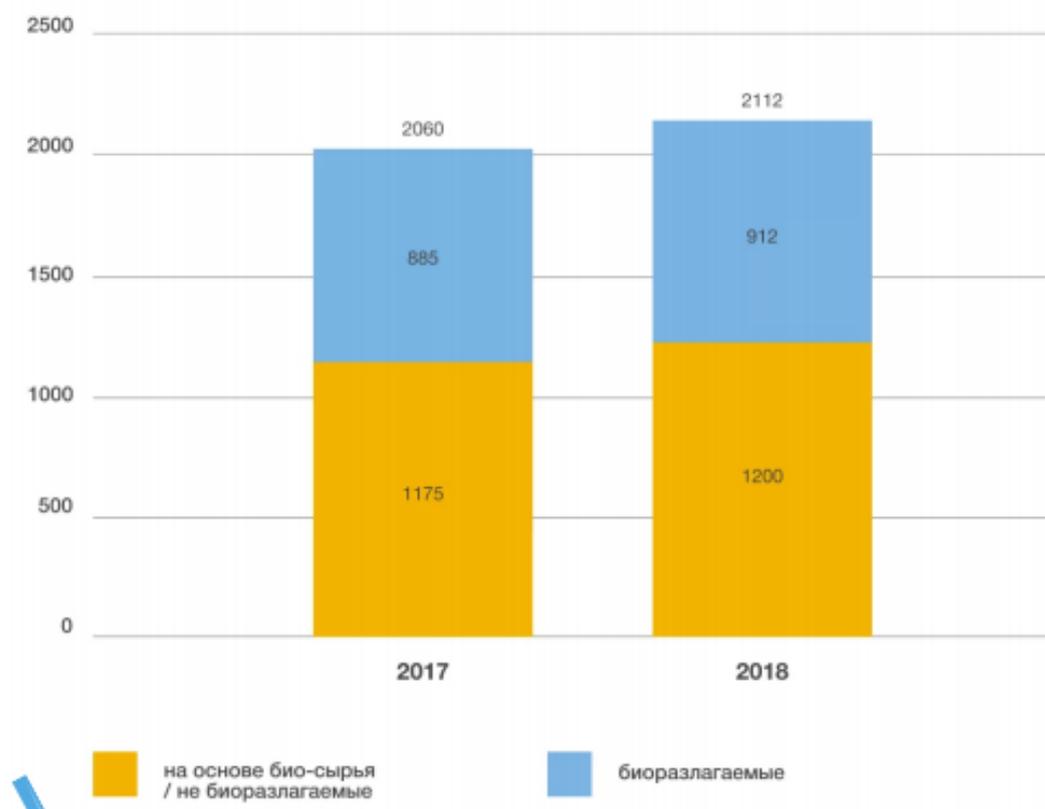


Рис. 1. Диаграмма производства биоразлагаемого пластика за 2017-2018 года

Биоразложение – это процесс, в результате которого полимерный материал разлагается под действием биотических компонентов (живых организмов). Компостируемость – это способность материалов превращаться в компост [2]. Таким образом, каждый компостируемый материал является биоразлагаемым, но не каждый биоразлагаемый является компостируемым.

Основные требования, предъявляемые к компостируемым материалам:

- 1) в составе не содержатся тяжелые металлы и легколетучие вещества, в том числе молекулы C1 и F;
- 2) более 90% материала преобразуются в CO₂ и H₂O менее чем за 6 месяцев;
- 3) не менее 90% исходной массы должно быть разложено на частицы, которые могут пройти через сито 2x2 мм.
- 4) в материале отсутствуют токсичные вещества, а также любые другие вещества, мешающие компостированию.

Главным условием биоразлагаемости материала является способность к биоразложению всех его составляющих. Именно по этой причине считается целесообразным применять отходы пищевых производств, которые имеют природное происхождение и отвечают всем требованиям, предъявляемым к компостируемым материалам.

Так, например, в состав рисовой шелухи (рис. 2) входят такие вещества, как:

1. Белок.
2. Целлюлоза.
3. Пентозаны.
4. Лигнин.



Рис. 2. Рисовая шелуха

В дальнейшем для проверки биоразлагаемости используют различные методики, в контексте моей работы будут рассматриваться лабораторные методы. Например, испытание на грибостойкость или оценка газовыделения [3].

Существуют разные методики производства, но, в общем случае, её можно представить в следующем виде:

Первый этап представляет собой подготовку реагентов;

На втором этапе осуществляется смешивание реагентов и нагревание смеси при определённой температуре, как правило, 50-60°C;

Затем происходит формование готового изделия ручной лепкой или с помощью экструдера;

После чего изделия дополнительно высушивают и остужают до комнатной температуры [4, 5].

Причём, все вещества, добавляемые к данной смеси не должны оказывать какое-либо влияние на свойства конечного изделия.

Одной из основных трудностей при производстве биоразлагаемых материалов является подтверждение их способности к биодegradации на всех этапах производства.

На данный момент мной уже были получены готовые изделия с использованием представленной выше рецептуры и технологии производства, однако необходимо провести оценку способности данного материала к биологическому разложению.

Литература

1. The known unknowns of plastic pollution, *The Economist* [Электронный ресурс] – 2018. URL.: <https://www.economist.com/international/2018/03/03> (дата обращения: 05.11.20).
2. Легонькова О.А. Биоразлагаемые полимерные материалы в пищевой промышленности // *Пищевая промышленность*. 2007. №6. С. 26-28.
3. Carmen Sánchez. Microbial capability for the degradation of chemical additives present in petroleum-based plastic products: A review on current status and perspectives // *Laboratory of Biotechnology, Research Centre for Biological Sciences, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, Mexico*. 2018. Vol. 15. No 2. P. 90-120.
4. Cellooligosaccharide-containing composition [текст]: пат. WO/ 2007/037249, Japan: МПК А61К 31/7016 2006.01, А61К 8/73 2006.01, А61К 9/06 2006.01, А61К 9/08 2006.01, А61К 9/10 2006.01, А61К 9/16 2006.01. / Yamasaki Naoki, Ibuko Ichiro, Yaginuma Yoshihito, Tamura Yoshinaga.
5. Dauenhauer P., Krumm C. Millisecond Pulsed Films Unify the Mechanisms of Cellulose Fragmentation // *Chemistry of Materials: journal*. 2016. Vol. 28, No. 1. P. 1-6.



Виноградова Дарья Максимовна

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: daria_vinogradova89@mail.ru



Ульянов Николай Борисович

Год рождения: 1954
Университет ИТМО,
Факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: nbulianov@itmo.ru

УДК 338.504

ПУТИ УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Д.М. Виноградова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Б. Ульянов

Работа выполнена в рамках темы НИР №619296 «Разработка мероприятий по снижению негативного воздействия на атмосферный воздух Фёдоровского месторождения».

Аннотация

В статье проведен анализ состояния и перспектив утилизации углеводородного компонента, находящегося в растворенном состоянии в добываемой нефти и выделяющегося при её добыче и подготовке – попутного нефтяного газа (ПНГ). Приведен и описан ряд возможных рациональных способов его утилизации, во многом зависящих от месторасположения месторождения и условий добычи нефти.

Ключевые слова

Попутный нефтяной газ (ПНГ), газофакельная установка (ГФУ), переработка, сжигание и способы утилизации ПНГ, направления использования ПНГ, электроэнергия, нефтяные месторождения, факельные установки, закачка в пласт, нефтехимия, GTL.

На сегодняшний день одним из самых ценных энергоресурсов в мире является нефть. В нефтяных пластах всегда присутствует определенное количество природного газа, который в зависимости от давления в пласте может либо растворяться в нефти, либо лежать в виде «колпака» над нефтью. При добыче нефти выделяется попутный нефтяной газ, являющийся формой природного газа. Длительное время этот вторичный продукт считался отходом производства и попросту сжигался контролируемым образом (на факеле) или в атмосфере (продувка).

В процессе сжигания в атмосферный воздух улетучивается порядка 600 тыс.т. вредных выбросов, тем самым ухудшая экологическую обстановку в районах добычи нефти, оказывая негативное воздействие как на окружающую среду, так и на здоровье населения, а также данный процесс способствует парниковому эффекту и снижению экономических показателей страны, т.е. ведет к потерям ценного химического сырья и энергетического ресурса.

На промыслах, при сжигании ПНГ, в факельных выбросах отмечается присутствие горячей или несгоревшей (капельной) нефти, что влечет за собой битумизацию верхних слоев почвы. Также образование большого количества сажи при оседании на снежный покров увеличивает количество поглощенной солнечной энергии и ускоряет процесс таяния арктических льдов.

Попутный нефтяной газ представляет собой смесь газов и парообразных углеводородных и неуглеводородных компонентов, выделяющихся из нефтяных скважин и из пластовой нефти при её сепарации. В состав ПНГ входят различные газообразные и жидкие, находящиеся в нестабильном состоянии углеводороды парафинового ряда от метана до гексана, а также могут содержаться диоксиды углерода, азот, аргон, гелий, меркаптаны, сероводород (в некоторых случаях до 20% и более) и пары воды.

Компонентный состав попутного нефтяного газа, в отличие от природного, может кардинально отличаться в зависимости от геологических и климатических условий месторождения. Более того, даже на одном и том же нефтяном месторождении в разные периоды времени компонентный состав ПНГ будет разным.

В исходном виде попутный нефтяной газ практически не применяется, исключением является обратная закачка в пласт. Для дальнейшего использования ПНГ по назначению необходимо удаление механических примесей, серы, двуокиси углерода и т.д. Достичь этого возможно несколькими способами, такими как криогенная, мембранная, адсорбционная технологии или с помощью сепарации.

Конечными продуктами переработки являются природный газ, сухой отбензиненный газ, сжиженный газ, газовый конденсат, широкая фракция легких углеводородов (ШФЛУ), стабильный газовый бензин, газовое моторное топливо, отдельные фракции тяжелых углеводородов.

Ведущими и основными направлениями использования ПНГ являются [1]:

- закачка в пласт для поддержания пластового давления;
- применение в качестве топливного газа, для производства электроэнергии;
- сжигание на ГФУ;
- использование компонентов газа в качестве сырья для нефтехимического производства (тяжелые углеводороды);
- каталитическая установка бесфакельной утилизации.

Выбор направления использования зависит не только от компонентного состава газа, его качества и количества, но и от региональных условий и потребностей.

Для сжигания попутного нефтяного газа применяют факельные установки типа УФМГ-1000ХЛ (высотные, низкого давления). Установка состоит из факельного ствола с устройством отбора проб, факельного оголовка с дежурными горелками, оснащенными термпарами для контроля пламени.

Благодаря особой конструкции оголовков достигается бездымное сгорание газа. Эта конструкция обеспечивает выход газа по круговой щели с высокой скоростью истечения газа. Лопатки, которые установлены в щели, обеспечивают турбулентность потока, при этом происходит интенсивное перемешивание газа с окружающим воздухом, за счет этого и достигается бездымное сгорание. На сжигание подается газ, компонентный состав которого представлен в табл. 1.

Реинжекция – это более локальный вариант использования попутного нефтяного газа. Осуществляется это для поддержания уровня добычи нефти (повышение нефтеотдачи пластов), но газ также может быть повторно закачан с целью сохранения для будущего использования. По геологическим причинам данный метод утилизации применим не на всех нефтяных месторождениях, например, в Западной Сибири, где происходит большая часть сжигания ПНГ, осадочные породы являются непригодными для повторного закачивания.

Таблица 1

Компонентный состав попутного нефтяного газа Федоровского месторождения

Компонентный состав	Метан	Пропан	C ₆₊	Н-Бутан	Изо-Бутан	Н-Пентан	Изо-Пентан	Этан	N ₂	CO ₂
Содержание, %	90,16	2,35	1,7	1,65	1,3	0,51	0,78	0,86	0,37	0,3

Распространенность использования газовых методов воздействия на пласт в нашей стране невысока, из-за относительно высокой капиталоемкости и сложности применения, так как необходима подготовка газа, т.е. его сжатие, перед закачкой в пласт [2, 3]. Данный способ утилизации попутного нефтяного газа является экономически невыгодным для нефтяных компаний, потому как газ сам по себе, находясь в пласте, не приносит никаких доходов, а повышение нефтеотдачи в России осуществляется путем закачки в пласт воды.

Широкое применение попутного нефтяного газа получила технология, позволяющая производить из газа чистое дизельное топливо, нефть и нафту. Метод глубокой переработки газа в GTL – Gas-To-Liquid (газ в жикость) называется процессом Фишера-Тропша (ФТ). В данном методе существуют 2 варианта: применение чистого кислорода и применение кислорода воздуха. Во втором варианте полученный синтез-газ менее насыщен, чем при использовании чистого кислорода, а в первом – необходимо строительство воздухоразделительной установки, что увеличивает затраты. Реализация данного метода возможна на месторождениях, расположенных в жарких и умеренных широтах. Однако данный метод достаточно сложен в реализации, и на выходе получается лишь полуфабрикат, требующий дополнительной переработки.

Метод термokatалитической очистки имеет высокую эффективность по сравнению с сжиганием. Преимуществом данного метода является исключение образования вторичных выбросов, а также компактность и модульность установки, что позволяет переносить её от одной скважины к другой. Также плюсом является возможность дальнейшего использования вырабатываемого тепла, получаемого в результате утилизации, для бытовых нужд (получение теплофикационной воды для отопления помещений) или для использования в технологическом процессе добычи нефти (для подогрева пластовой жидкости).

Использование попутного нефтяного газа в качестве топлива для выработки электроэнергии на месторождении является одним из наиболее выгодных мероприятий по его утилизации. Себестоимость этого вида топлива намного дешевле твердых и жидких видов топлива.

Производство электроэнергии может быть как местным, так и региональным. Местная электроэнергетика производит электроэнергию для использования на своем нефтяном месторождении, тем самым экономя затраты компании на закупку электроэнергии или дизельного топлива для её выработки [4].

Для нефтяных месторождений, территориально удаленных от взаимосвязной энергосистемы, местная выработка электроэнергии может представлять собой наиболее привлекательный способ использования ПНГ. Месторождения в таких районах не могут быть обеспечены электроэнергией из централизованной энергосистемы, по крайней мере без значительных инвестиций в данную инфраструктуру. В таком случае, рациональна установка локализованных дизельных электростанций.

Основные преимущества и недостатки возможных методов утилизации ПНГ представлены в табл. 2.

Сравнительный анализ рассматриваемых методов утилизации ПНГ

Рассматриваемые методы	Преимущества	Недостатки
Закачка в пласт	Утилизация газа в полном объеме	Приводит к увеличению объема ПНГ при дальнейшей добыче, не решая проблемы утилизации ПНГ
Химическая переработка методом GTL-технологии	Получение метанола	Возможность переработки только части ПНГ; отсутствие рынка сбыта продукции
Каталитическая установка бесфакельной утилизации	Снижение выбросов до установленных нормативов	Возможность утилизации только части ПНГ
Выработка электроэнергии	Утилизация газа в полном объеме	Большие капитальные затраты

По данным Министерства энергетики Российской Федерации, наблюдается увеличение переработки газа по отношению к прошлому году.

Таким образом, хотелось бы отметить, что выбор рациональной утилизации попутного нефтяного газа и его дальнейшее использование зависят от ряда факторов, таких как его состав и количество, местоположение нефтепромысла, а также от нужд предприятия. Рациональное использование позволит увеличить экономический эффект и улучшить экологические показатели.

Литература

1. Ишмурзина Н.М., Ишмурзин А.А. Рациональное использование попутного нефтяного газа. Техника, технология, проблемы и пути решения: учеб. для вузов / ООО «Монография». Уфа. 2010. 280 с.
2. Кирюшин П.А., Книжников А.Ю., Кочи К.В., Пузанова Т.А., Уваров С.А. Попутный нефтяной газ в России: «Сжигать нельзя, перерабатывать!». Аналитический доклад об экономических и экологических издержках сжигания попутного нефтяного газа в России. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. 88 с.
3. Ахметов Р.Ф., Герасимова Е.В., Сидоров Г.М., Евтюхин А.В. Усовершенствование схемы фракционирования попутного нефтяного газа // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/121-19365> (дата обращения: 15.02.2021).
4. Vuk Rajović, Ferenc Kiss, Nikola Maravić. Environmental flows and life cycle assessment of associated petroleum gas utilization via combined heat and power plants and heat boilers at oil fields // Energy Conversion and Management. 2016.



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



Вольф Маргарита Николаевна

Год рождения: 1996
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
магистрант,
направление подготовки: 27.04.01 – Стандартизация и метрология,
e-mail: m.n.volf@mail.ru

УДК 661.92

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНВЕНЦИИ
О ТРАНСГРАНИЧНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОЗДУХА
НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ СПУСТЯ 40 ЛЕТ**

М.А. Назин, М.Н. Вольф, М.А. Кустикова

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

Аннотация

Однозначного подхода к оценке эффективности международных экологических режимов не существует. В целях изучения режима, установленного Женевской конвенцией 1979 года о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, в данной статье широко интегрируется подход к эффективности, принятый Питером Сандом в отношении эффективности международных природоохранных соглашений и Даниэлем Боданским в области искусства и ремесла Международного экологического права. Оценка эффективности режима трансграничного загрязнения воздуха на большие расстояния (КТЗВБР) свидетельствует о том, что в целом он помог государствам достичь согласия по спорным вопросам и достичь результатов в области сокращения загрязнения воздуха. Однако она сталкивается со значительными проблемами в том, что касается участия, расширения прав и возможностей национальных заинтересованных сторон и финансирования. В статье авторы дают свой взгляд на режим ТЗВБР, включая самые

последние поправки и его взаимосвязь с Европейским Союзом и международным правом.

Ключевые слова

Трансграничное загрязнение воздуха на большие расстояния, эффективность, соблюдение, имплементация, участие, Европейский Союз.

Ноябрь 2020 года ознаменовался 41-летней годовщиной принятия конвенции 1979 года о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, переговоры велись под эгидой Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН). Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, инициированная общественным протестом против пагубного воздействия кислотных дождей в Европе, была подписана и вступила в силу в 1983 году. Как первая региональная экологическая конвенция, она сыграла важную роль в сокращении основных вредных загрязнителей как в Европе, так и в Северной Америке.

Конвенция, в которой участвует 51 страна из 56 государств-членов ЕЭК ООН, охватывает большую часть региона. За последние 40 лет Конвенция была расширена за счет 8 протоколов, направленных на установление строгих целей по сокращению выбросов загрязняющих веществ для защиты здоровья людей и окружающей среды. Каждый из этих протоколов нацелен на такие загрязнители, как сера, оксид азота, стойкие органические загрязнители, летучие органические соединения, аммиак и токсичные тяжелые металлы.

За прошедшие годы Конвенция способствовала резкому снижению уровня загрязняющих веществ в регионе.

В период с 1990 по 2006 год уровни SO₂ упали на 70% в Европейском Союзе и на 36% в Соединенных Штатах.

В период с 1990 по 2006 год уровни NO_x упали на 35% в Европейском Союзе и на 23% в США.

В период с 1990 по 2006 год уровни аммиака (NH₃) в Европейском союзе упали на 20%.

В период с 1990 по 2006 год количество летучих органических соединений, не содержащих метан, в Европейском союзе снизилось на 41%

В период с 1990 по 2006 год количество первичных твердых частиц (PM₁₀) в Европейском союзе снизилось на 28%.

Трансграничное загрязнение воздуха на большие расстояния пытается решить ряд проблем, связанных с окружающей средой и здоровьем. Вызвано индустриализацией, модернизацией сельского хозяйства и потреблением ископаемого топлива.

Мнения ученых об эффективности режима конвенции разошлись. Данная статья преследует три основные цели:

1. Дать краткий обзор режима.
2. Оценить его эффективность с точки зрения современного мышления в международном экологическом праве.
3. Рассмотреть вопросы о том, как оценивается эффективность режимов.

Текущая эффективность основана на взаимосвязанных, но отдельных группах: правовые, нормативные, институциональная, политическая и экономическая эффективность. Учитывая эту фрагментацию, чаще всего говорят, что позитивистский подход к эффективности является наиболее подходящим, нормативные соображения менее актуальны, а подходы, основанные на количественных методах, страдают редукционизмом.

Два десятилетия назад критерии эффективности Санда были сфокусированы на целях договора и их достижении, правилах и процессах, касающихся участия государств,

осуществления, обмена информацией, положениях о функционировании, рассмотрении и корректировке, а также программ кодификации [2].

Впоследствии концептуальный подход был расширен Боданским [1]. Боданский выделил четыре основных определяющих фактора эффективности:

1. Характер проблемы.
2. Международная политическая система.
3. Характеристики вовлеченных стран.
4. Структура режима.

Как отмечает Боданский, существует мнение, что "институциональные и правовые характеристики" режима играют важную роль в определении эффективности.

Юридически точные правила уменьшают двусмысленность и легче выявляют случаи несоблюдения. Что касается вопроса содержания, то законность этих документов также способствует повышению эффективности. Имеющие обязательную силу документы, как правило, считаются наиболее эффективными.

Институциональная эффективность сосредоточена на способности режима создавать совместный подход, который поощряет и помогает государствам в достижении результата.

Недостаточное сотрудничество и неадекватные средства для повышения степени соблюдения правил, процедур и институтов отчетности, мониторинга и анализа, урегулирования споров и несоблюдения в конечном итоге могут подрывать эффективность.

Нормативный подход представляет собой оценку достижения режима в таких нормативных принципах, как справедливость, беспристрастность и участие. Такой анализ может учитывать законность и справедливость правил, касающихся участия и принятия решений, участия всех соответствующих государств, распределения обязанностей по осуществлению, степени распределения бремени и финансовой помощи.

Обязательства конвенции и их соблюдение

В ходе переговоров по КТЗВБР загрязняющие государства решительно выступили против использования диоксида серы, за целевые показатели сокращения выбросов, которые были необходимы для борьбы с кислотными дождями.

Компромисс, достигнутый для обеспечения их участия, привел к созданию "свободной" рамочной конвенции. Она не содержала никаких численных целей, ограничений, графиков, мер по борьбе с выбросами или положения об обеспечении соблюдения.

Вместо этого в Конвенции излагаются процедурные рамки со значительными положениями, касающимися "уведомления и консультаций, исследований, использования технологии контроля, мониторинга загрязнителей и осадков".

В статье 2 договаривающиеся стороны согласились, что с учетом фактов и проблем, они всегда готовы защитить человека и окружающую его среду от загрязнения воздуха и будут стремиться ограничивать и, насколько это возможно, постепенно сокращать и предотвращать загрязнение воздуха, включая его трансграничное загрязнение воздуха.

Это значительный "первый шаг" к твердым обязательствам по контролю и сокращению выбросов в атмосферу и загрязнение окружающей среды. Большинство первоначальных сторон придерживались неопределенного общего обязательства, но оценка соблюдения создает некоторые сложные аналитические проблемы. В конечном счете успешное принятие протоколов определило значимость и эффективность конвенции.

Протоколы характеризуются хорошим уровнем соответствия. С точки зрения простого соблюдения этот режим эффективен, поскольку договаривающиеся стороны в

целом выполнили свои обязательства, за исключением нескольких случаев несоблюдения, касающихся представления данных и сокращения выбросов отдельных загрязняющих веществ.

Обязательства по оксиду азота

Швеция и группа государств-единомышленников договорились сократить свои выбросы серы на 30% ("Клуб 30%") в декларации о кислотных дождях 1984 года.

Мотивированный медленным прогрессом на международном уровне и желанием продвинуться вперед в борьбе с последствиями кислотных дождей, клуб 30% получил политические рычаги влияния и пристыдил несговорчивые государства. Это существенно повлияло на разработку первого протокола по сере 1985 года.

Однако, когда аналогичный подход был принят четыре года спустя с Софийской декларацией о 30-процентном сокращении принятый одновременно с законом 1988 года стали очевидны ограничения необязательных документов. Только три из 12 государств, принявших Софийскую декларацию, добились 30-процентного сокращения [3].

С точки зрения эффективности режим конвенции соответствует утверждению Боданского о том, что необязательные инструменты, как правило, используются при формировании режима и могут способствовать "обучению на практике". Однако очевидно, что существует компромисс между законностью и участием.

По мере развития этого режима в обязательных документах стали появляться более сложные элементы. Законодательство ЕС также укрепило обязательства по ТЗВБР, по крайней мере для государств-членов ЕС. В противовес этому следует отметить недостаточное участие некоторых стран Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии (ВЕКЦА). Они могли бы сохранить профиль режима и предоставить государствам политические рычаги для того, чтобы получить финансовую и техническую поддержку от стран с развитой экономикой. В определенной степени это сейчас происходит благодаря созданию Координационной группы ВЕКЦА.

Стратегии реализации

Режим ТЗВБР создал прочную основу для применения методов командования и управления. В конвенции 1979 года государства могли согласовать только общий стандарт эффективности национальных мер контроля, основанный на концепции наилучшей имеющейся технологии, экономически осуществимой (стандарт БАТЭФ).

Применимый целевой показатель сокращения на 30% всем государствам, участвующим в протоколе I по сере 1985 года, считался слишком негибким условием для достижения сокращения выбросов серы, хотя цель была достигнута.

Технологические требования и требования к качеству окружающей среды были необходимы, но политически труднодостижимы. Подписавшие соглашение государства должны сбалансировать интересы суверенитета и учет национальных отраслей промышленности и интересов с необходимостью создания равных условий игры и более пристального внимания к экологической уязвимости.

Участие государств

Не все стороны КТЗВБР ратифицировали каждый протокол. К 1988 году Конвенцию подписали 35 государств и 32 стороны.

Одним из важных событий в истории режима стало последовательное присоединение к Конвенции новых независимых государств (ННГ) в Восточной Европе в начале 1990-х годов. После распада Советского Союза (СССР) и Югославии в настоящее время насчитывается 51 участник, включая почти все западноевропейские государства, Турцию, большинство государств ВЕКЦА, США и Канаду.

Развитые страны Западной Европы ратифицировали все или почти все эти протоколы. Более мелкие страны произвели выборочную ратификацию, главным образом из-за обеспокоенности по поводу их строгости, стоимости соблюдения и воздействия на их промышленное развитие (Ирландия и Греция). Небольшое число государств (например, Турция) не ратифицировали никаких протоколов по конкретным загрязнениям.

Заключение

Комбинированные подходы к оценке эффективности, принятые Сандом и Боданским, представляют собой полезную основу для изучения режима ТЗВБР. Это исследование показало, что соглашение, институциональная и нормативная эффективность могут быть изучены достаточно хорошо. В целом режим конвенции соответствует понятиям Боданского о "компромиссах" и "искусстве и ремесле".

Режим сталкивается со значительными проблемами, касающимися участия, процедур осуществления, расширения прав и возможностей национальных заинтересованных сторон и финансирования. В самых последних докладах ЕМЕП о положении дел указывается, что, хотя есть много оснований для оптимизма в отношении значительного сокращения выбросов, загрязнения свинцом, все еще необходимо добиться значительного прогресса в области насыщения водоемов, приземного озона, фотохимического смога и тяжелых металлов в целом.

С учетом возросшей роли ЕС и несколько автономных рамок Северной Америки трудно приписать режиму общий уровень эффективности. Тем не менее режим показал, что государства могут договориться по спорным вопросам и добиться результатов. Государства должны иметь необходимые финансовые и административные возможности для соблюдения такого рода режима.

Литература

1. Боданский Д., Искусство и ремесло международного экологического права. Издательство Гарвардского университета, 2011. с. 11-45.
2. Санд Р.Н., «Эффективность международных природоохранных соглашений: обзор существующих правовых инструментов» Grotius. 1992. с. 63-89.
3. Обновленный справочник для конвенции 1979 года о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния и ее протоколов. Женева. 2015. с. 4-7.



Кустикова Марина Александровна

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



Вольф Маргарита Николаевна

Год рождения: 1996
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
магистрант,
направление подготовки: 27.04.01 – Стандартизация и метрология,
e-mail: m.n.volf@mail.ru

УДК 661

ВОПРОСЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РФ

М.Н. Вольф, М.А. Кустикова

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

Аннотация

Аддитивное производство (АП) включает набор новых технологий, позволяющих создавать трехмерные объекты непосредственно из цифровых моделей с помощью аддитивного процесса, обычно путем нанесения последовательных слоев полимеров, керамики или металлов. Процессы аддитивного производства могут использоваться для изготовления прототипов, инструментов и полностью функциональных конечных деталей (ISO 17296-2, 2015). В отличие от традиционных производственных процессов, технология АП связывает материалы вместе для создания конечных продуктов разнообразными методами сплавления. Многочисленные процессы аддитивного производства различаются в зависимости от материалов и методов формирования рисунка и плавления слоев, которые они используют.

Одним из важных аспектов АП является то, что существует очень быстрый переход от концепции к производству, что позволяет быстрее создавать прототипы. Однако АП по-прежнему сдерживают неопределенность механических свойств готовых деталей, в связи с отсутствием необходимых стандартов. Основная причина нежелательных эффектов заключается в контролируемых аспектах процесса. За последние три десятилетия АП демонстрирует огромный рост, особенно в областях медицины, авиакосмической, автомобильной и оборонной промышленности. Ожидается, что рынок материалов АП вырастет с 470 млн долларов в 2013 году до более 1,09 млрд долларов в 2022 году. В 2016 году в РФ количество выданных патентов, связанных с АП, составляло более 200, в 2019 году количество патентов составило более 150, видимо, мировая ситуация в 2019-2021 годах внесла свои коррективы. В 2016 году было продано около 13000 промышленных систем АП, что примерно вдвое больше, чем в 2011 году. Аддитивное производство готово произвести революцию в способах проектирования, производства и распространения продуктов среди конечных пользователей. Из-за быстрого распространения широкого спектра технологий, связанных с АП, отсутствует

исчерпывающий набор принципов проектирования, производственных рекомендаций и стандартизации передовых практик.

Ключевые слова

Аддитивные технологии, стандартизация, инновации, производство, экономика.

Введение

Стандарты могут быть особенно важны для развивающихся и высокотехнологичных отраслей, таких как АП, поскольку они обеспечивают фундаментальный элемент, на котором может быть построена отрасль. Стандарты необходимы для того, чтобы «правила игры» устанавливались и соблюдались всеми заинтересованными сторонами. Например, в производстве стандарты часто имеют важное значение, поскольку они определяют параметры, которые должны соблюдаться для выпуска качественного продукта. Сырье, оборудование, инструменты, операторы оборудования и инженеры, поставщики и сам производственный процесс – все они нуждаются в стандартах и механизме квалификации и сертификации по этим стандартам, чтобы производить детали с требуемым качеством. Например, авиационная промышленность приняла различные компоненты АП для снижения веса самолета, в том числе рычаги монитора кабины экипажа, пряжки сидений, а также различные шарниры и кронштейны, что может привести к повышению топливной эффективности самолета. Таким образом, целью данной работы является анализ существующей структуры для разработки стандартов и сертификации в индустрии АП [1-8].

Стандарты в области аддитивных технологий, ситуация в мире и в России

Текущая ситуация в области стандартизации этого вида инновационной продукции, изготовленной с применением аддитивных технологий (АТ), оценивается экспертами как отправная точка для отрасли аддитивного производства. Несмотря на положительные тенденции в направлении процессов разработки отраслевых стандартов, а именно привлечение большого количества комитетов и компаний, ответственных за этот вопрос за рубежом, создание множества нормативных документов и развитие технологических процессов – задача глобального регулирования АТ. Очевидно, что ведущие экономические державы и страны с развитой экономикой мира, такие как США, Китай, Англия, Германия и другие, в настоящее время являются лидерами в стандартизации аддитивных технологий, поскольку, во-первых, они внесли ключевой вклад в становление АТ в мире, а во-вторых, они являются инициаторами процессов стандартизации этого рынка.

По данным из общедоступных источников, в настоящее время в Российской Федерации утверждено семнадцать национальных стандартов (ГОСТ) на АТ, при этом круг рассматриваемых вопросов весьма скуден и регулирует только терминологическую основу, носит характер общих положений. Также следует отметить, что, согласно национальным стандартам, являются добровольными, оказывая относительно слабое влияние на участников отечественного рынка АТ, определенный сегмент которых даже не знает о наличии таких документов в сфере своей трудовой деятельности. Вопреки бытующему у людей представлению о нежизнеспособности системы стандартизации в некоторых инновационных областях промышленного производства, в ближайшем будущем в рамках национальной программы стандартизации будет подготовлено и согласовано еще около 13 стандартов (часть из которых вступят в силу летом 2021 года). Несмотря на это, суть этих документов и их содержание могут поставить под сомнение качественное развитие этого направления. Однако на самом деле отставание РФ в этой сфере невелико.

Для сравнения: на данный момент специалистами ISO утверждено 19 стандартов в области АТ, более 30 находятся в стадии разработки. Результаты деятельности специалистов ASTM International, международной организации, специализирующейся на разработке и публикации добровольных стандартов, действительно впечатляют: действуют 274 стандарта (2019 г.), предметной областью которых является широкий круг вопросов по аддитивным технологиям, начиная от терминологии, методов и методов производства и заканчивая спецификациями материалов, используемых в аддитивной печати (составляют основную часть всех нормативных документов, доступных на сайте). Следует отметить, что все доступные стандарты можно приобрести для их применения в практике компаний, ориентированных на внедрение и развитие аддитивных методов печати. В основном эти компании ведут свой бизнес в таких высокотехнологичных отраслях, как: медицина, энергетика, строительство, тяжелая промышленность, военно-промышленный комплекс и многие другие.

Заключение

Отсутствие конкретных стандартов в сфере АП создает проблемы для заинтересованных сторон в проведении взаимных сравнений между оборудованием, материалами и методами, которые предсказывают окончательные свойства деталей.

В этой работе была проведена оценка существующей структуры стандартизации в индустрии АП с учетом последних достижений комитетов ТК «Аддитивные технологии», ASTM и ISO. После анализа текущего положения стандартизации АП делается вывод, что 55% новых стандартов АП будут посвящены проектированию или производству в АП, а также связанным с ними материалам для обработки, в то время как 24% стандартов будут посвящены тестированию продуктов производства, процедуре производства и оценке механических свойств готовой продукции. Остальные стандарты (21%) связаны с квалификацией и сертификацией деталей. Сосредоточившись на типе технологии АП, 50% новых стандартов АП будут связаны с плавлением в порошковом слое (PBF), в то время как 33% будут связаны с аддитивным производством на основе экструзии (EBAM), а 17% - с направленным осаждением энергии (DED). Необходимо в будущем рассмотреть стратегии стандартизации и сертификации, чтобы унифицировать и структурировать производственные параметры, схемы, оборудование, программное обеспечение оборудования, материал и тестирование готовых деталей. В будущем этот подход будет применяться для разработки методик для анализа стандартизированных требований к материалам и процессам аддитивного производства.

Литература

1. Валетов В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебное пособие. СПб.: Университет ИТМО. 2015. 63 с.
2. Горобец О. 8 российских предприятий, успешно внедряющих аддитивные технологии, 15.10.2017 [Электронный ресурс]. URL: <http://blog.iqb-tech.ru/am-technologies-russian-experience> (дата обр. 15.12.2020).
3. Давиденко А.А. Аддитивное производство набирает обороты // Журнал Аддитивные технологии. №1. 2017. С. 24-28.
4. Стреляева Е. Зачем нужны стандарты [Электронный ресурс]. URL: <http://www.master-effect.biz/index.php?id=162> (дата обр. 15.12.2020).
5. Рубашевский Д. Франция вошла в тройку лидеров по применению аддитивных технологий в промышленном производстве. 14.03.2018 [Электронный ресурс]. URL: <http://integral-russia.ru/2018/03/14/18144/> (дата обр. 15.12.2020).

6. J'son & partners: текущий статус стандартизации и сертификации аддитивных технологий (3d-печати) в РФ и мире [Электронный ресурс]. URL: <http://www.3dpulse.ru/news/analitika/json--partners-tekuschii-status-standartizatsii-i-sertifikatsii-additivnyh-tehnologii-3d-pechati-v-rf-i-mire/> (дата обр. 15.12.2020).
7. Saunders S. America Makes and ANSI Publish Latest Version of Standardization Roadmap for Additive Manufacturing, 29.06.2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://3dprint.com/218069/am-standards-roadmap-version-2/>. (дата обр. 15.12.2020).
8. 3D-печати нужны регулирование и стандартизация, 06.02.2019 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iksmedia.ru/news/5562698-3Dpechati-nuzhny-regulirovanie-i.html>. (дата обр. 15.12.2020).



Кустикова Марина Александровна

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



Вольф Маргарита Николаевна

Год рождения: 1996
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
магистрант,
направление подготовки: 27.04.01 – Стандартизация и метрология,
e-mail: m.n.volf@mail.ru

УДК 661

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПРАВДААННЫЕ ДЕЙСТВИЯ ПО ПЕРЕХОДУ ОТ ГХФУ К ГФУ В РФ

М.Н. Вольф, М.А. Кустикова

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

Аннотация

Ускоренный график поэтапного отказа от производства и потребления ГХФУ в развивающихся странах (действующих в рамках статьи 5 Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой) был согласован на XIX заседании сторон Монреальского протокола по озоноразрушающим веществам (ОРВ) в 2007 году. Однако 1 января 2021 года вступила в силу поправка в Постановление «О принятии Российской Федерацией поправки к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой», где дополнен перечень веществ, разрушающих озоновый слой, в который входят ГФУ. В настоящее время ГХФУ в Российской Федерации используются для охлаждения, кондиционирования воздуха и вспенивания. Ожидается, что к 2030 году спрос на хладагенты и пенообразователи утроится в результате экономического роста. Выбор альтернатив ГХФУ требует особого внимания в целях защиты как озонового слоя, так и климата. В промышленно развитых странах в прошлом ГФУ вводились в качестве заменителей ОРВ, которые демонстрируют высокий потенциал глобального потепления (ПГП) и, следовательно, способствуют изменению климата. Сегодня ГФУ подлежат строгому регулированию во многих промышленно развитых странах с целью замены на альтернативы с более низким ПГП. За исключением автомобильных систем кондиционирования, ГФУ с высоким ПГП все еще используются в ограниченных количествах в развивающихся странах. У этих стран есть шанс перепрыгнуть через ГФУ с высоким ПГП и немедленно перейти на экологически безопасные вещества и технологии. Это гарантирует перспективные решения как для замены ОРВ, так и для растущего спроса на хладагенты и пенообразователи. Поддержание высокой энергоэффективности является неотъемлемой частью этого процесса, особенно при

высоких температурах окружающей среды, часто встречающихся во многих странах в летние месяцы.

Ключевые слова

Озоноразрушающие вещества, гидрохлорфторуглероды (ГХФУ), гидрофторуглероды (ГФУ), энергоэффективность, потенциал глобального потепления.

Введение

Анализ по секторам использования хладагентов показывает, что безвредная для климата замена нынешних и будущих ГХФУ и ГФУ с высоким ППП возможна в большинстве приложений:

1. В краткосрочной перспективе 55 % ГХФУ можно заменить природными хладагентами и вспенивающими агентами, а 13 % - ненасыщенными ГФУ (т.е. ГФО – гидрофторолефинами).
2. В краткосрочной перспективе 22 % ГХФУ могут быть заменены на ГФУ с умеренным ППП и на смеси ГФУ-ГФО в среднесрочной перспективе.
3. Альтернативы хладагентов с таким же уровнем энергоэффективности и по разумной цене в промышленном охлаждении при высоких температурах окружающего воздуха пока не найдены, но их появление ожидается к 2025 году.

Углеводороды и аммиак как альтернативы ГХФУ и ГФУ

Углеводородные хладагенты, такие как R290 (пропан), являются высокоэффективными заменителями R22 как при умеренных, так и при высоких температурах окружающей среды. Термодинамические свойства близки к R22, так что техника, использующая R22 (например, компрессоры), может быть модернизирована для использования вместо этого R290. Из-за его воспламеняемости расходы внутри помещений ограничены стандартами безопасности до <1,5 кг R290 (<1 кг для комнатных кондиционеров). При размещении на открытом воздухе или в отдельных машинных помещениях таких ограничений не существует. Следовательно, углеводороды можно использовать в чиллерах с высокой нагрузкой или в двухконтурных холодильных системах. Это также относится к аммиаку (NH₃), который в целом является наиболее энергоэффективным хладагентом [1-6].

В большинстве промышленно развитых стран углеводороды уже доминируют на рынке оборудования, такого как бытовые холодильники и морозильники, коммерческое автономное оборудование, а также портативные и устанавливаемые на окнах кондиционеры. Многие развивающиеся страны используют углеводороды в этих секторах. В настоящее время они также находятся в процессе внедрения R290 в крупнейший в мире сектор применения хладагентов – кондиционеры сплит-типа. Углеводороды являются наиболее эффективным выбором для небольших установок (мощность <7 кВт), на долю которых в этом секторе приходится около 80 % по количеству и более 50 % по массе хладагента. Из-за ограничений заправки для более высокой емкости требуются хладагенты с меньшей воспламеняемостью. То же самое относится к коммерческим конденсаторным агрегатам, которые широко используются розничными торговцами продуктами питания. Установки мощностью <5 кВт заряжаются менее чем на 1,5 кг углеводородов и охватывают подавляющее большинство систем по количеству и около 50 % по массе хладагента.

Для чиллеров (поршневого компрессора) пределов заряда не существует. В промышленно развитых странах уже широко используются природные хладагенты: углеводороды в системах <150 кВт, аммиак для мощностей >150 кВт. В Европе аммиак - самый распространенный хладагент в крупных промышленных холодильных установках. Эти проверенные технологии являются полезными вариантами для

развивающихся стран, особенно потому, что и R290, и аммиак очень хорошо работают при высоких температурах окружающей среды, то есть при температуре выше 40°C.

В секторе пеноматериалов углеводородные пенообразователи стали стандартом в промышленно развитых странах и могут в значительной степени заменить ГХФУ при производстве пенополиуретана и пенопласта.

Гидрофторолефины (ГФО) как альтернативы ГХФУ и ГФУ

Как и углеводороды, гидрофторолефины имеют более низкий ПГП. Они горючие, но в меньшей степени, чем углеводороды. Хладагент ГФО R1234yf в настоящее время внедряется международными автопроизводителями для мобильных систем кондиционирования воздуха. Первые центробежные чиллеры выпускаются на рынок с хладагентом ГФО R1234ze, который также служит пенообразователем для специальных плат. ГФО, такие как 1234ze или 1336mzz, можно наносить на распыляемую пену из полиуретана, для которой легковоспламеняющиеся углеводороды недостаточно безопасны при нанесении. Приблизительно 13 % потребностей в хладагентах и вспенивающих агентах, которые прогнозируются на 2030 год, не будут подходить для замены углеводородами, но могут быть заменены на ГФО.

Альтернативы ГХФУ и ГФУ в развивающихся странах

В компрессорно-конденсаторных установках мощностью >5 кВт и централизованных системах для супермаркетов промышленно развитые страны заменили R22 смесью ГФУ R404A, которая показывает чрезвычайно высокий ПГП - почти 4000. Это более чем вдвое превышает ПГП R22. Ожидается, что к 2030 году в развивающихся странах потребность в хладагентах утроится. Как следствие, общее внедрение R404A поставит под угрозу усилия по снижению вредного воздействия на климат от применения хладагентов, тем более что R404A показывает плохие характеристики при высоких температурах окружающей среды. Сокращение использования R404A является серьезной проблемой при замене R22.

В случае централизованных систем супермаркетов альтернативы с низким ПГП пока не доступны для доминирующей «одноступенчатой» технологии с одним хладагентом как для низких, так и для средних уровней температуры. Для централизованных систем предпочтительными альтернативными вариантами в Европе являются высокоэффективные "двухкомпонентные системы" с CO₂ в качестве теплоносителя для низких температур и R134a для среднетемпературного охлаждения. Это вдвое снижает ПГП по сравнению с одноступенчатыми системами на R22.

Еще одна проблема при замене R22 — это компрессорно-конденсаторные агрегаты мощностью >5 кВт. Для общепринятой технологии прямого расширения краткосрочная высокоэффективная альтернатива R22 с низким или умеренным ПГП пока недоступна. Непрямые углеводородные системы могут быть подходящим вариантом, но только если их эффективность может быть увеличена. Компоненты оборудования, необходимые для этой цели, в настоящее время еще не доступны в достаточно большом количестве и все еще очень дороги. Таким образом, этот вариант пока не может считаться общей альтернативой для развивающихся стран.

В транспортном холодильном оборудовании решения с низким ПГП для замены R22 или R404A еще не полностью разработаны.

Заключение

В развивающихся странах около 90 % ГХФУ и ГФУ с высоким ПГП можно заменить веществами с низким или средним ПГП. Это можно сделать в краткосрочной или, по крайней мере, среднесрочной перспективе и без снижения энергоэффективности даже при высоких температурах окружающей среды. Следует подчеркнуть, что

успешное снижение воздействия глобального потепления во многом зависит от широкого применения углеводородных хладагентов, таких как R290, везде, где это возможно в соответствии с данными стандартами безопасности. Они демонстрируют такие характеристики, как R22 при высоких температурах окружающей среды, и на протяжении многих лет доказали свою надежность и эффективность не только в промышленно развитых, но и в развивающихся странах.

Литература

1. Баранов И.В., Пивинский А.А., Дубровин С.А., Тутова М.С., Сорокин С.А. Анализ лучших мировых практик подготовки кадров в сфере холодильной техники и кондиционирования и возможности их применения на территории Ленинградской области // Холодильная техника.2020. № 4. С. 32-35.
2. Конопелько Л.А., Тюрикова Е.П., Снытко Ю.Н. Исследование спектральных характеристик опико-абсорбционного газоанализатора контроля фреонов в воздушной среде // Оптика и спектроскопия -2020. Т. 128. № 5. С. 670-678.
3. Цветков О.Б., Лаптев Ю.А., Митропов В.В., Просторова А., Зайнуллина Э. Кигалийская поправка в контексте глобальных климатических императив // Холодильная техника -2019. - № 4. - С. 24-3.
4. Вывод ГФХУ из обращения: история вопроса [Электронный ресурс] - <http://www.unido-russia.ru/archive/num1/art5/>.
5. ГФУ сегодня и завтра [Электронный ресурс]. http://www.unido-russia.ru/archive/num_14/art14_9/.
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.03.2020 № 333 "О принятии Российской Федерацией поправки к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой".



Галашова Ольга Ильинична

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: galashova_o@mail.ru



Сергиенко Ольга Ивановна

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

УДК 349.6

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА:
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ**

О.И. Галашова, О.И. Сергиенко

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

Аннотация

В работе приводится обзор и анализ современных проблем, связанных с экосертификации и маркировкой продукции в России. Предлагаются возможные решения обозреваемых проблем, с учетом позитивного и эффективного опыта других стран и его возможное распространение в России.

Ключевые слова

Экологическая сертификация, экомаркировка, окружающая среда, законодательство. Гринвошинг.

Проблемы экологической сертификации в России являются весьма важными в настоящее время. Учитывая успешный опыт более развитой в этом плане Европы, вопросы повышения качества жизни в условиях загрязнения окружающей среды и истощения природных ресурсов становятся стимулом, меняющим потребительское восприятие, отношение и поведение. Влияние экологического фактора на потребителей усиливается. Люди все больше обращают внимание на состав товаров и отдают предпочтение более «чистым» и натуральным продуктам. Сегодня потребитель оценивает не только сам товар, но и репутацию производителя. Поэтому сейчас актуально внедрение экосертификации для защиты окружающей среды и прав потребителей на законодательном уровне.

В данной работе проблемы экосертификации и маркировки в России рассмотрены с помощью методики четырехкомпонентного PEST – анализа:

1. Politics (политика) – специализированная регулирующая нормативно-правовая база, касающаяся экосертификации.
2. Economics (экономика) – имидж компании и тренд на экологичность.
3. Socio – Culture (социум – культура) – главной мотивацией становится здоровье.

4. Technology (технологии) – специалисты в области экосертификации и «зеленые» технологии.

Выделим первую проблему в политической сфере – отсутствует специализированная регулирующая нормативно-правовая база, касающаяся экосертификации. Экологическая сертификация в России регламентируется следующими основными документами: Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 27.12.2019) «Об охране окружающей среды»; Статья 31. «Экологическая сертификация хозяйственной и иной деятельности». Приказом от 23 января 1995 года N 18 «Об организации системы сертификации по экологическим требованиям для предупреждения вреда окружающей природной среде (системы экологической сертификации)» [1].

На территории России действуют специализированные ГОСТы для отдельных типов экосертификации. Специализированная регулирующая нормативно-правовая база, касающаяся экосертификации в России, к сожалению, сейчас отсутствует.

Необходимость введения обязательной экологической сертификации продукции можно проиллюстрировать на примере детских игрушек из ПВХ с использованием опасных для здоровья человека фталатных пластификаторов (влияют при близком контакте на репродуктивную функцию).

Экологическая сертификация включает в себя оценку продукции на всех этапах её жизненного цикла, поэтому важно оценивать не только состав товаров, но упаковку (например, биоразлагаемую или изготовленную из вторичного сырья), транспортировку и методы утилизации продукции.

Рациональным на наш взгляд решением данной проблемы служит совершенствование законодательной базы и развитие институциональных основ обязательной и добровольной экосертификации и маркировки.

В сфере экономики стоит обратить внимание на экономическую эффективность экосертификации и экомаркировки для производителей продукции. Очевидно, что добросовестные компании могут нести убытки из-за более высокой цены экологического качества, затрат на инспекцию, сертификацию и рекламу и все еще низкой готовности покупателей платить за экомаркированные товары. Недобросовестные производители, как известно, прибегают к «гринвошингу». На рынке «гринвошинг» представляет собой особую форму экологического маркетинга, когда производитель намеренно вводит в заблуждение покупателей относительно свойств своей продукции. Сейчас это явление активно набирает обороты наравне с популяризацией органических и натуральных продуктов. Все чаще компании под видом дизайнерского решения обманывают потребителя, заведомо используя на своих товарах значки «био», «эко» и т.д., хотя на самом деле эти знаки не имеют никакого документального подтверждения своей экологичности. Страдают при этом не только обманутые покупатели, но и компании, производящие действительно экологичные товары. Гринвошинг подрывает авторитет таких компаний и снижает их прибыль. Из-за таких производителей у потребителя складывается недоверие к экомаркировке в целом [2].

В качестве решения данной проблемы предлагается ввести контроль на законодательном уровне об использовании значков «эко», «био» и др. на товаре.

В социально-культурной сфере отмечается недостаточная информированность населения и незаинтересованность в потреблении экосертифицированных товаров. Асимметрия информации, с одной стороны, и преобладающая роль ценового фактора, с другой – все это существенно сдерживает потребительский интерес.

Одно из решений данной проблемы – это проведение всесторонней просветительской деятельности, начиная со школьников и заканчивая старшим поколением. Создание специальной рекламы в СМИ, продвижение определенных

экознаков, разработка системы «льгот» для экологически ответственных потребителей - все эти меры будут способствовать повышению потребительского спроса на эко-товары.

В технологической сфере ощущается отсутствие четких законодательных требований к критериям, которым должна соответствовать экосертифицированная продукция. На законодательном уровне важно в качестве одного из критериев закрепить соответствие технологии производства требованиям наилучших доступных технологий. Отсутствие экономических стимулов и значительная потребность в инвестициях приводят к незаинтересованности производителей внедрять «зеленые» технологии. Дополнительным препятствием является нехватка специалистов в области экологической сертификации, знание основ международной стандартизации в области экологичной продукции. Некоторые производители все еще не стремятся к отказу от «грязных» технологий из-за нехватки средств на перевооружение, избегая тем самым экономические риски, которые может повлечь за собой модернизация.

Решением проблемы в данной сфере может стать материальная поддержка и система мотивации со стороны государства производителей, использующих «зеленые» технологии. Государство может отдавать таким компаниям приоритет в тендерах, поддерживать в СМИ и предоставлять различные льготы. Благодаря политике поддержки «зеленых предприятий» появится спрос на рынке труда на специалистов в области экосертификации, что потребует подготовки кадров и повлечет открытие в ВУЗах новых учебных программ.

В заключение можно сказать, что система экосертификации и экомаркировки в России все еще недостаточно развита: отсутствует достаточная нормативная база для экосертификации, нет большой заинтересованности со стороны производителей переходить на «зеленые» технологии и отсутствие доступной информации и инфраструктуры для потребителей. Важным решением с учетом европейского опыта для развития экологической сертификации и маркировки может стать разработка законодательной базы, которая позволит не только контролировать недобросовестных производителей, но и стимулировать добросовестных производителей к выпуску эко-продукции, что позволит сохранить благоприятную окружающую среду.

Литература

1. Шарафеев И.А. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность: материалы Международной научно-практической видеоконференции для студентов, аспирантов, магистрантов и молодых ученых / М-во обр. и науки РФ [и др.]; отв. ред. А.В. Захаров. Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина. 2016. С.168.173.
2. Экомаркировка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ecomarkirovka.tilda.ws/> (дата обращения: 14.02.2021).



Гатауллина Диана Рамильевна

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



Омельяненко Валерия Анатольевна

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

УДК 331.452

**ПРОБЛЕМЫ ОБУЧЕНИЯ СОТРУДНИКОВ ОРГАНИЗАЦИЙ
ПО ОХРАНЕ ТРУДА**

Д.Р. Гатауллина, В.А. Омельяненко

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

Аннотация

В данной работе в результате изучения нормативно-правовых актов, анализа статистических данных и публикаций об обучении в области охраны труда были выявлены проблемы, связанные с организацией и порядком обучения сотрудников предприятий. С целью совершенствования существующей системы обучения по охране труда были предложены рекомендации по их устранению.

Ключевые слова

Охрана труда, обучение по охране труда, проблемы обучения по охране труда, производственный травматизм, организационные причины травматизма.

Министерство труда и социальной защиты России отмечает проблему высокого уровня травматизма на предприятиях. Несмотря на то, что за последний год статистика фиксирует сокращение количества несчастных случаев как с тяжелыми последствиями, так и со смертельным исходом, их число по-прежнему является высоким. На рис. 1 представлены данные об уровне производственного травматизма в России в период с 2014 по 2019 годы [1].

Как видно из диаграммы, только за 2019 год, согласно официальным данным, было зарегистрировано более 4000 несчастных случаев с тяжелыми последствиями и около 1000 человек, которые погибли при осуществлении трудовой деятельности. Однако из графика видно, что число несчастных случаев с тяжелыми последствиями и число погибших на производстве остается на одном уровне на протяжении последних шести лет.

Чаще всего причины производственного травматизма и профессиональных заболеваний носят организационный характер (рис. 2) [2].



Рис. 1. Динамика уровня производственного травматизма в России



Рис. 2. Организационные причины несчастных случаев

Обучение по охране труда может служить снижению уровня производственного травматизма и профессиональных заболеваний в организациях, качество, своевременность и регулярность которого позволяют обеспечить всех работников благоприятными и комфортными условиями труда [3].

Целью данной работы является определение проблем, связанных с обучением сотрудников организаций по охране труда в России.

В данной работе были изучены и проанализированы статистические данные, представленные на официальном сайте Министерства труда и социальной защиты России, согласно которым было определено, что недостатки в обучении носят

организационный характер и в большей степени являются источником травматизма. Также была проанализирована нормативно-правовая база, регламентирующая порядок обучения работников по вопросам охраны труда, чтобы выявить существующие недостатки в их положениях, которые оказывают значительное влияние на качество обучения по охране труда.

В статье 225 Трудового Кодекса предъявляется обязательность проведения обучения по охране труда для всех работников организаций. В это же время Постановление Минтруда и Минобразования РФ № 1/29 «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций» более подробно раскрывает 225 статью. Оно устанавливает периодичность обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда для двух основных категорий лиц: руководителей и специалистов, а также работников рабочих профессий [4]. Кроме этого, предъявляются требования к проведению инструктажей по охране труда. Эти же требования описаны еще одним документом, регламентирующим порядок обучения по охране труда – ГОСТ 12.0.004-2015 «Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения», но при этом с раскрытием многих положений в более подробной форме [5].

Все перечисленные документы преследуют единую цель – это сокращение производственного травматизма и профессиональных заболеваний посредством проведения таких профилактических мер, как обучение по вопросам охраны труда.

На основании изученной и проанализированной информации были сформулированы следующие проблемы, связанные с обучением сотрудников по охране труда.

Проблема 1. Сокращение (отсутствие) затрат на мероприятия по охране труда.

Руководители организаций предпочитают экономить на обучении по охране труда своих сотрудников. Они считают, что в выделении средств на предотвращение возникновения несчастных случаев нет необходимости, но это не так. Важно понимать, что экономически для предприятия выгоднее обучить своих сотрудников безопасному поведению на рабочем месте, то есть предупредить опасную ситуацию, чем выделять большие средства на расследование, штрафы и компенсации работнику, оказавшемуся пострадавшим в результате несчастного случая на производстве.

Проблема 2. Формальное проведение обучения по охране труда работодателем.

Обучение по охране труда сводится к выдаче удостоверения работнику о прохождении обучения и фиксации его «проведения» в соответствующих журналах. Такая процедура сокращает издержки на обучение и практически предотвращает возникновение юридических рисков, которые связаны с проведением проверок надзорными органами, но при этом не повышает уровень безопасности сотрудников.

Проблема 3. Отсутствие отраслевой направленности в программах обучения по охране труда учебных центров.

Учебные организации, проводящие обучение по вопросам охраны труда, часто не учитывают занимаемые должности обучаемых и особенности деятельности предприятий, на которых они работают. Поэтому программы обучения для работников различных отраслей, будь то строительство или логистика, могут быть абсолютно идентичными, что также является значительным минусом.

Проблема 4. Отсутствие качественных программ обучения в организации у работодателей.

В создании программы инструктажа и обучения по ОТ часто включается одна и та же информация, при множественном прочтении которой у обучаемых снижается острота восприятия, то есть важный материал не запоминается. Кроме того, программы обучения не всегда доступны для понимания сотрудниками, так как написаны сложным для понимания языком.

Проблема 5. Отсутствие системы стимулирования сотрудников к обеспечению безопасности на рабочем месте.

Зачастую работники не относятся серьезно к процессу обучения, цель которого – формирование знаний о безопасных методах и приемах выполнения своей работы. Они направляют свои силы и навыки только на успешную сдачу экзамена, после которого забывают об изученном материале и отправляются на рабочее место, не зная базовых основ обеспечения безопасности, ведь с их точки зрения обучение – ненужный процесс, препятствующий выполнению трудовых обязанностей и сокращению времени на их исполнение.

Подводя итог, можно сказать, что перечисленные выше проблемы говорят о том, что у большинства людей слишком низкий уровень культуры безопасности.

Таким образом, при проведении анализа выявленных проблем в системе обучения по охране труда все более очевидным становится необходимость перехода от традиционных методов обучения работников к новым методам, которые должны опираться на современные информационные технологии.

Для совершенствования системы обучения необходимо пересмотреть законодательную и нормативную базу, а также пересмотреть сам подход к обучению, который чаще всего заключается в поверхностном ознакомлении с безопасностью. Государство также должно стимулировать работодателей и их сотрудников к сохранению здоровья, улучшению условий труда работников, снижению производственного травматизма, однако в первую очередь необходимо формировать у каждого человека культуру безопасности.

Решение задач по внедрению эффективного обучения работников организаций в дальнейшем должно существенно повысить качество обучения и, как следствие, снизить число травм на производстве и количество профессиональных заболеваний.

Литература

1. Официальный интернет-ресурс. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Итоги года: сфера охраны труда [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosmintrud.ru/labour/safety/321> (дата обращения 16.02.2021).
2. Карданов Р.Н., Грабовый К.П. Анализ причин производственного травматизма // Проблемы Науки. 2017. №22 (104). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-prichin-proizvodstvennogo-travmatizma> (дата обращения: 16.02.2021).
3. Абильтарова Э.Н., Абитова Ш.Ю. Своевременное обучение в области охраны труда – путь к безопасному труду // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2018. № 3 (61) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36877836> (дата обращения: 16.02.2021).
4. Постановление Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 года № 1/29 «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций».
5. ГОСТ 12.0.004-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения.



Гнатенко Кристина Валерьевна

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: kristina_lagan@mail.ru



Сергиенко Ольга Ивановна

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



Орипова Азиза Алишеровна

Год рождения: 1967
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
ассистент,
e-mail: aaoripova@itmo.ru

УДК 504.06

**ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

К.В. Гнатенко, А.А. Орипова

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

Работа выполнена в рамках темы НИР №620148 «Исследование воздействия объектов размещения отходов на окружающую среду на основе современных сенсорных систем».

Аннотация

В статье проводится обзор современных измерительных систем для контроля за состоянием окружающей среды на основе беспроводных сенсорных сетей. С развитием технологий сенсорные сети постепенно проникают во многие сферы жизнедеятельности и, в том числе в область охраны окружающей среды, расширяя и дополняя традиционные методы экологического мониторинга. В работе на основе обзора наиболее распространенных сенсорных систем рассматривается их типология и раскрываются препятствия и возможности использования данных технологий для целей охраны окружающей среды.

Ключевые слова

Окружающая среда, беспроводные сенсорные системы, датчики, мониторинг, параметры, сенсорные узлы.

Благодаря сбору информации с помощью применения сенсорных сетей в широких целях, таких как, например, контроль окружающей среды, охрана здоровья, безопасность пищевых продуктов и производства, сбор информации стал более усовершенствованным и эффективным процессом в научной деятельности. Беспроводные сенсорные сети, которые состоят из множества компонентов, включая мобильные интеллектуальные устройства для сбора данных, являются важной инфраструктурой экологического мониторинга той или иной среды для предоставления информации в реальном времени [1].

Системная архитектура БСС – это структура механизма, который включает в себя датчики, вычислительные блоки и элементы связи с целью записи, наблюдения и реагирования на событие или явление. Такие сенсорные сети могут использоваться для сбора данных, мониторинга, наблюдения, дистанционного зондирования, в медицине и т.д. [2]. Типичная сенсорная сеть включает в себя датчики параметров окружающей среды, контроллер и системы связи. Если связующая система в сенсорной сети реализована с помощью беспроводного протокола, то эти сети являются беспроводными сенсорными сетями.

Сенсорная сеть, реализованная с помощью беспроводного протокола (БСС), может быть разделена на два элемента: сенсорный узел и сетевая архитектура. Сенсорные узлы развернуты с высокой плотностью и часто в больших количествах, а также поддерживают распознавание, обработку данных, встроенные вычисления и связь.

Некоторое множество сенсорных узлов развернуто в области для совместного мониторинга физической среды в реальном времени. Каждый узел имеет одинаково важное значение при объединении их в сеть. Кроме связи с другими узлами сети, сенсорный узел БСС соединяется, главным образом, с базовой станцией с помощью беспроводной связи (рис. 1).

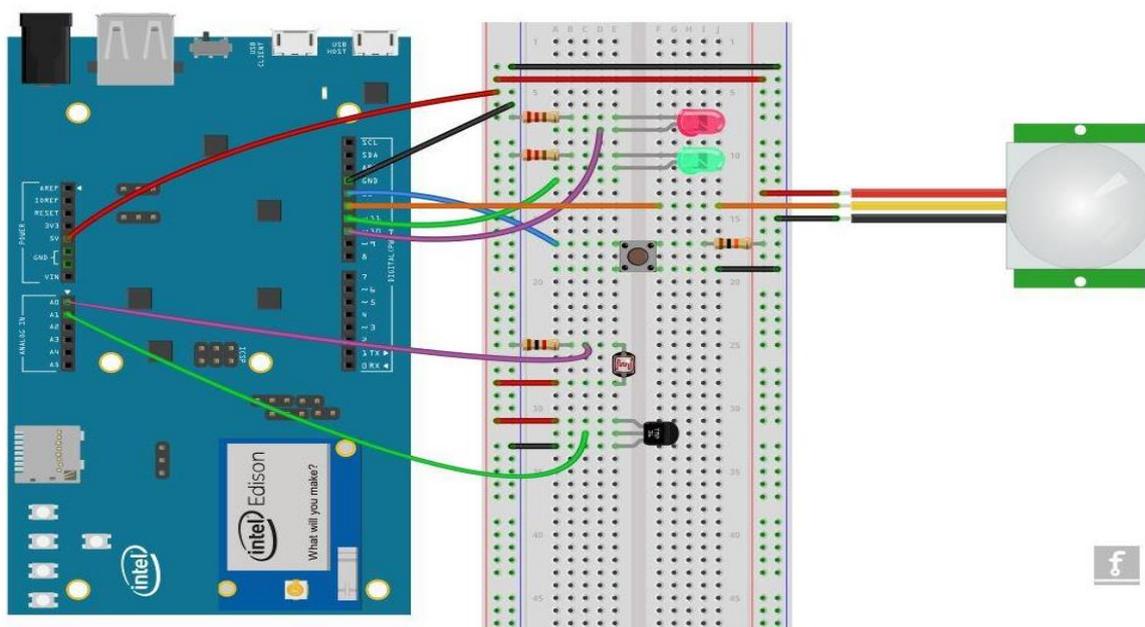


Рис. 1. Пример схемы устройства сенсорного узла, включающего датчики, светодиоды, платы расширения и других составляющих

Базовая станция регулирует сенсорные узлы с помощью команд, а сенсорные узлы, взаимодействуя друг с другом, выполняют поставленные задачи. Последующим этапом сбора необходимых данных сенсорные узлы является отправка данных обратно на базовую станцию.

Базовая станция играет роль шлюза для других сетей через Интернет. А также эта станция, после приема данных от узлов датчиков, приводит в исполнение обработку данных и передает информацию, обновленную в течение последнего часа, пользователю через Интернет.

Несмотря на цель применения данных устройств, беспроводные сенсорные сети могут разделяться на такие категории, как детерминированная и недетерминированная, статическая и мобильная, с одной базовой станцией и несколькими базовыми станциями, со статическими базовыми станциями и мобильными базовыми станциями, гомогенная и гетерогенная и др.

Исходя из особенностей и характеристик БСС, выделяют следующие области применения: отслеживание транспортных средств, охрана и наблюдение, интеллектуальное здание, контроль за передвижением животных, мониторинг окружающей среды, сельское хозяйство, мониторинг состояния здоровья.

Благодаря использованию данных систем для ученых появляются альтернативные и новейшие способы исследования и анализа параметров окружающей среды. Данные, получаемые благодаря этому инновационному способу, могут быть получены в режиме реального времени и определить одни из ключевых параметров окружающей среды в кратчайшие сроки, что является частью более информативного комплексного мониторинга всех сред. Кроме того, повышается гибкость запросов исследований различных областей, приумножаемое благодаря простому разворачиванию датчиков.

Главным образом, использование данного способа помогает специалистам снимать измерения в суровых климатических условиях природной среды, усовершенствуя способ до высокой мобильности и выдержки. Кроме предотвращения стихийных катастроф, устройства могут быть использованы в достижениях целей промышленности, гражданского зондирования, обнаружении угроз.

С точки зрения принципа действия датчиков в сенсорной системе можно выделить устройства для физических или химических явлений и свойств. Таким образом, одну группу из них представляют химические сенсоры, имеющие чувствительность либо к химическим веществам, либо к определенным химическим реакциям. Эти датчики идентифицируют и определяют количественное определение химических реагентов в газовой и жидкой фазах. Среди разновидностей отклика (первичного сигнала), срабатывающих в чувствительном слое химических сенсоров, выделяют следующие основные типы устройств: электрохимические (потенциметрические, кулонометрические и др.); реагирующие на магнитные волны датчики (датчики Холла, магниторезистивные полупроводниковые элементы и др.); термометрические; оптические (спектрофотометрические, люминесцентные, и др.); электрические (полупроводниковые на основе оксидов металлов и др.); биосенсоры (на основе различного биологического материала, такого как, например, ферментов, тканей, бактерий, антигенов, рецепторов). Анализ по основным определяемым веществам, области применения, изготовителям некоторых типов приведен в таблице.

Другую группу представляют физические сенсоры, реагирующие на такие параметры, как, например, давление, температура и магнитное поле. Эти устройства используют физические явления для детектирования изменений в окружающем пространстве. К ним относятся ПАВ-сенсоры, пьезосенсоры, а также микроэлектронные сенсоры (таблица).

Типы химических датчиков для мониторинга параметров окружающей среды

Сенсоры	Электрохими-ческие	Электрические	Термоката-лические (термохими-ческие)	Оптические	Биосенсоры
Основные детектируе-мые вещества	Монооксид углерода (угарный газ), водород, сероводород, фосфин, озон, аммиак, диоксид углерода	Монооксид углерода (угарный газ), диоксид углерода, метан, водород, аммиак, сероводород, озон, сульфиды, бензольные соединения	Пропан, бутан, изобутан, метан и др. горючие вещества	Метан, пропан, пропилен, бутан, этилен, этанол	Обнаруже-ние токсичных химикатов, токсинов, микроорга-низмов
Область применения	Количествен-ный и качественный состав водной и воздушной сред	Анализ воздушной среды	Анализ воздушной среды	Анализ воздушной и водной сред	Анализ, воздуха, водной среды, почвы
Фирма-изготовитель (страна)	Alphasense (Великобри-тания), Membrapor (Швейцария), Nemoto & Co. Ltd (Япония), Sixth Sense (Великобрита-ния), Spec Sensors	Figaro Engineering Inc (Япония), Winsen Electronics Technology (Китай)	Sixth Sense (Велико-британия)	Dynament (Великобри-тания), Sixth Sense (Великобрит-ания), Winsen Electronics Technology (Китай), Luna Atlanta (Micron Optics) (США)	MicroVacu-um Ltd. (Венгрия), DKK-TOA Corporation (Япония)

В качестве примера практической реализации БСС для целей охраны окружающей среды было проведено исследование [4], в котором была представлена мультисенсорная система (МСС), применяемая для оценки интегральных и дискретных параметров сточных вод на двух городских водоочистных сооружениях в окрестностях Санкт-Петербурга (Россия). Похожая система использовалась для оценки качества воды из реки Ганга и городских прудов в Калькутте (Индия). Хорошая корреляция ($R^2 = 0,85$ для перекрестной проверки) показаний МСС со значениями ХПК, полученными в результате

лабораторного химического анализа, наблюдалась для всех мест. Это доказывает применимость МСС для анализа качества воды в реальном времени. Ряд традиционных аналитических параметров воды, таких как аммоний, нитратный азот и фосфор, также были определены с использованием того же МСС. Все интегральные и дискретные характеристики были рассчитаны на основе того же набора измерений МСС, без использования каких-либо дополнительных лабораторных процедур, материалов или квалифицированного персонала. (рис. 2)



Рис. 2. Матрица датчиков после длительных онлайн-измерений на установке аэрации воды. Датчики очищались интенсивной промывкой. Несмотря на значительное загрязнение, датчики оставались стабильными не менее двух месяцев [4]

В одном из экспериментов трех тематических исследований [3] было продемонстрировано, что массивы оптических датчиков, основанные на смесях химических индикаторов, эффективны для идентификации и распознавания структур потенциально опасных соединений в питьевой воде и актуальны для медицинских, пищевых и экологических исследований. Сочетание порфиринов и индикаторов рН дает больше свободы при подготовке сенсорных материалов. Такие мультисенсорные системы (рис. 3) хорошо дополняют готовые к применению оптические платформы, используемые в таких устройствах, как смартфоны, планшеты и компьютеры. Результаты показывают, что все испытанные сенсорные материалы чувствительны, хотя и едва ли селективны к тестируемым соединениям. Однако их модели селективности достаточно различаются, чтобы обеспечить многомерную идентификацию соединений независимо от концентрации в воде.

С точки зрения технической составляющей и комплектующих беспроводных сенсорных сетей требуется еще значительная доработка элементов сети, а именно датчиков и способов передачи данных. Одним из недостатков работы сенсорных сетей являются периодически возникающие помехи посторонних источников радиосигналов. В таких случаях схемы обмена данными должны модифицироваться.

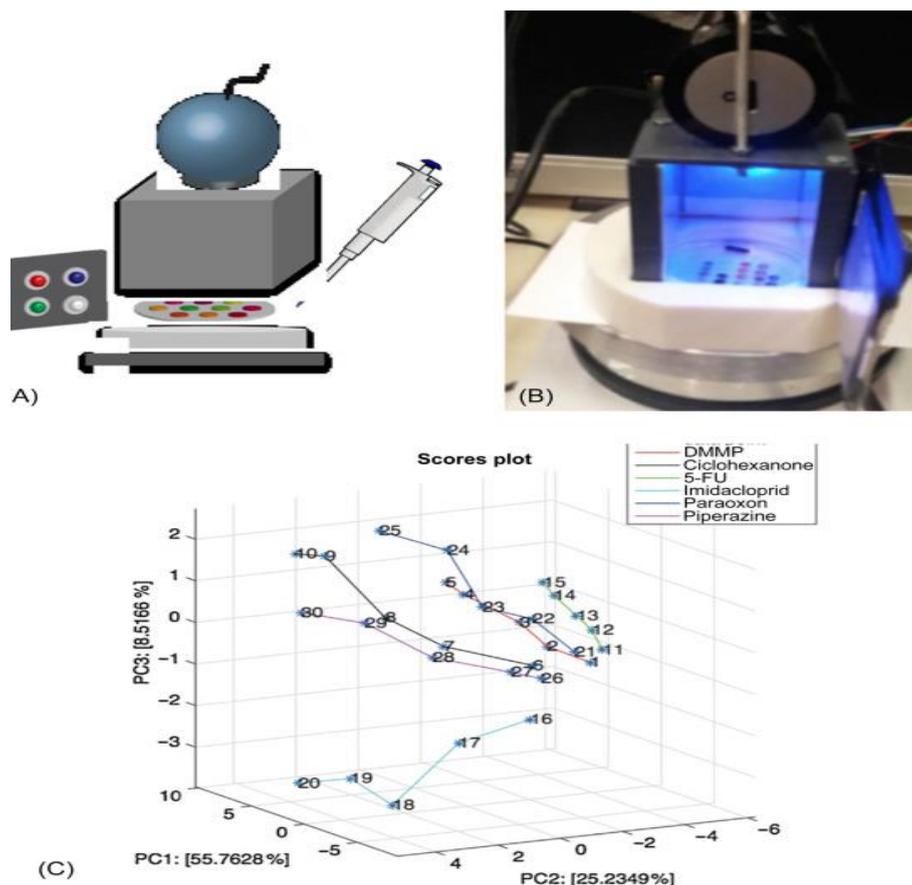


Рис. 3. Обнаружение разнообразных потенциальных угроз в воде с помощью массив оптических датчиков. (А) схема измерительной установки; (В) изображение экспериментальной установки при синем освещении; (С) График оценки РСa PC1, PC2 и PC3 ответа матрицы оптических датчиков на шесть соединений в питьевой воде

Одни из препятствий применения сенсорных систем могут появляться при использовании химических сенсорных датчиков. Одной из основных проблем химических сенсоров может быть изменение датчика исследуемыми химическими реакциями. Множество последствий, вытекающих из этого процесса, являются необратимыми, например, электрохимические элементы, работа которых основана на жидких электролитах (материалах, проводящих электрический ток), при каждом измерении теряют небольшое количество электролита, поэтому необходимы несколько действий: либо постоянно доливать некоторое количество электролита, либо использовать датчики другого типа, такие как химические детекторы на основе полевых транзисторов [5].

Кроме того, многовариантные соединения химических реагентов, каждый из которых невозможно просто смоделировать, могут также негативно воздействовать на химические датчики, разрушая их и нарушая их функции. Вследствие этого воздействия будут серьезно изменяться рабочие параметры сенсоров, определенных во время калибровки, ввиду загрязнения различного типа, либо забивающих поры пленочных детекторов, либо изменяющих чувствительную поверхность (например, кремний в циркониевых датчиках создает неудаляемую пленку).

Благодаря тенденции развития интереса к процессам измерения параметров окружающей среды можно прогнозировать работающие мультисенсорные устройства как новую ступень сбора информации о состоянии окружающей среды. Большинство данных приборов будут ориентированы на сбор данных и анализ воздушных проб. В то

же время уже интенсивно прорабатываются идеи, связанные с созданием мультисенсорных анализаторов различных водных образцов.

В результате исследований было доказано, что эти подходы являются альтернативным способом замены традиционного метода, в котором используется человеческая сила для наблюдения за окружающей средой, и улучшают производительность, надежность и эффективность системы мониторинга.

В дальнейшем наработанный материал планируется к использованию в будущей квалификационной научной работе, одной из задач которой будет применение БСС к контролю охраны окружающей среды.

Литература

1. Yu-Pin Lin, Tsun-Kuo Chang, Chihhao Fan, «Applications of Information and Communication Technology for Improvements of Water and Soil Monitoring and Assessments in Agricultural Areas—A Case Study in the Taoyuan Irrigation District» // MDPI. 2017. P. 1–12.
2. Rizky Pratama H., Fahmi N., Prayitno E., Rosmida, «Real-Time Monitoring for Environmental Through Wireless Sensor Network Technology» // Politeknik Negeri Bengkalis. 2018. P.1–5.
3. Казьмина И.Г., Рязанцева Л.Т., Федянин В.И. Химические сенсоры в системе экологического мониторинга. Воронежский государственный технический университет. 2015. 3 с.
4. Legin, E.; Zadorozhnaya, O., Khaydukova, «Rapid Evaluation of Integral Quality and Safety of Surface and Wastewater s by a Multisensor System (Electronic Tongue)» // Sensors. 2019. P.1–19.
5. Lvova L., Corrado Di N. «Chemical sensors for water potability assessment» // Elsevier Inc. Bottled and Packaged Water. 2019. P.177-202.



Гордеева Евгения Александровна
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т41502с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: 99fv99yzv99@mail.ru



Молодкина Нелли Ринатовна
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: nrkh25@hotmail.com

УДК 57.083.132

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ПАХУЧИХ ВЫБРОСОВ НА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ

Е.А. Гордеева

Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Р. Молодкина

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

Аннотация

Статья посвящена моделированию процесса очистки воздуха от пахучих соединений на лабораторной установке с целью выявления оптимального режима глубинного культивирования микробного сообщества, способного преобразовывать растворенные в воде пахучие соединения в менее вредные вещества.

Ключевые слова

Пахучие соединения, неприятный запах, лабораторная установка, микроорганизмы, активный ил.

Выбросы птицефабрики характеризуются широким спектром пахучих веществ, в перечне которых доминируют аммиак, сероводород и меркаптаны [1]. Для очистки выбросов от этих газов нами было решено воспользоваться биологическим методом очистки воздуха от пахучих соединений, для функционирования которого необходимо в лабораторных условиях подобрать и вырастить ассоциацию микроорганизмов, способных на биологическое окисление данных веществ.

В целях выявления оптимальных условий культивирования микробного сообщества нами был смоделирован процесс очистки воздуха от пахучих соединений на базе данной статьи [2]. Процесс очистки основан на способности микроорганизмов, содержащихся в активном иле, преобразовывать растворенные в воде пахучие соединения с образованием менее вредных веществ. Для выявления оптимальных режимов культивирования была собрана лабораторная установка рис. 1.



Рис. 1. Лабораторная установка

Основной узел установки – емкость с 5 л раствора, в которой происходит культивация микроорганизмов из предоставленного птицефабрикой активного ила. В этот раствор через находящийся внутри бутылки аэратор подается воздух, насыщенный пахучими веществами. Воздух подается в бутылку по гибким трубкам с помощью компрессора, который продувает атмосферный воздух сквозь массу увлажненного помета. Продувание воздуха через помет формирует насыщенный пахучими соединениями воздух, схожий по составу с выбросами птицефабрики. Следует заметить, что данный помет был предоставлен самой птицефабрикой и является основным источником образования запаха на ней.

Раствор активного ила в бутылки дополнительно подогревается и перемешивается магнитной мешалкой для равномерного распределения концентрации ила, пахучих соединений и температуры во всем объеме емкости. Объем расходуемого воздуха – 5 л/мин, что достаточно для соблюдения соотношения объема поступающего в минуту воздуха к объему раствора 1:1. Подобное соотношение обеспечивает осуществление в бутылки аэробного процесса

В ходе работы на лабораторной установке были проведены 3 цикла культивирования микробного сообщества длительностью 7 дней каждый. Данного времени достаточно для достижения состояния насыщения раствора аммиаком и появления неприятного запаха, заметить который возможно органолептически.

Условия культивирования приведены в табл. 1.

В ходе третьего цикла эксперимента для развития устойчивой ассоциации микроорганизмов была подобрана минеральная среда [3] в пересчете на 5 л дистиллированной воды: K_2HPO_4 - 0,5 г/л, KH_2PO_4 - 3,5 г/л, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ - 0,2 г/л, $MgCl_2$ - 0,2 г/л. К данной среде было добавлено 200 мл раствора активного ила с образовавшейся ассоциацией во 2-ом цикле.

Таблица 1

Условия на момент начала цикла

Порядок цикла	Условия работы				
	Объем дистиллированной воды, л	Масса активного ила, г	Температура, С°	Масса сухого помета, г	Питательная среда
1	5	5	20-40	1480	–
2	5	10	30	1324	–
3	5	0,4	30	1407	Присутствует

Помимо условий, приведенных в таблице выше, также осуществлялся отбор культуральной жидкости в количестве 200 мл для проведения анализов и добавление дополнительного количества раствора активного ила в емкость.

Для контроля процесса очистки воздуха от пахучих соединений ежедневно проводились следующие анализы:

1. Органолептическое измерение наличия запаха членами команды исследователей.
2. Измерение концентрации аммиака в воздухе на входе и выходе из емкости с раствором активного ила.
3. Измерение содержания ионов аммония в растворе на 2 и 3 цикле.
4. Измерение pH раствора.
5. Определение оптической плотности пробы раствора в фотометре при длине волны 600 нм.

Результаты измерений представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результат измерений

Порядок цикла	Параметр	День цикла						
		1	2	3	4	5	6	7
1	pH	4,5-5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,5-7	7,0-7,5
	$C_{\text{вх}} (\text{NH}_3)$, мг/м ³	98,92	42,87	56,9	8,38	0,76	0,02	0,47
	$C_{\text{вых}} (\text{NH}_3)$, мг/м ³	0,437	0,37	0,34	1,94	7,74	3,5	11,84
2	pH	4,5	4,5	5,0	7,5	7,5	7,5-8,0	8,5
	C рNH ₄ , мг/л	–	–	–	–	–	–	900
3	pH	5,5	5,5	6,0	6,5	6,5-7,0	7,0	7,0
	C рNH ₄ , мг/л	450	450	630	630	810	810	900

На рис. 2, 3 проиллюстрирован рост биомассы с течением времени. Падение оптической плотности раствора связано с разбавлением раствора новой порцией смеси ила и воды.

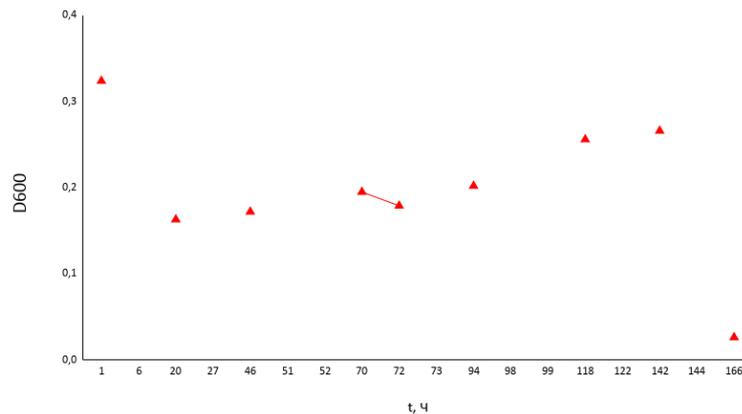


Рис. 2. Развитие биомассы на первом цикле эксперимента

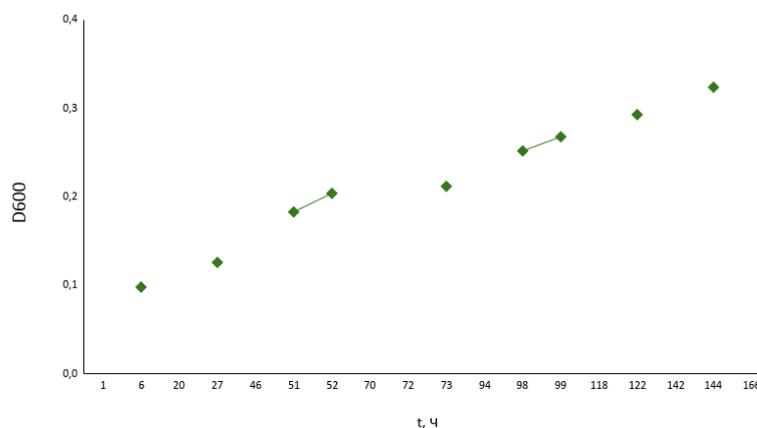
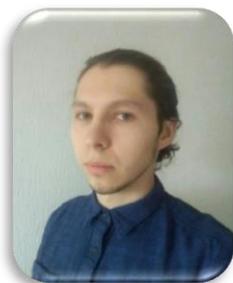


Рис. 3. Развитие биомассы на втором цикле эксперимента

По результатам проделанной работы можно сделать вывод, что в растворе происходит рост биомассы микроорганизмов с одновременным насыщением раствора аммиаком. Предполагается дальнейшая работа над поисками оптимального режима работы лабораторной установки, подбором питательной среды для культивирования микроорганизмов. Планируется провести замену источника активного ила и увеличить продолжительность цикла эксперимента. Также данное исследование является первым этапом разработки био-скруббера, предназначенного для очистки пахучих выбросов птичника. Следующим этапом является расчет и проектирование лабораторной установки био-скруббера.

Литература

1. Jiang J. & Sands J. 2000, Odour and ammonia emission from broiler farms, RIRDC Project UNS-11A, Rural Industries Research and Development Corporation, Canberra.
2. Lebrero R., L.Rangel G., Muñoz R. Characterization and biofiltration of a real odorous emission from wastewater treatment plant sludge // Journal of Environmental Management. 2013. Vol. 116. P. 50-57.
3. Zheng T., Li L., Chai F., Wang Y. Factors impacting the performance and microbial populations of three biofilters for co-treatment of H₂S and NH₃ in a domestic waste landfill site // Process Safety and Environmental Protection. 2021. Vol. 149. P. 410-421.



Гусаков Александр Андреевич

Год рождения: 1996

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

студент группы № W42511,

Направление подготовки: 20.04.01 – Информационные системы
для экологической и техносферной безопасности 2019,

e-mail: sasha_spbru@mail.ru



Василевская Анна Васильевна

Санкт-Петербургский государственный университет,

факультет энергетики и экотехнологий,

ассистент,

e-mail: 2404799@mail.ru



Кустикова Марина Александровна

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

к.т.н., доцент,

e-mail: makustikova@corp.ifmo.ru

УДК 699.844.3

**ПРОГНОЗ ВЛИЯНИЯ КАД НА АКУСТИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ
ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ**

А.А. Гусаков, А.В. Василевская, Е.П. Тюрикова

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

Аннотация

В работе произведен теоретический расчёт акустического влияния КАД на выбранный участок с жилой застройкой в г. Санкт-Петербург. Выполнен прогноз изменения акустической нагрузки в зависимости от возрастания плотности автотранспортного потока по данным рабочего проекта на 2025 год. Получены значения уровня шума в расчётных точках на фасадах зданий и внутри помещений при открытом окне. Проведён анализ результатов и рассмотрены возможные методы снижения шума.

Ключевые слова

Шум, автотранспортный шум, акустическая нагрузка, шумовая характеристика транспортного потока, ожидаемый уровень шума, перспективный уровень шума, шум в жилой застройке.

С активным повышением плотности городского населения наблюдается рост количества автотранспорта, так как личный автомобиль считается наиболее комфортным и предпочтительным видом передвижения. Повышается интенсивность транспортного потока, в связи с чем возрастает и акустическая нагрузка. В конечном итоге возрастают уровни шумового загрязнения жилой застройки, прилегающей к дорогам и крупным

магистральям. Всё больше людей подвергаются негативному влиянию постоянного зашумления на улицах, и, что самое опасное – в своих собственных квартирах [1].

Целью проведенной работы является теоретическая оценка акустического воздействия участка КАД от транспортной развязки с Таллинским шоссе до транспортной развязки с Дачным проспектом, на шумовую обстановку территорий прилегающей жилой застройки в г. Санкт-Петербург, а также прогноз изменения уровней звука в перспективе на 2025 год.

На основании данных об уровнях акустической нагрузки можно в дальнейшем определить, как в придорожной застройке изменится риск специфического и неспецифического воздействия шума на здоровье жителей.

Методология

Обладая данными об интенсивности и составе транспортного потока, а также о характере придорожной территории и дорожных условиях, возможно определить шумовую характеристику транспортного потока и в дальнейшем – ожидаемый уровень звука в выбранных расчётных точках теоретическим способом.

Разумеется, правильно произведённые эмпирические измерения уровней шума дают более актуализированные и точные данные для дальнейшего анализа. Но теоретические расчёты позволяют быстро и с использованием меньшего ресурса времени и финансов получать общую картину шумовой нагрузки районов с требуемым охватом.

Теоретическое определение уровней шума может быть чрезвычайно полезно для определения наиболее важных точек, в которых следует производить измерения акустической нагрузки опытным путём. Также с помощью теоретических расчётов возможно составить прогноз изменения характеристик транспортного потока, и как следствие – изменение шумовой обстановки прилегающих территорий.

В городе Санкт-Петербург местом такого близкого расположения является проспект Народного ополчения, вдоль которого на относительно небольшом расстоянии пролегает выбранный участок КАД. Для расчёта были выбраны 3 точки, располагающиеся на фасадах отдельно стоящих зданий (д. 159, д. 165 и д. 167) вблизи на расстояниях соответственно 152, 189 и 257, на рис. 1 отображена схема расположения расчётных точек. По результатам данного теоретического расчёта уже можно провести общую оценку шумовой обстановки (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения расчётных точек и расстояния до участка КАД

Для данного участка КАД, пролегающего от транспортной развязки с Таллинским шоссе до транспортной развязки с Дачным проспектом, известны технические характеристики: 8 полос движения (по 4 полосы в каждом направлении), асфальтобетонное покрытие, ширина дороги равна 43 м с разделительной полосой 5 м, режим работы – круглосуточный.

Интенсивность автотранспортного потока составляет 7072 авт/час в дневное время и 997 авт/час в ночное, а перспективная интенсивность движения на 2025 г. из письма Федерального дорожного агентства (РОСАВТОДОР), составляет 14396 авт/час и 2879 авт/час для дневного и ночного времени соответственно.

В соответствии с методическими рекомендациями по защите от транспортного шума были выполнены расчёты ожидаемых уровней звука в расчётных точках ($L_{APТ}$) для прилегающих территорий и внутри помещений с открытой форточкой, располагающихся со стороны источника шума [2].

Расчёт проводился по основным формулам, на рис. 2 изображено расположение основных используемых точек.

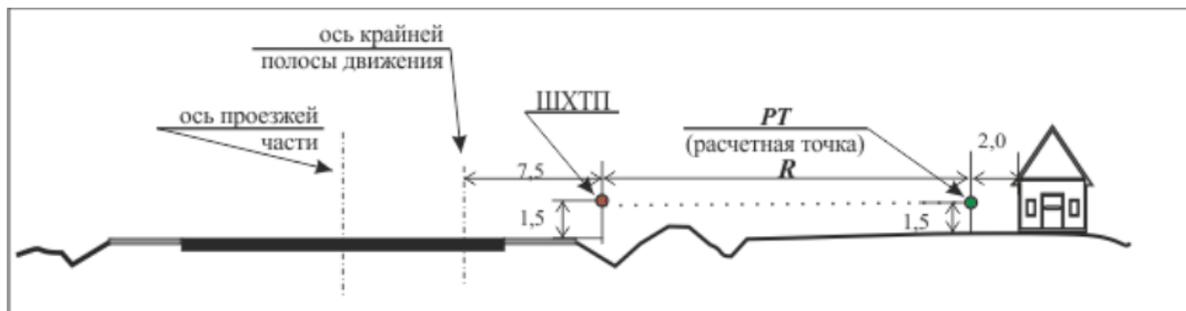


Рис. 2. Схема расположения расчетной точки (РТ) в 20 поперечном профиле

Расчётное значение эквивалентного уровня звука при движении транспортного потока (шумовую характеристику транспортного потока – $L_{ШХТП}$) определяют на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения и 1,5 м от уровня покрытия проезжей части, их расположение отображено на рис. 2. Величину шумовой характеристики определяют по формуле:

$$L_{ШХТП} = 10 \lg Q + 13,3 \lg V + 4 \lg(1 + \rho) + \Delta L_{A1} + \Delta L_{A2}, \text{ дБА},$$

где $L_{ШХТП}$ – расчетное значение эквивалентного уровня звука при движении транспортного потока в реальных дорожных условиях, дБА;

Q – интенсивность движения, ед./ч;

V – средняя скорость потока, км/ч;

ρ – доля средств грузового и общественного транспорта в потоке, %, (к грузовым относятся автомобили грузоподъемностью 1,5 т и более);

ΔL_{A1} – поправка, учитывающая вид покрытия проезжей части улицы или дороги, дБА, (при асфальтобетонном покрытии $L_{A1} = 0$, при цементобетонном покрытии $L_{A1} = +3$ дБА);

ΔL_{A2} – поправка, учитывающая продольный уклон улицы или дороги, дБА.

Ожидаемый эквивалентный уровень звука ($L_{APТ}$) в расчетной точке рассчитывается путём внесения поправок, учитывающих: расстояние до расчётных точек, затухание звука в воздухе и при поглощении поверхностями, турбулентность воздуха и ветер, и т.д.

Результаты

Все результаты расчётов ожидаемых уровней шума занесены в табл. 1, а теоретические значения перспективных уровней шума на 2025 год в табл. 2.

Таблица 1

Ожидаемый эквивалентный уровень звука в расчётной точке на прилегающей территории и в помещениях

№ дома	Расстояние до КАД, м	$L_{АРТ}$ на прилегающей территории, дБА		$L_{АРТ}$ в помещении квартиры, дБА	
		Дневное время	Ночное время	Дневное время	Ночное время
159	152	63,5	54,5	53,5	44,5
167	189	61	52	51	42
169	256,5	58	49	48	39

Таблица 2

Перспективный на 2025 год эквивалентный уровень звука в расчётной точке на прилегающей территории и в помещениях

№ дома	Расстояние до КАД, м	$L_{АРТ}$ на прилегающей территории, дБА		$L_{АРТ}$ в помещении квартиры, дБА	
		Дневное время	Ночное время	Дневное время	Ночное время
159	152	66,5	59	56,5	49
167	189	64	57	54	47
169	256,5	61	53,5	51	43,5

Исходя из полученных значений было выявлено, что уже на текущий момент существует превышение на прилегающей территории, в дневное время от 3 до 8,5 дБА (норматив составляет 55 дБА) в зависимости от удаленности расчётных точек от КАД, а на рис. 3 демонстрируется, что в дальнейшем зашумленность лишь усилится [3].

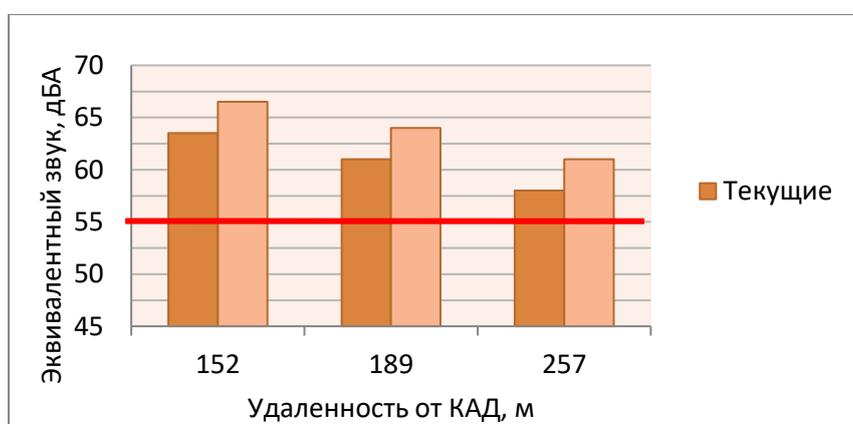


Рис. 3. Диаграмма текущих и ожидаемых уровней шума на прилегающей территории в дневное время

В ночное время превышение от нормативного показателя в 45 дБА составляет от 4 до 9,5 дБа, а в перспективе превышения шума возрастут до 8,5 – 14 дБа в зависимости от удаленности автодороги (рис. 4). Чертой на рисунках отмечен предельно допустимый уровень (ПДУ) шума.



Рис. 4. Диаграмма текущих и ожидаемых уровней шума на прилегающей территории в ночное время

Расчёты показали, что с ростом транспортного потока возрастёт и уровень шума, к 2025 году рост составит в среднем 5%, ночной шум имеет тенденцию возрастать сильнее, в среднем на 8% показатели увеличатся. Если же возрастает уровень шума на улице, то это неизбежно оказывает влияние на проживающих в близлежащих зданиях жильцов, так как помещения нуждаются в регулярном проветривании, что в большинстве случаев обеспечивается открытием окон, через которые проникает уличный шум.

На рис. 5 можно увидеть прогнозируемые уровни шума в помещениях при открытом окне. В самом близком здании превышение составляет 13,5 дБА и 14,5 дБА в дневное и ночное время соответственно, и в перспективе оно возрастет 19 дБА ночью и 16,5 дБА днём.

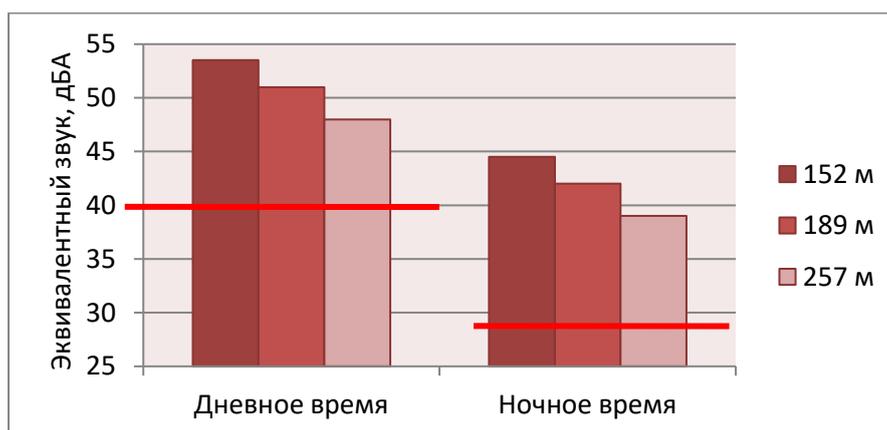


Рис. 5. Эквивалентный звук в помещениях при открытой форточке

В такой обстановке необходимо предпринимать меры по снижению акустической нагрузки, такие как:

- установка акустических экранов,
- организация зеленых насаждений,
- установка шумозащитных окон,

- установка приточной вентиляции в квартирах,
- снижение интенсивности движения автодороги.

Самый очевидный метод – это расположение акустических экранов вдоль данного участка КАД. Данные меры позволят комплексно оградить прилегающие территории от растущего с каждым годом шумового загрязнения данной автодороги.

Еще одним решением, хоть и не таким эффективным, но имеющим множество других полезных качеств, является организация зеленых насаждений. Несколько плотных полос деревьев со смыкающимися кронами и подлеска положительно скажутся на шумовой обстановке прилегающих территорий и квартир на нижних этажах зданий. Оптимальный эффект достигается при ширине двухъярусной зелёной полосы 10 - 25 м, которую вполне возможно разместить между жилыми кварталами и КАД.

Установка шумозащитных окон – ещё один вариант по защите жильцов близлежащих домов от постоянного воздействия шума. Современные модели также имеют вентиляцию с клапанами-глушителями, что решает проблему зашумления при проветривании. Впрочем, шумоизоляция домов не избавляет от данного вредного фактора придомовые территории, поэтому такой метод следует применять комплексно с другими способами.

Приточная вентиляция избавляет от необходимости открывать окна для проветривания, чем обеспечивает защиту от уличного шума фильтрует попадающий в квартиру воздух и даёт возможность регулировки уровня проветривания. Но подобные системы, как и шумозащитные окна, никак не влияют на придомовые пространства, так что их следует применять совместно с другими перечисленными способами.

Снижение интенсивности транспортного потока является наилучшим способом, так как мы повлияем непосредственно на источник шума, что избавит от необходимости в мерах защиты. Добиться этого можно путем постройки альтернативных дорог, либо регулированием проходящего транспортного потока. Это наиболее дорогой и сложный в исполнении вариант, который даже может утратить свою актуальность за время постройки.

Заключение

Был проведен расчёт уровней шума на территории жилой застройки и в квартирах при открытом окне, проведён анализ полученных результатов. Полученные теоретические значения уже на данный момент превышают нормативные уровни звука.

Учитывая, что количество автотранспорта имеет тенденцию к активному росту, из-за чего неизбежно дальнейшее увеличение уровней шума — появляется необходимость принимать меры по защите населения от данного вредного фактора.

Тенденция к росту была доказана путём расчёта перспективных уровней звука. В текущее время на 2020 год превышение на выбранном участке составляет 4 – 9,5 дБА для дневного времени и 3 – 8,5 дБА для ночного, в зависимости от удаления зданий от выбранного участка КАД. В перспективе на 2025 год превышение ПДК составит от 8,5 до 14 дБА в расчётных точках.

Были рассмотрены основные методы и средства защиты от акустического шума, разобрана специфика их применения в различных условиях городской среды, в частности в районах с плотной застройкой.

Литература

1. Чубирко М.И., Степкин Ю.И., Середенко О.В. Гигиеническая оценка шумового фактора крупного города // Гигиена и санитария. 2015. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gigienicheskaya-otsenka-shumovogo-faktora-krupnogo-goroda> (дата обращения: 23.02.2021).

2. ОДМ 218.2.013-2011. Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам.
3. МУК 4.3.2194-07. «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях». М. 2007.



Динкелакер Никита Фридрих Йоргович

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



Динкелакер Наталья Владимировна

Год рождения: 1972
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
ст. преподаватель,
e-mail: nvdinkelaker@mail.ru



Агаханянц Полина Феликсовна

Год рождения: 1973
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
доцент (квалификационная категория "доцент практики"),
e-mail: aga-polina@yandex.ru



Моисенко Евгений Николаевич

Год рождения: 1985
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
инженер,
e-mail: drmalicious@itmo.ru

УДК 504.064

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ МАЛЫХ РЕК ГОЛАРКТИКИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕНСОРНЫХ ДАТЧИКОВ**

**Н.Ф.Й. Динкелакер, Е.Н. Моисеенко, Н.В. Динкелакер
Научный руководитель – к.т.н., доцент практики П.Ф. Агаханянц**

Аннотация

Исследованы показатели качества воды малых таежных рек северной и средней тайги в районах проведения лесозаготовительной деятельности. Выявлены гидрохимические характеристики, являющиеся индикаторами негативного воздействия рубок леса. Разработан новый методологический подход к организации системы мониторинга влияния лесозаготовительной деятельности на качество воды малых таежных рек, имеющих высокое рыбохозяйственное или природоохранное значение, основанный на применении выявленных показателей-индикаторов негативного воздействия лесопользования.

Ключевые слова

Экологический мониторинг, малые реки, лесозаготовки, сенсорные датчики.

Активная лесозаготовительная деятельность, проводимая в последние десятилетия в районах европейской северной и средней тайги, неизбежно затрагивает бассейны малых рек, особенно в районах с густо развитой гидрологической сетью [1]. Негативные процессы, которые могут развиваться в руслах рек вследствие нарушения гидрологического режима почв, эрозии и смыва почв, многочисленны, но наиболее известно развитие таких процессов, как эвтрофирование и зарастание, часто имеющие необратимые последствия для речных экосистем. Возникновение участков, на которых проявляется негативное воздействие лесозаготовок – неизбежное следствие лесозаготовок в водосборных бассейнах рек. Наибольшие риски ущерба от таких ситуаций связаны со снижением рыбных запасов, в том числе ценных лососевых и сиговых рыб, и нанесением вреда водным и околоводным охраняемым видам животных и растений. В настоящее время проблема их сохранения при лесопользовании носит достаточно острый характер, так, районы интенсивных рубок достигли побережья северных морей и затронули значительную часть нерестовых рек лососевых и сиговых рыб, составляющих рыбные запасы Белого и Баренцева морей [3]. Для предотвращения ущерба таким рекам недостаточно соблюдение законодательных требований, так как невозможно учесть все особенности таежных гидросистем. В связи с этим особое значение приобретает качество мониторинга негативных воздействий на реки при ведении лесозаготовительной деятельности в водосборных бассейнах рек. Учитывая труднодоступность большинства районов, где проводятся основные рубки, организация традиционного сбора проб технически и организационно трудно реализуема. Отдельная проблема – своевременная доставка проб воды в лаборатории, так как часто она невозможна в сроки, предусмотренные методиками анализа. Эта проблема может быть эффективно решена с использованием автоматизированных станций экологического мониторинга и систем сбора и обработки их данных [2, 4]. Однако высокая стоимость таких станций и высокая стоимость их обслуживания сдерживают внедрение таких систем.

Целью проведенного исследования является оценка возможностей использования сенсорных датчиков для мониторинга состояния рек таежной зоны в зонах активного лесопользования. Для этого были выделены основные задачи исследования:

1. Выявление индикаторных показателей влияния рубок леса на качество воды нерестовых рек (т.е. указывающих на нарушения в экосистемах, как эвтрофирование, цветение водорослей из-за смыва почв в районах рубок).
2. Оценка экономических перспектив применения сенсорных датчиков качества воды по индикаторным показателям. Разработка алгоритма выбора датчиков для исследуемой задачи.
3. Подбор оптимальной схемы мониторинга показателей загрязнения воды для малых таежных рек.

В качестве объектов исследования выбраны малые реки в районах активного лесопользования: реки северной тайги (10 рек Онежского полуострова Архангельской области), реки средней тайги (река Седка и ее притоки, Республика Коми). Образцы воды рек, находящихся в зонах активных лесозаготовок, были собраны в ходе экспедиций летом 2020 года.

Для определения качества воды в районах лесопользования были использованы стандартные методы гидрохимического исследования качества воды: кислотность, органолептические показатели, содержание в воде ионов аммония, нитрат-ионов, нитрит-ионов, фосфат-ионов. Также параллельно проводились измерения свойств воды датчиками Libellium (кислотность, растворенный кислород, электропроводимость).

В результате исследования воды рек Онежского полуострова и р. Коми были получены данные по состоянию гидрохимических и физических показателей воды в районах воздействия лесозаготовок. Были выявлены показатели воды, отклоняющиеся от нормативных в районах лесопользования с разными видами воздействия:

- содержание аммоний-ионов (характерно для рек в районах вырубок текущего года и зарастающих вырубок 2-10 летней давности),
- химическое потребление кислорода (ХПК) (характерно для рек в районах вырубок текущего года),
- содержание нитрит-ионов (характерно для мест проживания людей, имеющих канализационные стоки).

Таким образом, были установлены наиболее репрезентативные показатели изменения качества воды при воздействии лесопользования. Регистрация изменений этих показателей в гидрологической сети малых рек и их притоков позволит своевременно выявлять и разделять негативное воздействие основных источников загрязнения водных экосистем при лесозаготовках и, соответственно, принимать меры по их устранению в локальных частях гидросистем, не допуская распространения загрязнителей в основные водотоки. Данный методический подход, предполагающий использование параметров воды, являющихся индикаторами негативного воздействия лесозаготовительной деятельности в удаленных таежных районах, может быть предложен как основа для создания сетей автоматического мониторинга качества воды в малых реках.

Несмотря на широкую географию применения сенсорных датчиков в мониторинге качества воды в малых реках Голарктики (страны Европы, Скандинавия, США, Канада, Китай), в России пока их применения затруднено, в первую очередь, в связи с высокой стоимостью закупки и ежегодного поддержания, включающего замену датчиков по истечении установленного срока эксплуатации. Комплектация сенсорных датчиков включает сами датчики, платы, системы связи, питания и др. элементы. Конечная стоимость станции мониторинга складывается из этих элементов и зависит от числа измеряемых параметров воды. Большинство датчиков химических показателей воды требует ежегодной замены. Стоимость датчиков, имеющих утвержденные в Российской Федерации методики применения, достаточно высока. Цена на датчики Libellium (производитель – Германия), применяющиеся при государственном мониторинге среды обитания водных биологических ресурсов с использованием автоматических станций мониторинга и погружных зондов, составляет 800-1000 евро для каждого вида датчиков. Конечная цена стандартной станции Libellium в полной комплектации составляет от 8000 до 16000 EURO. Цена несколько ниже для сенсорных датчиков китайских и российских производителей, но их применение в большинстве случаев осложнено отсутствием необходимой государственной регистрации средств измерения и утвержденных методик их применения. Тем не менее, применение сенсорных датчиков в составе автоматизированных станций мониторинга становится все более актуально для сохранения нерестовых лососевых таежных рек в зоне активного лесопользования. В настоящее время это преимущественно удаленные районы, в связи с чем транспортировка проб в лаборатории крайне затруднена.

Стоимость закупки и эксплуатации станций автоматического мониторинга негативного воздействия лесозаготовок на экосистемы рек северной и средней тайги может быть существенно снижена за счет применения предложенного методологического подхода с формированием станций автоматического мониторинга качества воды на основе выявленных индикаторных показателей

В результате проведенного эколого-экономического исследования, выявления индикаторных параметров воды малых таежных рек и оценки возможностей снижения стоимости автоматизированных станций мониторинга воды за счет применения

исключительно датчиков, связанных с индикаторными показателями негативного воздействия рубок леса на качество воды в реках разработан алгоритм создания системы мониторинга с минимальным необходимым количеством параметров (рисунок).



Рисунок. Алгоритм создания системы автоматизированного мониторинга качества воды с применением сенсорных датчиков малых таежных рек в районах лесопользования

Данный алгоритм включает в себя на первых этапах разработки системы мониторинга анализ нормативных требований (с учетом рыбохозяйственной категории водотоков и состава охраняемых видов биологических ресурсов), определение видов воздействия (возраста рубок, их распределение, расположение мест размещения людей и др.), исследование особенностей водных экосистем. В результате анализа перечисленных сведений выявляются опасные процессы, которые могут развиваться в результате лесозаготовок, и производится выбор показателей воды -индикаторов этих процессов. Далее устанавливаются конкретные параметры мониторинга и пространственная структура сети мониторинга, на основании которых производится дальнейший подбор технических средств и решений, комплектации станций и разработка системы их интеграции.

В результате проведенного исследования выявлены показатели качества воды малых таежных рек, являющиеся индикаторами негативного воздействия лесозаготовительной деятельности. Разработан новый методологический подход к организации систем мониторинга влияния лесозаготовительной деятельности на качество воды малых таежных рек, имеющих высокое рыбохозяйственное или природоохранное значение, основанный на применении показателей-индикаторов негативного воздействия лесопользования.

Литература

1. Каракчиева И.В. Информационно-экономическое моделирование лесопользования как эффективный механизм экономического обоснования проекта освоения лесного участка // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2011. №7. С. 63-68.
2. Жильникова Н.А. Инновации в области экологического мониторинга и моделирования геоэкосистем высокоширотных территорий для обеспечения качества подготовки кадров высшей квалификации: учебное пособие. Санкт-Петербург: ГУАП/ 2017. 167 с.

3. Новоселов А.П. Видовое и экологическое разнообразие ихтиофауны малых рек Онежского полуострова // Труды Архангельского Центра Русского географического общества. 2017. Вып. 5. С. 375-381.
4. Матвеева Л.Г., Чернова О.А. Умный мониторинг водных объектов в системе регионального управления // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2019. №4. С. 46-50.



Динкелакер Никита Фридрих Йоргович

Университет ИТМО,

Год рождения: 1998

факультет биотехнологий,

студент группы №Т41501с

направление подготовки: 18.04.02 – Промышленная

экология и чистое производство,

e-mail: nfdinkelaker@itmo.ru



Динкелакер Наталья Владимировна

Год рождения: 1972

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

ст. преподаватель,

e-mail: nvdinkelaker@mail.ru



Агаханянц Полина Феликсовна

Год рождения: 1973

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

доцент (квалификационная категория "доцент практики"),

e-mail: aga-polina@yandex.ru

УДК 504.064.2

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ
РЕК ОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

Н.Ф.Й. ДИНКЕЛАКЕР, Н.В. ДИНКЕЛАКЕР

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

Аннотация

Исследовано качество воды малых рек Онежского полуострова в районах лесозаготовок различной давности и в ненарушенных районах в отношении органолептических показателей, рН, химического потребления водорода, содержания биогенных анионов и катионов. Установлено, что в реках, находящихся в районах рубок текущего года характерно превышение нормативов по показателю «химическое потребление кислорода», в реках районов вырубок 2-10 лет – показателя «содержание ионов аммония».

Ключевые слова

Малые реки, северная тайга, лесозаготовка, вырубки, гидрохимические показатели, экологическое состояние.

Экосистемы малых побережья Белого моря являются ценными местами обитания водных биологических ресурсов, в том числе сиговых, лососевых рыб, охраняемых видов беспозвоночных (жемчужница европейская), околородных птиц (скопа) [1]. При этом качество воды в реках определяется состоянием экосистем в водосборных бассейнах. Леса северной тайги в настоящее время подвергаются интенсивному воздействию лесозаготовок, в бассейнах рек применяются сплошные рубки [2]. Одной

из наиболее критических зон негативного воздействия рубок леса на речные экосистемы является Онежский полуостров. Его особенностью является то, что многочисленные малые реки и водотоки берут начало в середине полуострова, находящиеся в зоне активного лесопользования, а нижнее течение этих водотоков расположено ближе к побережью Белого моря, в границах национального парка «Онежское Поморье», имеющего особо ценные биологические ресурсы.

Целью настоящего исследования является оценка влияния лесозаготовок на качество воды малых рек северной тайги на примере Онежского полуострова.

В 2020 были исследованы 10 малых водотоков Онежского полуострова в Архангельской области, затронутых рубками давностью от 1 до 10 лет, и контрольный водоток, не имеющий нарушений леса в водосборном бассейне: р. Лопшеньга, р. Яреньга, р. Уна, р. Колода, руч. Березовый, р. Пыжда, р. Вежда, р. Нижняя Россоха, водоток 1 б/н в районе Летние Золотицы, водоток 2 б/н в районе Летние Золотицы (рисунок).

Исследованные водотоки включают в себя 1 реку с ненарушенными рубками водосбором (р. Лопшеньга) и реки и их притоки 1 и 2 порядка с водосборными территориями, нарушенными рубками различной давности.



Рисунок. Обзорная схема расположения мест взятия проб на топографической карте

Для определения местоположения и давности вырубок в исследовании применялись методы исследования спутниковых снимков и документов лесопользования (проектов освоения лесов) [3].

Проведено испытание образцов воды, собранных в ходе экспедиции НП «Онежское Поморье» летом 2020 года, для 27 образцов по 10 показателям качества с использованием химико-аналитических лабораторных методов (потенциометрических, спектрофотометрических, аналитических), внесенных в Государственный реестр методик анализа: - органолептические показатели (запах: ГОСТ Р 57164-2016), водородный показатель (рН) (ФР.1.31.2007.03794), общая жесткость (ГОСТ 31954-2012), карбонатная жесткость (РД 52.24.395-2007), химическое потребление кислорода (ХПК) (ГОСТ Р 55684-2013), ионы калия РД (52.24.415-2007), ионы аммония (РД 52.24.394-95), нитрат-ионы (РД 52.24.367-2010), нитрит-ионы (ПНДФ 14.1:2:4.3-95),

фосфат-ионы (ПНДФ 14.1:2.112-97). Полученные значения гидрохимических показателей воды сравнивались с нормативными значениями, установленными для водоемов рыбохозяйственного значения [4].

В результате исследований установлено, что органолептические свойства (запах) в воде исследованных водотоков не выходят за пределы допустимых значений, кроме воды р. Колода и воды из р. Яреньга вблизи недавних вырубок. Вода всех исследованных образцов классифицируется как мягкая по показателям как общей жесткости, так и карбонатной жесткости, не имеющая выраженного запаха. Преобладают нейтральные значения кислотности.

Исследования содержания катионов и анионов в воде показали в целом низкий уровень содержания биогенных анионов, что соответствует показателям олиготрофного водоема с отдельными мезотрофными участками. Однако в 3 случаях отмечены превышения рыбохозяйственных и санитарно-гигиенических нормативов по показателю содержания ионов аммония, в 1 случае – нитрит –иона.

Содержание органического вещества оценено по показателю «химическое потребление кислорода» (ХПК). Отмечается сильное варьирование показателя ХПК, в 3 случаях он превышает установленные рыбохозяйственные и санитарно-гигиенические нормативы (таблица). Такие превышения отмечены в двух ручьях в районе озера Летняя Золотица, примыкающих к вырубкам этого года, и участок реки Яреньга в районе недавних вырубок (предположительно этого года). Наиболее низкие значения содержания органического вещества выявлены в притоке р. Лопшеньга, в местах обитания жемчужницы европейской.

Выявленные превышения предельно допустимых значений и концентраций свидетельствуют о наличии процессов накопления органического вещества в воде водотоков, расположенных в районе недавних вырубок леса.

Обнаружено значительное превышение допустимого уровня ионов аммония в воде ручья Березовый (приток р. Уна 2 порядка), умеренное – в р. Пыжма (приток р. Уна 1 порядка) и незначительное – в среднем течении р. Уна. В последней также отмечается незначительное превышение содержания нитрит-ионов. Притоки р. Уна имеют в водосборном бассейне вырубки 5-10 летней давности.

Превышение нормативов показателя ХПК, отмеченное в ручьях в районе оз. Летняя Золотица и в среднем течении р. Яреньга (таблица), свидетельствует о повышенном уровне органического вещества в воде. Эти водотоки объединяет наличие в водосборных бассейнах вырубок текущего года, наиболее близко расположенных в случае р. Яреньга, где и отмечается наибольшее превышение допустимого значения показателя ХПК.

По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1. Выявлено превышение показателя «химическое потребление кислорода» (ХПК) в реках с вырубками текущего года.

2. Показано, что зарастающие рубки продолжают изменять качество воды в реках по показателю «содержание ионов аммония».

3. Изменения других исследованных показателей воды (кислотность, органолептические показатели, цветность, содержание нитратов, фосфатов) в районах заготовки леса не выходит за пределы ПДК. Отмечено повышение содержания нитрит-ионов в воде в районе расположения поселка и рыболовецкого колхоза (таблица).

Существующая схема лесопользования на Онежском полуострове ухудшает экологическое состояние малых рек и качество воды, что требует корректировки с связи с высокой ценностью рек для нереста семги (атлантического лосося), форели (кумжи), сига, хариуса и др. видов, обитания краснокнижных видов (жемчужницы, скопы).

**Кратность превышения предельно допустимых значений показателей
качества воды водотоков Онежского полуострова**

Водоток	ХПК	NH ₄	NO ₂
Уна (ручей Березовый)	нет	11,3	нет
Пыжма	нет	4,5	нет
Уна (среднее течение)	нет	1,1	1,1
Летняя Золотица 1	1,2	нет	нет
Летняя Золотица 2	1,2	нет	нет
Яреньга (район вырубок)	1,9	нет	нет

Литература

1. Новоселов А.П. Видовое и экологическое разнообразие ихтиофауны малых рек Онежского полуострова // Труды Архангельского Центра Русского географического общества. Выпуск 5. Архангельск. 2017. С. 375-381.
2. Браславская Т.Ю., Колбовский Е.Ю., Есипова Е.С., Коротков В.Н., Немчинова А.В., Чуракова Е.Ю., Козыкин А.В., Кулясова А.А., Алейников А.А. Ландшафтно-бассейновый подход в экологической оценке малонарушенных лесов Онежского полуострова // Известия РАН - 2020. сер. Географическая. Т.84. №6. С. 905-919.
3. Landsat 8 (L8) // Department of the Interior U.S. Geological Survey EROS Sioux Falls, South Dakota. URL: <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-data-users-handbook> (дата обращения: 01.11.2020).
4. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействий (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: ВНИРО, 1999. 304 с.



Дмитриева Ангелина Павловна

Год рождения: 1996

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

студент группы № Т42505с,

направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,

e-mail: angelinadmitrievap@gmail.com



Сергиенко Ольга Ивановна

Год рождения: 1957

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

к.т.н., доцент,

e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

УДК 504.06

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

А.П. Дмитриева

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 рассмотрены основные принципы циркулярной экономики на примере строительной отрасли и намечены пути их реализации.

Ключевые слова

Циркулярная экономика, устойчивое развитие, экология, эколого-экономические эффекты, отходы.

Существует растущая потребность и интерес к бизнес-концепции циркулярной экономики, это обусловлено дефицитом природных ресурсов, ростом отходов, загрязнением окружающей среды. Переход к циклической экономике влечет за собой целый ряд практических задач для государственных структур и стратегов в бизнесе, которые должны будут способствовать этому переходу от линейной модели принятия решений к более циклической модели. В строительной отрасли концепция циркулярной экономики заключается не только в сокращении отходов на последних этапах жизненного цикла здания, но и в том, чтобы на всех этапах создания здания, от этапа проектирования до возведения и эксплуатации, применять инновации. Сократить использование новых материалов и энергии, но в тоже время увеличить долю вторичных материалов и альтернативной энергии и создать замкнутую цепь поставок, которая создаст модель максимизации добавленной стоимости на протяжении всего жизненного цикла здания.

Необходимо поддерживать ключевые элементы циклической экономики в строительстве и для этого необходимо соблюдать принцип долговечности, применять стандарты качества ко всем строительным материалам и деталям строительства.

Качество строительства зависит от многих факторов, от материалов, профессионализма работников, технологий и соответствующего оборудования. В последнее время все чаще используют возобновляемые, нетоксичные материалы и энергосберегающие технологии.

Реализовать принципы циркулярной экономики в строительстве можно, предъявляя конкретные требования и стандарты в государственных закупках, которые должны стать циркулярными [1]. Крупный строительный бизнес вполне может отвечать требованиям циркулярных закупок, так как обладает для этого необходимыми ресурсами.

Для соблюдения принципа эффективности использования ресурсов необходимо установить требования к объемам потребляемой энергии в ходе производства строительных материалов, непосредственно к строительству, а также к эксплуатации зданий и сооружений. На рис. 1 представлено, как при расчете жизненного цикла объекта распределяются затраты [2].



Рис. 1. Затраты в жизненном цикле (ISO 15686-5:2017) [3]

На стадии эксплуатации строительных объектов необходимо использовать энергоресурсосберегающие технологии, которые должны быть применены на стадии проектирования. При этом становится очевидной необходимость использования современных информационных технологий, таких как информационная модель зданий (Building Information Modeling, BIM).

Информационное моделирование зданий основано на 3D-модели процессов и технологий, с помощью которых может быть собрана структурированная многоуровневая организация информации, полученной различными заинтересованными сторонами, и достигнуто междисциплинарное сотрудничество между ними. Технологии постепенно применяются на протяжении всего жизненного цикла зданий, обслуживая различные области применения, от процессов проектирования, строительства и технического обслуживания [4].

Среди строительных отходов различают следующие виды, как показано на рис. 2 ниже.

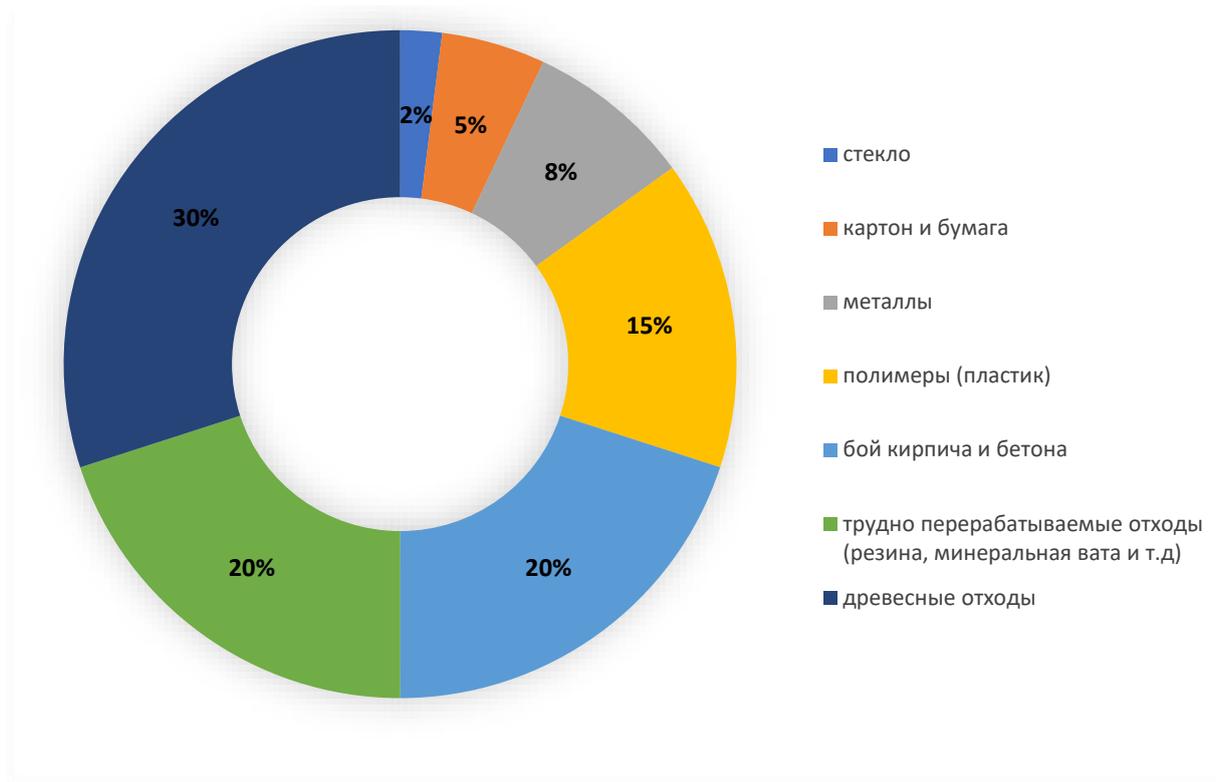


Рис. 2. Классификация строительных отходов

Современные технологии позволяют из подобных отходов создавать вторичные материалы, например изделия из каменной ваты содержат до 50 % переработанных материалов, при строительстве фундамента крошка вторичного бетона применяется в качестве щебня [5].

Для соблюдения принципа восстановления и утилизации отходов необходимо утвердить требования к используемым материалам с низким или нулевым содержанием вредных веществ с возможностью переработки, а также на последнем этапе жизненного цикла здания его демонтировать и переработать. На данном этапе в связи с острой проблемой отходов строительный бизнес должен расширить свою ответственность и на обращение со строительными отходами.

В работе проанализировано применение принципов циркулярной экономики в строительной отрасли. В качестве инструмента для перехода к циркулярной экономике должны использоваться информационные технологии в жизненном цикле зданий. Движущей силой трансформации строительной индустрии может стать система государственных циркулярных закупок.

Литература

1. Шадрина Е.В., Алейникова И.С. Циркулярная экономика и циркулярные закупки // Госзаказ: управление, размещение, обеспечение. 2019. № 56. С. 82–87.
2. Методика расчета жизненного цикла жилого здания с учетом стоимости совокупных затрат: официальное издание. Москва: Национальное объединение проектировщиков. 2014. 72 с.
3. ISO 15686-5:2017 Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 5: Life-cycle costing [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15686:-5:en> (дата обращения: 13.12.2020).

4. BIM Project Execution Planning Guide [Электронный ресурс]. URL: <https://bim.psu.edu/> (дата обращения: 23.11.2020).
5. Волкова А.В. Рынок утилизации отходов // Национальный исследовательский университет. Высшая школа экономики. 2018. 81 с.



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



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



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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОЛИЗАТОВ ИЗ ВОЗВРАТНЫХ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

О.Ю. Дубровская, А.С. Черезова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.А. Овсюк

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

В работе исследованы оптимальные способы получения продуктов гидролиза из возвратных мучных кондитерских изделий – “Сдоба Венская с лимоном”.

Ключевые слова

Ресурсосбережение в производстве сдобы, гидролизаты из возвратных мучных кондитерских изделий, ферментативные препараты.

Хлеб и хлебобулочные изделия играют важную роль в пищевом рационе человека, и являются продуктом массового потребления. Хлеб является уникальным пищевым продуктом, содержащим важнейшие питательные вещества, необходимые для организма

человека – белки, жиры, углеводы, аминокислоты, пищевые волокна, минералы и витамины.

Ежегодно в процессе производства и реализации образуется большое количество отходов, которые составляют около 10% от мирового производства хлеба [1]. В процессе реализации накопление отходов происходит в связи с коротким сроком годности хлебобулочных изделий, а именно, с очерствением и микробиологической порчей. Отсутствие надлежащей переработки отходов хлеба приводит к серьезным экономическим и экологическим последствиям.

Несмотря на потерю потребительских свойств хлеба в процессе хранения, питательная ценность продукта не уменьшается. В связи с этим, целесообразным является проведение гидролиза хлебобулочных изделий с применением химических и ферментативных методов.

Ранее студентами и сотрудниками ИТМО были изучены способы получения гидролизатов из возвратов пшеничного хлеба и определены их оптимальные параметры [2]. Научная новизна данной работы заключается в том, что впервые были получены продукты гидролиза мучных кондитерских изделий со сложным составом - сдобы с начинкой.

Гидролизат сдобы может являться исходным сырьем при получении глюкозного сиропа, а также в качестве питательной среды для культивирования различных микроорганизмов [3]. Глюкозный сироп является концентрированным вязким раствором моносахаридов, полученным в результате гидролиза крахмалосодержащего сырья пищевыми органическими кислотами или гидролитическими ферментами. В зависимости от степени и глубины гидролиза сиропа имеют разное содержание глюкозы. Так, например, сироп с высоким содержанием глюкозы может быть использован в качестве заменителя сахара при производстве пищевых продуктов.

Для получения глюкозного сиропа хлебобулочное изделие подвергали гидролизу с использованием α -амилазы и глюкоамилазы. Действие альфа-амилазы состоит в расщеплении крахмала до олигосахаридов, моно- и дисахаридов. Глюкоамилаза, атакуя крахмал, гидролизует его до образования глюкозы. Гидролиз сдобного изделия со сложным составом осуществляли следующим образом.

Гидромодуль затора определяли экспериментальным путем, в зависимости от вязкости затора. Соотношение хлебной массы к воде составило 1:2. Данное соотношение являлось подходящим, поскольку наблюдалась оптимальная работа мешалки. Гидролиз хлебного помола осуществляли ферментативным способом. При достижении температуры хлебного помола 60С вносили ферментативные препараты Distyzum BA-T Special и Фруктоцим УФ и нагревали полученную смесь до 80С. Фруктоцим УФ катализирует гидролиз пектиновых веществ, содержащихся в начинке сдобного изделия. Основной задачей при получении продуктов гидролиза является получение максимального количества сухих веществ в гидролизатах. Поэтому каждые 30 минут вели контроль осаживания по замеру содержания сухих веществ в растворе. Последующее охлаждение хлебного сула до температуры 60С и введение ферментативного препарата Distizum AG способствовало расщеплению крахмала до глюкозы.

Опытным путем было определено, что наименьшая степень помола, оптимальное значение гидромодуля, а также увеличение концентрации ферментных препаратов способствует увеличению выхода сухих веществ.

На следующем этапе выполнения работы полученный гидролизат подвергали центрифугированию в течение 60 минут при режиме в 4600 об/мин. Наблюдали две фракции: фильтрат ярко-желтого цвета с предполагаемыми частицами жира и дробину - хлебную массу с жиром влажностью 66,2%. С помощью экстракционного метода Блайя-Дайера убедились в наличии жира в полученном после центрифугирования фильтрате и

дробине. Жир от фильтрата отделили с помощью делительной воронки через бумажный складчатый фильтр. Полученный раствор упаривали при пониженном давлении до образования вязкой жидкости.

Таким образом, данные результата гидролиза можно использовать при получении глюкозного сиропа из возвратного хлебобулочного изделия, применение которого возможно в пищевой промышленности.

Литература

1. Demirci A.S., Palabiyik I., Gumus T. Bread wastage and recycling of waste bread by producing biotechnological products. *Journal of Biotechnology*. 2016. 13 p.
2. Ибрахим М. Ал Ю.Ф., Баракова Н.В. Определение режимов получения гидролизатов из пшеничных нарезных батонов // *Процессы и аппараты пищевых производств*. 2018. №4(38). С.42–48.
3. Hudečková H., Šupinová P., Babák L. Optimization of Enzymatic Hydrolysis of Waste Bread before Fermentation // *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2017. V. 65. no. 1. pp. 35–40.



Езикова Ксения Андреевна

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы №42511,
направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная
безопасность,
e-mail: KseniaEzikova97@mail.ru



Суяргулова Азиза Бахрамбековна

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы №42511,
направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная
безопасность,
e-mail: suyargulova5473@mail.ru



Кустикова Марина Александровна

Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н, доцент,
e-mail: makustikova@corp.ifmo.ru

УДК 504.75.05

СТОКГОЛЬМСКАЯ КОНВЕНЦИЯ О СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЯХ

К.А. Езикова, А.Б. Суяргулова

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

Аннотация

В работе была рассмотрена актуальность данной темы. Осуществлено ознакомление с одной из главных целей Конвенции, которая должна помочь в ограничении использования и полному отказу от производства стойких органических загрязнителей (СОЗ), их экологически аргументированной ликвидации, а также поиску безопасных альтернатив. Проанализировано применение стойких органических загрязнителей (СОЗ) в индустриальных и развивающихся странах.

Ключевые слова

Конвенция, международное соглашение, стойкие органические загрязнители (СОЗ), грязная дюжина, химические вещества.

Сегодня наша планета сталкивается с большим количеством экологических проблем, одни из них – локальные, другие – общие для всех стран мира. На сегодняшний день одной из важных проблем в экологии, сопровождающейся подъемом научно-технического прогресса, является все более возрастающее загрязнение окружающей среды чужеродными химическими соединениями, среди которых выделяется наиболее

опасная группа стойких органических загрязнителей (в дальнейшем СОЗ). Вопрос о применении стойких органических загрязнителей для обработки древесины, для борьбы с малярией, в промышленности встал особо остро. Данная проблема касается всего мира и незамедлительно требует решения и принятия срочных мер по ее предотвращению [1, 2].

В 1995 году Совет управляющих Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) потребовал перейти к принятию глобальных мер по СОЗ, которые он определил как химические вещества, способные сохраняться и накапливаться в окружающей среде, биоаккумулирующиеся через пищевую цепь и несущие в себе риск причинения негативного влияния на экологию и организм человека. Следовательно, в соответствии с этим договором, был установлен перечень стойких органических загрязнителей. На протяжении нескольких лет существовали 12 СОЗ, но по окончании 4 съезда, состоявшегося с 4 по 8 мая 2009 года, было принято важное решение о добавлении еще 9 СОЗ, которые расширили список Стокгольмской конвенции. С развитием производства все эти химические вещества проникают в воздух, в почву и в воду и отравляют всю экологию нашей планеты.

Индустриальные страны практически полностью отказались от производства и применения СОЗ, хотя большинство стран с развивающейся или переходной экономикой, все еще продолжают выпуск и использование СОЗ, которые используют как пестициды или средства для обработки древесины в промышленности.

Образование ядовитых фуранов и диоксинов происходит непроизвольно (сжигание мусора, выбросы из крематориев и т. д.) и является побочными эффектами химического производства.

Полная ликвидация СОЗ – одна из важнейших экологических проблем, которая обязана найти свое решение при содействии Стокгольмской конвенции, в которой на 2019 год принимают свое непосредственное участие 183 страны. Решение этих проблем важно потому, что тонны устаревших и неприменяемых ядовитых веществ чаще всего хранятся в неконтролируемых и небезопасных условиях, которые не могут дать гарантии, что эти вещества не попадут в окружающую среду и не нанесут вред всему живому, так как накапливается СОЗ, в основном, в жировой прослойке человека и животных, что становится одной из главных причин пороков развития, злокачественных опухолей и т.д. Негативное воздействие СОЗ не имеет ограничения по временным меркам, оно может длиться очень долго.

Целью данной работы является обзор и комплексный анализ литературных данных о Стокгольмской конвенции.

Реализация конвенции обеспечит остановку применения и изготовление СОЗ, а также будут полностью уничтожены запасы СОЗ и пресечется их дальнейшее попадание в окружающую среду.

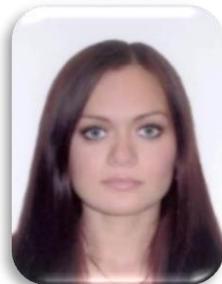
Стоит отметить, что результат в большей степени зависит от выполнения, который предусмотрен в Конвенции, об обязательствах ведущих индустриальных государств по отношению к развивающимся и бедным странам, которые не располагают нужными ресурсами и проведению требуемых процессов подготовки.

Литература

1. Руководство по Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, 2005.
2. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. М.: Химия. 1987. 710 с.



Ерёменко Анастасия Александровна
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т41503с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: anastasiayeremenko@gmail.com



Савоскула Виолетта Андреевна
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
ст. 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 504.062

МОДЕЛЬ ПРОМЫШЛЕННОГО СИМБИОЗА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ РОЗНИЧНОЙ СЕТИ

А.А. Ерёменко, В.А. Савоскула, О.И. Сергиенко
Научный руководитель – ст. преподаватель В.А. Савоскула

Аннотация

В статье представлены возможности практического применения промышленного симбиоза для утилизации органических отходов на примере розничных сетей. В частности, органические отходы можно использовать для производства энергии и других побочных продуктов. Таким образом, создается замкнутая цепочка ресурсов, что лежит в основе промышленного симбиоза, подразумевающего использование отходов одного предприятия или сектора в качестве сырья для других.

Ключевые слова

Экономика замкнутого цикла, промышленный симбиоз, органические отходы, производство энергии, пищевые отходы, чистая энергия, валоризация отходов, ресурсоэффективность, управление отходами, утилизация.

Одна из основных проблем, с которыми сегодня сталкивается человечество, – это увеличение количества твердых отходов, что является результатом линейной экономики и роста численности городского населения. Одним из крупнейших компонентов твердых коммунальных отходов во всем мире являются органические отходы, составляя от 44 до 46% (по массе) [1].

Экономика замкнутого цикла позволяет внедрять замкнутые системы управления

ресурсами, помогая смягчить насущную проблему управления твердыми отходами с одной стороны, и ограниченности ресурсов, с другой. Для обеспечения устойчивого развития необходимо установление взаимосвязей между отходами и отраслями того или иного производства, что можно достичь путем использования фракций отходов в качестве сырья в соответствии с концепцией промышленного симбиоза. В данной статье рассматриваются возможности использования органических отходов и построение модели промышленного симбиоза для утилизации органических отходов розничных сетей.

Говоря об органических отходах, не представляется возможным достоверно проследить, сколько именно отходов генерируется и сколько теряется. Этому препятствуют отсутствие единой методики, разные подходы к определению понятийного аппарата, расхождение в статистических данных, а отсутствие прозрачности во многих аспектах также не способствуют прояснению ситуации. По разным данным, в мире теряется около 1,3 млрд. тонн органических отходов в год. В России на сегодня органические отходы не выделяются как отдельная классификационная группа, а потому официально их учет не ведется. По оценкам экспертов, основанным на данных Высшей школы экономики и Росстата, в Российской Федерации выбрасывается около 17 млн. тонн только пищевых отходов. Более 700 тысяч тонн в год составляют пищевые отходы розничных сетей, которые входят в Ассоциацию компаний розничной торговли [2].

В целом под органическими отходами понимают биологически разлагаемые садовые и парковые отходы, пищевые и кулинарные отходы, образующиеся в домовладениях, на предприятиях общественного питания и на предприятиях розничной торговли, а также сходные с ними по составу отходы, образующиеся на предприятиях по переработке пищевых продуктов.

Чаще всего органические отходы оказываются на свалке, тем самым представляя серьезную проблему, поскольку там они разлагаются и наносят вред окружающей среде, выделяя оксиды серы, сероводород, меркаптаны, увеличивая выбросы метана, тем самым создавая риск возникновения пожаров, в результате которых выделяются токсичные продукты горения, что может негативно сказываться на здоровье населения. Органические отходы являются основным источником выбросов парниковых газов со свалок. Доля пищевых отходов в общем объеме антропогенных выбросов CO₂ оценивается в 8-10% [3].

Во всем этом розничные сети играют немалую роль, образуя значительное количество отходов, и это несмотря на серьезные глобальные проблемы обеспечения адекватного питания.

Решение проблем органических отходов идет двумя путями – за счет минимизации потерь и отходов, а также за счет вовлечения отходов во вторичный оборот, их валоризации. Ведь органические отходы представляют собой отличный ресурс для производства других продуктов, таких как органические удобрения, корма и кормовые добавки, тепловая энергия, биотопливо.

В мире и России активно реализуется множество государственных и частных инициатив. Например, сбор питательных продуктов через благотворительные фонды, передача, с оплатой или безвозмездно, продуктов, которые в противном случае были бы выброшены. Повторное использование продуктовых излишков – их превращают в корма для животных или в возобновляемые источники энергии: благодаря анаэробному сбраживанию пищевые излишки используют для производства метана, ценного источника энергии. Путем компостирования превращают в удобрения для почвы.

Есть международный опыт розничных сетей, что свидетельствует об актуальности темы данного исследования для них, сильной мотивации и потенциального практического воплощения результатов дальнейшей работы. Так, британский

супермаркет Sainsbury использует энергию, полученную из собственных пищевых отходов для частичного удовлетворения потребности в энергии. Супермаркет Waitrose использует биометан для заправки своих грузовых автомобилей [4].

Итак, органические отходы содержат ценные питательные вещества и энергию, которые можно использовать для других целей и производств. Компостирование (обработка в присутствии кислорода) и анаэробное сбраживание (обработка в отсутствие кислорода) наиболее широко применяются в настоящее время. В результате компостирования образуется гуминовое вещество, которое можно использовать в качестве удобрения или улучшителя почвы. В результате анаэробного сбраживания образуется биогаз, который можно использовать для выработки электричества или тепла и превратить в дигестат, который можно использовать в качестве органического удобрения или улучшителя почвы.

Однако в дополнение к этим методам использования органических отходов существуют различные новые технологии, направленные на повышение ценности отходов как источника новых продуктов или энергии. Используя самые современные технологии, биологические отходы можно превратить в более ценные продукты, такие как биопластик, протеины и липиды, энзимы [5].

Это позволяет вовлекать отходы и побочные продукты их переработки и замыкать в цепь, рационально используя ресурсы по всей цепочке, когда все материалы перерабатываются и возвращаются в цикл производства – тем самым используя принципы и выгоды экономики замкнутого цикла.

Закрытые системы являются основой промышленного симбиоза, в основе которого лежит идея использования отходов одного сектора в качестве сырья для других секторов. Как видим, органические отходы могут быть повторно использованы в других производственных системах. Посредством промышленного симбиоза их можно использовать для целей, выходящих за рамки основного производства компании, выстраивая симбиотические связи. Побочные продукты переработки органических отходов могут быть востребованы в качестве ресурса в пищевой, энергетической, фармацевтической, химической, легкой и других отраслях промышленности. Промышленный симбиоз позволяет максимально расширить спектр и сферу получения побочных продуктов – это производство ценных химических веществ, кормов для животных, удобрений, биотоплива, биопластика, сырья для косметической и фармацевтической промышленности и т.д. – путем использования различных технологических процессов.

Неисчерпаемые возможности промышленного симбиоза представлены на рис. 1 на основе технологий и получаемых продуктов.

Помимо всего прочего, такое сотрудничество в рамках промышленного симбиоза может снизить операционные расходы, увеличить прибыль и, таким образом, повысить конкурентоспособность.

Таким образом, можно выстроить модель промышленного симбиоза для утилизации органических отходов розничной сети, которая предлагает три возможных сценария использования органических отходов – передачу органических отходов участникам симбиотической системы для использования в качестве сырья, автономное использование и централизованное обращение с ТКО.

Так, пищевые отходы розничных сетей могут эффективно использоваться для производства кормов для животных и передаваться для этого напрямую производителям таких кормов и приютам животных. Розничные сети могут стать одним из партнеров экотехнопарка, планируемого в Ленинградской области, и для начала принять участие в пилотном проекте по утилизации органических отходов. Возможно взаимодействие с компаниями, которые уже успешно перерабатывают органические отходы для производства новых продуктов – такие как, например, биотехнологическая компания

«Энтопротэк», специализирующаяся на переработке органических отходов с использованием черной львинки (Black Sildier Fly, BSF).

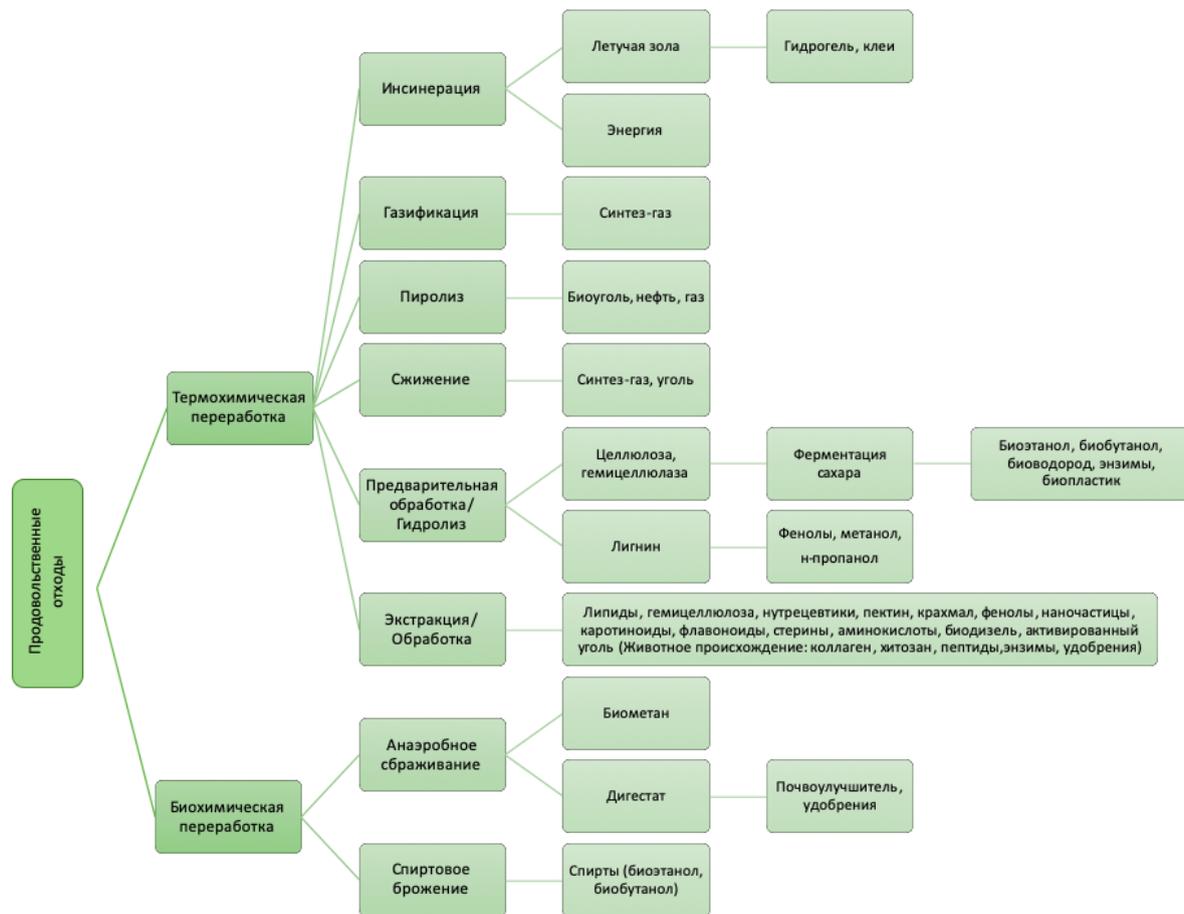


Рис. 1. Возможности промышленного симбиоза для утилизации органических отходов

В случае централизованного обращения с ТКО органические отходы розничных сетей могут использоваться для биокомпостирования (как предусмотрено Территориальной схемой обращения с отходами производства и потребления), а также для анаэробной переработки с получением биогаза и дигестата. Практически весь дигестат обычно используется в качестве удобрений, однако его можно использовать в качестве твердого топлива и для получения биопестицидов. Биогаз традиционно используется для производства электроэнергии и тепла, а также для производства биотоплива или зеленых газов, таких как метан и водород. Транспортное топливо может использоваться либо в транспортных средствах на сжатом природном газе, либо в электромобилях на водородных топливных элементах в качестве альтернативы ископаемым видам топлива – бензину и дизельному топливу.

При автономном, децентрализованном использовании органических отходов устанавливается собственная котельная непосредственно рядом с предприятием розничной сети. Вырабатываемое тепло можно использовать для отопления помещений. Кроме того, возможно получение электроэнергии и тепла одновременно, чтобы повысить общую эффективность используемой системы (рис. 2).

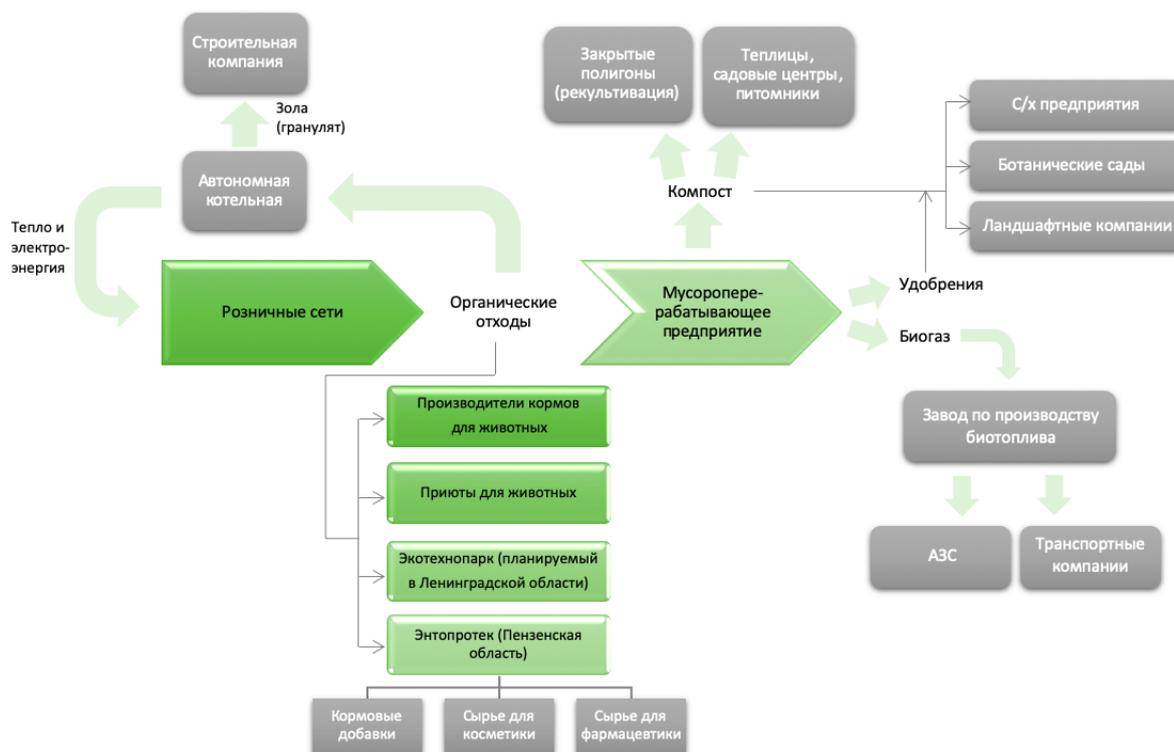


Рис. 2. Модель промышленного симбиоза для утилизации органических отходов розничной сети

Конечно, это предварительная, потенциальная модель, требующая дальнейшей сфокусированной работы над конкретными потоками и процессами. Ведь важно понимать, какие отходы будут использоваться – сортированные или смешанные, очищенные или нет. Важно понимать объемы отходов, логистику и т.д. В основе предложенной модели – использование смешанных органических отходов, которые отправляются в централизованную систему сбора мусора.

Безусловно, промышленный симбиоз является эффективным инструментом для решения проблем с органическими отходами. Органические отходы при этом следует рассматривать в качестве ресурса для различных отраслей, включая энергетическую, пищевую, фармацевтическую, химическую и ряда других. Построение модели промышленного симбиоза позволяет выстраивать различные симбиотические потоки между разными предприятиями и отраслями промышленности.

Литература

1. Kaza S. What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1596/10.596/978-1-4-4648-1329> (дата обращения: 18.01.2021).
2. Испорченному верить [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.acort.ru/media-tsentr/otraslevye-novosti/Isporchenному-verit.html> (дата обращения: 18.01.2021).
3. IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf (дата обращения: 20.01.2021).

4. Feedback. 2018. The Food Waste Scorecard: An assessment of supermarket action to address food waste [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://feedbackglobal.org/wp-content/uploads/2018/06/Supermarket-scorecard_136_fv-1.pdf (дата обращения: 22.01.2021).
5. Lin C.S.K., Pfaltzgraff L.A., Herrero-Davila L., Mubofu E.B., Solhy A., Clark J.H., Koutinas A., Kopsahelis N., Stamatelatou K., Dickson F., Thankappan S., Zahouily M., Brocklesby R. & Luque R., «Food waste as a valuable resource for the production of chemicals, materials and fuels. Current situation and global perspective» // *Energy and Environmental Science*. 2013. Vol. 6, no. 2, pp. 426-464.



Ермоченко Алена Игоревна

Год рождения: 1997

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

студент группы №Т41502с,

направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,

e-mail: ale-ermak97@mail.ru



Агаханянц Полина Феликсовна

Год рождения: 1972

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

к.т.н., доцент,

e-mail: aga-polina@yandex.ru

УДК 502.315+504.064.45

АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ И ДВИЖЕНИЙ В СФЕРЕ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ОТХОДОВ

А.И. Ермоченко, П.Ф. Агаханянц

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

Аннотация

В работе рассмотрены общественные организации, движения и инициативные группы в сфере раздельного сбора отходов на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Проведен анализ методов работы общественных организаций, движений и инициативных групп.

Ключевые слова

Раздельный сбор отходов, общественная организация, благотворительный фонд, вторичное использование, сбор вещей, переработка.

Промышленный прогресс, достигнутый в XX веке, сопровождался стремительным ростом образования отходов. Только за 2019 год в Российской Федерации было образовано 7750,9 миллионов тонн отходов производства и потребления, из них 100,6 миллионов тонн - отходы производства и потребления с I по IV класс опасности для окружающей среды [1]. Быстрый рост населения городов и повышение потребления несет за собой увеличение количества и разнообразия твердых коммунальных отходов (ТКО). Появление большого числа общественных организаций, движений и инициативных групп, которые занимаются вопросами отходов, с одной стороны, является следствием изменения сознания населения, а с другой – оказывает дальнейшее влияние на экологическое сознание населения.

Для помощи в решении проблем с раздельным сбором отходов (РСО) создаются общественные организации, движения и инициативные группы, которые занимаются не только вопросами отходов, но и экологическим просвещением населения. Следует отметить, что количество общественных организаций, занимающихся отходами, значительно превышает число общественных организаций в сферах охраны воздуха и воды и даже зеленых насаждений. Это можно объяснить рядом факторов:

- в отличие от прочих экологических воздействий, например, на водные ресурсы и на воздух, проблема отходов более очевидна для городских жителей, которые видят свои отходы и отходы своего дома на контейнерной площадке и имеют возможность осознать, как из одного пакета или ведра наполняется целый контейнер;
- отходы дают возможность относительно самостоятельного решения проблемы, в то время как задачи снижения других воздействий лежит в плоскости городского планирования и инфраструктуры (энергетики, транспорта и пр.);
- проблема отходов эффективно решается в других странах, где внедрен раздельный сбор, и с ростом благосостояния жители городов ездят за границу, где видят, как все жители разделяют отходы.

Исследуемые общественные организации / движения / инициативы и фонды на территории Санкт-Петербурга можно классифицировать по следующим признакам:

- 1) организации, занимающиеся вопросом сбора и РСО;
- 2) благотворительные организации, основная цель которых не направлена на осознанное потребление, но они ведут сбор ненужных вещей и бытовых предметов;
- 3) инициативные проекты, направленные на вторичное использование вещей;
- 4) интернет-площадки, на которых можно производить обмен вещами и бытовыми предметами без посредников.

На территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области действуют общественные организации, движения и инициативы, которые занимаются вопросами, связанными с отходами, в частности, РСО. Общественная организация «Мусора.Больше.Нет» существует больше 15 лет и включает в себя широкую сеть автономных инициативных групп. Несколько проектов курируются данным общественным движением, например:

– Эколого-благотворительный проект «Крышечки доброТЫ», в рамках которого организован сбор пластиковых крышечек с маркировкой "2" HDPE (высокоплотный полиэтилен низкого давления), "4" LDPE (низкоплотный полиэтилен высокого давления) и "5" PP (полипропилен). С 2017 по 2020 год, благодаря этому проекту было собрано 77 тонн пластика. Вырученные деньги (около 1 млн.рублей), были направлены на в Благотворительный Фонд «Солнце» для 22 подопечных [2].

– Проект «Елки, палки и щепы» направлен на сбор и переработку хвойных деревьев после новогодних торжеств. Сдать можно в любом виде (целое дерево, ветви или осыпавшиеся иголки), главное, чтоб на растении не было мишуры, искусственного снега или скотча, так как после сбора ели, сосны и пихты перерабатывают и используют для подстилки и подкормки животным. Все собранное сырье отправляется в несколько организаций: конный клуб «Герой», Конный клуб Пушкинского района «Александровская дача», Российский карантинный центр диких животных «ВЕЛЕС», Конный клуб «Кентаврик», а также в качестве мульчи и удобрения для местных клумб (МО Ульянка) и городских газонов (Кириши) [3].

Ассоциация «Раздельный Сбор» – это некоммерческая корпоративная организация. С 2011 года каждую первую субботу месяца добровольцы организуют акции по раздельному сбору вторсырья по всей России [4]. Акции «Сдавать и не сдаваться» и «ЭКО-Пушкин» - это локальные акции в Санкт-Петербурге и городе Пушкин по приему отходов, которые впоследствии сортируются и отправляются на переработку. Если у жителей Санкт-Петербурга нет возможности или времени сдать на переработку вторичное сырье из ТКО, работает служба вывоза отходов под названием «Экотакси». Оно представляет собой посредническую услугу по вывозу вторсырья из домов и квартир по заявкам, и передачу на переработку.

Для детального рассмотрения была также выбрана общественная экологическая

организация «ЭКА». Миссия «ЭКА» - вовлечь как можно больше людей в снижение экологического следа и бережное отношение к природе. К направлениям работы «ЭКА» относятся: реализация программ и проектов по экологическому просвещению детей, молодежи и взрослых (всероссийские экологические уроки на различные темы, программа «Зеленые вузы России» и другие); формирование ответственного обращения с отходами; защита экологических прав граждан; лесовосстановление и другое [5]. Для детей образовано движение школьников «REschools», которое направлено на популяризацию раздельного сбора отходов в школах, и экологическое просвещение школьников города.

В Санкт-Петербурге находятся 47 действующих контейнеров от пункта приема «Перемолка», которые принимают старую одежду в любом состоянии, за исключением кожи, меха, пуховиков и обуви (их только в хорошем состоянии). Похожую деятельность ведет сеть благотворительных магазинов «Спасибо!», под их руководством действует 7 магазинов, сеть контейнеров для сбора вещей и Центр выдачи вещей, в котором нуждающиеся могут получить вещи бесплатно, непригодные для ношения вещи организация сдает на переработку. Также существует магазин «RE-DRESSES», который принимает праздничные наряды и аксессуары и продает их дешевле, чем в других магазинах.

Следующей исследуемой группой являются благотворительные организации, фонды и инициативы по приему ненужных вещей. Их основная цель направлена на помощь людям, находящимся в сложной жизненной ситуации, а не на осознанное потребление. Но это хорошая возможность населения избавиться от ненужных предметов быта, не навредив экологии. Фонды и организации принимают как детские, так и взрослые вещи, примером таких фондов является «Лепта», «Весна», «Родительский мост», «Теплый дом», «БлагоДаря», «Апрель» и другие. Социальный добровольческий проект «Грузовик добра» и инициативная группа «Помощь детям в деревнях» занимаются отправкой гуманитарной помощи в виде вещей, игрушек, бытовых предметов и техники из Санкт-Петербурга в Ленинградскую, Псковскую, Новгородскую, и Тверскую области. Задача проекта «Игрушкина радость» - сбор и распределение игрушек тем, кто в них нуждается больше, либо обмен игрушек на более желаемые для ребенка. А волонтерский проект «Благотворительная больница» принимает у жителей города ненужные безрецептурные лекарства с неистекшим сроком годности.

Третья выделенная группа на территории Санкт-Петербурга - инициативные жители, которые собирают для вторичного использования сломанные и ненужные вещи. Например, мастерская мозаики из посуды «Зайка-мозаика» принимает разбитую посуду и делает новые предметы интерьера, а экологический проект «Джизнь» принимает старые джинсы и создает из нее другую одежду и аксессуары. Изготовленные вещи мастера либо оставляют себе, либо продают.

Заключительная группа – интернет-площадки, целью которых является разумное потребление. Новое, довольно быстро развивающееся направление в экономике, которое активно проникает во все сферы жизнедеятельности человека – шеринг (совместное потребление). На интернет-платформах с названием «шеринг» можно приобрести бесплатно любые бытовые предметы, которые потеряли актуальность у других людей: Аптекашеринг – возможность отдать или приобрести лекарства; Стройшеринг – обмен и приобретение строительных материалов; Крафтшеринг – онлайн-платформа, где можно бесплатно отдать материалы для творчества; и другие схожие платформы.

Помимо «шерингов», которые распределены по тематикам, существуют и другие интернет-площадки, например, «Общество Осознанного Потребления», где можно произвести обмен или отдать любую вещь. Отдельной интернет-площадкой является сайт «Таблетки даром», на котором можно обменять или отдать безрецептурные, и не вышедшие из срока годности лекарства.

В ходе исследования, методом интернет-поиска было выявлено 44 организации / движения / фонда / инициативы, действующие на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области в сфере продвижения вторичного использования вещей и РСО. У 41% исследуемых организаций / движений / фондов / инициатив наблюдается социальное направление деятельности, т.е., сбор ненужных вещей, бытовых предметов и лекарств и передача их нуждающимся, которые попали в сложную жизненную ситуацию. Интернет-площадки, направленные на осознанное потребление, обмен или безвозмездную передачу ненужных вещей, бытовых предметов, техники и лекарств без посредников, составляют также 41%. Деятельность 23% направлена на сбор и переработку вторичного сырья из твердых бытовых отходов (в виде акций и пунктов приема отходов). Из выборки 14% инициатив собирают непригодные для использования вещи и бытовые предметы для вторичного использования. У 11% есть направление экологического просвещения в виде лекций, интернет-информирования, квестов и игр.

По форме представленности в сети Интернет, у 52% - организаций / движений / фондов / инициатив имеется свой сайт и другие интернет-площадки, 48% используют только интернет-платформу «ВКонтакте».

В дальнейшей работе планируется включить в выборку бизнес Санкт-Петербурга, а также изучить организации и движения других городов и сравнить их деятельность. Также планируется провести работу по включению эко-клуба Университета ИТМО ИТМО.GREEN в ассоциацию «Зеленых ВУЗов России» для участия в мероприятиях, направленных на сбор и утилизацию отходов

В результате исследования были выявлены следующие группы: общественные организации и движения, которые ведут сбор вторичного сырья и отправляют его на переработку; благотворительные фонды, принимающие ненужные вещи и бытовые предметы в хорошем состоянии для людей, попавших в сложную жизненную ситуацию; проекты и инициативные группы, которые преобразовывают и создают новые вещи и предметы интерьера из отходов, а также интернет-платформы, на которых можно обменять или отдать безвозмездно ненужную вещь без посредников.

Большую часть из выборки составляют интернет-платформы для передачи старых вещей и благотворительные фонды, основной задачей которых не является продвижение раздельного сбора, переработки и вторичного использования вещей. Из приведенных данных можно сделать вывод, что РСО требует значительных ресурсов для деятельности общественных организаций в этой сфере.

Литература

1. Образование, утилизация, обезвреживание и размещение отходов производства и потребления в Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (дата обращения: 21.02.2021).
2. Проект «Крышечки ДоброТы!» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mbnspb.ru/project/capsgood/> (дата обращения: 21.02.2021).
3. Проект «Елки, палки и щепы» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elki-palki-zchera.tilda.ws/> (дата обращения: 21.02.2021).
4. Некоммерческая корпоративная организация «Раздельный Сбор» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rsbor.ru/> (дата обращения: 21.02.2021).
5. Межрегиональная общественная экологическая организация «ЭКА» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ecamir.ru/> (дата обращения: 21.02.2021).



Ефимов Роман Дмитриевич
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы № W42522,
направление подготовки: 27.04.01 – Стандартизация
и метрология в высокотехнологичном секторе экономики,
e-mail: efimov855@yandex.ru



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

УДК 006.3/.7

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК АРАМИДНЫХ ТКАНЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ

Р.Д. Ефимов

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

Аннотация

Актуальность данной работы заключается в реализации задач по обеспечению безопасности защитной одежды работников, деятельность которых проходит в экстремальных и чрезвычайных условиях. Исследование процессов истирания тканей позволит сформировать требования к характеристикам тканей, используемых при изготовлении защитных элементов рабочей одежды, разработать набор критериев, по которым необходимо будет осуществлять выбор ткани для защитной одежды в соответствии с выполняемой деятельностью работника.

Ключевые слова

Арамидные нити, термостойкие волокна, истирание тканей, композитные материалы.

Композитные материалы из арамидных нитей прекрасно используются в разработках специальной защитной одежды, в космических технологиях, при выполнении рабочих операций в судостроении. Специальная защитная одежда для опасных и горячих производств невозможна без применения арамидных тканей. Номенклатура изделий из этих материалов постоянно расширяется. Производители разрабатывают новые конструкции бронежилетов и каски из арамидных тканей. Ткани для спецодежды должны изготавливаться в соответствии с техническим документом, техническим описанием на артикул и соответствовать нормативным величинам следующих показателей: состав сырья, линейная плотность пряжи, поверхностная плотность, стойкость к истиранию и ряд других важных показателей. Ткани для спецодежды должны удовлетворять требованиям стандарта ГОСТ 11209-2014, в котором указаны соответствующие характеристики [1-3].

Испытания тканей проводят также в полном соответствии с ГОСТ 11209-2014.

Целью работы является оценка прочности при разрыве арамидных тканей. В задачи работы входили теоретические и экспериментальные исследования: изучение строения и структуры арамидных тканей; описание физической сущности процессов разрыва тканей; изучение структуры СТО (ТУ); исследование физико-механических свойств тканей.

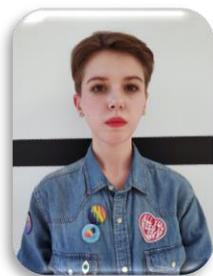
По результатам анализа литературных источников выявлены преимущества арамидных тканей: при контакте с открытым огнем они не горят, не тлеют в течение 30 секунд; удельное поверхностное электрическое сопротивление не более 107 Ом. Исключительная прочность тканей обеспечивает эксплуатацию костюмов в самых сложных условиях. Особо прочными и высокомодульными называют арамидные ткани, которые при разрыве показывают сверхвысокие показатели удельной прочности (от 1,2 ГПа) и модуля упругости (от 55 ГПа). Механические свойства этих тканей являются уникальными и отличаются повышенной прочностью при малом удельном весе (около 3 г/см). Главной причиной таких высоких показателей прочности данных тканей является высокая упорядоченность структуры.

Анализ нормативных документов показал, что в настоящее время одним из наиболее важных документов при подготовке материала к исследованию является Межгосударственный стандарт ГОСТ 29104.0-91 Ткани технические. Правила приемки и метод отбора проб, устанавливающий правила приемки и метод отбора проб для лабораторных испытаний. Однако обзор литературы показал также, что ни в одном из указанных документов не рассмотрены процедуры анализа тканей на разрыв арамидных нитей, несмотря на то, что область применения и ассортимент арамидных тканей неуклонно расширяется, спектр изучаемых свойств данной группы тканей растет.

Таким образом, результаты анализа показали, что назрела необходимость разработки стандартов на методы лабораторных испытаний определенных свойств тканей, не отраженных в стандартах нормативного фонда.

Литература

1. Лисиенкова Л.Н., Стельмашенко В.И., Баранова Е.В. Микроскопические исследования структурных изменений волокон ткани в процессе эксплуатации одежды [Электронный ресурс]/ Лисиенкова Л.Н., Стельмашенко В.И., Баранова Е.В. // Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса. 2008. №4. С.3-6 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikroskopicheskie-issledovaniya-strukturnyh-izmeneniy-voлокon-tkani-v-protse-ekspluatatsii-odezhdy> (дата обращения: 16.05.2020).
2. Панова Т.В., Усанович С.А. Методика исследования эксплуатационно-технологических свойств огнеупорных тканевых материалов [Электронный ресурс]/ Панова Т.В., Усанович С.А. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. №6. С.43-46.URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-issledovaniya-ekspluatatsionno-tehnologicheskikh-svoystv-ogneupornyh-tkanevyh-materialov> (дата обращения: 16.05.2020).
3. Махоткина Л.Ю., Хузина Л.М. Анализ материалов для одежды специального назначения, реализуемых на российском рынке [Электронный ресурс]/ Махоткина Л.Ю., Хузина Л.М. // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т.19. С.89-93 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-materialov-dlya-odezhdy-spetsialnogo-naznacheniya-realizuemyh-na-rossiyskom-rynke> (дата обращения: 16.05.2020).



Жмудь Кира Викторовна

Год рождения: 1999
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы №W3460,
направление подготовки: 14.03.01. – Информационные
технологии в энергетике,
e-mail: kzmud@mail.ru



Калимжанов Данияр

Год рождения: 1996
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
аспирант,
направление подготовки: 05.04.03 – Машины и аппараты,
процессы холодильной и криогенной техники, систем
кондиционирования и жизнеобеспечения,
e-mail: danik95_95@mail.ru



Захарова Виктория Юрьевна

Год рождения: 1982
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: viktoriasju@yandex.ru

УДК 697

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРОВ ХОЛОДА

К.В. Жмудь, Д. Калимжанов

Научный руководитель – к.т.н., доцент В.Ю. Захарова

Работа выполнена в рамках темы НИР № 620150 «Повышение эффективности энергетических систем путем использования аккумуляторов тепловой энергии».

Аннотация

В работе проведено сравнение существующих математических моделей времени замерзания сферы жидкости. Выбрана математическая модель, наиболее подходящая к задаче расчета времени зарядки аккумулятора холода. Проведено сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными и с результатами компьютерного моделирования процесса зарядки аккумулятора холода.

Ключевые слова

Аккумуляторы холода, расчет, сравнение, фазовый переход, время зарядки.

Спрос на энергию в мире продолжает расти, поэтому и тема энергоэффективности становится все более важной и востребованной в различных отраслях. Одна из технологий связанная с энергосбережением, которая активно развивается в настоящее время – это аккумуляторы холода.

Аккумуляторы холода предназначены для поглощения пиковых нагрузок потребления холода в системах хладоснабжения. Одним из видов таких аккумуляторов является аккумулятор холода с фазовым переходом. Основным преимуществом является то, что аккумуляция холода там происходит не только за счет теплоемкости, но и за счет теплоты фазового перехода [1].

Зарядка аккумулятора холода – это период кристаллизации рабочей жидкости в процессе теплообмена с теплоносителем. Для наиболее эффективной работы аккумулятора холода время зарядки должно быть рассчитано так, чтобы аккумулятор успевал зарядиться за нерабочее время холодильной машины.

Задачами данной работы являются сравнение существующих математических моделей для расчета времени зарядки аккумулятора холода, расчет времени зарядки аккумулятора холода с помощью наиболее подходящей модели и компьютерного моделирования и оценка адекватности результатов путем сравнения с экспериментальными данными.

Сравнение математических моделей

Рассмотрено несколько математических моделей зарядки аккумулятора холода. В статье о сезонной аккумуляции холода [2] приведена оценка времени замерзания капли воды:

$$\tau = \frac{L\rho_{ж}}{12\lambda_{ср}} \frac{d^2}{\Delta t},$$

где τ – время, с; $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, кг/м³; L – теплота плавления, Дж/кг; d – диаметр капли, м; $\lambda_{ср}$ – коэффициент теплопроводности среды, Вт/(м·К); Δt – средняя разность температур между средой и точкой замерзания капли, К.

Недостатком данного расчёта является тот факт, что в формуле не учитывается конвективный теплообмен.

В работе [3] приведена расчетная модель промерзания сферического слоя воды с использованием стационарного распределения температур на основе гипотезы проф. Лейбензона Л.С.:

$$\tau = \frac{\frac{L\rho_{л}}{\lambda_{л}R} \left(\frac{\eta^3}{3} - \frac{R\eta^2}{2} + \frac{R^3}{6} \right)}{T_{\phi} - \frac{\alpha_{в}R T_{в} / \lambda_{л}\eta + T_{\phi} / (R - \eta)}{1 / (R - \eta) + \alpha_{в}R / \lambda_{л}\eta}},$$

где R – радиус капли, м; η – координата фронта фазового превращения, м; T_{ϕ} – температура фазового перехода; $T_{в}$ – температура среды, К.

Однако данная модель соответствует экспериментальным данным только для зоны замораживания до 30% глубины радиуса капли [2].

В статье [4] даётся математическая модель для расчёта процесса намораживания льда на сферической поверхности применительно для аккумуляторов холода:

$$\tau_{н} = \frac{\rho r}{K_5} (-\xi + 2K_1\theta [\arctg(K_5(2K_2\xi + K_3)\theta) - \arctg(K_3K_3\theta)]),$$

$$\theta = \frac{1}{\sqrt{K_5(4K_1K_2 + 4K_2K_4K_5 - K_3^2K_5)}},$$

$$K_1 = (r_0 + R)(t_{кр} - t_0)\lambda_1\lambda\alpha_0r_0^2,$$

$$K_2 = r_0\lambda_1\lambda + \alpha_0\lambda_1r_0^2 + \lambda_1\lambda R,$$

$$K_3 = (r_0 + R)(2r_0\lambda\alpha_0R + 2\lambda_1\lambda R + 2r_0\lambda_1\lambda + \lambda_1\alpha_0r_0^2),$$

$$K_4 = \lambda(r_0 + R)^2(\lambda_1r_0 + \lambda_1R + \alpha_0r_0R),$$

$$K_5 = -\alpha_{\text{ж}}(t_{\text{ж}} - t_{\text{кр}}),$$

где ρ – плотность замороженного слоя, кг/м³; λ – коэффициент теплопроводности замороженного слоя, Вт/(м·К); t_0 – температура холодильного агента, К; λ_1 – коэффициент теплопроводности материала стенки, Вт/(м·К); t_1 – температура стенки, К; r_0 – внутренний радиус полой сферы, м; R – радиальная толщина сферы, м; α_0 – коэффициент теплоотдачи со стороны холодильного агента Вт/(м²·К).

Данная модель рассматривает процесс намораживания льда снаружи на сферическую поверхность, однако в аккумуляторах холода намораживание происходит с внутренней части сферической поверхности.

В ходе экспериментов в работе [5] определена формула для нахождения полного времени затвердевания капель в безразмерной форме:

$$F_0 = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{2}{Bi}\right) \cdot \left(1 + \frac{1}{Sf}\right) \cdot \left(1 + \frac{c\Delta T}{L}\right),$$

где F_0 – критерий Фурье; Bi – критерий Био; Sf – критерий Стефана; $\left(1 + \frac{c\Delta T}{L}\right)$ – комплекс, учитывающий переохлаждение капли перед затвердеванием.

Для определения полного времени затвердевания уравнение можно записать как:

$$\tau_0 = \frac{\rho \cdot c \cdot R^2}{6\lambda} \cdot \left(1 + \frac{2\lambda}{\alpha \cdot R}\right) \cdot \left(1 + \frac{L}{c \cdot (T_{\text{ф}} - T_{\text{ср}})}\right) \cdot \left(1 + \frac{c\Delta T}{L}\right), \quad (1)$$

где c – удельная теплоёмкость жидкости, Дж/(кг·К); α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); T_0 – начальная температура жидкости, °С; $T_{\text{ф}}$ – температура фазового перехода, °С; $T_{\text{ср}}$ – температура холодильного агента, °С.

Недостатком этой математической модели является то, что в работе рассматриваются капли мелкого диаметра (~3 – 4 мм), применимость ее для расчетов в случае более крупных форм не проверялась.

Методика расчётов и экспериментов

Экспериментальное определение времени заморозки реализовано на стенде, включающем в себя холодильную машину, емкость с теплоносителем (используется пропиленгликоль 40%) и короб с колбами, заполненными тетрадеканом, использующимся в качестве рабочего теплоаккумулирующего вещества. В коробе установлено 4 колбы. Эскиз колб представлен на рис. 1. Внутренний радиус колб составляет 32 мм, они наполнены тетрадеканом при начальной температуре 25°С. Горловина колбы заполнена поролоном и находится над уровнем холодного теплоносителя (раствор пропиленгликоля).

Для расчет полного времени заморозки предлагается использовать формулу (1), где $\left(1 + \frac{c\Delta T}{L}\right) = 1$, так как переохлаждение сферы жидкости не происходит.

Для расчета модель колбы упрощена до сферы тетрадекана, помещенной в среду с температурой -6 °С. Между тетрадеканом и средой происходит теплообмен с коэффициентом теплоотдачи $\alpha=300$ Вт/(м²·К), определенным из результатов численных расчетов. Увеличение площади теплообмена скомпенсировано путем уменьшения коэффициента теплоотдачи до $\alpha=277$ Вт/(м²·К).

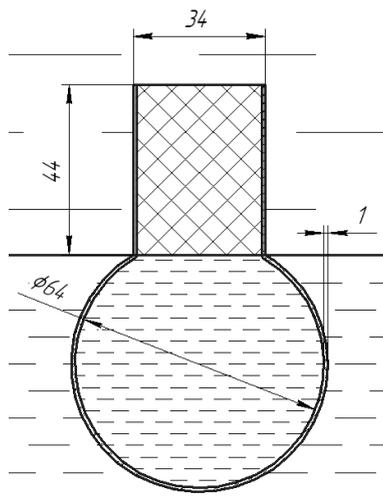


Рис. 1. Колба с тетрадеканом

Исходные данные для расчета, которые включают в себя геометрические параметры колбы, свойства тетрадекана и начальные условия системы, указаны в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные расчета

λ , Вт/(м·К)	ρ , кг/м ³	R, мм	α , Вт/(м ² ·К)	c , Дж/(кг·К)	$T_{\text{ср}}$, °С	T_0 , °С	$T_{\text{ф}}$, °С	L, Дж/кг
0,145	762	32	277	2'198	-6	25	6,1	215'000

Дополнительно проведено компьютерное моделирование процесса заморозки капсулы в ANSYS Fluent. Рассматривается модель колбы с тетрадеканом, горловина которой наполнена поролоном (рис. 2). Между колбой с тетрадеканом и средой происходит теплообмен с коэффициентом теплоотдачи $\alpha=300$ Вт/(м²·К), между горловиной и средой – теплообмен при комнатной температуре 20 °С, $\alpha=15$ Вт/(м²·К).

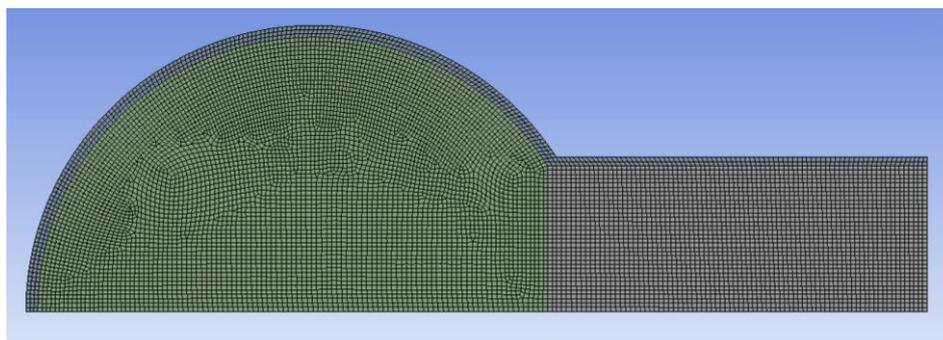


Рис. 2. Модель колбы с тетрадеканом

Результаты расчетов и экспериментов

В результате расчета время зарядки составило 5,1 часа. Экспериментальное время зарядки аккумулятора холода составило 4,5 часа. Расчетное значение хорошо согласовывается с экспериментальными значениями (табл. 2).

Оценка адекватности результатов расчета

$\tau_{\text{экс}}$, час	τ_0 , час	Абсолютная погрешность, час	Относительная погрешность, %
4,5	5,1	0,63	14,0

По итогам компьютерного моделирования процесса время зарядки аккумулятора холода составило 5,3 часа (рис. 3). Разница между результатами расчета и компьютерного моделирования составила 0,2 часа, что составляет 3,9% от расчетного значения.

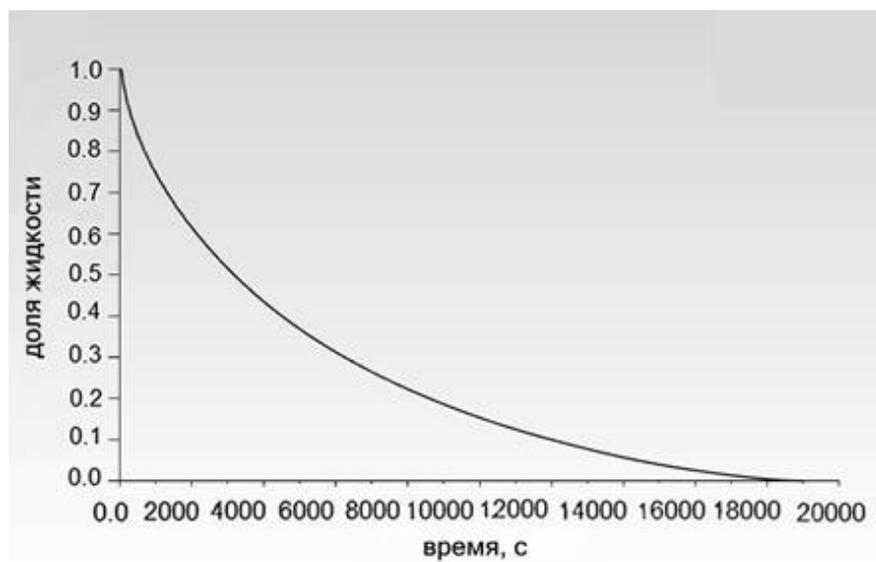


Рис. 3. График изменения доли жидкого тетрадекана в колбе во времени

Заключение

В результате проделанной работы установлено, что модель, описываемая уравнением (1), может быть использована для оценки времени замораживания аккумуляторов холода, что подтверждается как проведенными экспериментами с аккумуляторами, так и результатами компьютерного моделирования во Fluent.

Литература

1. Neelam Khandelwal , Abhishek Gupta, Aman Tripathi, Abhishek Pal, Abhinav Jha. Experimental analysis of thermal energy storage system using different phase change materials. Proceedings of the International Conference on Recent Development in Engineering Sciences, Humanities and Management, January, 2020. pp. 125–134.
2. Зейгарник Ю.А., Попель О.С., Низовский В.Л. Сезонное аккумулирование природного холода [Текст] // Ползуновский вестник. 2012. №4. С. 190–195.
3. Серенов И.И., Моделирование процесса замораживания при создании различных форм хладостойкой массы водного льда с использованием низкотемпературного потенциала окружающей среды [Текст]: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 10.11.16. / Серенов Иван Иванович; Московский Политехнический Университет. Москва. 2016. – 101 с.

4. Лобанов И.Е. Математическая модель процесса намораживания льда на сферической поверхности применительно для аккумуляторов холода [Текст]// Вестник МАХ. 2013. №4. С. 12-15.
5. Балкарова С.Б., Экспериментальное моделирование процессов тепломассообмена при испарении, кристаллизации капельных зародышей града [Текст]: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук: 29.09.04. / Балкарова Светлана Борисовна; Кабардино-Балкарский Государственный университет им. Х.М. Бербекова. Нальчик. 2004. 126 с.



Жустерова Полина Константиновна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т41505с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: polly.polly3122@gmail.com



Молодкина Нелли Ринатовна

Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: nrkh25@hotmail.com

УДК 664

**ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ В РОССИИ.
ПОИСК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА РЕШЕНИЯ**

П.К. Жустерова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Р. Молодкина

Аннотация

В статье рассмотрена и проанализирована проблема обращения с пищевыми отходами на территории Российской Федерации. Исследованы основные методы утилизации пищевых отходов. Обоснована необходимость применения способа переработки при помощи разведения личинок мухи Черная львинка. Описаны преимущества данного метода по сравнению с наиболее часто применяемыми для возможности повторного использования полезных компонентов пищевых отходов.

Ключевые слова

Пищевые отходы, органические отходы, классификация отходов, утилизация, переработка, Черная львинка.

В 1998 г. в России принят Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», который определяет основы обращения с бытовыми и промышленными отходами, в целях предотвращения их воздействия на здоровье человека [1]. В среднем 35% твердых бытовых отходов в Российской Федерации являются отходами пищевого производства, что довольно много [2]. В целях устранения образования большого количества отходов должна вестись грамотная работа по управлению отходами пищевого производства.

Целью данной работы являлось описание существующих проблем утилизации пищевых отходов и рассмотрение эффективных способов решения проблемы.

На федеральном уровне ставятся различные задачи по управлению пищевыми отходами, а именно:

- предложение о запрете захоронения пищевых отходов (по планам на 1 января 2022 г.) [3];
- сокращение пищевых отходов, помимо их правильной утилизации [4];

– отдельный сбор пищевых отходов для дальнейшей утилизации (например, компостирования) на придомовых территориях.

Главной задачей в рамках работы был поиск и выбор наиболее подходящего способа утилизации пищевых отходов.

Существует большое множество определений пищевых отходов. Согласно ГОСТу 30772-2001, пищевые отходы – это продукты питания, утратившие полностью или частично свои первоначальные потребительские свойства в процессе их производства, переработки, употребления или хранения [5].

Среднее количество пищевых отходов составляет 30 кг/чел в год. Состав и увеличение пищевых отходов меняются в зависимости от сезона года. Их примерный состав представлен на рисунке.

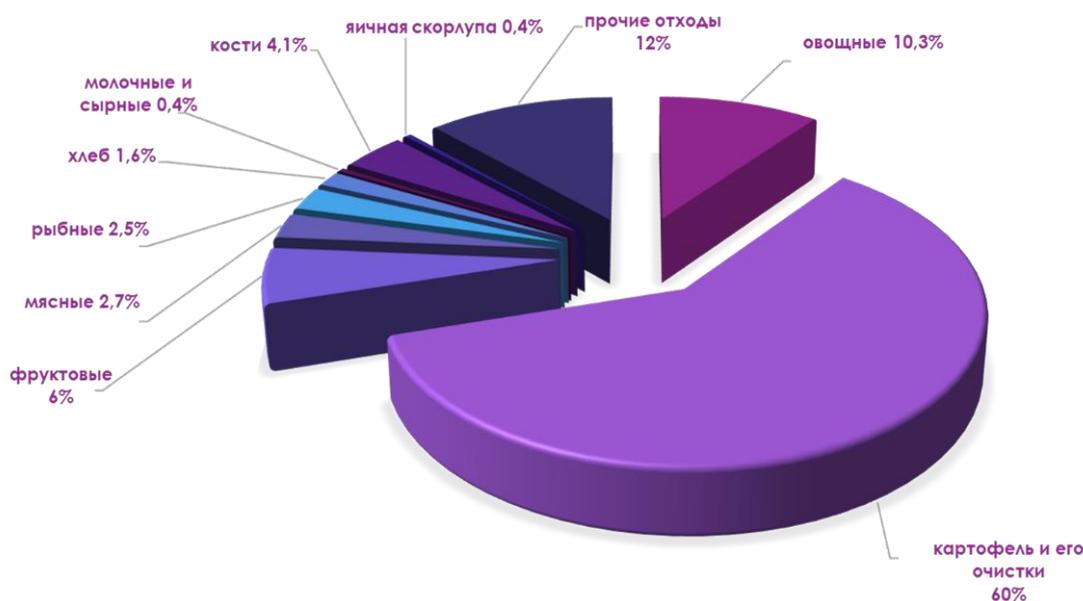


Рисунок. Состав пищевых отходов в РФ

Последнее время всё чаще поднимается вопрос о сокращении количества отходов, т.к. это является первостепенной проблемой, связанной с их образованием. Необходимо перерабатывать продукты так, чтобы появилась возможность их последующего использования.

Методов утилизации и переработки пищевых отходов имеется огромное количество. Однако основными из них по-прежнему остаются вывоз на полигоны, сжигание и компостирование. Также известны наиболее экологичные методы. К ним относятся анаэробный процесс биоконверсии, вермикомпостирование и биоконверсия с использованием личинок мух. Сравнительная характеристика перечисленных способов представлена в таблице. Последний способ является малоизученным и представляет большой научный интерес.

Из данных, представленных в таблице, видно, что наиболее эффективным способом решения проблемы является биоконверсия с использованием личинок мух. Он является малоизученным, но требует большего внимания, чем остальные из предложенных методов (таблица).

Сравнение методов решения проблемы утилизации пищевых отходов

Метод	Удаление патогенов	CH ₄ ↑	Образование ценного продукта
полигон	✗	✓	✗
сжигание	✗	✓	✗
компостирование	✗	✓	✓
анаэробный процесс биоконверсии	✗		✓
вермикомпостирование	✗	✓	✓
биоконверсия с использованием личинок мух	✓	✗	✓

Черная львинка – крупная муха из семейства львинок. Основную ценность для разведения имеют предкуколки и личинки. В личинках содержатся белки, большое количество аминокислот и минералы.

Помимо сокращения отходов, продукт в форме последней личиночной стадии, так называемой предкуколки, представляет ценную добавку в корм для животных, открывая новые экономические возможности для мелких предпринимателей в развивающихся странах.

Компост, полученный из насекомых, может быть альтернативой химическим удобрениям и может применяться на сельскохозяйственных полях. Использование мухи может частично решить проблему пищевых отходов и злоупотребления химическими удобрениями. Использование полезных насекомых станет одной из технологий и одним из хороших препаратов для экологичного будущего.

В результате проделанной работы было выявлено, что использование личинок мух является экологически чистым методом утилизации отходов, в дальнейшей работе планируется подбор и получение оптимального состава субстрата для выращивания мухи Черная львинка.

Литература

1. Кирсанов С.А., Мустафин Г.В. Мировой и Российский опыт утилизации твердых бытовых отходов // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2014. №2. С. 114–120.
2. О некоторых вопросах управления пищевыми отходами / Гурина Р.Р., Нуржанов А.С. М.: РУДН. С. 97–100.
3. Изменения в распоряжение правительства РФ от 25 июля 2017 года № 1589–р. [Электронный ресурс]. 2017. URL: <https://www.dairynews.ru/news/v-rossii-gotovyat-zapret-na-zakhoronenie-pishchevy.html> (дата обращения 15.01.2021).
4. Об утверждении комплексной стратегии обращения с твердыми коммунальными (бытовыми) отходами в Российской Федерации. МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. ПРИКАЗ от 14 августа 2013 года N 298. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499041934> (дата обращения 02.02.2021).
5. Утилизация пищевых отходов на объектах экономики: современная ситуация в России и за рубежом / Жукова Е.С., Журилкина И.В. Тольятти: ПвГУС. 2011. С. 379–381.



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



Сергиенко Ольга Ивановна

Год рождения: 1957

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

к.т.н., доцент

e-mail: oisergienko@yandex.ru

УДК 504.064.47

**УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ
АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В ЦЕЛЯХ СНИЖЕНИЯ
ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ОТ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

А.В. Забелина

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

Работа выполнена в рамках НИРМА 2020 «Циркулярная экономика», проекта «Бизнес в биотехнологии и циркулярной экономике / Business in Biotechnology and Circular Economy (BBC1)».

Аннотация

В работе рассмотрено современное состояние проблемы утилизации свинецсодержащих отходов, в частности, отработанных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, которые могут быть переработаны практически полностью с возможностью производства вторичных материальных ресурсов. Предложена технология утилизации свинцовых элементов отработанных батарей методом восстановительной высокотемпературной выплавки.

Ключевые слова

Отходы, утилизация, переработка, свинецсодержащие отходы, аккумуляторы, циркулярная экономика.

Свинец и свинецсодержащие соединения в настоящее время находят применение в широком спектре отраслей промышленности. В ряде областей применения свинец используется для производства свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, оболочки кабелей, боеприпасов, сплавов, красящих пигментов, добавок к нефтяному бензину. Общая тенденция снижения использования свинца при производстве большинства продуктов наблюдалась с 1980-х годов в связи с появлениями новых, более подходящих материалов. Исключение составило использование свинца при производстве свинцово-кислотных аккумуляторов. Потребление этого металла для свинцово-кислотных батарей

(СКБ) возросло с 0,6 млн. тонн в 1960 году до 10 млн. тонн в 2012 году [1]. Такой рост был обусловлен фактором увеличения количества автомобилей и так называемых свинцово-кислотных аккумуляторов глубокого разряда, которые активно используются для обеспечения аварийного или резервного электроснабжения, а также применяются в современных гибридных и полностью электрических транспортных средствах (электрокарах) в качестве накопителей энергии для внутренней электроники.

Несмотря на широкий спектр применения, свинец – чрезвычайно ядовитое вещество, которое поражает почти все органы тела, включая центральную нервную систему человека. Длительное воздействие свинца как нейротоксина может привести к снижению когнитивных способностей, проблемам обучения и поведения. Дети и особенно младенцы более восприимчивы к токсическому воздействию свинца, поскольку они обладают незрелой метаболической системой и имеют длительный период экспозиции эффекта от воздействия свинца [2].

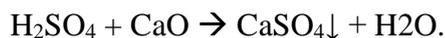
Согласно принципам циркулярной экономики, может быть переработано до 98% свинцово-кислотной аккумуляторной батареи. Однако в Санкт-Петербурге и Ленинградской области отсутствует предприятие, осуществляющее лицензированную деятельность по переработке отработанных аккумуляторов в связи со сложностями организации площадки по утилизации и оформления разрешительной документации. Ближайшим предприятием по переработке отработанных свинцово-кислотных батарей является Вологодский аккумуляторный завод, однако стоимость транспортирования отходов из Санкт-Петербурга к месту их переработки обходится дороже самой утилизации.

Большинство предприятий заключают договоры со станциями техобслуживания, получая, таким образом, обоснование, что отработанные аккумуляторы являются отходом станции техобслуживания в процессе ремонта транспортного средства. По факту отработанные батареи сдаются с целью получения прибыли в нелегальные или полунелегальные пункты приема лома металлов или аккумуляторов, учет и движение отходов при такой схеме сложно контролировать.

Для организации системного сбора и утилизации отработанных аккумуляторных батарей предлагается рассмотреть организацию производства с использованием пирометаллургической переработки, т.е. высокотемпературной плавки свинца. На промышленной площадке необходима организация следующих участков: склад сырья (поступающих отходов отработанных аккумуляторов), участок механической разделки СКБ, участок нейтрализации сернокислого электролита, плавильный участок, склад готовой продукции. Транспортирование отходов на площадку должно осуществляться с соблюдением требований законодательства, с исключением пролития электролита в кузов автомашины [3]. Разгрузка отработанных аккумуляторов осуществляется на складе сырья, где они сортируются по размерам, материалам корпусов и укладываются в контейнеры, исключая механические повреждения.

Технологическая схема процесса включает в себя следующие этапы: отработанные аккумуляторы партиями (1 тонна батарей одного типа, размера и материала корпуса) со склада передаются на участок слива электролита. Электролит собирается в специальную кислотостойкую емкость, расположенную под сливным столом, по мере его накопления в емкости передается на участок нейтрализации. Далее осуществляется механическое разрушение корпуса и отделение их составных частей. Отрезной машиной от корпусов отделяется крышка с контактами, которая направляется на гидравлический пресс, где происходит сепарация свинцовых контактов от крышек путем их выдавливания. Из корпусов аккумуляторов извлекаются свинецсодержащие электроды (пластины) с сепараторами, изготовленными из полиэтилена или других видов термопластичных полимеров. Пластиковые элементы корпусов передаются на участок переработки полимеров или, в случае его отсутствия, направляются на лицензированное предприятие для утилизации.

Важное место отводится нейтрализации сернокислого электролита и подкисленной воды. Электролит подается в двухсекционный гравитационный отстойник. В первой секции происходит осаждение тяжелых свинцовых частиц, а осветленный раствор кислоты перетекает во вторую секцию, откуда при помощи кислотостойкого насоса через напорный фильтр тонкой очистки поступает в бак-реактор. Бак-реактор оборудован системой охлаждения, мешалкой, газо-воздушным клапаном, разгрузочным клапаном-затвором, устройством для загрузки нейтрализующего агента и датчиком стационарного рН-ионметра. В баке-реакторе происходит реакция нейтрализации кислоты, которая в общем виде описывается химической формулой:



Расход реагентов представлен в таблице.

Таблица

Расход щелочных реагентов на нейтрализацию серной кислоты

Значение рН раствора, до которого нейтрализуется кислота	Расход реагента на нейтрализацию серной кислоты, г/г	
	Гидроксид кальция	Активный оксид кальция
2,0	0,267	0,547
3,0	0,384	0,627
4,0	0,398	0,641
5,0	0,411	0,654
6,0	0,413	0,660
7,0	0,415	0,666

При достижении рН=7 пульпа, состоящая из воды и сульфата кальция, для ее разделения подается на центрифугу периодического действия. Разделенные таким образом – вода возвращается в емкость для технологической воды с целью повторного использования, а твердый осадок в виде мелкодисперсного гипса с остаточной влажностью 8-10% направляется в накопительный бункер. По мере накопления после предварительной осушки гипс может использоваться как инертный изолирующий материал для промежуточной послойной изоляции полигона ТКО, подсыпки дорог. Технологическая вода может использоваться для промывки пластмасс, подачи в систему охлаждения бака-реактора, промывку фильтров и других технологических работ. Финальным этапом утилизации отработанных СКБ является восстановительная плавка черного свинца при температуре 1000-1300°C. Свинцовые элементы и оксидно-сульфатная фракция, металлическая паста (PbO, PbSO₄, PbO₂ и т.д.) помещаются в специальную плавильную печь, сконструированную по техническому заданию заказчика. Происходит последующая плавка всей смеси для восстановления всех свинецсодержащих соединений до металлического свинца (Pb). Полученный черновой свинец подвергается рафинированию для удаления примесей сплава, в результате рафинирования получается марочный свинец, который в жидком расплавленном состоянии помещается в формы, где происходит отвердевание в слиток. Далее следует реализация свинца потребителю.

Важно отметить, что пирометаллургическое производство свинца сопровождается рядом эксплуатационных и экологических аспектов [4]. Например, плавка имеет высокую потребность в энергии вследствие высоких температур работы; в процессе выплавки могут возникать токсичные загрязнители атмосферного воздуха, состоящие преимущественно из соединений свинца, сурьмы, мышьяка, поэтому все работы по

утилизации отработанных СКБ должно производиться в соответствии с установленными нормативами воздуха рабочей зоны и с использованием необходимых средств индивидуальной защиты. Обязательна организация системы очистки выбросов и строгий контроль предотвращения потенциального загрязнения компонентов окружающей среды.

Результаты работы позволяют сделать выводы о том, что отходы отработанных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей являются ценным вторичным материально-сырьевым ресурсом с возможностью переработки 98% элементов товара, утратившего потребительские свойства. Четкая система сбора, накопления, перемещения отработанных СКБ и других свинецсодержащих отходов позволит не только организовывать деятельность автохозяйств, станций технического обслуживания, любых юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, имеющих на балансе предприятия автотранспортные средства, в соответствии с принципами циркулярной экономики, но и позволит получать экономическую прибыль предприятию-утилизатору от продажи продукции, полученной в результате утилизации.

В дальнейшей работе планируется разработка предложений по технологическому оснащению производственной площадки по утилизации отработанных СКБ с учетом требований по экологической безопасности, принятых в Российской Федерации.

Литература

1. Ballantyne A.D., Hallett J.P., Riley D.J., «Lead acid battery recycling for the twenty-first century» // Royal Society Open Science. 2018. P. 1-12.
2. Каплин В.Г. Основы экотоксикологии. М., КолосС. 2006. 232 с.
3. ГОСТ Р 53165-2008 (МЭК 60095-1: 2006) Батареи аккумуляторные свинцовые стартерные для автотракторной техники. Общие технические условия. М. 2009. 34 с.
4. Бобович Б.Б. Утилизация автомобилей и автокомпонентов. М. МГИУ. 2010. 176 с.



Зуева Кристина Сергеевна

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: kristi2019982010@gmail.com



Павлова Анастасия Сергеевна

Год рождения: 1987
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.э.н., доцент,
e-mail: aspavlova@itmo.ru

УДК 504.03

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

К.С. Зуева

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

Аннотация

В работе рассмотрена динамика развития малого и среднего предпринимательства в России за 2010-2018 гг. Изучены нефинансовые отчеты Благотворительного фонда поддержки социальных инициатив и помощи людям в трудной жизненной ситуации «Лавка радостей» и Общества с ограниченной ответственностью «Дмитровский завод РТИ».

Ключевые слова

Социально-экологическая ответственность, нефинансовая отчетность, малое предпринимательство, среднее предпринимательство, малый бизнес, средний бизнес.

Термины «малый бизнес» и «средний бизнес» позаимствованы из зарубежного опыта. Но стоит обратить внимание, что в российской практике эти понятия заменены на «малое предпринимательство» и «среднее предпринимательство». Деятельность малого и среднего бизнеса в Российской Федерации регулирует Федеральный закон от 24.07.2007 N 209-ФЗ (ред. от 30.12.2020) "О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации". Основным понятием в данном законе является «субъекты малого и среднего предпринимательства» [1].

Субъекты малого и среднего предпринимательства – хозяйствующие субъекты (юридические лица и индивидуальные предприниматели), отнесенные в соответствии с условиями, установленными настоящим Федеральным законом, к малым предприятиям, в том числе к микропредприятиям и средним предприятиям, сведения о которых внесены в единый реестр субъектов малого и среднего предпринимательства [1]. Также в Федеральном законе расписаны условия отнесения предприятий к субъектам малого и среднего предпринимательства.

На рис. 1 можем посмотреть динамику развития малого и среднего предпринимательства в России за 2010-2018 гг.



Рис. 1. Количество малых и средних предприятий в РФ на период 2010-2018 гг.
(составлено автором по материалам [2])

Как мы видим, количество малых и средних предприятий в Российской Федерации за период с 2010 по 2018 год выросло в 1,6 раз и составило 2649,9 тыс. При этом наблюдается постоянный рост данного показателя. Это говорит о стремительном развитии малого и среднего бизнеса в России.

Но несмотря на это, на сегодняшний день малый и средний бизнес не в состоянии принимать политику социальной и экологической ответственности, полностью соблюдать принципы корпоративной социальной ответственности и составлять социально-экологические (нефинансовые) отчеты.

В настоящий момент на официальном сайте Национального регистра корпоративных нефинансовых отчетов выложено 1160 отчетов от 196 компаний. Данные отчеты были выпущены в период с 2000 года [3]. Среди них практически невозможно найти данные об отчетности малых и средних предприятий.

Во время работы нами была рассмотрена деятельность двух предприятий, отнесенных к числу малого и среднего бизнеса: Благотворительного фонда поддержки социальных инициатив и помощи людям в трудной жизненной ситуации «Лавка радостей» и Общества с ограниченной ответственностью «Дмитровский завод РТИ».

Благотворительный фонд «Лавка радостей» был учрежден в Москве в 2018 году для оказания ресурсной помощи людям и поддержки проектов различных некоммерческих организаций [4]. Одной из главных целей фонда является продвижение идеи разумного потребления (пропаганда вторичного использования вещей, которое способствует не только поддержке экологической ситуации, но и помощи людям, оказавшимся в трудной ситуации) [4]. Стоит отметить, что часть вещей, которые не пригодны для передачи подопечным фондов, с которыми сотрудничает данная организация, отправляются на переработку, а вторая часть – передается собачьим приютам для создания подстилок для животных.

По каждой из трёх программ, учрежденной в фонде, «Лавка радостей» составляет ежемесячный отчет о деятельности в рамках данной программы. Так, рассмотрев отчеты по благотворительному магазину «Лавка радостей» за 2020 год, было выяснено, что:

- По городу Москва устанавливаются «ДоброЯщички» – специальные контейнеры для сбора ненужной одежды.
- В ноябре 2020 года был заключен договор с ООО «Дмитровский завод РТИ» о переработке обуви и одежды, непригодной для носки.

- В ноябре 2020 года 359 кг вещей было передано Дмитровскому заводу РТИ на экологичную утилизацию и переработку.
- 268,5 кг книг было передано сотрудникам проекта EcoBook в ноябре 2020 г. для доставки их в библиотеки России [4].

Таким образом, несмотря на то, что Фонд поддержки социальных программ и инициатив "Лавка радостей" занимается помощью людям, оказавшимся в трудной ситуации, одной из их главных целей является продвижение идеи разумного потребления, по которой ежемесячно составляются отчеты.

ООО «Дмитровский завод РТИ» – крупнейшее предприятие по переработке и утилизации отходов в России. Основным направлением деятельности организации является сбор, транспортировка, переработка шин и других резинотехнических изделий (РТИ). Миссией компании является создание эффективной и доступной системы по сбору и переработке отходов как среди населения, так и среди крупных предприятий [5]. Среди партнеров и клиентов завода имеются также крупные компании, среди которых: Газпром Нефть, Почта России, РЖД, Аэропорт Шереметьево и т.д.

Деятельность завода осуществляется на основании лицензии по сбору, транспортировке, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов, которая находится в открытом доступе на официальном сайте предприятия.

Дмитровский завод РТИ занимается переработкой и утилизацией широкого спектра отходов, указанного на рис. 2.



Рис. 2. Спектр отходов, подлежащих переработке на ООО «Дмитровский завод РТИ»
(составлено автором по материалам [5])

Например, среди продукции из переработанного текстиля есть текстильная обрезь, ветошь и текстильный корд, которые используются для изготовления сырья для различного спортивного инвентаря, теплоизолирующего материала сэндвич-панелей, армирующего компонента для производства бетонных и асфальтобетонных конструкций.

Из переработанной пластиковой продукции получается пластиковая крошка и ПВХ крошка, которые могут применяться для литья, производства бутылок или других изделий.

При переработке отсортированного стекла на заводе получают стеклобой. Он применяется для производства стекольной тары (банки, бутылки), пеноматериалов, которые используют в строительстве для теплоизоляции и шумоизоляции стен. Также из

стекольных отходов производятся различные типы бетона, кровельных материалов, мрамора, плиток для полов [5].

Несмотря на то, что предприятие напрямую связано с экологией, экологических и других социальных отчетов в открытый доступ они не выставляют. Но стоит отметить, что большое количество информации, которая может входить в данные отчеты, выкладывается на официальном сайте ООО «Дмитровский завод РТИ».

Таким образом, было выяснено, что на данный момент лишь небольшое количество предприятий малого и среднего предпринимательства могут быть экологически ориентированными и вести нефинансовую отчетность. Причины таких проблем будут изучаться при дальнейшей работе.

Литература

1. Федеральный закон от 24.07.2007 N 209-ФЗ (ред. от 30.12.2020) "О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации" (последняя редакция) КонсультантПлюс Федеральный закон от 24.07.2007 N 209-ФЗ (ред. от 30.12.2020) "О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации" (последняя редакция) [Электронный ресурс]. 2020. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_52144/ (дата обращения 23.09.2020).
2. Малое и среднее предпринимательство в России. 2019: Стат. сб. / Росстат. М. 2019. 87 с.
3. Нефинансовая отчетность. Российский союз промышленников и предпринимателей [Электронный ресурс]. 2020. - URL: <https://www.rspp.ru/activity/social/registr/> (дата обращения 30.12.2020).
4. Фонд Лавка радостей. Официальный сайт Фонда поддержки социальных программ и инициатив "Лавка радостей" [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://lavkafond.ru/> (дата обращения 06.01.2021).
5. Дмитровский завод РТИ. Официальный сайт ООО «Дмитровский завод РТИ» [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://dz-rti.ru/> (дата обращения 13.01.2021).



Иванов Лев Владимирович

Университет ИТМО,
мегафакультет биотехнологий и низкотемпературных систем,
аспирант,
направление подготовки: 05.04.03 – Машины и аппараты,
процессы холодильной и криогенной техники, систем
кондиционирования и жизнеобеспечения,
e-mail: levladiv@mail.ru



Баранов Александр Юрьевич

Университет ИТМО,
мегафакультет биотехнологий и низкотемпературных систем,
д.т.н., профессор,
e-mail: abaranov@itmo.ru

УДК 621.642.2

ТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА СПГ В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ РОССИИ

Л.В. Иванов

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.Ю. Баранов

Работа выполнена в рамках темы НИР №620151 «Выбор и обоснование технологии изменения теплофизических параметров сжиженного природного газа для сокращения потерь от испарения при его накоплении, хранении и транспортировании».

Аннотация

В работе проведен технико-экономический анализ проблем, возникающих при организации транспортирования сжиженного природного газа (СПГ) речным транспортом по Сибирским магистральным рекам. Определены основные параметры, сдерживающие развитие водного транспорта СПГ, проанализированы технические решения, применяемые для подобных задач за рубежом. На основании анализа специфики работы в районе Северо-Восточной Сибири даны технические рекомендации по строительству судов определенного типа.

Ключевые слова

Техническая аналитика, речной транспорт СПГ, milk-run, слошинг, танки типа С, автономность плавания.

СПГ является дешевым, энергоэффективным и экологичным видом топлива. В настоящее время отдаленные населенные пункты в северных регионах России снабжаются дизельным топливом (ДТ). Поскольку ДТ производится на значительном удалении от места его конечного потребления – доля транспортных затрат достигает до 70% [1]. СПГ, в свою очередь, уже производится в северных регионах, что значительно сокращает плечо доставки. Использование СПГ в качестве альтернативного газомоторного топлива и для нужд автономной газификации является рациональным решением. Ввиду неразвитости автодорожной сети в северных регионах водный транспорт является единственным способом доставки СПГ до потребителей.

Источниками СПГ рассматриваются заводы, расположенные на Ямале: ЯмалСПГ с терминалом Сабетта и АрктикСПГ-2 с терминалом Утренний. Также рационально рассматривать перспективные проекты производства СПГ в Дудинке (Красноярский край) и Бестяхе (Якутия).

Для разработки проектов специализированных речных танкеров-газовозов необходимо оценить специфику работы в Северо-Восточной Сибири. К подобной специфике относится [2]:

- расположение терминалов Сабетта и Утренний в зоне с морскими волновыми и ледовыми условиями навигации;
- низкая плотность населения, большое удаление потребителей друг от друга;
- отсутствие единичных крупных потребителей;
- малые и сверхмалые гарантированные глубины на большей части маршрута навигации;
- большие расстояния до самого удаленного потребителя;
- неразвитость бункеровочной инфраструктуры;
- отсутствие специализированных верфей.

Каботажный и речной транспорт СПГ нашел применение в некоторых странах Азии. Самая развитая сеть снабжения СПГ – в Японии. Из-за наличия крупных потребителей судно проходит весь рейс без изменения уровня первоначального заполнения танка. Флот малотоннажных судов представлен 6 судами: от 2500 м³ до 3500 м³ перевозимого СПГ.

Принципиально другая ситуация в Малайзии. Из-за наличия множества потребителей с малым расходом СПГ там применяется другая концепция. В рамках этой транспортной схемы судно частично выдает партии СПГ по ходу своего движения. Подобная схема получила название «milk run» или «принцип молоковоза». Эксплуатация судна при частичном заполнении танков налагает на конструкцию его системы хранения груза определенные ограничения. Мембранные системы не могут применяться при частичном заполнении, поскольку волны СПГ внутри танка (слошинг) является опасным для тонкой мембраны криорезервуара. Кроме того, в Малайзии существуют значительные ограничения по осадке. Максимальные расстояния доставки не превышают 900 км. Маршрут доставки представлен на рисунке [3].

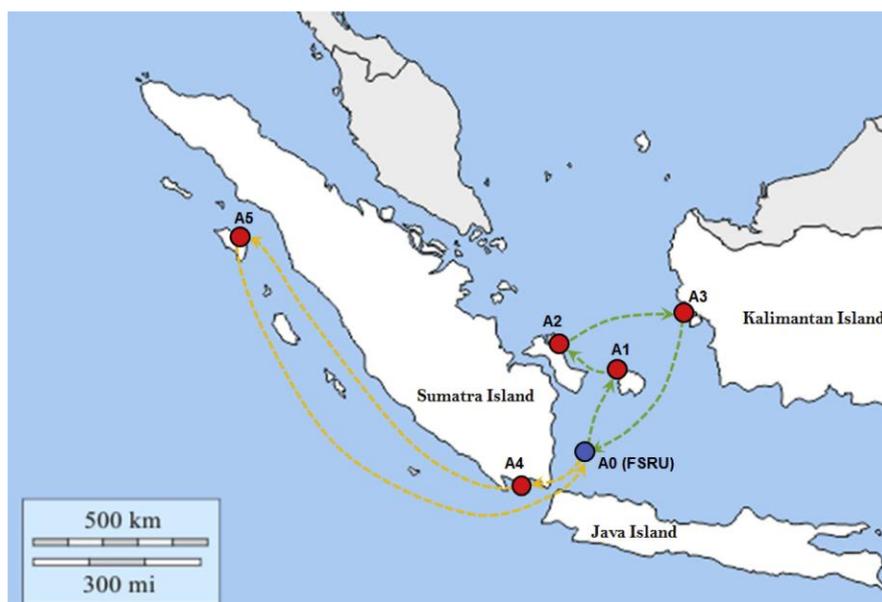


Рисунок. Схема транспортирования СПГ в Малайзии

Из-за отсутствия ограничения по осадке в Греции применяются среднетоннажные танкера-газовозы: «Aman Nakata» и «Aman Sendai». На них установлены специально адаптированные мембранные танки GTT Mark III. Они усилены за счет армирования пенополиуретановой изоляции, что позволяет эксплуатировать их при переменном уровне заполнения. Однако армирование теплового ограждения имеет и свои недостатки. Такая изоляция тяжелее и имеет большую тепловую проводимость. Удельные потери от испарения СПГ на эти суда составляют 0,26%/день, при том, что стандартная система GTT Mark III – только 0,15 % [4].

Существует проект транспорта СПГ по Дунаю и другим европейским рекам (Мозель, Рейн, Майн и др). Проект носит название «LNG Masterplan». В настоящий момент он еще не реализован, однако главная роль в транспорте СПГ в этом регионе отдается несамоходным баржам сверхмалой осадки. Ввиду небольшого расстояния между потребителями и развитой сети бункеровки автономность плавания не является важным критерием для этого случая [4, 5].

Проекты с речным транспортом СПГ активно развиваются в Китае для навигации по рекам Янцзы и Жемчужная. Специфика этого проекта заключается в его ориентировке на бункеровку существующих судов, а также перевод флотов на использование СПГ в качестве основного топлива.

Проведя анализ специфики российских условий и технических решений, применяемых за рубежом, можно заключить, что для российских условий нельзя использовать применяемые там технические решения и методы без их существенной адаптации. Наиболее рациональной логистической схемой доставки для снабжения потребителей Восточной Сибири является «milk run». Танки типа С являются наиболее подходящим типом системы хранения груза, поскольку они могут эксплуатироваться при переменном уровне заполнения танка, а также просты в строительстве и не требуют специализированных верфей. Их конструкция не зависит от корпуса судна, и они могут быть изготовлены отдельно.

Из-за расположения терминалов отгрузки СПГ Сабетта и Утренний в морской зоне навигации танкера-газовозы следует проектировать смешанного типа («река-море»). Также это обусловлено тем, что перевалка СПГ на суда с другим разрядом плавания – это сложный и энергозатратный технологический процесс.

Требования по высокой топливной автономности могут быть компенсированы применением двухтопливных двигателей. При использовании топливной системы такого типа пары СПГ, образующиеся в танке, а также, при необходимости, жидкая фракция СПГ могут быть использованы в качестве основного судового топлива. Подобное решение обеспечивает достаточную автономность при перегонах любой дальности.

В дальнейших исследованиях будут исследованы способы контроля парообразования СПГ для подачи в двигатель. Подобное решение гарантирует отсутствие потерь СПГ и его сброс в атмосферу.

Литература

1. Книжников А.Ю., Климентьев А.Ю. Перспективы и возможности использования СПГ в арктических регионах России // Конференция Взгляд WWF России. М. 02.2018.
2. Иванов Л.В., Баранов А.Ю., Плужникова Д.В. Перспективы использования водного транспорта СПГ для автономной газификации отдаленных регионов // Газовая промышленность. 2020. №2(796). С 52-58
3. Muhammad Arif Budiyanto, Achamad Riadi, I.G.N. Sumanta Buana, Gita Kurnia Study on the LNG distribution to mobile power plants utilizing small-scale LNG carriers //

- Heliyon, Volume 6, Issue 7, E04538, July 2020 DOI:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04538>
4. LNG Shipping AMAN Class [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.misc.com.my/media/2070/aman_class.pdf (дата обращения: 18.02.2021);
 5. LNG Materplan for Rhine-Maine-Danube [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.lngmasterplan.eu/index.html> (дата обращения 18.02.2021).

Иванова Надежда Александровна

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

студент группы №W42521с,

направление подготовки: 27.04.01 – Стандартизация и метрология,

e-mail: ivanovi.nadezhda@yandex.ru

ПОВЕРОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Н.А. Иванова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.А. Кустиков

Аннотация

В работе проведен анализ внедрения на предприятии изменений, внесенных в законодательные акты, касающихся поверочной деятельности. А также рассмотрена возможная оптимизация процессов поверочной деятельности предприятия в условиях цифровой трансформации.

Ключевые слова

Поверочная деятельность, оптимизация, цифровая трансформация, оформление результатов, результат поверки.

На сегодняшний день в поверочной деятельности происходят глобальные изменения, что связано с необходимостью цифровой трансформации поверочной деятельности предприятия.

Цифровая трансформация «digitalization» (цифровизация) – это процесс преобразования бизнес-процессов предприятия в цифровую форму. То есть цифровая трансформация одновременно направлена на усовершенствование существующих бизнес-процессов и на создание конкурентных преимуществ за счет изменения и создания новых бизнес-процессов внутри предприятия. В связи с этим возникает задача внедрения на предприятии изменений, внесенных в законодательные акты, в поверочную деятельность с помощью цифровизации [1], и, как следствие, решение следующих частных задач:

- проанализировать изменения в законодательных актах;
- изучить программное обеспечение, которое поможет предприятию осуществить установленные требования;
- рассмотреть вопросы оптимизации процессов поверочной деятельности предприятия.

27 декабря 2019 г. Президент Российской Федерации подписал Федеральный закон № 496-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений». Предусмотренные законом изменения направлены на установление приоритета электронной регистрации результатов работ как основной формы их подтверждения, и устанавливают эти требования для утверждения типа средств измерений и поверки средств измерений. Электронная регистрация становится юридически значимым результатом оформления поверки и утверждения типов средств измерений [2]. Таким образом, поверочная деятельность предприятия должна осуществляться в соответствии с Федеральным законом от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» и Приказом Минпромторга РФ от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» [3, 4].

Помимо новых задач Федеральных органов исполнительной власти и новых полномочий Минпромторга России и Росстандарта и ряда других формальных изменений, самое главное изменение коснулось порядка подачи сведений о поверке СИ в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений ФГИС «АРШИН». Без передачи сведений в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений результаты метрологических работ будут недействительны [6].

В связи с этим любое предприятие, осуществляющее поверочную деятельность должно оптимизировать свои процессы.

Для решения вопроса передачи результатов в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений разрабатывается и внедряется на предприятии программное обеспечение, которое помогает предприятию вести учет метрологических услуг, работ с собственным оборудованием, работ с заказчиками. Кроме того, обеспечивает обмен данными с ФГИС Росстандарта «АРСШИН» и программами 1С, такими как 1С бухгалтерия, 1С Документооборот и многими другими [5]. Однако в процессе анализа программного обеспечения было обнаружено, что возникает потребность в предоставлении большого объема корректной информации от заказчика, которому предоставляются метрологические услуги, для дальнейшей работы.

Для решения данной ситуации необходимо разработать форму заявки предприятия на проведение работ (оказание услуг) по поверке и/ или калибровке СИ для заказчика.

Данная форма позволит получать всю необходимую информацию для дальнейшей работы предприятия, а вместе с тем:

- обеспечивает более эффективную взаимосвязь с заказчиком и информирует его о возможных услугах предприятия;
- сокращает время анализа, обработки и расценки заявки;
- сокращает количество заключений дополнительных соглашений к существующему договору в связи с ошибками при его формировании;
- позволяет производить контроль корректности информации на протяжении всего процесса поверочной деятельности подразделениями предприятия при выполнении своей работы.

Все это обеспечит предприятию снижение рисков возникновения ошибок при формировании результата работ и как следствие передачи их во ФГИС «АРШИН».

Литература

1. Академик. [Электронный ресурс] / Словари и энциклопедии. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/102101> (дата обращения: 07.02.2021 г.).
2. Федеральный закон от 27.12.2019 N 496-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об обеспечении единства измерений".
3. Федеральный закон "Об обеспечении единства измерений" от 26.06.2008 N 102-ФЗ.
4. Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.07.2020 № 2510 "Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке.
5. Первый Бит [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://spb.lcbit.ru/1csoft/metrologiya> (дата обращения 10.02.2021 г.)
6. Новости Росстандарта [Электронный ресурс]. Режим доступа: rst.gov.ru/portal/gost/home/presscenter/news (дата обращения 20.02.2021 г.)



Исаева Мария Вадимовна

Год рождения: 1997

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

студент группы № W41501,

направление подготовки: 20.04.01 – Техносферная безопасность,

e-mail: maria-isaeva2008@yandex.ru

УДК 614.442

**АНАЛИЗ ОТКРЫТЫХ ДАННЫХ ОБ УВЕЛИЧЕНИИ
ОТХОДОВ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ**

М.В. Исаева

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

Аннотация

В работе было проанализировано дополнительное количество вредных отходов от пассажиропотока в метро в период пандемии. Был предложен алгоритм проведения исследований. Были получены данные количества отходов в виде масок и перчаток. В работе были предложены меры по уменьшению количества образующихся дополнительных отходов в виде масок и перчаток.

Ключевые слова

Средства индивидуальной защиты, отходы, маски, перчатки, метрополитен.

Введение

В настоящее время в мире появилась новая проблема в области отходов в связи с пандемией, начавшейся в прошлом году.

Целью моей работы было проанализировать, какое количество вредных отходов образуется от пассажиропотока, использующего средства индивидуальной защиты в метро.

Для решения этой цели были поставлены задачи. Самым важным было исследовать данные открытых источников относительно количества дополнительно образующихся отходов в виде масок и перчаток в Петроградском районе города Санкт-Петербурга.

В связи с требованием постановления Правительства Санкт-Петербурга N 121 [1] каждый посетитель метрополитена обязан носить маски и перчатки, когда пользуется метрополитеном.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в Петроградском районе города Санкт-Петербурга. Место исследования было выбрано, так как является одним из самых загруженных. Были выбраны такие станции, как Спортивная, Чкаловская, Крестовский остров, Петроградская и Горьковская.

На выбранных станциях метро определялась интенсивность пассажиропотока. Данные по количеству пассажиропотока были взяты на официальном сайте рекламы Метрополитена [2]. Далее данные умножались на количество дней в месяце. Таким образом было получено общее количество, которое являлось общей суммой масок и пар перчаток, выкидываемых в месяц. Было принято во внимание то, что все жители носили одноразовые медицинские маски и перчатки и выкидывали их при выходе из метро.

Результаты и выводы

Результаты, полученные после обработки первичных данных, представлены в таблице.

Результаты исследований показали, что с марта количество отходов в виде масок и перчаток увеличилось (таблица).

Таблица

Количество СИЗ, используемых пассажирами станций метрополитена Петроградского р-на

Месяц/Станция	Спортивная	Чкаловская	Крестовский остров	Петроградская	Горьковская
Март	531220	620460	255840	935820	955240
Апрель	796830	930690	383760	1403730	1432860
Май	823391	961713	396552	1450521	1480622
Июнь	796830	930690	383760	1403730	1432860
Июль	823391	961713	396552	1450521	1480622
Август	823391	961713	396552	1450521	1480622
Сентябрь	796830	930690	383760	1403730	1432860
Октябрь	823391	961713	396552	1450521	1480622
Ноябрь	796830	930690	383760	1403730	1432860
Декабрь	823391	961713	396552	1450521	1480622

В ходе исследования вопроса выяснилось, что только на станции метро Спортивная за 10 месяцев было использовано более 7 835 495 масок и пар перчаток. На станции метро Чкаловская за этот же период было использовано 9 151 785 масок и перчаток. Для станций метро Крестовский остров, Петроградская и Горьковская возникло количество отходов 3 773 640, 13 803 345 и 14 089 790 соответственно. На самой посещаемой станции, Горьковской, было использовано более 14 млн пар перчаток масок.

Это гигантское количество долго разлагаемых отходов. Необходимо продвигать использование вместо одноразовых медицинских масок многоразовые и вместо одноразовых пар перчаток использование матерчатых многоразовых пар перчаток, которые можно стирать.

Также необходимо вести разъяснительную работу с населением. Цифры с количеством неразлагаемых СИЗов нужно публиковать в экологических отчетах, доносить до руководства города и предлагать обязательную замену этому.

Эти рекомендации могут помочь сократить количество опасных отходов в этот непростой период пандемии.

Литература

1. Постановление N 121. “О мерах по противодействию распространению в Санкт-Петербурге новой коронавирусной инфекции (COVID-19)”. Введен 13.03.2020. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/564437085/> (дата обращения 27.12.2020)
2. Реклама метро в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.metro-spb.ru/> (дата обращения 27.12.2020).



Кайсина Виктория Владимировна

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: Memoza01@gmail.com



Кустикова Марина Александровна

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

УДК 351.281

**УСТАНОВЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ
ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПОВЕРОЧНЫХ РАБОТ
ГАЗОАНАЛИТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
В.В. Кайсина**

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

Аннотация

В работе рассмотрен процесс установления метрологической прослеживаемости для газоаналитических средств измерений с целью определения возможности установления прослеживаемости без применения государственных стандартных образцов поверочных газовых смесей. Проанализированы принципы действия существующих генераторов целевых компонентов.

Ключевые слова

Метрологическая прослеживаемость, обеспечение единства измерений газоанализаторы, генератор поверочных газовых смесей, эталон, стандартные образцы.

Одним из ключевых понятий в области обеспечения единства измерений является метрологическая прослеживаемость. Согласно международному словарю по метрологии [2], метрологическая прослеживаемость – это свойство результата измерения, в соответствии с которым результат может быть соотнесен с основой для сравнения через документированную непрерывную цепь калибровок, каждая из которых вносит свой вклад в неопределенность измерений. Международный словарь по метрологии определяет международную практику, в которой прослеживаемость определяется иерархией калибровок, т.е. последовательностью калибровок, начиная от основы для сравнения и заканчивая измерительной системой. В сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений в РФ иерархию калибровок заменяют государственные поверочные схемы, определяющие прослеживаемость от государственного первичного эталона (ГПЭ) к рабочим эталонам единиц величин (включая государственные стандартные образцы), а далее к рабочим средствам измерений. ГПЭ, в свою очередь, проходят процедуру ключевых сличений,

подтверждающую сопоставимость воспроизводимых ими величин с национальными (или международными) эталонами, что в конечном итоге обеспечивает прослеживаемость к единицам величин международной системы SI. Вне зависимости от способа (калибровка/поверка) реализации метрологической прослеживаемости суть прослеживаемости во всём мировом сообществе сводится к обеспечению передачи единицы измеряемой величины от высокоточных средств измерений, эталонов, к менее точным средствам измерений. В некоторых областях измерений (чаще всего в медицине и пищевой промышленности) невозможно установление метрологической прослеживаемости к единицам величин с использованием эталонов в связи с их отсутствием и (или) невозможностью создания. В таких случаях применяются первичные референтные методики измерений, в соответствии с ФЗ РФ «Об обеспечении единства измерений» первичная референтная методика измерений – это референтная методика (метод) измерений, позволяющая получать результаты измерений без их прослеживаемости [1, 2].

Из перечисленного следует, что для установления метрологической прослеживаемости поверочных работ необходимо соблюдение государственной поверочной схемы, реализующей передачу единицы величины от ГПЭ к средствам измерений. В обратном случае (при отсутствии эталона) необходимо применение первичной референтной методики измерений.

Для газоаналитических средств измерений (газоанализаторы, газосигнализаторы и т.п.) метрологическая прослеживаемость установлена государственной поверочной схемой с применением ГПЭ 154-2019. Передача единиц величин осуществляется от ГПЭ к рабочим средствам измерений через рабочие эталоны 1-го и 2-го разряда. В качестве рабочих эталонов предусмотрено использование:

1. Аналитических установок, генераторов поверочных газовых смесей совместно с источниками микропотоков, выполняющих роль меры.
2. Государственных стандартных образцов состава газовых смесей необходимой разрядности.
3. Совместное использование генераторов поверочных газовых смесей с государственными стандартными образцами состава газовых смесей.

Генераторы поверочных газовых смесей по принципу действия разделяются на генераторы разбавительного, термодиффузионного и комбинированного типа. Генератор разбавительного типа предназначен для приготовления бинарных газовых смесей путем смешения исходного газа и газа-разбавителя, расход которых задается и измеряется с помощью регуляторов массового расхода газов. Генератор термодиффузионного типа предназначен для приготовления бинарных газовых смесей путем смешения газа-разбавителя и исходного газа, получаемого от источника микропотока газов и паров, устанавливаемого в термостат генератора. Генератор комбинированного типа предназначен для приготовления бинарных газовых смесей, газовая схема которого включает каналы различного принципа действия, в том числе разбавительные, термодиффузионные, фотометрические и каналы титрования в газовой фазе.

Применение перечисленных генераторов поверочных газов смесей (далее - генератор ПГС) подразумевает их совместное использование либо со стандартными образцами состава газовых смесей, либо с высокоточными мерами-источниками микропотоков, что ведёт к дополнительным финансовым затратам при осуществлении поверочных работ. Помимо финансовых затрат, использование генераторов ПГС совместно с дополнительным оборудованием ограничивает место осуществления деятельности – рабочие эталоны являются стационарным оборудованием, позволяющим осуществлять деятельность в рамках лабораторных помещений.

В качестве альтернативных генераторов, позволяющих исключить использование дополнительного оборудования, предприятием «ИнформАналитика» разработан генератор ПГС «ИНФАН», являющийся рабочим эталоном 1-го разряда. Преимущество данного генератора заключается в способности генерировать целевые компоненты с использованием электрохимической ячейки. Генератор ПГС «ИНФАН» разработан на ряд следующих целевых компонентов: Cl_2 , HCN , HF , SO_2 , и позволяет создавать концентрации этих компонентов в соответствии с диапазонами, утвержденными при испытании эталонов. Недостатком данного типа генератора является его стационарное исполнение и частота технического обслуживания (в части замены раствора электролита). Другим рабочим эталоном 2-го разряда, позволяющим исключить использование ПГС и (или) источников микропотоков, является комплект поверочный УП (далее – УП), выпускаемый АО «ГосНИИхиманалит». Комплект создаёт пропан-бутановую поверочную смесь с установленным действительным значением концентрации. Устройство УП является переносным, что является его несомненным преимуществом. Кроме этого, УП имеет увеличенный, в сравнении с генераторами ПГС, межповерочный интервал. Недостатком УП является возможность проведения поверки (и, как следствие, передачи единицы величины) только тем газоанализаторам, принцип действия которых основан на применении фотоионизационного детектора. В качестве рабочего эталона 2-го разряда выпускается генератор аммиака ГЕА-01 производства «Хромдет-Экология». Принцип действия генератора основан на получении ПГС путём испарения аммиака из его водного раствора и измерением концентрации аммиака фотоионизационным детектором, встроенным в корпус генератора. Генератор аммиака позволяет создавать концентрацию аммиака в установленном диапазоне. Кроме этого, преимуществом ГЕА-01 является его переносное исполнение, позволяющее не ограничивать метрологическое обслуживание газоаналитических средств измерений в рамках одной лаборатории.

Перечисленные разработки рабочих эталонов, осуществляющих обеспечение метрологической прослеживаемости газоаналитических средств измерений, позволяют уйти от использования государственных стандартных образцов ПГС. В рамках дальнейших исследований ставится задача по осуществлению поиска решения разработки портативного генератора ПГС, позволяющего осуществлять передачу единицы величины без использования стандартных образцов ПГС.

Литература

- 1 Об обеспечении единства измерений: [Федеральный закон № 102 от 26.06.2008 г.: принят Государственной думой 11 июня 2008 г.]. 2008. 81 с.
- 2 JCGM: 2008. Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины: пер. с англ. и фр./ Всерос. научн. исслед. ин-т метрологии им. Д.И.Менделеева, Белорус. Гос. ин-т метрологии. Изд. 2-е, испр. СПб.: НПО «Профессионал». 2010.82 с.



Калашникова Лада Игоревна

Год рождения: 1998

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

студент группы №Т41503с

направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: lkalashnikova0@rambler.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 504.062.2

**ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИИ
ОЦЕНКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НА ОСНОВЕ
МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА**

Л.И. Калашникова, О.И. Сергиенко

Научный руководитель – ст. преподаватель В.А. Савоскула

Работа выполнена в рамках темы НИР №620144 «Промышленная экология, циркулярная экономика и экологический мониторинг».

Аннотация

В работе анализируются возможности использования оценки жизненного цикла в Российской Федерации. Проанализирован международный опыт внедрения ОЖЦ и определены основные инструменты внедрения. Оценены возможности внедрения ОЖЦ в России.

Ключевые слова

Оценка жизненного цикла, экологическая политика, экологизация, Европейский союз, Российская Федерация.

Существует множество возможных методов измерения экологических показателей продукции или организаций. Некоторые из методов ориентированы на одну стадию жизненного цикла, то есть воздействия на окружающую среду, например опасные

отходы производства или тонны редких металлов, используемых для производства продукта. Преимущество оценки жизненного цикла (ОЖЦ) заключается в том, что он дает целостный взгляд на цепочку создания стоимости и помогает выявлять «горячие точки» – этапы жизненного цикла, которые больше всего влияют на окружающую среду. Используя ОЖЦ, компании могут уменьшить количество горячих точек и создать более экологичную продукцию, получив тем самым одобрение со стороны потребителя и экономическую выгоду.

ОЖЦ как метод исследования качества продукции берет свое начало еще с конца 60-х годов XX века. Первые несколько исследований оценки жизненного цикла были произведены для упаковок продукции, поскольку оно было наиболее репрезентативным среди других. Особенно примечательны следующие ранние исследования в области оценки жизненного цикла: «Исследование потребности в энергии от сырья до обработки мусора для четырех шведских сортов пива и альтернативы упаковки» (1970) авторства Г. Сундстрём, «Анализ ресурсов и экологического профиля девяти альтернативных контейнеров для напитков» (1974), сделанное для Агентства по охране окружающей среды США, и «Изучение окружающей среды и экономики, сравнение воздействия на окружающую среду тары из ПВХ, стекла, листового металла и картона» (1974), сделанное для Федерального ведомства по охране окружающей среды Швейцарии. Кроме того, одно из первых исследований в области оценки жизненного цикла было проведено для Coca-Cola Company в 1969-м году Midwest Research Company, однако оно так и не было выпущено [1].

Первоначально оно носило название «Resource and Environmental Profile Analysis from cradle to grave», что впоследствии стало одной из вариаций проведения оценки жизненного цикла продукции [1].

Таким, каким мы его знаем, ОЖЦ сделали 3 организации: SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), EMPA (Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology) и ISO (Международная организация по стандартизации). Основной проблемой ОЖЦ было то, что результаты многих исследований при наличии почти идентичных входных данных значительно различались друг от друга. Это было обусловлено различиями в используемых для подсчета воздействия на окружающую среду методах. Тогда SETAC взяли на себя задачу по координации всех исследований и в 1993-м году выпустили Директиву по оценке жизненного цикла: «Code of Practice», в которой содержалась информация о методах исследования ОЖЦ продукта и области их применения. EMPA, в свою очередь, вели работу над списком показателей, необходимых для проведения ОЖЦ. С 1994-го года ISO разработали несколько стандартов в области ОЖЦ, которые впоследствии трансформировались в два основных: ISO 14040:2006 и ISO 14044:2006. Важно также отметить то, что ISO никогда не выбирали один определенный метод исследования ОЖЦ в качестве основного.

Внедрению ОЖЦ в Европе способствовало введение различных программ, способствующих улучшению экологического законодательства многих стран. Так, например, одним из инструментов продвижения ОЖЦ стала Директива об упаковках и отходах 94/63/ЕС, а также сопутствующие ей, которые продвигали рециклинг отходов и упаковок продукции. В 1999-м году для экологических маркировок был разработан собственный стандарт ISO 14024:1999 (ныне 14024:2018), который установил обязательное исследование жизненного цикла продукции, получающей маркировку I типа. Помимо этого, в 2003-м году было начато внедрение интегрированной продуктовой политики (IPP), которая была ориентирована на выработку у потребителя экологического мышления, а также была направлена на минимизацию влияния продукта на окружающую среду. При этом, согласно IPP, у продукта должны не только рассматриваться все фазы жизненного цикла, но и предприниматься действия на тех этапах, где наиболее эффективна минимизация воздействия на окружающую среду.

На основе вышесказанного были выделены следующие инструменты внедрения ОЖЦ, показавшие свою эффективность:

1. Внедрение различных экологических политик, мотивирующих компании использовать ОЖЦ в качестве доступного и информативного инструмента, чтобы в конечном счете соответствовать требованиям законодательства.

2. Экологические маркировки I типа, которые требуют ОЖЦ для маркируемой продукции.

3. Осознанность потребителя и требования от компаний прозрачности и соответствия экологическому законодательству, а также забота об окружающей среде.

Проведенный анализ использованных при внедрении ОЖЦ инструментов позволяет оценить потенциал метода в Российской Федерации. В первую очередь стоит отметить, что стандарт ISO 14040 переведен и утвержден в Российской Федерации как ГОСТ ИСО 14040, однако он, как и многие ГОСТы, не является обязательным и носит рекомендательный характер, – в Российской Федерации обязательными являются именно технические регламенты. Законов, обязующих применять ОЖЦ продукции, в данный момент в Российской Федерации нет, однако существуют определенные доктрины и законы, развитие которых может стать хорошим фундаментом для внедрения ОЖЦ: к примеру, Доктрина продовольственной безопасности может стать первым шагом к внедрению Интегрированной продуктовой политики в Российской Федерации.

ОЖЦ имеет распространение в некоторых сферах промышленности Российской Федерации, в частности, в строительстве. Кроме того, в Российской Федерации имеется собственная экологическая маркировка I типа «Листок жизни», которая признается во всем мире. Однако она не имеет широкого распространения на рынке. Согласно информации с официального сайта «Листка жизни», сертификация, действие которой не прекращено, в Российской Федерации имеется у 146 позиций товаров, в том числе импортируемых. Уже по таким цифрам можно предполагать достаточно низкую популярность данной маркировки в стране [2].

Другим немаловажным показателем для оценки потенциала ОЖЦ в России является осознанность потребителей. Согласно информации НП «Экологический союз», полученной в ходе социологического опроса потребителей из Москвы и Санкт-Петербурга, 61% потребителей готов платить больше за продукцию компаний, ответственно относящихся к обществу и окружающей среде. При этом в качестве основного мотива для покупки экотоваров 65,4% респондентов отмечают возможность внести свой вклад в сохранение окружающей среды. Это можно считать благоприятным фактором при внедрении новых методов, направленных на снижение воздействия на окружающую среду. Кроме того, ОЖЦ может послужить отличным индикатором для потребителей при выборе товара, поскольку помогает оценить воздействие на окружающую среду [3].

Однако при внедрении новых методик нужно также брать в расчет препятствия и помехи, которые могут возникнуть. В первую очередь, при оценке и осознанности потребителей и готовности компаний важны климатические и географические условия региона, его досягаемость и уровень жизни в нем. В зависимости от условий региона одинаковая технология может по-разному воздействовать на окружающую среду. Досягаемость региона может напрямую влиять как на результаты ОЖЦ, поскольку при оценке воздействия на окружающую среду учитывается транспортировка продукции, так и на ценообразование также по причине транспортировки товара. Со стороны жителей менее крупных городов, в отличие от европейской части России, можно ожидать меньшую заинтересованность в покупке экотоваров, особенно в том случае, если они окажутся дороже, чем те, что они привыкли покупать. Также может иметь место незаинтересованность или даже сопротивление бизнеса: например, со стороны

Российского союза промышленников и предпринимателей нередко исходят предложения о послаблении экологического регулирования, а также жалобы на несоизмеримость штрафов и нанесенного окружающей среде вреда.

Таким образом, для внедрения ОЖЦ в России необходимо предпринимать действия в нескольких сферах. Учитывая показатель осознанности потребителей европейской части России (65,4%), внедрять ОЖЦ будет выгоднее именно здесь. Этому поспособствуют популяризация экомаркировки «Листок жизни» и повышение на рынке числа товаров с данной экомаркировкой. Постепенное внедрение ОЖЦ в экологическое законодательство России упростит получение экологической маркировки и сертификации для последующего экспорта продукции. Кроме того, получившая экосертификацию продукция станет более конкурентоспособной не только в России, но и на мировом рынке, что благоприятно повлияет на экономику страны.

Литература

1. Guinée J.B., Heijungs R., Huppes G., Zamagni A., Masoni P., Buonamici R., Ekvall T., Rydberg T., «Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future» // *Environmental Science and Technology*. 2011, 45. P. 90–96.
2. Сертифицированная продукция [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ecounion.ru/sertifikacziya/sertificzirovannaya-produkcziya/> (дата обращения: 20.02.2021).
3. НП «Экологический союз», Экобюро GREENS. «Как покупатели выбирают экотовары?» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ecounion.ru/wp-content/uploads/2019/09/Issledovanie-Kak-p-otrebiteli-vybirayut-ekotovary-2018.pdf> (дата обращения: 20.02.2021).



Калимуллин Тимур Русланович

Год рождения: 1997

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

студент группы W42053,

направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная, криогенная

техника и системы жизнеобеспечения,

e-mail: 288265@niuitmo.ru

УДК 351

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВЫДАЧИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА ИЗ КРИОГЕННЫХ ХРАНИЛИЩ

Т.К. Калимуллин

Научный руководитель – к.т.н., доцент О.В. Пахомов

Работа выполнена в рамках темы НИР №620151 «Выбор и обоснование технологии изменения теплофизических параметров сжиженного природного газа для сокращения потерь от испарения при его накоплении, хранении и транспортировании».

Аннотация

В работе рассмотрены существующие способы выдачи сжиженного природного газа (СПГ) из криогенных хранилищ. Определено, что существует два основных способа создания повышенного давления для выдачи криопродукта: путем наддува и с применением насосных агрегатов. На основании обзора дано общее представление о границах применения каждого из методов.

Ключевые слова

Насосный способ выдачи, вытеснительный способ выдачи, выдача СПГ, самонаддув, криогенные хранилища.

Современный комплекс по производству и транспортировке сжиженного природного газа развивается, что позволяет значительно увеличивать объемы производимого и перевозимого продукта. Хранилища становятся объемнее, судна более вместительны. В таких условиях вопрос о выборе способа быстрой, безопасной и рентабельной выдачи сжиженного природного газа является существенным, так как даже непродолжительное заставание судна-газовоза в порту влечет за собой большие финансовые затраты.

Для выдачи СПГ из емкостей хранилища в баки потребителя возможно предусмотреть два основных способа: вытеснительный и насосный.

Первый из них основывается на том, что в паровое пространство хранилища наддувается газифицированный из СПГ природный газ до давления, достаточного для обеспечения подачи СПГ по центральной колонне и трубопроводу с заданным давлением на входе в бак потребителя [1-3].

Насосный способ подачи сжиженного продукта подразумевает использование насосного агрегата, создающего необходимый напор.

Наддув резервуаров при выдаче СПГ производится газообразным природным газом, полученным испарением части хранимого СПГ в испарителях наддува (так называемый «самонаддув»). Можно предположить, что применение вытеснительного способа несколько увеличивает стоимость создания системы выдачи продукта и эксплуатационные затраты за счёт значительных потерь СПГ на наддув резервуара и

необходимости в испарителях с развитой поверхностью теплообмена. Более того, подача испаренного газа служит источником прогрева верхних слоев криопродукта. Также, учитывая, что выдача сжиженного газа происходит через, как правило, верхний край резервуара, необходимо поддерживать постоянное давление на выходе, которое по мере выдачи СПГ будет падать ввиду уменьшения гидростатического давления. Для поддержания давления на требуемом уровне необходимо продолжать газифицировать сжиженный газ всё в больших и больших количествах, что можно классифицировать как потерю части криопродукта. Сам вопрос требуемого значения давления паров также остается открытым. Значение давления наддува должно иметь большую величину. В таком случае необходимо учесть, что резервуары не рассчитаны на такие значения давлений, а их исполнение под высокие давления не является распространенной практикой.

Тем не менее, в одной из работ производился анализ схем выдачи охлажденного СПГ, где рассматривался вопрос охлаждения путем вакуумирования. Для сравнения насосного и вытеснительного способов достаточно рассмотреть две представленные в работе схемы. Критерии рассмотрения – минимизация потерь СПГ и минимизация энергозатрат.

Выдача по первой схеме производится исключительно наддувом (для чего создается большое значение давления), по второй – наддув и жидкостной насос в паре. В отличие от случая выдачи сжиженного природного газа через верхний край, в данном случае выдача производится через низ резервуара. Этот факт упрощает выдачу СПГ, что не окажет критического влияния на сравнение двух схем.

Как и ожидалось, потери сжиженного газа для случая, где применялось выдавливание, оказались большими, чем для случая второго варианта, около 10% от начального количества СПГ. Расход энергии по сравнению со второй схемой также гораздо выше. Это свидетельствует о пользе введения насоса в схему выдачи СПГ.

В свою очередь, для второй схемы необходимо большое количество оборудования, чтобы обеспечить работу и системы наддува, и насосного агрегата.

Данных о выкачке сжиженного природного газа только применением насосного агрегата в рассматриваемой работе не представлено, но можно предположить, что потери СПГ в ходе замещения давления, создаваемого наддувом, на давление, создаваемое насосом, будут уменьшаться.

Впрочем, выдавливание путем наддува может применяться для того, чтобы создать избыточное давление для предотвращения явления кавитации при применении насоса. Также наддув хорошо применим для железнодорожных или автомобильных транспортных цистерн, а также других некрупных цистерн, среди которых, например, находятся цистерны, имеющие сигарообразную форму, уже рассчитанные на повышенные давления.

Применение насоса в криогенных хранилищах для создания требуемого напора – наиболее распространенный вариант. Насосы для криогенных жидкостей (криогенные насосы) являются одними из основных составляющих элементов криогенных систем. Большая часть различных типов насосов не может быть применена или применение нецелесообразно.

Как правило, для криогенных систем используют либо центробежные, либо поршневые насосы. Первые из них создают большую подачу при незначительном напоре, вторые позволяют получить большие давления при подаче гораздо меньших количеств жидкости.

Применительно к хранилищам сжиженного природного газа, где наиболее важным параметром, определяющим выбор типа насоса, является именно подача, т.е. то количество жидкости, которое способен выдать насос в единицу времени, из двух

описанных насосов предпочтение отдают центробежным. Величина напора также важна, но необходимости в больших напорах, которые способен создать поршневой насос, нет.

В нормативной документации и федеральных нормах есть упоминания применения погружных центробежных насосов.

Использование именно погружных насосов обусловлено сокращением потерь СПГ, которые являлись бы следствием необходимости охлаждения насоса перед пуском, а также прогрева криопродукта в процессе выдачи.

По этой и другим вышеизложенным причинам для случая насосной выдачи криопродукта из хранилищ используют, как правило, центробежные насосы. Насосный способ выдачи криогенного продукта значительно превосходит вытеснительный для средне- и крупнотоннажных хранилищ. Для выдачи сжиженного природного газа из небольших хранилищ, а точнее цистерн, возможно использование вытеснительного способа. Также наддув может быть применен совместно с насосным способом, но только для предотвращения кавитационных явлений.

Литература

1. Акулов Л.А. Установки и системы низкотемпературной техники. Ожижение природного газа и утилизация холода сжиженного природного газа при его регазификации. СПб.: изд-во С.-Петербур. ун-т низкотемпературных и пищевых технологий/ 2006.
2. Бармин И.В. Сжиженный природный газ вчера, сегодня и завтра / Бармин И.В., И.Д. Кунис; под редакцией А.М. Архарова. М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2009. 256 с.
3. Иванов В.И. Сравнительный анализ схем выдачи охлажденного СПГ под давлением / Иванов В.И., Раджабов Р.Н. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2017. 21 с.



Каменев Роман Андреевич
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
студент группы №W42151,
направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная,
криогенная техника и системы жизнеобеспечения,
e-mail: kamenev.roman96@yandex.ru



Петров Евгений Тимофеевич
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н., ст.н.с.,
e-mail: petrov_et@refropkb.ru

УДК 62-1/-9

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦКМ ПРИ РАБОТЕ НА ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА

Р.А. Каменев

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. Е.Т. Петров

Работа выполнена в рамках темы НИОКР №620154 «Экологически безопасные технологии энергосбережения и повышения эффективности низкотемпературных систем».

Аннотация

В работе приведены первые результаты анализа эффективности использования многосекционных центробежных компрессоров в субкритических холодильных циклах на диоксиде углерода установок разделения и сжижения углеводородных энергоносителей. Сформированы технические решения, направленные на повышение эффективности как блока предварительного охлаждения, так и всего производства СУЭ.

Ключевые слова

Центробежный компрессор, углеводородные смеси, диоксид углерода, эффективность, проектирование, управление, предварительное охлаждение.

Анализ проектов и действующих объектов СПГ показывает, что до настоящего времени использовались в основном технологии с предварительным пропановым охлаждением ПГ и других смесей углеводородов от минус 30°C до минус 35°C и контурами сжижения и переохлаждения смешанного хладагента и азота, соответственно. Попытки максимального снижения потерь в процессах охлаждения ПГ привели к использованию смесевых хладагентов, обеспечивающих минимальные потери за счет эквидистантности (рис. 1) процессов кипения хладагента и охлаждения ПГ [1-3]. Исследования в этом направлении привели к появлению двухконтурных смесевых холодильных циклов, т.к. одноконтурные схемы не обеспечивали высокую эффективность во всем диапазоне температур. Во многих случаях для предварительного охлаждения от минус 40°C до минус 50°C используются смеси углеводородов, пропан-

этан, этан-пропан-изобутан и др. Однако даже появление второго контура не снимает проблем, связанных со снижением плотности теплового потока и необходимостью отделения компонентов в процессе охлаждения ПГ (вода, H_2S , CO_2 и др.).

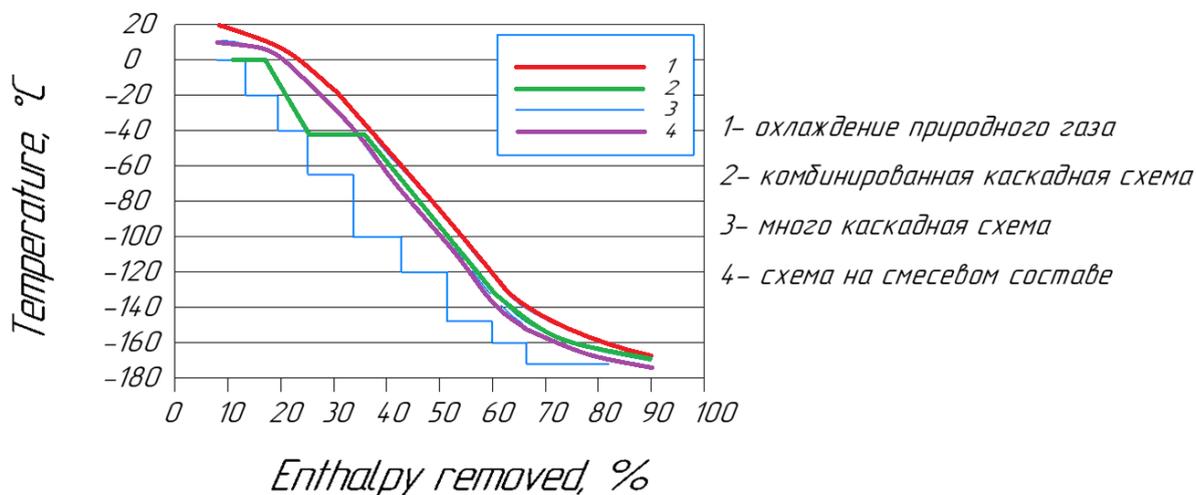


Рис. 1. Кривые процессов сжижения

Указанное обстоятельство требует более детальной проработки и использования комбинированных холодильных циклов, где в нижней ветви используется цикл со смешевым составом углеводородов, а в верхней ветви- многоступенчатый холодильный цикл, обеспечивающий минимальные потери за счет введения 3-4 температур кипения однокомпонентного хладагента (рис. 2). В этом случае наиболее рациональным оказывается использование ЦКМ. В настоящее время конструкции таких компрессоров достаточно хорошо отработаны, введение новых средств управления (преобразователей частоты двигателей, ВРА и др.) позволяет поддерживать высокий уровень к.п.д.

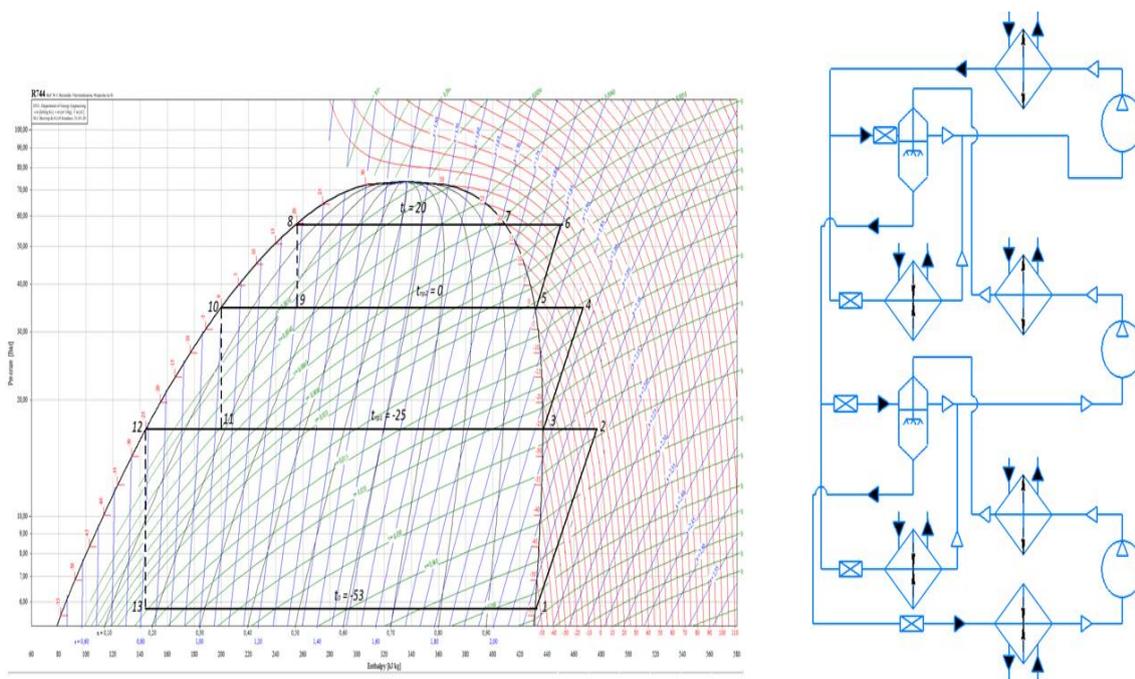


Рис. 2. Многоступенчатый холодильный цикл с многократным дросселированием и функциональная схема

Формирование множества температур кипения, типа холодильного цикла и распределение охлаждаемых потоков по изотермам кипения хладагентов осуществляется предварительно исходя из условия минимальности приведенных затрат, обусловленных суммарными эксергетическими потерями и стоимостью холодильно-технологического оборудования (испарителей):

$$\min \left(\sum_i \sum_j P_{3ij} = \left(\sum_i \sum_j K_{ij} + \sum_j K_{ui} \right) \cdot \frac{1}{T} + c_{1э} \cdot \left(\sum_i \sum_j D_{ij} + \sum_j D_{ui} \right) \right),$$

где P_{3ij} – суммарные приведенные затраты;

K_{ij} – капитальные затраты на j -ый аппарат i -го температурного уровня;

T – срок эксплуатации оборудования;

D_{ij} – сумма тепловых и гидравлических потерь эксергии в холодильно-технологическом оборудовании;

$c_{1э}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии.

При этом учитываются тепловые и гидравлические потери на всех температурных уровнях, а также суммарные капитальные затраты.

Представляется, что одним из методов повышения эффективности систем хладоснабжения объектов СПГ является использование в качестве хладагента диоксида углерода, чему способствуют его теплофизические свойства [4, 5]:

- работа в широком диапазоне температур (до минус 55°C и ниже);
- высокое значение объемной холодопроизводительности;
- наилучшие экологические показатели (TEWI и ПГП) и др.

Учитывая возможность размещения объектов в различных климатических условиях, следует предусматривать работу холодильной установки при переменном давлении нагнетания. Если температура внешней охлаждающей среды (вода, воздух) не обеспечивает возможность работы в субкритической зоне, следует формировать дополнительный транскритический контур. Учитывая целесообразность использования естественного холода в транскритическом цикле следует использовать компрессор в виде отдельного агрегата с индивидуальным приводом и оснащенного необходимыми средствами регулирования (производительности и степени повышения давления). При кратковременной работе в транскритической области предлагается сформировать отдельный контур, позволяющий снизить дроссельные потери в цикле и обеспечить возможность регулирования и отключения компрессора высокого давления при понижении температуры конденсации.

При температурах охлаждающей внешней среды меньше 15°C использование транскритических контуров может не понадобиться. При работе в области, близкой к критическим параметрам, имеют место большие потери от дросселирования, снижается эффективность циклов. Повысить эффективность этих циклов оказывается возможным при комплексном подходе к процессу снижения необратимых потерь от дросселирования жидкости и перегрева пара за счет:

- формирования многоступенчатых холодильных циклов с многократным дросселированием диоксида углерода (рис. 2);
- использования контактных и поверхностных теплообменных аппаратов для промежуточного охлаждения паров;
- использования естественного холода окружающей среды для снижения давления конденсации и сбива перегрева паров.

Параметры отдельных секций приведены в таблице.

Значение параметров CO₂ на всасывании и нагнетании

Секция	Всасывание		Нагнетание		π _к
	T, °C	p, Бар	T, °C	p, Бар	
1	-50	6	13	16	2,7
2	-25	16	25	35	2,2
3	0	35	37	57	1,6

Использование многосекционных ЦКМ в составе холодильных циклов на диоксиде углерода обеспечивает возможность охлаждения потоков в производстве СПГ с помощью многопоточных теплообменников до минус 50°С нескольких потоков.

Указанное снижение температур потоков позволяет:

- снизить давление конденсации смешанного хладагента;
- уменьшить тепловую нагрузку на основной криогенный теплообменник, где происходит сжижение природного газа;
- снизить давление в азотном контуре.

Тем самым появляется возможность повышения эффективности всей системы, включая все технико-экономические показатели. Стоимость центробежных компрессорных агрегатов в ходе предпроектных исследований может ориентировочно рассчитываться по зависимостям, полученным в результате обработки статистических данных ЗАО "Невский завод" двухсекционных и трехсекционных ЦКМ:

$$ПЗ = \frac{(C_{ка} + \sum C_{ti} + \sum C_{ui})}{T} + C_{1э} \cdot N_э \cdot t.$$

Стоимость компрессорного агрегата:

$$C_{ка} = C_k + C_{дв} = A_k \cdot V_k \cdot p_h^{n1} \cdot V_1^{n2} \cdot N_b^{n3} \cdot m_c^{n4} \cdot d_2^{n5} + A_{дв} \cdot V_{дв} \cdot N_b^{m1} \cdot n_b^{m2},$$

где p_h – давление нагнетание расчетное;

N_b – мощность на валу; m_c - кол-во секций;

d₂ – max диаметр колеса; n_b - номинальное число оборотов;

T – срок эксплуатации оборудования;

C_{1э}– тариф на электроэнергию;

N_э–мощность электродвигателя;

t– время работы в часах;

∑C_{ui}– суммарная стоимость средств управления;

∑C_{ti} – сумарная стоимость теплообменного оборудования в зоне предварительного охлаждения смесей.

Конструкция проточной части компрессора предполагает использование высоконапорных осерадиальных колес закрытого типа из-за высоких давлений, рассматривается целесообразность применения одного из двух типов подшипников (магнитных или подшипников скольжения с газовой смазкой). При этом имеет место достаточно простая обвязка ЦКМ даже с учетом средств антипомпажной защиты. В качестве привода могут быть использованы как электродвигатели, так и паровые турбины. Обвязка компрессоров в этом случае близка к традиционной даже с учетом антипомпажной защиты.

Особое значение системы предварительного охлаждения на CO₂ приобретают при использовании в плавучих заводах СПГ (с учетом повышенных требований по габаритам

и безопасности).

При повышении турбулентности судов и плавучих станций указанные свойства диоксида углерода оказываются особенно эффективными (в первую очередь за счет снижения объема легковоспламеняемых веществ и повышения эффективности тепломассообменных процессов). Уменьшенный объем углеводородов может позволить создать более компактную конструкцию установок сжижения на судне. В этом случае за счет использования забортной воды с температурой $< +8^{\circ}\text{C}$ появляется возможность работать только в субкритическом цикле, причем предварительное охлаждение ПГ до 12°C осуществляется водой.

Выводы

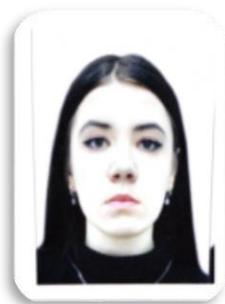
1. Использование диоксида углерода и смесей на его основе позволяет уменьшить габариты оборудования и объем легковоспламеняемых веществ не только в зоне охлаждения, но и во всей системе в целом.

2. Предлагаемая технологическая схема с использованием многоступенчатых холодильных циклов на диоксиде углерода позволяет снизить размеры как капитальных, так и эксплуатационных затрат за счет утилизации естественного холода и снижения необратимых потерь в холодильных циклах.

3. Формирование методов оптимального проектирования и эксплуатации многосекционных ЦКМ может базироваться на использовании современных методов нелинейного и динамического программирования.

Литература

1. Бармин И.А. Сжиженный природный газ. Вчера, сегодня и завтра // МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2009.
2. Roberts M.J., Bronfenbrenner J.C., Liu Yu-Nan, Petrowski J.M. Large Capacity Single Train AP-X Hybrid LNG Process - Gastech 2002. Qatar.
3. Nibbelke R., Kauffman S., В. Pek - Liquefaction Process Comparison of C3MR and DMR for Tropical Conditions - GPA 81st annual convention. 2002.
4. Галдин В.Д. Производство и применение сухого льда: Учебное пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ. 2000. 172с. ISBN5-8149-0031-8.
5. Богданов С.Н., Бурцев С.И., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ: Справ./ Под ред. С.Н. Богданова. 4-е. изд., перераб. и доп. СПб.: СПбГАХИТ, 1999. 320 с. ISBN 5-89565-028-7.



Карпова Ольга Сергеевна

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: olgakarpova_2019@mail.ru



Юльметова Раля Фагимовна

Год рождения: 1957

Университет ИТМО,

факультет биотехнологий,

к.х.н., доцент,

e-mail: liya974@mail.ru

УДК 631.862

**ПОЛУЧЕНИЕ БИОУДОБРЕНИЙ ИЗ НАВОЗА
КРС МЕТАНОВЫМ СБРАЖИВАНИЕМ**

О.С. Карпова

Научный руководитель – к.х.н., доцент Р.Ф. Юльметова

Аннотация

Навоз – важный сырьевой источник, включающий значительное число питательных компонентов. Несмотря на то, что навоз может являться достаточно ценным сырьем для сельского хозяйства в виде удобрений, он также может нанести серьезный вред при его неправильной или недостаточной обработке, так как в моче и кале животных содержится большое количество патогенных микроорганизмов. К настоящему времени было разработано и изучено несколько основных способов обезвреживания навоза. В статье рассмотрен один из новых и перспективных методов обеззараживания навоза КРС - анаэробное сбраживание.

Ключевые слова

Анаэробное сбраживание, метантенк, крупный рогатый скот, биоудобрения, биоферментатор.

Среди отходов сельского хозяйства выделяют навоз животных (КРС, свиньи), а также растительные отходы. Растительные отходы включают в себя такие, как солома, свекельная и картофельная ботва и др. Все образованные органические материалы подлежат использованию в качестве растительных удобрений. Органические удобрения способны заменить минеральные удобрения, например, в качестве удобрений для повышения плодородия почв. Ко всему прочему, органические удобрения во много раз дешевле покупных минеральных. В настоящее время разработаны довольно разнообразные методы утилизации навоза на животноводческих предприятиях (химические, биологические, физические). Данные методы направлены на утилизацию и/или сокращение количества образующегося навоза от крупного рогатого скота.

В качестве исследуемой технологии по переработке навоза КРС была взята анаэробная переработка или анаэробная ферментация. Данная технология относительно

нова и считается достаточно перспективной. При анаэробной переработке отходов животноводства происходит достаточно весомое ускорение процесса их разложения, достигающее до разницы в 10 раз по сравнению с переработкой навоза в буртах.

Анаэробная ферментация представляет собой процесс, при котором происходит разложение органических компонентов, содержащихся в навозе. Анаэробное сбраживание требует поддержания определенных технологических параметров, таких как температурный режим. Поддержание температурного режима – довольно энергоёмкий процесс, требующий значительных затрат энергетических ресурсов, которые можно восполнить путем утилизации выделившегося биогаза. Биометаногенез более выгоден, чем аэробная переработка (в присутствии свободного кислорода) ввиду того, что для данного процесса не требуется закупать и применять различные химические реагенты для разложения органических веществ [1].

Продуктом процесса метанового сбраживания является биогаз, который в перспективе может не только покрыть весь технологический процесс, но и образовать избыток, который можно использовать на нужды предприятия. Энергия, полученная от биогаза, может быть преобразована в тепловую, электрическую и механическую.

Процесс анаэробной обработки навоза включает четыре взаимосвязанные стадии, осуществляемые разными группами бактерий:

1. Стадия ферментативного гидролиза.
2. Стадия кислотообразования (кислотогенная).
3. Ацетатогенная стадия превращения ЛЖК, аминокислот и спиртов в уксусную кислоту.
4. Метаногенная стадия [2].

Ведение и контроль температурного режима является главной составляющей анаэробной ферментации. Метановое сбраживание происходит с участием метанпродуцирующих микроорганизмов, жизнедеятельность которых имеет прямую взаимосвязь с температурным режимом процесса. Для более наглядного представления процессов, происходящих при метановом сбраживании, предлагается технологическая схема, представленная на рисунке [3].

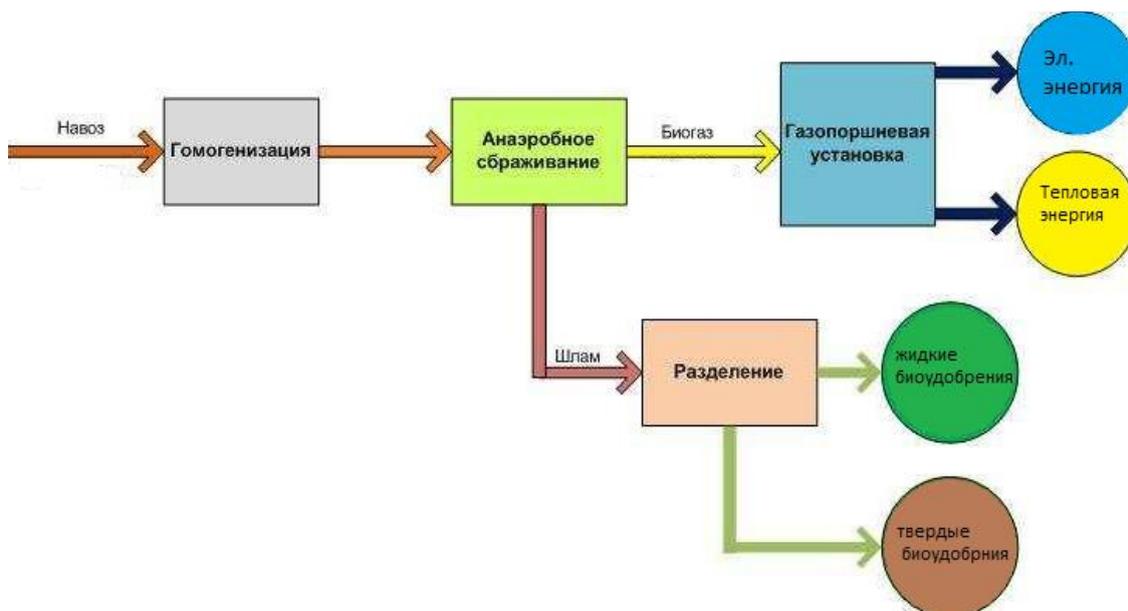


Рисунок. Технологическая схема переработки навоза крупного рогатого скота

В данной статье предлагается внедрение проекта НДТ, направленного на внедрение биоустановки с целью получения биоудобрений. На основе калькулятора расчета биогазовых установок, предоставленных компанией «Росбиогаз», были получены технические характеристики внедряемой установки, представленные в таблице. Расчеты были произведены на основании полученных данных о поголовье скота на предприятии (1800 голов) (таблица).

Таблица

Технические характеристики установки

Технические характеристики установки	
Диаметр биореактора	4.5 м
Конструкция биореактора модульная, длина модуля	12 м
Полезный объем биореактора	1417 м ³
Кол-во модулей (может наращиваться или уменьшаться)	5 шт
Режим брожения	мезофильно-термофильный
Влажность загружаемого субстрата	82%
Температура брожения в мезофильной секции	от 30С до 40С
Температура брожения в термофильной секции	от 45С до 57С
Количество жидких удобрений на выходе	117 т/сут
Период перемешивания	4 раза в сутки по 10 минут
Потребляемая электр. мощность	50

Исходя из посчитанного количества образующихся удобрений, будет рассчитана экономия предприятия на использование собственных биоудобрений для выращиваемых овощей (картофель, капуста и т.д.), либо на частичную продажу биоудобрений другим животноводческим хозяйствам. Экономия от внедрения биогазовой установки достигается за счет того, что образуется большое количество жидких органических удобрений. В расчетах учитываем цены на биоудобрения по России (от 50 до 150 рублей за 1 кг удобрения). Исходя из количества образованных жидких биоудобрений и их стоимости на рынке в России, очевидно, что экономия от внедренной биогазовой установки будет составлять несколько миллионов рублей в месяц.

Для более точного подбора необходимого оборудования и требуемых для функционирования процесса характеристик будет просчитан необходимый объем метантенка, ожидаемый выход биогаза на основе рассчитанных данных по количеству содержания сухого органического вещества (СОВ). Также для внедряемой биогазовой установки будут определены энергетические показатели, в том числе количество тепловой энергии, которая будет необходима для подогрева массы до требуемой температуры, при которой происходит процесс брожения.

Несмотря на то, что биогазовые установки являются очень дорогими, их установка обходится в несколько десятков миллионов и в России практически не применяются, а также необходима очистка газовой смеси после прохождения навоза через метантенки, эти установки являются эффективными с точки зрения экологии, ведь после анаэробного сбраживания получают биоудобрения в большом количестве, которыми можно удобрить огромный массив засеваемых площадей, а также при сероочистке биогаза

значительно снижается (вплоть до 99%) количество оксидов серы и азота, образующихся от жидкого навоза КРС, а следовательно, снижается плата за негативное воздействие выбросов в атмосферу и приносит доход предприятию.

Технология метанового сбраживания является перспективной и может относиться к наилучшей доступной технологии по утилизации навоза КРС. Внедрение биогазовых установок на предприятие является целесообразным решением ввиду того, что содержание большого количества КРС требует значительного количества тепловой энергии и электроэнергии, а также значительных объемов удобрений для выращиваемых на предприятии овощных культур.

Анаэробное сбраживание не только утилизирует образующийся навоз от КРС, но и в процессе вырабатывается ценное энергетическое сырье – биогаз, который может быть использован в виде источника для выработки энергии как для самого технологического процесса, так и для других нужд предприятия.

Несмотря на большие значения доходов от внедрения установки для метанового сбраживания, большого распространения в России данная технология в настоящее время не получила. Это связано с большими затратами на покупку оборудования и на монтажные и пуско-наладочные работы. Предприятия с большим поголовьем скота нуждаются во внедрении мощных биогазовых установок для переработки образующегося навоза. На данный момент отечественные производители не могут предложить оборудование достаточной мощности и производительности, а, следовательно, предприятию необходимо заключать договора на поставку иностранного оборудования, что несет значительные затраты на транспортировку и может значительно сократить доход от внедрения биогазовой установки.

Для комфортного внедрения данной технологии на предприятиях России отечественным производителям стоит расширить диапазон мощностей производимого оборудования.

Литература

1. Дубровский В.С. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов. Рига: Зинатне. 1988. 204 с.
2. Веденев А.Г. Биогазовые технологии. – Б.: Типография «Евро» 2006. 90с.
3. Васильев Ф.А. Переработка навоза ферм и комплексов по содержанию крупного рогатого скота с получением качественных органических удобрений и биогаза. Иркутск. 1990. 39 с.



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: nadejka1998@yandex.ru



Банарь Светлана Александровна

Университет ИТМО
факультет энергетики и экотехнологий
к.г.н., доцент,
e-mail: banar@mail.ru



Кустикова Марина Александровна

Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 504.064

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ
НЕЗАКОННОГО ВВОЗА КОНТРАФАКТНОЙ ПРОДУКЦИИ
ОЗОНОРАЗРУШАЮЩИХ ХЛАДАГЕНТОВ**

С.А. Банарь, Н.Г. Карпова, М.А. Кустикова, А.М. Хамзина
Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова

Работа выполнена в рамках темы НИР №620159 «Разработка и исследование цифрового анализатора фреона».

Аннотация

В статье освещены актуальные методы и средства государственного контроля ввоза озоноразрушающих веществ и продукции, их содержащей.

Ключевые слова

Таможенный контроль, контрафактная продукция, хладагенты, озоноразрушающие вещества, средства таможенного контроля, методы таможенного контроля.

Во второй половине прошлого века, а именно в 1974 году, химиками Френком Шервудом Роландом и Марино Молиной было обнаружено, что галогеносодержащие соединения, как широко используемый в то время гидрохлоруглерод (ХФУ), попадая в атмосферу, наносят непоправимый вред стратосферному озону [1, 2]. Так уже в 1985 году были подписаны первые экологические соглашения, а именно Венская конвенция и Монреальский протокол к ней. Так как проблему озонового слоя невозможно решить силами одной страны, Венскую конвенцию 1985 года подписали все страны-участники ООН и Европейский союз, что дало общее число стран-сторонников в 197 штук.

Так как сама Венская конвенция не обязывает сокращать производство и потребление озоноразрушающих веществ (ОРВ), стороны приняли в 1987 году Монреальский протокол. Российская Федерация также является участницей Протокола как правопреемник СССР, который принял и утвердил данный текст 10 ноября 1988 года. Российская Федерация является стороной Монреальского протокола с 31 декабря 1991 года.

Вопрос экспорта и торговли озоноразрушающими веществами рассматривается в нескольких статьях Монреальского протокола:

1. Статья 4 о контроле торговли ОРВ.
2. Статья 7 о предоставлении в Секретариат по озону статистических данных о производстве, импорте и экспорте каждого вещества из списка регулируемых раз в год.
3. Статья 8 о мерах для сторон, не соблюдающих Монреальский протокол.

Процедура, описанная в статье 8, предусматривает принятие мер в отношении сторон, не соблюдающих положения протокола, в том числе и положения о торговле [2]. Это выявляет главную проблематику, ведь, по данным таможенных служб, именно контрабандисты Республики Беларусь и Российской Федерации являются главными поставщиками запрещенных в Европейском Союзе озоноразрушающих хладагентов. Так, по данным СМИ [3-4], особое внимание в летний период стоит уделять следующим границам: белорусско-российской, польско-русской, литовско-русской и финско-русской. Так, производимые или привезенные в нашу страну и ограниченные к применению хладагенты при незаконном перевозе через границу возрастают в Евросоюзе в цене на порядок.

Единый перечень товаров был утвержден решением Межгосударственного совета ЕврАзЭС от 27 ноября 2009 №19. К данным товарам применяются запреты или ограничения на ввоз или вывоз из страны-участника Таможенного союза. Выполняя обязательства страны участника Таможенного союза, Российская Федерация в одностороннем порядке вводит ежегодные временные ограничения на ввоз гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ). Потребление ГХФУ должно быть сокращено в развитых странах на 99,5% к 1 января 2020 года в соответствии с Монреальским протоколом. А с 1 января 2020 года находится под запретом поставка ГХФУ на рынок для переупаковки и последующего экспорта. А выполнение Российской Федерацией обязательств по Протоколу обеспечивает Федеральный закон № 226-ФЗ от 23 июля 2013 года [9].

Так, незаконная торговля озоноразрушающими веществами, связанная с перемещением через государственные границы, определяется как «Международное экологическое преступление». Под незаконной торговлей ОРВ понимается намеренное нарушение природоохранного законодательства ради личной финансовой выгоды. В торговле присутствуют два важных определения, характеризующих нелегальные поставки любого продукта:

1. Контрафакт – это новый товар, созданный на основе существующего с нарушением интеллектуальных прав, именно как фальсифицированный потребительский товар.

2. Контрабанда – это незаконное перемещение товаров, ценностей и иных предметов через государственную границу.

Так как в данной статье рассматриваются методы и средства борьбы с незаконным ввозом контрафактной продукции озоноразрушающих веществ, стоит использовать термин контрабанда. Среди озоноразрушающих веществ выделяют три основные группы, которые наиболее часто встречаются среди контрабанды. Из-за существующего практически во всех странах большого спроса на холодильное оборудование ГХФУ остаются самой крупной группой ОРВ в международной незаконной торговле. Также галоны, запрещенные еще в 1994 году и используемые в системах пожаротушения, и бромистый метил часто являются товарами контрабанды.

Классифицируют семь основных методов контрабанды [5]:

- 1) прямая контрабанда: характерна провозом нелегальных ОРВ в открытую в надежде исключительно на нетщательную проверку;
- 2) поддельная маркировка: использование дезориентирующих этикеток или баллонов;
- 3) недостоверное декларирование: является наиболее частым способом сокрытия нелегальной продукции путем подмены названий в сопутствующих документах;
- 4) декларирование хладагента как восстановленного вещества: по документам нелегальный товар может значиться как «бывший в употреблении» или «загрязненный», не редко бывает, что хладагент намеренно загрязняется перед провозом через границу;
- 5) метод «двойного слоя»: сокрытие незаконного товара за слоем баллонов с легальным продуктом;
- 6) сокрытие: подразумевает под собой возможность тайного провоза груза в машинном отделении грузовика или в личных вещах водителя;
- 7) мошенничество с перегрузкой товара: относится к самому сложному для обнаружения методу и заключается в использовании сложных маршрутов с транзитными странами.

Контроль всех этих методов контрабанды лежит исключительно на таможенных службах. Существуют основные рекомендации по предотвращению данных методов (таблица).

Существует три основных метода борьбы с контрабандой озоноразрушающих: правоохранительная система, документационный контроль и досмотр товара. Каждый из данных методов включает в себя сложную группу средств, на которых стоит сделать акцент.

К правоохранительной системе относят: систему лицензирования, наказание, проведение обучения и экспертизы, международное сотрудничество и гласность правоохранительной информации.

Все участники Монреальского протокола к 2000-му году были обязаны разработать импортно-экспортную систему лицензирования. В данный момент лицензия оформляется на ввоз и вывоз ОРВ, включенных в Раздел 2.1 Приложения к Решению Коллегии ЕЭК от 21 апреля 2015 года №30 и ОРВ и продукции их содержащей, включенных в Приложение 1 того же Решения в строго описанных отдельных случаях. Стоит отметить, что оформление лицензии не требуется при ввозе и вывозе ОРВ, которые перемещаются вместе с транспортным средством в качестве необходимых для эксплуатации данного средства, а также при перемещении ОРВ под определенные таможенные процедуры, такие как переработка на таможенной территории или таможенный транзит.

За нарушение правил провоза хладагентов через государственную границу предусмотрено административное или уголовное наказания. Тяжесть наказания может зависеть от различных факторов: физическое или юридическое лицо, как часто совершались подобные правонарушения, объем нелегальной партии товара, к какой

группе веществ данный товар относится и т.д. Чаще всего для физических лиц дело закрывается штрафом и изъятием товара (таблица).

Таблица

Рекомендации

Метод контрабанды	Рекомендации по предотвращению
Прямая контрабанда	Тщательная проверка документов, повышение осведомлённости таможенных офицеров
Поддельная маркировка	Тщательная проверка импортных партий ГХФУ с использованием газоанализаторов
Недоставерное декларирование	Тщательная проверка документов, сверка соответствий реальной партии представленным документам
Декларирование хладагента, как восстановленного вещества	Проверка возможностей стран-экспортеров по утилизации, анализ образцов веществ
Метод «двойного слоя» и сокрытие	Тщательная проверка документов, досмотр партий товаров (рентген для фур), использование газоанализаторов
Мошенничество с перегрузкой товаров	Международное сотрудничество и перекрестные таможенный контроль в странах экспорта и транзита.

Для эффективной работы таможенных служб и системы лицензирования предусматривается постоянное обучение сотрудников таможни, экологических инспекторов и других агентств с целью постоянного улучшения качества документального и товарного досмотров, а также оперативном выявлении рисков. Также поддерживается международное сотрудничество таможенных служб с целью поддержания и учета актуальной информации о перевозимых грузах, особенно при транзитных перевозках груза.

Не менее важным средством правоохранительной системы является информационная гласность. Именно при постоянном освещении тех или иных происшествий в СМИ или публикация доступной правовой базы может служить очень хорошим сдерживающим фактором, положительным пиаром для таможенной службы и возможностью обратить повышенное внимание на проблему озонового слоя.

К следующему методу можно отнести документационный контроль, который является наиболее успешным методом таможенной службы в борьбе с контрабандой ОРВ. Типичным считается выявление в очень сложной таможенной документации несоответствий, которые указывают на нелегальную продукцию. Основной проблемой тут является то, что не существует международных общепринятых стандартов по наименованию и маркировке ОРВ, что значительно усложняет работу таможенного контроля, так как существует достаточно большое количество систем маркирования ОРВ.

При документационном контроле, помимо наименования, кода ТН ВЭД и номеров ООН, проверке подлежат:

- счет-фактура, упаковочного листа и инвойса;
- соответствие страны происхождения с маркировкой;

- сверка номеров контейнеров;
- адрес импортера и лицензии;
- если вещество «переработанное», то необходимо проверить возможности страны-экспортера на переработку данного вещества;
- маршрут доставки с точки зрения экономической целесообразности;
- реалистичность цен.

При документационном контроле очень важно проводить проверку тщательно, но и знать производственные возможности страны-экспортера, рынок сбыта, наименования и пр. Именно для проведения качественного контроля документов необходимо постоянное повышение квалификации таможенных служб в данном вопросе.

Но не менее важным методом является досмотр товара. Именно физический досмотр продукции предоставляет информацию о легальности продукции. Именно при досмотре товара берутся пробы вещества, сверка соответствия с документами и отсутствие сокрытой продукции.

Первоначально стоит обращать внимание на маркировку продукции, ведь многие крупные поставщики разработали свои добровольные маркировки: «не содержит ГХФУ», «безопасно для озона» или «экологически безопасно». Но в отличие от добровольной маркировки, на внешний вид баллона наиболее распространенных хладагентов существуют стандарты. Каждому веществу будет соответствовать свой цвет и размер баллона (рисунок) [6].



Рисунок. Цвета и маркировки наиболее распространенных хладагентов

Выдать незаконный товар может все. Стоит обращать внимание на внешний вид клапана, целостность баллона, способ нанесения логотипа и прочее. Легальный продукт должен иметь качественную первичную упаковку с указанием производства и дат изготовления. При досмотре необходимо делать отбор проб для анализа вещества.

Приказами ФТС России №1349 от 31 октября 2008 [7] определенные пункты пропуска для ввоза на территорию Российской Федерации озоноразрушающих веществ должны быть технически оборудованы для инструментального контроля ОРВ. Приказом ФТС России № 2059 от 21 декабря 2010 года [8] газоанализаторы как технические средства отнесены к средствам идентификации и применяются на таможенном досмотре.

Используемые анализаторы основаны на принципе недисперсионной инфракрасной спектроскопии и имеют возможность идентифицировать более 60 хладагентов, запрещенных или ограниченных к применению согласно Венской конвенции по охране озонового слоя и Монреальскому протоколу по озоноразрушающим веществам.

Все перечисленные методы и средства направлены на контроль и предотвращение незаконного ввоза и вывоза из страны контрафактной продукции озоноразрушающих веществ.

Литература

1. Molina M., Rowland F.S. Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atom-Catalysed Destruction of Ozone 810-2. Nature 249 (28 June 1974). doi:10.1038/249810a0.
2. Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой. http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/montreal_prot.shtml.
3. Сайт СМИ «Автобизнес» <https://www.abw.by/novosti/rb/210425>.
4. Онлайн журнал «Холодильная индустрия» <https://holodcatalog.ru/news/company-news/tamozhenniki-predotvratili-vvoz-zapreshchennykh-khladagentov/>.
5. Рекомендации по осуществлению государственного контроля ввоза/вывоза ОРВ и содержащей их продукции для служащих таможенных и правоохранительных органов, Государственная таможенная служба при правительстве Кыргызской республики, Бишкек, 2017г.
6. ГОСТ 32968-2014 Оборудование холодильное. Агенты холодильные. Требования по применению и извлечению.
7. Приказ ФТС России № 1349 от 31.10.2008 «Об утверждении типовых требований к оборудованию и техническому оснащению зданий, помещений, сооружений, необходимых для организации таможенного контроля в пунктах пропуска через государственную границу Российской Федерации». Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Приказ ФТС России № 2509 от 21.12.2010 «Об утверждении перечня и порядка применения технических средств таможенного контроля в таможенных органах Российской Федерации». Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. Федеральный закон № 226-ФЗ от 23.07.2013 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации». Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».



Корзова Екатерина Андреевна

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

УДК 630*57

ЯВЛЕНИЕ ГИБЕЛИ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВЫЙСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.А. Корзова

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

Аннотация

В работе проводится анализ массовой гибели еловых лесов на примере Выйского лесничества Архангельской области. Была оценена приуроченность исчезнувших лесов к параметрам рельефа с помощью цифровой модели рельефа, а также определены засушливые периоды в районе исследования. Одной из основных причин массового исчезновения еловых лесов считается усыхание, начавшееся в Архангельской области в 1997 году.

Ключевые слова

Дистанционное зондирование земли, цифровая модель рельефа, засуха, усыхание ельников, Архангельская область.

Было замечено, что состояние огромных массивов еловых лесов ухудшается на территории многих стран Европы, а также США и Канады. Выйское лесничество Архангельской области было выбрано в качестве территории исследования, потому что оно расположено в районе массового усыхания и распада лесов в междуречье Северной Двины и Пинеги, также в этом лесничестве высокая доля еловых лесов.

Точная территория гибели лесов не была установлена, потому что не было создано карт площадей, подверженных усыханию. Согласно лесопатологическому исследованию ФГУ «Рослесзащита», пик современного усыхания отмечают в 2003-2005 годах, и в настоящее время процесс стабилизировался [1].

Ель плохо переносит засуху, резкое изменение условий окружающей среды и не выносит застойного увлажнения, она сильно подвержена ветровалам из-за поверхностной корневой системы. Распад еловых лесов – это серьёзная проблема для лесного хозяйства и целых экосистем [1].

Цель данной работы: оценить исчезновение еловых лесов на территории Выйского лесничества.

Задачи:

1. Выбрать территорию исследования.
2. Подобрать набор спутниковых снимков на исследуемую территорию, подготовить их к дальнейшему анализу.
3. Выявить исчезнувшие массивы еловых лесов с помощью дешифрирования спутниковых снимков.
4. Обработать цифровую модель рельефа, проанализировать связь положения усохших и погибших древостоев с характеристиками рельефа.

5. Выявить засухи или засушливые периоды по метеорологическим данным.

Для крупномасштабных исследований природных сообществ часто применяются снимки системы MODIS, но для локальных процессов и уточнения данных многие исследователи используют снимки со спутника США миссии Landsat [2]. Расчеты производились в свободном программном обеспечении SAGA GIS и QGIS. Выбранные снимки были засняты в летние месяцы, а территория исследования не была покрыта облаками или покрыта их минимальным количеством, используемые снимки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Перечень используемых спутниковых снимков

Path/Row	Спутник	Дата съёмки
176016	Landsat 5 (TM)	23 августа 1997
175017	Landsat 5 (TM)	23 августа 2011
175016	Landsat 5 (TM)	23 августа 2011
176016	Landsat 8 (OLI)	19 июля 2019
175016	Landsat 8 (OLI)	13 августа 2019

Спутниковые снимки были обработаны для дальнейшего анализа и обрезаны по границам территории исследования. Еловые леса выделялись с помощью классификации с обучением методом максимального правдоподобия, эталонные полигоны выбирались с помощью карты растительности [3] и комбинации каналов RGB 543 для Landsat 8 [2], на которой леса имеют малиновый цвет. Разность векторных слоёв отражает площадь еловых лесов, исчезнувших в рассматриваемый период. В результате получены границы еловых лесов за 1997, 2011 и 2019 года. Сплошные рубки вручную удалялись со слоя, выборочные рубки и пожары из площади потери лесов не выделялись. Результаты представлены на рисунке.

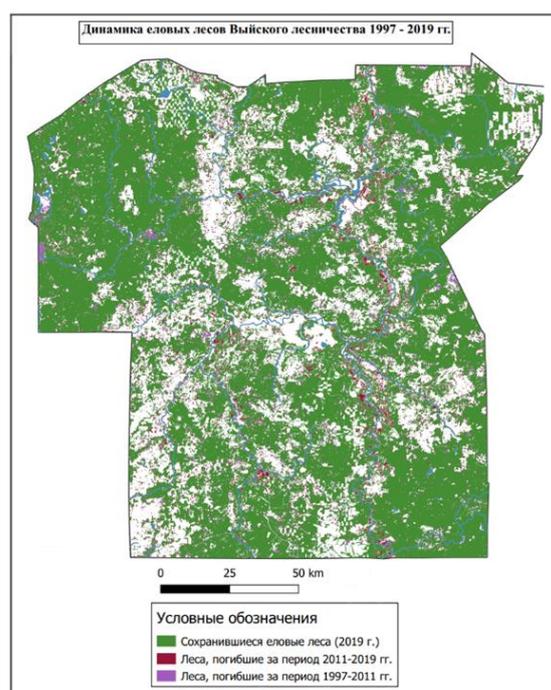


Рисунок. Динамика распространения еловых лесов Выйского лесничества за 1997-2019 гг.

В качестве цифровой модели рельефа была использована ЦМР GMTED2010 (разрешение 250 метров). С помощью программного обеспечения SAGA GIS модель рельефа была обработана, были выделены величина уклона и экспозиция склона, а также проведены необходимые действия для расчета топографического индекса влажности (Topographic Wetness Index) [4]. Было рассмотрено положение еловых лесов в зависимости от геометрических форм рельефа (величины уклона, высоты над уровнем моря, экспозиции).

Ярко выраженных предрасположенностей в геометрических параметрах рельефа не было выявлено. Основная доля погибших лесов находилась на почвах с пониженным содержанием влаги, что видно из табл. 2.

Таблица 2

Положение погибших еловых лесов в зависимости от значения TWI

TWI	-14; -12	-12; -10	-10; -8	-8; -6	-6; -4	-4; -2
Леса, погибшие за 1997-2011 гг. (%)	1,4	40,5	31,7	13,7	0,0	12,7
Леса, погибшие за 2011-2019 гг. (%)	1,0	41,4	35,0	13,2	0,0	9,4

Засушливые периоды анализировались на основе суточных и средних месячных температур воздуха и сумм осадков из архива наблюдений метеорологических станций сети Росгидромета, ВНИИГМИ-МЦД. Ближайшая к району исследования метеорологическая станция Сура (Пинежский район), данные доступны за период 1968-2018 года.

Засушливые периоды были проанализированы с помощью двух коэффициентов – стандартизованного индекса осадков и гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова (ГТК), который используется для анализа агроклиматических ресурсов (1) [5].

$$ГТК = \frac{\sum R}{0,1 \times \sum T}, \quad (1)$$

где, $\sum T$ – сумма активных температур выше 10°C , а $\sum R$ – сумма осадков за данный период.

Индикатором засухи считается значение ГТК меньше 0,5 [5]. Исходя из рассчитанных значений, засух не наблюдалось, но были обнаружены засушливые годы: 1973, 1981, 1997, 2000, 2002, 2010.

Стандартизованный индекс осадков был рассчитан при помощи специальной программы, он основан на долгосрочных данных и полученные результаты можно сравнивать с другими климатическими зонами и данными прошлых лет. Экстремально сухие периоды были выделены в 2002 и 1978 годах. Засушливыми годами являлись 1968, 1970, 1972, 1980, 1982, 1984, 1986, 1990, 1992, 1996, 1997, 2005, 2012, 2015, 2016, 2018.

Можно предположить, что причиной исчезновения больших массивов лесов с неровными границами за период 1997-2011 является усыхание, задокументированное лесопатологическим обследованием ФГУ «Рослесзащита».

Засушливые периоды были обнаружены достаточно часто, поэтому они не могут являться единственной причиной гибели еловых лесов. Во время массового усыхания на территории Двинско-Пинежского междуречья были засушливые периоды в 1997, 2002 и краткие в 2004, 2005 и 2006 годах. Вегетационный сезон с недостаточным увлажнением можно рассматривать как фактор, способствующий началу лесопатологических процессов.

Так как на данной территории было зафиксировано массовое усыхание лесов,

можно связать исчезновение крупных лесных массивов с негативным лесопатологическим состоянием.

Гибель лесов на территории не была связана с геометрическими параметрами рельефа, согласно полученным данным была обнаружена зависимость низкого содержания влаги в почве и исчезнувших еловых лесов.

Уменьшение площади еловых лесов в современный период 2011-2019 года продолжается, основную причину назвать сложно.

Литература

1. Неволин О.А., Третьяко С.В., Торхов С.В. К истории об усыхании еловых лесов в междуречье Северной Двины и Пинеги // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2007. №5.
2. Landsat 8 URL: <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8> (дата обращения 24.11.2020).
3. ЛВПЦ Архангельской области URL: <http://hcvf.wwf.ru/ru/maps/hcvf-arkhangelsk> (дата обращения 25.11.2020).
4. Wilson J.P Wilson J.P. Terrain Analysis: Principles and Applications / Wilson J.P., Gallant J.C. 2000. 520 p.
5. Черенкова Е.А. Количественные оценки атмосферных засух в Европейской России // Известия РАН. Серия географическая. 2013. № 6. С. 76 – 85.



Коршак Ксения Алексеевна

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
студент группы № Т42505с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: kka7991@gmail.com



Сергиенко Ольга Ивановна

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



Ульянов Николай Борисович

Год рождения: 1959
Университет ИТМО,
факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
к.т.н, доцент,
e-mail: nbulianov@itmo.ru

УДК 628.3

**ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД
ПОРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ**

**К.А. Коршак, О.И. Сергиенко, Н.Б. Ульянов
Научный руководитель – к.т.н., доцент О.И. Сергиенко**

Аннотация

В работе рассмотрено обоснование выбора и применения наилучших доступных технологий (НДТ) по очистке сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, для портовых сооружений. Выбран основной информационно-технический справочник (ИТС) для подбора НДТ. На основании этого справочника перечислены наиболее применяемые методики очистки нефтесодержащих сточных вод.

Ключевые слова

Экология, портовые сооружения, очистные сооружения, сточные воды, нефтепродукты.

Одним из основных факторов, формирующих неблагоприятное состояние морской природной среды, является судоходство и деятельность морских портов. Обостряется проблема экологически чистого производства работ на портовых перегрузочных комплексах сейчас, когда рыночные отношения диктуют жесткие требования к конкурентоспособности портов. Решение экологических проблем связано с сохранением и созданием благоприятных условий для жизни людей, гармонии в развитии

производства и природы. Тем не менее, актуальность проблемы загрязнения нефтепродуктами природных вод морей в настоящее время остается достаточно велика.

Сегодня, в связи с развитием техники, стало особенно очевидным несовершенство большинства применяемых технологий и других объектов морских портов, в том числе очистных сооружений, с точки зрения отрицательного влияния на природу и морские экосистемы [1, 2].

Наилучшим способом решения проблемы водоочистки нефтесодержащих сточных вод морских портов является подход к выбору систем очистных сооружений, используя наилучшие доступные технологии (НДТ). Основным информационно-техническим справочником в данной области является справочник ИТС 8-2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях».

По данным, полученным из справочника ИТС 2015, схема очистки нефтесодержащих сточных вод, как правило, включает три основные стадии:

1. Механическая очистка. Для механической очистки воды на ряде предприятий применяют песколовки, отстойники или нефтеловушки.

2. Физико-химическая очистка. На ряде предприятий применяют флотационные и сорбционные установки, а также коагуляторы.

3. Биологическая очистка. Данный метод эффективен только при относительно низких концентрациях загрязняющих веществ, в связи с чем применяется на финальных этапах очистки.

Очистка большей части воды от нефтепродуктов происходит на втором этапе методами физико-химической очистки. Одним из наиболее часто применяемых является метод флотации [3].

Флотация – это метод очистки воды, основанный на прилипании взвешенных в ней примесей к пузырькам воздуха и всплывании их на поверхность.

Суть работы флотатора состоит в следующем. Сточные воды подаются во флотационную камеру через входной патрубок, после чего они смешиваются с воздухом и водой, подаваемыми из сатуратора (аппарата, позволяющим под давлением насыщать воду газами). В результате пузырьки воздуха выносят частицы на поверхность флотационной камеры. Образовавшийся на поверхности флотошлам (пена, содержащая в себе загрязняющие вещества) собирается скребковым механизмом в шламовую ёмкость.

Очищенная вода проходит под перегородкой в выходную часть корпуса, откуда сливается через механизм перелива на дальнейшие этапы доочистки.

К основным плюсам данного метода очистки нефтесодержащих сточных вод можно отнести низкую затратность, простое устройство, эффективность и высокую скорость очистки. К минусам – постоянный контроль работы и образование шлама. Несмотря на выявленные недостатки установок такого типа, на данный момент множество компаний предлагают свои услуги по внедрению на предприятия таких систем очистки, которые значительно различаются не только по своим основным техническим характеристикам, но и по стоимости [4].

Таким образом, очистка стоков от нефтепродуктов - одна из наиболее актуальных и обсуждаемых на сегодняшний день экологических проблем морских портов. Выбор способа очистки лучше всего осуществлять с применением НДТ.

Методы и способы очистки от нефтепродуктов зависят от химического состава нефтесодержащих сточных вод, концентрации нефтепродуктов в воде, эффективности очистки. Флотационная очистка – универсальный, современный и эффективный метод очистки.

В дальнейшем предполагается продолжение рассмотрения данной темы для конкретного объекта (грузового мультимодального комплекса морского порта Усть-

Луга) в направлении оценки технической целесообразности, экологической и экономической эффективности.

Литература

1. Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года (одобрена Морской коллегией при Правительстве РФ 28.09.2012) [Электронный ресурс]. // URL: <https://www.rosmorport.ru/investors/seastrategy/> (дата обращения: 20.01.2021).
2. Мамаева М.А., Жигульский В.А., Царькова Н.С., Шилин М.Б. Экологическая стратегия развития морского портового комплекса в Лужской губе // Биосфера. 2016. №4. [Электронный ресурс]. // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskaya-strategiya-razvitiya-morskogo-portovogo-kompleksa-v-luzhskoy-gube> (дата обращения: 20.01.2021).
3. ИТС 8-2015. Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. [Электронный ресурс] // URL: <http://burondt.ru/> (дата обращения: 20.01.2021).
4. Принципы флотационной очистки. [Электронный ресурс]. // URL: <https://www.voda.ru/articles/flotatsionnaya-ochistka-stochnyih-vod> (дата обращения: 20.01.2021).



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



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



Сергиенко Ольга Ивановна

Год рождения: 1957

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

e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

УДК 691.175.743:66.092-977

УТИЛИЗАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ПИРОЛИЗА В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

А.Я. Кравцов, А.В. Миниахметова, А.А. Тимирьянова
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

Анализ образования отходов производства и потребления в Республике Коми показал, что большая часть образовавшихся отходов состоит из полимерных отходов, включающих поливинилхлорид (ПВХ). Большая часть отработанного пластика ПВХ

размещается на полигонах ТКО и продолжает загрязнять объекты окружающей среды, это, в свою очередь, свидетельствует, что степень их переработки и вторичного использования остается на низком уровне. Данная работа посвящена идентификации наилучшей доступной технологии (НДТ) для утилизации отходов пластика, которая будет экономически эффективной и безопасной для окружающей среды и здоровья человека. На основе технико-экономического обоснования сделан вывод, что в Республике Коми метод пиролиза в наибольшей степени отвечает критериям выбора НДТ. Предложена технологическая схема переработки и вторичного использования отходов ПВХ для получения энергии из продуктов пиролиза.

Ключевые слова

Полимерные отходы, ПВХ, обращение с отходами, утилизация, вторичное использование, переработка, технологическая схема, пиролиз, пиролизная установка, продукты пиролиза.

Быстрые темпы экономического роста и урбанизации в развитых регионах приводят к повышению уровня потребления пластиковой продукции, что свидетельствует не только о положительной тенденции развития промышленности, но и об увеличении полимерных отходов.

Так, в Российской Федерации к 2019 г. накопленный объем образовавшихся производственных и твердых коммунальных отходов (ТКО) превысил 7,75 млрд. т. При этом, в течение 2018 г. образовалось примерно 7,3 млн. т. (рис. 1) производственных и твердых коммунальных отходов, из них примерно 20% приходится на поливинилхлорид (ПВХ) [1].



Рис. 1. Источники и объемы образование отходов в Российской Федерации

Как показал выполненный анализ, в Республике Коми в 2018 г. было образовано около 5 млн. т полимерных отходов, а за 2019 г. - около 5,2 млн. т. (рис. 2) [2]. Большая часть коммунального полимерного мусора состоит из отходов пластика в виде тароупаковочных материалов в пищевой промышленности (ПЭТ, ПЭВД и ПЭНД) и трудноутилизируемых отходов (ПВХ) [3]. При этом вторичное использование и переработка пластиковых отходов находится на низком уровне. Об этом свидетельствуют данные по переработке отходов ПВХ, которые составляют всего 10% от общей массы скопившихся полимерных отходов, а большая часть отработанного пластика размещается на полигонах ТКО, тем самым загрязняя объекты окружающей среды [4].



Рис. 2. Доля образования и переработки пластиковых отходов в Республике Коми

В рассматриваемом регионе действуют предприятия, которые занимаются сбором и утилизацией пластиковых отходов различных категорий. Однако данные предприятия не решают задачи, связанные с утилизацией отходов ПВХ, в связи с отсутствием необходимого оборудования. Пластиковые отходы вместе с ТКО по мере накопления вывозят на полигон в Дырносе [2].

Целью данного исследования является идентификация наилучшей доступной технологии в соответствии с принципами НДТ (рис. 3) [5] для решения значимой для региона задачи утилизации отходов ПВХ.

Задачи исследования:

1. Проанализировать динамику объемов образования пластиковых отходов в Российской Федерации и Республике Коми.
2. Произвести анализ технологий сбора, хранения и утилизации пластиковых отходов в Республике Коми.
3. Проанализировать виды пластиковых отходов, которые не перерабатываются в регионе.
4. Предложить технологическую схему переработки пластиковых отходов и подобрать оборудование.
5. Произвести эколого-экономическое обоснование эффективности и целесообразности предлагаемой технологии.



Рис. 3. Алгоритм выбора наилучшей доступной технологии

ПВХ – это синтетический полимер, активно применяемый во многих отраслях промышленности, в том числе для производства упаковок, промышленных и бытовых товаров. При своей невысокой стоимости ПВХ отличается прочностью, долговечностью и высокой термической и химической стойкостью.

По своему химическому составу поливинилхлорид состоит из элементов углерода, водорода и хлора. Несмотря на то, что большинство отходов ПВХ, согласно ФККО, относятся к IV классу опасности (малоопасным), в естественных условиях процесс разложения поливинилхлорида занимает сотни лет и сопровождается загрязнением почвы хлорными соединениями [6].

Оптимальным решением данной проблемы является утилизация отходов ПВХ, которая позволит уменьшить негативное влияние на окружающую среду и повторно использовать полученное сырье. На сегодняшний день существует несколько способов утилизации ПВХ, одним из которых является пиролиз.

Пиролиз полимерных отходов – это термическое разложение полимеров в бескислородной среде при температуре около 600°C . Для переработки отходов пластика ПВХ предлагается использовать пиролизную установку LL-2200-5100, технологический процесс которой представлен на рис. 4 [7, 8].



Рис. 4. Технологический процесс

Технологический процесс начинается с того, что в пиролизную установку загружаются отсортированные отходы ПВХ. Затем газовая горелка нагревает реактор пиролизной установки. При достижении температуры в реакторе от 250°C до 350°C начинают образовываться нефтяные фракции. Далее нефтяные газы попадают в сепаратор, где происходит конденсация пиролизного масла, а затем они попадают в каталитическую колонну, в которой происходит активное разрушение молекул углеводородов, что повышает выход пиролизного масла. Затем газы попадают в кожухотрубный холодильник, где пиролизное масло охлаждается, конденсируется и накапливается в баке для топлива. Также в системе остаются горючие газы, которые возвращаются в систему теплоснабжения для поддержания процесса пиролиза. После завершения включается автоматическая выгрузка полукокса из печи [7].

Преимуществами данной технологии является: возможность очистки газов и возвращение их обратно в производственный процесс; простота эксплуатации и

технического обслуживания; легкость хранения и транспортировки отходов пиролиза; Автоматический режим работы; уничтожение большого количества вредных веществ.

В результате пиролиза отходов ПВХ будут получены следующие продукты пиролиза [8]:

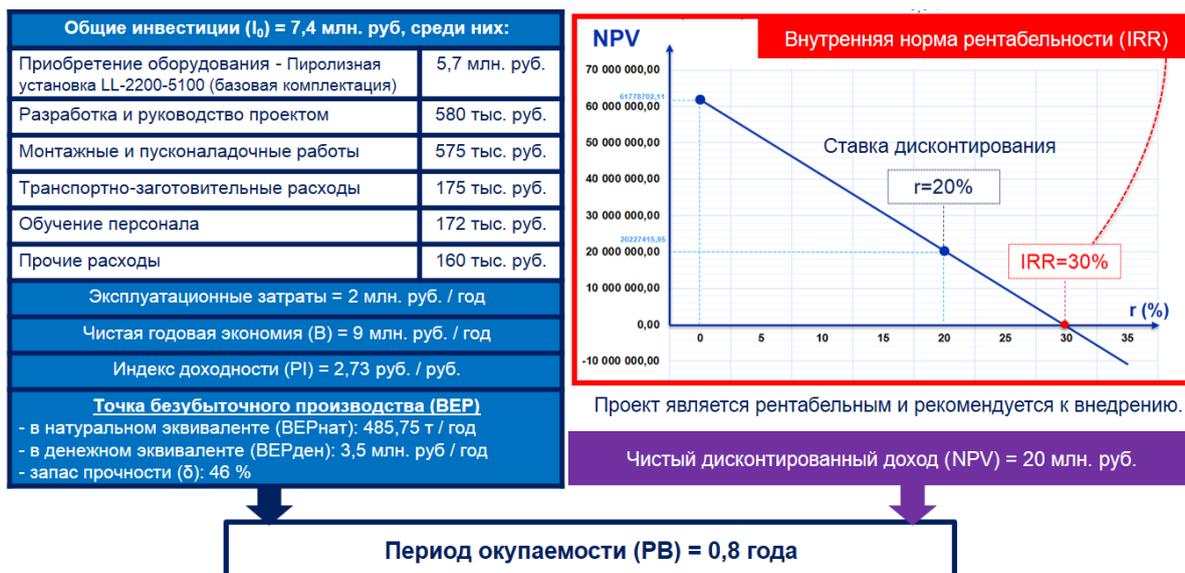
- пиролизное масло: 60-70% от веса загрузки. Средняя теплота сгорания 22-25 МДж/кг. Можно использовать в качестве моторного топлива, либо в качестве топлива для котельных и ТЭЦ;

- полукокс: 30-35% от веса загрузки. Средняя теплота сгорания 31-35 Мдж/кг. Можно брикетировать и использовать в качестве печного топлива;

- пиролизный газ: 20-65% от веса загрузки. Средняя теплота сгорания 16-22 МДж/м³. Рекомендуется использовать в системе теплоснабжения для поддержания процесса пиролиза.

В данной работе предлагается использовать полукокс и пиролизный газ для получения дополнительной энергии, а пиролизное масло выставить на продажу для получения прибыли. Общий объем производства пиролизного масла составит 900 т/год. На сегодняшний день стоимость 1 т. пиролизного топлива примерно равна 10 000 руб. [9, 10].

При общих инвестициях в 7,4 млн. руб., эксплуатационных затратах в 2,3 млн. руб. и чистой дисконтированной прибыли в 20 млн. руб. исследование является эффективным и окупится практически за 1 год (рис. 5) [5].



Период окупаемости (PB) = 0,8 года

Рис. 5. Техничко-экономические показатели исследования

Из графика, представленного на рис. 5, можно сделать вывод, что проект рентабелен, его внутренняя норма рентабельности составляет не менее 30% [11]. Точка безубыточного производства подтверждает рентабельность проекта в натуральном и денежном эквиваленте с достаточным запасом прочности.

В результате реализации предлагаемой технологии в Республике Коми будут получены не только экологические и экономические, но и социальные результаты: сокращение скопившихся отходов ПВХ; использование продуктов пиролиза как дополнительного источника энергии; получение прибыли от продажи продуктов пиролиза; создание новых рабочих мест.

Литература

1. Исследования // Finexpertiza [Электронный ресурс]. URL: <https://finexpertiza.ru/press-service/researches/2020/rekord-proizvodstv-otkhod/> (дата обращения: 01.11.2020).
2. Постановление Правительства РК от 16 февраля 2018 г. N 95 «О региональной программе Республики Коми в области обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, на 2018 – 2028 годы» // Региональная программа. 2018. 36 с.
3. Волкова А.В. Рынок утилизации отходов // Национальный исследовательский университет – Высшая школа экономики. – Москва : Центр развития. 2018. URL: <https://dcenter.hse.ru/data/2018/07/11/1151608260/Рынок%20утилизации%20отходов%202018.pdf> (дата обращения: 25.10.2020).
4. Приказ Правительства Республики Коми от 21 марта 2018 г. N 137-р “Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами Республики Коми”. URL: <http://law.rkomi.ru/files/65/25868.pdf> (дата обращения: 10.10.2020).
5. Сергиенко О.И., Савоскула В.А., Павлова А.С. Наилучшие доступные технологии и организация экологически более чистого производства: Учебно-методическое пособие. СПб.: Университет ИТМО. 2018. 36 с.
6. Технология производства поливинилхлорида (ПВХ) // Сшито [Электронный ресурс]. URL: <https://pobiv.ru/ispolzovanie-i-uhod/chto-znachit-pvh-material.html> (дата обращения: 13.12.2020).
7. Пиролиз отходов // ПризОйл [Электронный ресурс]. URL: <http://pyrolysisplant.ru/main-ru/carbon/> (дата обращения: 01.11.2020).
8. Пиролизная установка // ПризОйл [Электронный ресурс]. URL: <http://pyrolysis.promportal.su/goods/1786664/piroliznaya-ustanovka-zagruzka> (дата обращения: 01.11.2020).
9. Пиролизное масло в России // PromPortal.su [Электронный ресурс]. URL: <https://promportal.su/tags/71384/piroliznoe-maslo/> (дата обращения: 24.11.2020).
10. Переработка и утилизация опасных отходов // Пиролизное топливо [Электронный ресурс]. URL: <https://rtut-arb.ru/productions/piroliznoe-toplivo/> (дата обращения: 28.11.2020).
11. Методология и практика чистого производства [Текст] : учеб. пособие / Коньк О.А., Жиделева В.В., Пунигина В.С. [и др.] ; отв. ред. Жиделева В.В.; Сыкт. лесн. ин-т. Сыктывкар : СЛИ. 2015. 196 с.



Кузнецова Анна Павловна
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т41502с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: anayaspln@yandex.ru



Молодкина Нелли Ринатовна
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: nrkh25@hotmail.com

УДК 504

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА О МЕТОДАХ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

А.П. Кузнецова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Р. Молодкина

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

Аннотация

В работе рассмотрены методы переработки органических отходов, в частности, компостирование, также рассмотрены применяемые в России методы компостирования. Внимание акцентировано на методиках моделирования контролируемых условий процесса компостирования для определения степени биоразложения материалов. Проведено сравнение международных стандартов, проанализирован опыт российских и зарубежных исследователей. Выбрана методика для дальнейшего проведения экспериментов.

Ключевые слова

Компостирование, органические отходы, определение степени биоразложения, биоразлагаемые материалы, контролируемое компостирование, лабораторное компостирование.

При ежегодном выносе питательных веществ с урожаем свыше 13 млн. тонн в сельско-хозяйственном секторе подвергается переработке только 2,7 млн. тонн органических отходов [1]. Объем всех органических отходов, подвергающихся захоронению, составляет 15-20 млн. тонн [1]. Это количество органических отходов составляет 30-40% от объема органических удобрений, которые используются в сельском хозяйстве в России. Органические отходы в случае их попадания на свалку являются основным источником санитарно-эпидемиологической опасности и неприятных запахов. Для крупных городов это является серьезной опасностью. В связи с этим требуется выделение органических отходов из массива твердых бытовых отходов

для их отдельной переработки. Применение методов компостирования позволит использовать органические отходы для обеспечения сельского хозяйства экологически чистыми органическими удобрениями, воплощая принципы циркулярной экономики. Кроме того, применение процессов компостирования снизит эпидемиологическую опасность и выделение неприятных запахов.

Применение методов компостирования также может обеспечить внедрение биоразлагаемых компостируемых материалов в качестве замены пластика. Такие материалы перерабатываются в условиях контролируемого компостирования. Однако в настоящий момент в России отсутствуют центры экспертного анализа биодegradации, в связи с чем материалы, заявляемые как биоразлагаемые, могут не являться таковыми. Кроме того, многие биоразлагаемые материалы закупаются в Европе, либо же ввозятся их аналоги из Китая, с сомнительным качеством.

Использование процессов компостирования может обеспечить не только переработку органических отходов, но и сыграть роль в переходе от пластика к более безопасным компостируемым биоразлагаемым материалам.

В России используется как аэробное, так и анаэробное компостирование. Открытым компостированием, которое является наиболее простым и дешевым в технологическом воплощении, занимается компания «Новый Свет» в Ленинградской области. Ведущей компанией по внедрению и организации процессов компостирования считается компания «Агрокомпост» в Москве. В настоящее время данная компания в основном занимается закрытым компостированием. В рамках проекта «Органика – не мусор» общественной организации Санкт-Петербурга производится сбор органических отходов и их переработка в удобрения с помощью вермикомпостирования. Анаэробное компостирование в России в основном применяется для переработки иловых осадков сточных вод. Активно внедряют технологии анаэробного компостирования с получением биогаза в Екатеринбурге, в МУП «Водоконал». Получаемый биогаз организация использует для подпитки котельной.

После изучения вопросов промышленного компостирования работа была сосредоточена на поиске методик моделирования деградации биоматериалов в условиях управляемого компостирования.

На данный момент в России существует серия ГОСТов, определяющих возможные методы определения биоразложения пластмасс. По рассматриваемым стандартам является возможным определять биоразложение не только традиционных пластмасс, но и новых материалов, то есть рассматриваемых компостируемых материалов. Данные стандарты являются переведенными международными стандартами, в статье кратко рассмотрены существующие стандарты и отмечены их различия.

Первым рассмотренным стандартом является ГОСТ Р 57225-2016, основанный на международном стандарте ISO 20200:2015. Данный метод устанавливает определение степени разложения гравиметрическим методом. Исследуемые кусочки образца, степень разложения которого требуется определить, помещают в компост, представляющий смесь синтетических твердых отходов и зрелого компоста. В ходе протекания компостирования в контролируемых условиях, исследуемый образец разрушается. Степень разложения определяется путем просеивания полученного компоста через сито с ячейками 2 мм. Просеивание приводит к отделению части материала, не подвергшейся биоразложению. Разность масс до и после эксперимента используют для расчета степени биоразложения.

Следующие два государственных стандарта можно объединить по методу определения степени биоразложения – по выделению углекислого газа – ГОСТ Р 57224-2016 (ISO 14855-1:2012) и ГОСТ Р 57219-2016 (ISO 14855-2:2007). Первый ГОСТ подразумевает определение степени биоразложения по сравнению выделившегося CO_2 при компостировании исследуемого материала и выделившегося CO_2 при

компостировании эталонного материала в условиях контролируемого компостирования.

Скорость биоразложения определяется в ГОСТ Р 57219-2016 при помощи абсорбции в колонке, в качестве абсорбента используется смесь натровой извести и соды-талька. Образец испытуемого материала, подобно предыдущим методам, перемешивают со зрелым компостом и инертным материалом, в качестве которого может выступать морской песок. Степень биоразложения, согласно данному ГОСТу, определяется сравнением количества выделившегося углекислого газа с его возможным теоретическим количеством.

Еще одну методику исследования степени разложения устанавливает ГОСТ Р 57226-2016 (ИСО 16929:2013). Исследуемый образец в данном методе перемешивается со свежими биоотходами (древесная щепа, корм для кролика, фруктовые и овощные отходы) в точной концентрации. Определение разложения исследуемого материала обеспечивается сравнением массы сухого вещества после компостирования, полученной в результате просеивания через сито с ячейкой 2, и испытанного количества образца.

Основными отличиями перечисленных методик являются: состав компоста (зрелый или полученный из смеси), объем емкостей для проведения эксперимента (варьируется от 0,5 дм³ до 35 дм³), соотношение масс компоста и исследуемого материала. Температурный режим для всех методик составляет 58±2°С.

За рубежом особое внимание уделяется производству биоразлагаемых материалов и полному переходу на такие материалы в повседневной жизни. Существующие российские ГОСТы являются переведенными международными стандартами ISO, вследствие этого особое внимание было уделено иностранным исследованиям. Особый интерес представляет работа, в которой был применен международный стандартный тест на биодegradацию пластмасс в почве (ISO 17556- 2012, в настоящее время пересмотрен и записывается как ISO 17556:2019). Данный стандарт не переведен на русский язык, однако активно используется для проведения исследований и определения степени биоразложения за рубежом. Отличительной чертой данной методики является определение степени биоразложения в смеси почвы и зрелого компоста при температуре из промежутка 20-28°С. Данные условия являются наиболее близкими к условиям окружающей среды. Степень биоразложения определяется по выделению CO₂ с помощью титрования [2, 3]. В связи с этим данная методика является наиболее простой и реальной к применению в первых пробных испытаниях, так как не требует сложных схем и специфичных процедур анализа по сравнению с другими методиками.

Сравнение методик изображено графически на рисунке.

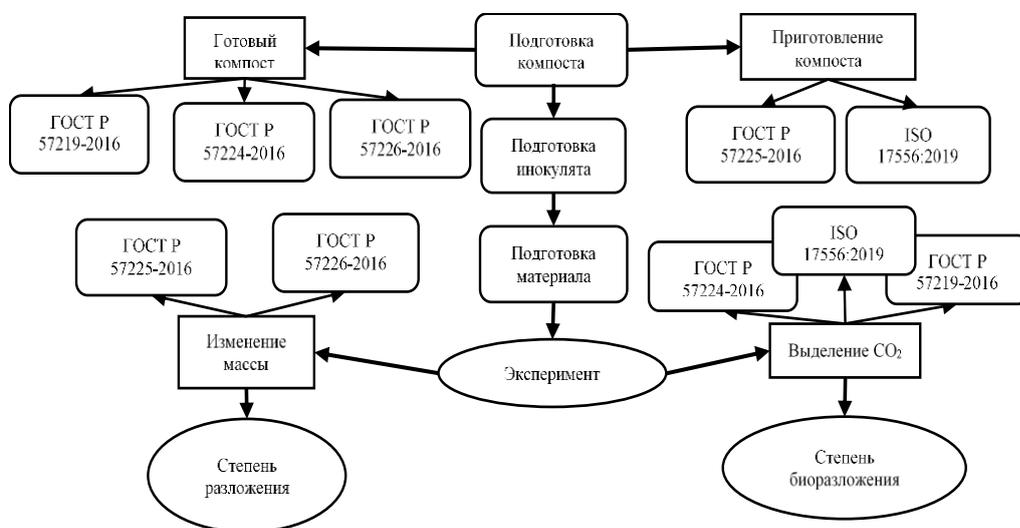


Рисунок. Сравнение методик организации контролируемых условий компостирования для определения деградации материала

Обзор научных исследований, проведенных как в России, так и за рубежом, показал, что в нашей стране методики, установленные государственными стандартами, почти не используются. В большей степени исследователи утверждают о способности к биодegradации, основываясь на изменении физико-механических свойств. Однако такие выводы являются поспешными, и опираясь на стандарты, их затруднительно признать справедливыми. Небольшое количество исследователей, следующих методикам государственных стандартов, как правило, не уточняют условия проведения экспериментов, что вызывает некоторые сомнения о возможной степени доверия к представленным ими результатам. В тех же случаях, когда условия проведения опытов отражены в работах, обнаруживается некоторое несоответствие методикам, отраженным в ГОСТах [4]. Опыт зарубежных исследователей показывает, что кроме описанных методик, подтвержденных опытным путем, как ISO 14855-2, активное применение нашла методика, установленная ISO 17556:2019 [2, 3].

В ходе работы были рассмотрены иностранные, а также российские стандарты и исследования определения биодegradации материалов. Было выявлено отсутствие единства и упорядоченности в российских государственных стандартах на тему определения степени биодegradации. В России в основном применяется открытое компостирование, в то время как в Европе популярностью пользуется метаногенерация. Моделирование процесса компостирования в лаборатории позволит определить биоразлагаемость материалов, что позволит проводить экспертную оценку биодegradации материалов. В дальнейшем планируется провести определение степени биоразложения по двум изученным методикам. В качестве исследуемого материала также будет выступать биоразлагаемый материал, созданный в рамках научно-исследовательского проекта.

Литература

1. Луканин А.В. Инженерная экология: защита литосферы от твердых промышленных и бытовых отходов. - М.:ООО «Научно-издательский центр ИНФА-М», 2018 – 556 с.
2. Ardisson G.B. et al. Biodegradation of plastics in soil and effects on nitrification activity. A laboratory approach // *Frontiers in Microbiology*. Frontiers Research Foundation. 2014. Vol. 5. P. 1-7.
3. Briassoulis D., Mistriotis A. Key parameters in testing biodegradation of bio-based materials in soil // *Chemosphere*. Elsevier Ltd.2018. Vol. 207. P. 18–26.
4. Кирш И.А. [и др.] Комплексное использование отходов пищевой промышленности и упаковки для создания биоразлагаемых полимерных материалов // *Пищевая промышленность*. – 2016. – N 11. – С. 46–49.



Кузьмина Ксения Вадимовна
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т42505с,
направление подготовки: 18.04.02. – Промышленная
экология и чистое производство,
e-mail: kseniia.kuzmina1@gmail.com



Агаханиянц Полина Феликсовна
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: aga-polina@yandex.ru

УДК 504.05, 624.131.3, 628.472.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОЛИГОНОВ ТКО

К.В. Кузьмина

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

Аннотация

Была проведена оценка современного состояния и прогноз возможных изменений окружающей среды для обеспечения выполнения работ по ликвидации НВОС на полигоне ТКО в объеме, необходимом и достаточном для разработки документации по проектируемым объектам и прохождения экспертиз и необходимых согласований в соответствии с требованиями законодательства РФ, нормативных технических документов федеральных органов исполнительной власти и Градостроительному кодексу РФ.

Ключевые слова

Инженерно-экологические изыскания, полигоны твердых коммунальных отходов, рекультивация полигонов ТКО, радиационное состояние, газогеохимическое состояние территории, оценка уровня загрязнения компонентов окружающей среды.

Инженерные изыскания для подготовки проектной документации строительства, реконструкции объектов капитального строительства выполняются в соответствии с Федеральным законом № 190-ФЗ [1] и обязательны в отношении объектов, для которых предусмотрена государственная экспертиза проектной документации и результатов инженерных изысканий.

Инженерно-экологические изыскания являются одним из видов основных инженерных изысканий, которые проводятся для экологического обоснования строительства и иной хозяйственной деятельности с целью предотвращения, снижения или ликвидации неблагоприятных экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий, а также сохранения оптимальных условий жизни населения.

Инженерно-экологические изыскания выполнялись в соответствии с СП 47.13330.2016 и СП 11-102-97 [1-4] по объекту: полигон твердых коммунальных отходов.

Предметом инженерно-экологических изысканий являлось состояние окружающей природной среды в районе расположения отработанного песчаного карьера, нарушенного захоронением коммунальных отходов, предполагаемого под рекультивацию.

Вид размещенных отходов – отходы твердые коммунальные IV-V класса опасности, промышленные отходы III класса опасности.

Средняя мощность накопленных отходов – 10-12 м, при этом величина данного параметра колеблется от 2 до 14 м.

Годовой объем поступления отходов составлял 112,5 тыс. т.

Максимальный объем уплотненных отходов оценивается в 2,5 – 3 млн. куб. м.

Полевые работы включали:

- рекогносцировочное обследование территории площадью 209782 кв. м;
- маршрутные наблюдения с описанием компонентов природной среды и ландшафтов в целом, оценкой фактического состояния территории, фиксацией наличия зон локального загрязнения почвенного покрова, природных вод, источников негативного воздействия на атмосферный воздух и гидросистему, наличие опасных природных и природно-антропогенных процессов экологического характера;

- экологическое опробование компонентов окружающей природной среды.

Отбор проб (опробование) почво-грунтов выполнялся для исследования на:

- химические показатели, с интервала 0,0-0,2 м методом «конверта» путем формирования объединенной пробы из 5-ти точечных проб с пробной площадки размером не более 25*25 м. Послойный отбор проб с интервалов 0,2-1,0 м; 1,0-2,0 м; 2,0-3,0 м путем формирования объединенной по глубине пробы. Глубина отбора достаточна для обеспечения оценки состояния почвогрунтов на глубину их разработки;

- эпидемиологическую безопасность (микробиологические и санитарно-паразитологические показатели), с интервала 0,0-0,2 м методом «конверта» путем формирования объединенной пробы из 5-ти точечных проб с пробной площадки размером не менее 10*10 м;

- токсикологические показатели, формированием 4-х объединенных проб с интервалов 0,0-0,2 м; 0,2-1,0 м; 1,0-2,0 м; 2,0-3,0 м, отобранных с участка свалки по периметру свалочных масс;

- агрохимические показатели, для определения почвенных разностей и оценки мощности плодородного слоя почвы пробы отбирались из разрезов в виде полуям или прикопок, выполненных до материнской (подстилающей) породы; количество проб определялся наличием генетических горизонтов в почвенном разрезе, ориентировочно 3 пробы на разрез. Первый горизонт, как правило, определяется глубиной до 0,1 м, далее глубже в зависимости от выявленных границ почвенных разностей;

- радионуклидный состав для определения эффективной удельной активности естественных радионуклидов (Th-232, K-40, Ra-226) и удельной активности цезия (Cs-137). Пробы отбирались с интервалов 0,0-0,2 м; 0,2-1,0 м; 1,0-2,0 м; 2,0-3,0 м, по периметру свалочных масс. Распределение пунктов отбора проб по участкам расположения объекта осуществлялось таким образом, чтобы быть достаточным для оценки общей безопасности почвогрунтов по данному фактору.

Пункты отбора для исследования на химические показатели и эпидемиологическую безопасность устанавливались по периметру тела свалки на участках, свободных от свалочных масс, и в 500-метровой зоне от границ участков, занимаемых свалкой. Для оценки «фонового» содержания элементов в зональных почвах региона выполнялся отбор 2-х проб почв вне сферы антропогенного воздействия, господствующих направлений ветров, промышленных зон и их СЗЗ в соответствии с п. 4.21 СП 11-102-97 [4].

При опробовании почво-грунтов учитывались требования СП 47.13330.2016, СанПиН 2.1.7.1287-03, ГОСТ 17.4.3.01-2017, ГОСТ 17.4.4.02-2017, ГОСТ 28168-89.

Отбор проб поверхностной природной воды выполнялся для исследования на обобщенные, химические, микробиологические и санитарно-паразитологические показатели из понижений рельефа и канав, заполненных водой в период проведения полевых работ, а также из выявленных в 500-метровой зоне водных объектов. По глубине устанавливался один горизонт 0,2 до 0,5 м от поверхности воды.

При отборе, хранении и транспортировке проб учитывались требования ГОСТ 31861-2012, ГОСТ 17.1.5.05-85.

Отбор проб подземной природной воды выполнялся для исследования на обобщенные, химические, микробиологические и санитарно-паразитологические.

При установке пунктов учитывался наклон рельефа таким образом, чтобы установить пункты отбора выше и ниже по потоку движения подземных (грунтовых) вод. Пробы отбирались из верховодки или первого от поверхности водоносного горизонта после желонирования или прокачки скважины (шурфа) и восстановления уровня воды.

При отборе, хранении и транспортировке проб следует учитывать требования ГОСТ 31861-2012.

Отбор проб донных отложений из водных объектов выполнялся с учетом требований ГОСТ 17.1.5.01-80 для исследования на химические показатели и радионуклидный состав.

Пункты отбора донных отложений совпадали с пунктами отбора природной поверхностной воды. Глубина отбора 0,0-0,1 м (придонный горизонт).

Отбор проб отходов свалочных масс выполнялся с учетом требований ПНД Ф 12.4.2.1-99 для определения морфологического состава, влажности, токсичности (методом биотестирования), химического состава минеральной (грунтовой) фракции.

Радиационное обследование территории объекта выполнялось на основании и в соответствии с МУ 2.6.1.2398-08 в составе следующих видов работ:

- пешеходная гамма-съемка участков по прямолинейным профилям, расстояние между профилями 5 м, высота блока детектирования от земли 0,1-0,3 м;
- измерение мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАД) на участках в контрольных точках, установленных в пунктах с максимальными показаниями при пешеходной гамма-съемке или равномерно распределенных по территории из расчета не менее 10 точек на 1 га, высота блока детектирования от поверхности земли 1 м.

Инструментальные измерения факторов физического воздействия (шум) проводились в соответствии СН 2.2.4/2.1.8.562-96, ГОСТ 23337-2014 [5].

Газогеохимические исследования выполнялись на участке размещения свалочных масс свалки для оценки газогенерирующей способности свалочных масс санкционированной свалки твердых коммунальных отходов, предполагаемой под рекультивацию, путем поверхностной и шпуровой съемки на основании инструментальных измерений в поверхностном и почвенном воздухе содержания метана, углекислого газа, кислорода, сероводорода.

В таблице представлены виды и объемы проведенных работ. На рис. 1 и 2 представлены точки отбора проб, а также визуально показаны оценки состояния природной поверхностной воды, оценка состояния почвогрунтов.

На основании вышеизложенного проведен предварительный прогноз неблагоприятных изменений природной и техногенной среды, даны рекомендации и предложения по их снижению и предотвращению, а также приведены предложения к Программе экологического мониторинга на период проведения строительных работ.

Виды и объемы проведенных работ

1	Маршрутные наблюдения и рекогносцировочное обследование	выполнено в полном объеме
2	Радиационное обследование	
2.1	Пешеходная гамма-съёмка в поисковом режиме земельного участка с измерением МАД гамма-излучения	209782 га, 210 точек измерений
3	Измерение физических факторов воздействия	
3.1	Уровней шума	- 5 пунктов / 18 точек измерений - в дневной период
4	Геоэкологическое опробование и лабораторные исследования компонентов природной среды	
4.1	Отбор и исследование проб почвогрунтов на показатели: - химические	18 проб на участке, 8 проб в 500-метровой зоне, 2 «фоновых» пробы
	- микробиологические и санитарно-паразитологические	6 объединенные пробы
	- токсикологические	4 объединенные пробы
	- радионуклидный состав	4 пробы
	- агрохимическое состояние	3 пробы
4.2	Отбор и исследование проб природной воды на химические, микробиологические и санитарно-паразитологические показатели: - поверхностной воды - подземной (грунтовой) воды и сточной воды (фильтрата)	4 пробы 3 пробы подземной (грунтовой) воды, 1 проба сточной воды (фильтрата)
4.3	Отбор и исследование проб донных отложений на хим показатели и радионуклидный состав	4 пробы
4.4	Отбор и исследование отходов (свалочных масс)	4 пробы
4.5	Газогеохимическая оценка состояния территории	10 пунктов поверхностной газовой съёмки, 5 пунктов шпуровой газовой съёмки



- участок производства работ
- границы свалочных масс
- - направление (пути) миграции загрязнений
- - направление формирования потока подземных (грунтовых) вод
- 500-метровая зона вокруг участка производства работ
- водоохранная зона водного объекта
- ближайшая жилая застройка
- граница ООПТ РЗ
- участки земель лесного фонда

- №8 ● - пункт отбора почвогрунтов в 500-метровой зоне участка производства работ для исследования на химические показатели с интервала 0,0-0,2м
- №13-ф ● - пункт отбора проб "фоновых" почв для исследования на химические показатели с интервала 0,0-0,2м
- №1 ● - пункт отбора поверхностной воды и донных отложений для исследования на обобщенные, химические показатели, эпидемиологическое состояние
- №1гв ● - пункт отбора подземной (грунтовой) воды для исследования на обобщенные, химические показатели, эпидемиологическое состояние
- №1-Ш Ш - пункт измерения шума, значение измеренного уровня эквивалентного/максимального шума

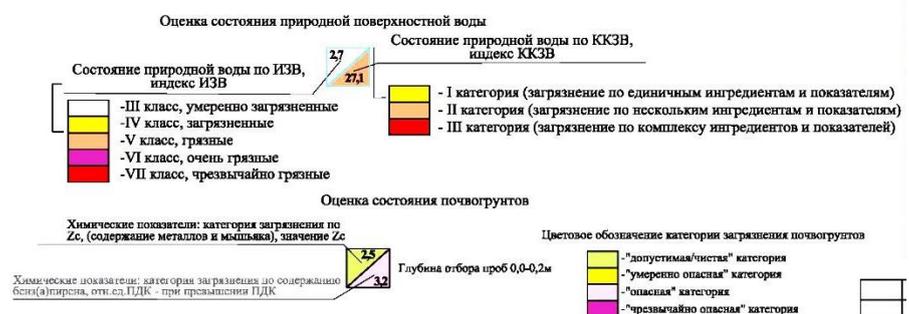


Рис. 1. Карта-схема современного состояния района расположения объекта. Лист 1

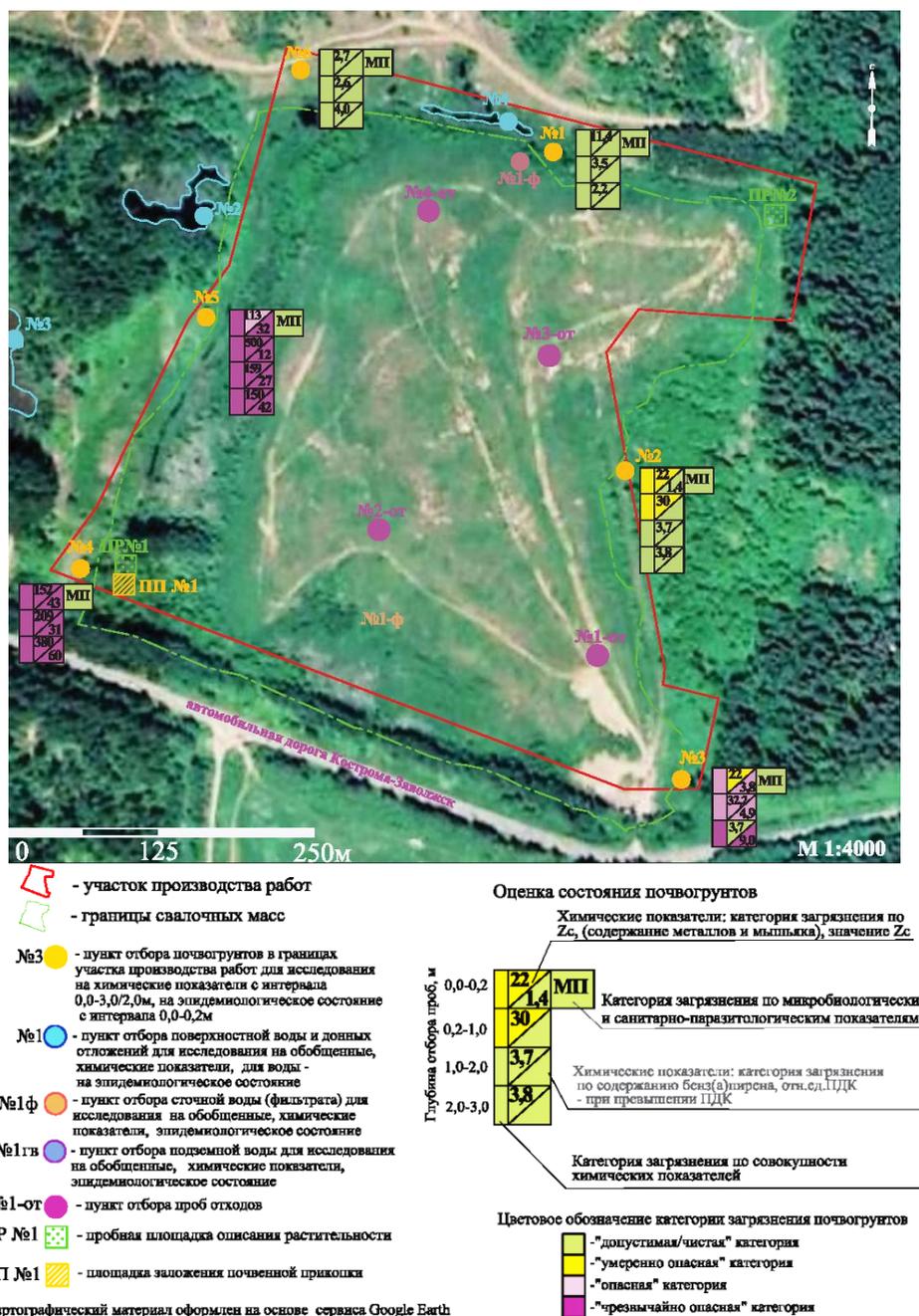


Рис. 2. Карта-схема современного состояния района расположения объекта. Лист 2

Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. N 190-ФЗ // «Российская газета» от 30 декабря 2004 г.
2. СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96».
3. СП 320.1325800.2017 «Полигоны для твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация и рекультивация».
4. СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства».
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

Курникова Наталия Владимировна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
аспирант группы №7951,
направление подготовки: 05.18.07 – Биотехнология пищевых
продуктов и биологически активных веществ,
e-mail: nvkurnikova@itmo.ru

Молодкина Нелли Ринатовна

Год рождения: 1984
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий
к.т.н.,
e-mail: nrmolodkina@itmo.ru

Сергиенко Ольга Ивановна / Olga I. Sergienko

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

УДК 504.3.054

**МОДЕЛИРОВАНИЕ АССОЦИАЦИИ
МИКРООРГАНИЗМОВ-ДЕСТРУКТОРОВ
ДУРНОПАХНУЩИХ ВЕЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ
ОТРАБОТКИ МЕТОДА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА**

**Н.В. Курникова, 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

Очистка газообразных выбросов от дурнопахнущих веществ является перспективным методом научных и технологических разработок. Среди иных, уже применяемых на предприятиях животноводческого профиля установок очистки воздуха нет направленной именно на разрушение дурнопахнущих веществ. Использование установок биологической очистки признается в Европе одной из наилучших технологий борьбы именно с неприятнопахнущими веществами. Очищение воздуха в установках подобного типа проводится ассоциацией микроорганизмов-деструкторов. Проведенный метагеномный анализ выявил наличие несколько видов-деструкторов неприятно пахнущих веществ в активном иле птицефабрик. Среди обнаруженных видов-деструкторов аммиака доминирует *Candidatus Nitrocosmicus* (около 5 процентов исследованного генома).

Ключевые слова

Микробное сообщество, биофльтрация воздуха, очистка воздуха, дурнопахнущие вещества, активный ил, птицефабрика, микроорганизмы-деструкторы.

Введение

Одним из факторов, обуславливающих неблагоприятное влияние птицеводческих фабрик на окружающую среду, является наличие неприятно пахнущих веществ в составе газовоздушных выбросов этих предприятий. Эти запахи составляют проблему для сотрудников птицефабрики, а также для жителей близлежащих населенных пунктов [1, 2]. Учащающиеся жалобы жителей в надзорные органы создают неблагоприятный имидж птицефабрик и, в итоге, могут вести к усилению санкционной политики в отношении предприятия-нарушителя. Последнее обусловлено разработкой и внедрением методик контроля за выбросами неприятно пахнущих веществ (в частности, в период с 2015 до 2019 были выпущены несколько стандартов ГОСТ 32673-2014, ГОСТ Р 58578-2019 «Правила установления нормативов и контроля выбросов запаха в атмосферу»). Кроме того, в законодательные органы нескольких субъектов РФ вносят на рассмотрение пакеты поправок по мониторингу запахов [3].

Все вышеперечисленное обуславливает потребность в разработке новых решений и внедрению новых методик по очистке газов от неприятно пахнущих веществ. Нами было выдвинуто предположение, что в рамках модельного птицеводческого предприятия биологический метод очистки газов сможет эффективно удалять неприятно пахнущие вещества из газовоздушных выбросов.

Биологическая очистка воздуха (или биофильтрация), по-видимому, является старейшей биотехнологией, используемой для обеззараживания выбросов отработанного воздуха. В первой половине XX века биофильтрация использовалась главным образом для контроля выбросов неорганических веществ, содержащих запах в тех случаях, когда необходимо было удалять небольшие количества загрязняющих веществ из больших воздушных потоков. Биофильтрация представляет собой технологию, основанную на биологической очистке потоков загрязненного воздуха, содержащих биоразлагаемые летучие органические и неорганические загрязнители, с помощью аэробных, а иногда и анаэробных микроорганизмов, которые иммобилизуются на пористом твердом материале или в жидкой фазе. Для эффективного удаления путем биофильтрации загрязняющие вещества должны обладать тремя основными характеристиками:

- хорошей биоразлагаемостью,
- нетоксичностью
- хорошей растворимостью в воде, поскольку загрязняющие вещества обеспечивают микроорганизмы пищей и энергией для поддержания жизни и роста.

Несмотря на то, что системы биофильтрации могут быть простыми и недорогими, фундаментальные механизмы обработки, задействованные в их работе, сложны, поскольку удаление загрязнителей воздуха является результатом многоступенчатых взаимозависимых физико-химических и биологических процессов, таких как адсорбция, абсорбция и микробная деградация, которые происходят внутри биопленки (рис. 1).



Рис. 1. Биофильтрация - многоступенчатая схема процесса: 1 – очистка отходящего воздуха (абсорбция); 2 – микробиологическая очистка загрязненной воды (регенерация воды)

В типичной системе биофильтрации влажный загрязненный поток воздуха непрерывно проходит через влажный пористый подстилочный материал, на который естественным образом иммобилизуются и организуются подходящие микроорганизмы в виде тонкого водного слоя биопленки, окружающего частицы подстилочного материала [6]. Во время прохождения воздуха через субстрат происходит перенос газообразных загрязняющих веществ; воздух попадает в биопленку вместе с веществами-загрязнителями. Затем загрязняющие вещества разлагаются акклиматизированными микроорганизмами, колонизирующими биопленку, которые включают их в биомассу микроорганизмов или используют в качестве источников энергии, в то время как кислород для биологической активности микробов непосредственно подается воздушным потоком. В то же время внутри биопленки происходит диффузия и поглощение необходимых неорганических питательных веществ, таких как доступные формы азота, калия, фосфора. Микроорганизмы играют важную роль в биодеградации, вступая в прямое взаимодействие с загрязняющими веществами [5].

Материалы и методы

Лабораторная установка состояла из емкости, наполненной пометом и бутылки для культивирования микроорганизмов (рис. 2). Генерация запаха происходила в герметичном ПЭТ-резервуаре объемом 5 л, заполненном пометом. Сквозь помет через дырчатую трубку компрессором нагнетался воздух с расходом 300 м³/мин, который затем подавался через минеральный аэратор, расположенный на дне резервуара, в стеклянную бутылку объемом 5,5 л и наполненную смесью дистиллированной воды и активного ила. Дополнительное перемешивание создавалось магнитной мешалкой (позднее заменена на водяную баню), температура внутри бутылки должна была составлять 30 °С. Затем воздух проходил через угольный фильтр, после чего участниками опыта оценивалось наличие неприятного запаха. Перед запуском опыта 200 мл смеси дистиллированной воды и активного ила отбирались в стеклянные емкости и хранились в холодильнике при температуре 5 °С.



Рис. 2. Изображение лабораторной установки биологической фильтрации воздуха

Для наполнения емкостей были использованы активный ил и помет, предоставленные птицефабрикой. Влажность ила составляла 88,33%. Помет предоставлялся сухим, поэтому в ходе опытов дополнительно увлажнялся дистиллированной водой. Все образцы хранились после получения при температуре 5 °С.

В данном исследовании был отобран один распространенный загрязнитель воздуха для анализа работы биофильтров и микробных сообществ - аммиак.

Расход воздуха на входе составлял 2,2 л мин⁻¹ при времени пребывания на пустом месте 46 с. Опрыскивание проводилось в течение 1 мин каждые 3 ч, что давало общий объем опрыскивания 90 мл. Питательная среда обновлялась каждые 3-4 дня, рН среды контролировался на уровне 6,5-7,2, а температура варьировалась от 25 до 32 °С.

Используемая питательная среда состояла из 10 г NaNO₃, 2,56 г Na₂HPO₃ и 1,66 г KН₂PO₃ на литр воды, а значения рН варьировались от 6,5 до 7,2. Среду засыпали взвешенным активным илом, а упаковочные материалы объемом 1,7 л заливали в биофильтр после пропитывания 1 л суспензии активного ила в течение часа.

Для контроля нарастания массы микроорганизмов проводилось ежедневное измерение оптической плотности на приборе Фотометр КФК-3-01-«ЗОМЗ» (Россия), контролировался рН суспензии активного ила (с помощью тест-системы MColorpHast, Германия). Контроль поглощения аммиака проводился измерением уровня содержания иона аммония в растворе активного ила (потенциометрический метод). Измерение концентрации иона аммония проводилось ежедневно.

Анализ микробного генома проводился на базе лаборатории ФГБНУ ВНИИСХМ по следующей технологии. Для выделения ДНК из образцов был использован набор реактивов (MACHEREY-NAGEL NucleoSpin Soil) компании MACHEREY-NAGEL (Германия) согласно инструкции производителя.

Таксономический состав бактериального сообщества определяли на основании анализа ампликонных библиотек фрагментов рибосомальных оперонов.

Таксономический анализ бактериального сообщества проводили с универсальными праймерами F515/R806 на вариабельный участок гена 16S рНК v3-v4 (GTGCCAGCMGCCGCGGTAA /GGACTACVSGGGTATCTAAT), специфичными для широкого круга микроорганизмов, включая бактерии и археи (Bates et al., 2010). Все праймеры имели служебные последовательности, содержащие линкеры и баркоды (необходимые для секвенирования по технологии Illumina). ПЦР была проведена в 15 мкл реакционной смеси, содержащей 0,5 – 1 единицу активности полимеразы Q5® High-Fidelity DNA Polymerase (NEB, США), по 5 пкМ прямого и обратного праймеров, 10 нг ДНК-матрицы и 2нМ каждого dNTP (Life Technologies). Смесь денатурировали при 94°С 1 мин., после чего следовало 35 циклов: 94°С – 30 с, 50°С – 30 с, 72°С – 30 с. Финальная элонгация проводилась при 72°С 3 мин. ПЦР продукты очищали по рекомендованной Illumina методике [4] с использованием AMPureXP (BeckmanCoulter, США). Дальнейшую подготовку библиотек проводили в соответствии с инструкцией производителя MiSeq Reagent Kit Preparation Guide (Illumina). Библиотеки секвенировали в соответствии с инструкцией изготовителя на приборе Illumina MiSeq (Illumina, США) с использованием набора реактивов MiSeq® ReagentKit v3 (600 cycle) с двусторонним чтением (2*300 н). Данные, полученные в результате секвенирования образцов, обрабатывались с использованием пакетов ПО «Trimmomatic» (Bolger et al., 2014) и «QIIME» (Caporaso et al. 2010b). На первом этапе производился первичный анализ качества прочтения, отбор последовательностей на основе качества чтения отдельных оснований (basepairquality), объединение парно-концевых последовательностей с участком перекрытия не менее 35 оснований, а также удаление последовательностей, длина которых составляет менее 180 п.н. На втором этапе обработки осуществлялось удаление из библиотек всех служебных участков (праймеров), а также

последовательностей, содержащих протяженные гомополимерные повторы. При анализе бактериальных сообществ использовался *de novo* ОТЕ-пикинг. Таксономическая идентификация ОТЕ проводилась с помощью базы данных RDP (SILVA) [4].

Результаты

Вне зависимости от условий проведения опыта рН в бутылки постепенно изменяется в диапазоне от 4,5 в начале эксперимента до 7,0-8,5 в последний день. Оптическая плотность жидкости росла с увеличением времени культивирования и концентрации ила в растворе. Раствор темнел. При добавлении питательной среды в бутылку оптическая плотность спустя некоторое время начинала падать.

В бутылки с растворенным илом происходило активное насыщение раствора аммиаком. Наблюдался устойчивый рост концентрации ионов NH_4^+ . Концентрация аммония, измеренная в конце третьего опыта, составила 900 мг/л (рис. 3).

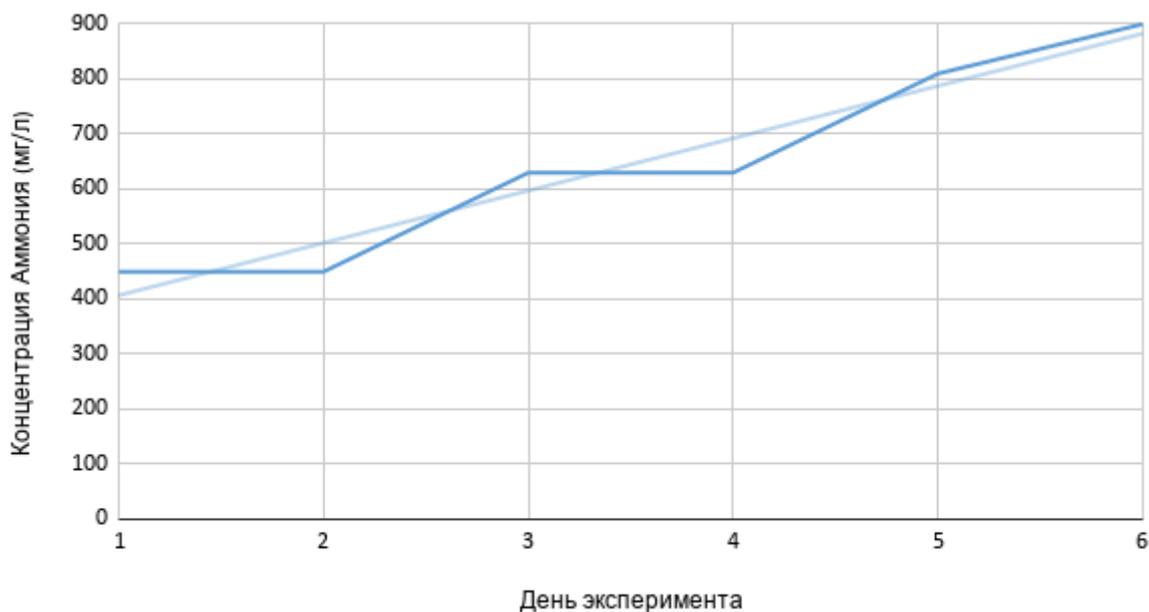


Рис. 3. Динамика изменения содержания иона аммония в растворе активного ила

Проведенный метагеномный анализ выявил наличие несколько видов-деструкторов неприятно пахнущих веществ в активном иле птицефабрики. Среди обнаруженных видов-деструкторов аммиака доминирует *Candidatus Nitrocosmicus* (около 5 процентов исследованного генома), также в пробе ила присутствовало небольшое количество организмов рода *Nitrosomonas spp.* – (0,2% от генома). Другие виды участвующие в разложении аммиака, в генотипе микроорганизмов активного ила найдены не были, а именно *Nitrobacter spp.*, *Arthrobacter spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Alcaligenes spp.*, *Nitrosospira spp.* Проведенный метагеномный анализ позволяет сделать вывод, что формирование сообщества микроорганизмов-деструкторов замедлено, представляется необходимым искать другой источник микрофлоры.

Литература

1. С. Феофанов. Жители поселка в Ленобласти жалуются на неприятный запах от птицефабрики. // The Village. 3.08.2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.the-village.ru/city/news/320827-lenoblast-zapah> (дата обращения 19.02.2021).

2. А. Петров «Поступали жалобы на запах навоза»: волгоградцев травили выбросы с волжской птицефабрики. // V1.ru. 01.09.2020. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://v1.ru/text/ecology/2020/09/01/69451331/> (дата обращения 19.02.2021).
3. Заксобрание Петербурга внесло в Госдуму проект о мониторинге интенсивности запаха. // ТАСС. 17.06.2020. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tass.ru/obschestvo/8750507> (дата обращения 19.02.2021).
4. A.M. Bolger, M. Lohse, B. Usadel. Trimmomatic: a flexible trimmer for Illumina sequence data // *Bioinformatics*. 2014. V. 1. №30(15). P.2114–2120.
5. F. Caicedo et al. Effect of packing material configuration and liquid recirculation rate on the performance of a biotrickling filter treating VOCs. // *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. 2018, № 93(8). P. 2299–2306.
6. J.M. Estrada, N.J.R. Kraakman, R. Lebrero and R. Muñoz A sensitivity analysis of process design parameters, commodity prices and robustness on the economics of odour abatement technologies // *Biotechnology Advances*. 2012. №30. P. 1354–1363.



Кухтенко Екатерина Викторовна
Университет ИТМО,
факультет прикладной оптики,
студентка группы № В3220,
направление подготовки: 18.03.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: ekuxtenko@gmail.com



Митропов Владимир Викторович
Университет ИТМО,
факультет энергетики и экотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: vvmitropov@itmo.ru

УДК 536.722

ЭВОЛЮЦИЯ И ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ ОПИСАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Е.В. Кухтенко

Научный руководитель – к.т.н., доцент В.В. Митропов

Аннотация

В работе охарактеризованы ключевые термодинамические подходы, позволяющие охарактеризовать климатическую модель как неравновесную систему с точки зрения многократных превращений энергии и принципа максимальной энтропии. Автором приведено описание упрощенной климатической модели, демонстрирующей связь между эффективностью цикла, производством энтропии и степенью необратимости процессов, для определения термодинамических условий инициации и завершения ледниковых периодов.

Ключевые слова

Климатическая система, первое начало термодинамики, энергия, энтропия, необратимость процессов.

На протяжении длительного времени признавалось, что климатическую модель можно охарактеризовать как неравновесную термодинамическую систему, увеличивающую энтропию за счет необратимых процессов и, если не принимать во внимание влияние нестационарных сил, поддерживающую устойчивое состояние посредством энергетического и энтропийного баланса с окружающей средой.

Первый подход, с точки зрения которого рассматривается это допущение, предполагает фокус на динамических процессах, связанных с переходом энергии системы из одной формы в другую. Описанная Э. Лоренцем [1] концепция доступной потенциальной энергии атмосферы, затрачиваемой для преобразования в кинетическую энергию движения воздуха при его адиабатическом перераспределении, позволяет определить климатическую систему как тепловую машину. Доступная потенциальная энергия в зависимости от состояния температурного поля подразделяется на энергию

зональных атмосферных потоков (от англ. zonal energy) и энергию завихрений (от англ. eddy energy), при этом циркуляция воздуха характеризуется превращением первой энергетической формы, создаваемой нагреванием воздушной массы в нижних слоях атмосферы и охлаждением в высоких, в потенциальную энергию завихрений с последующим переходом в кинетическую энергию завихрений и зональную кинетическую энергию воздушных потоков [1]. Движение последних, а также океанических течений, выражается в механической работе, рассеиваемой в турбулентном потоке и приводящей климатическую систему в новое равновесное состояние.

Второй подход акцентирует необратимость климатических процессов, связанную с принципом максимальной энтропии (MEPP, от англ. maximum entropy production principle), заключающимся в том, что неравновесная нелинейная система изменяет свое состояние таким образом, чтобы производство энтропии было максимальным [2]. Несмотря на то, что точное математическое доказательство справедливости принципа в настоящее время не приведено, примеры его эвристического применения для физического описания наблюдаемых явлений, в том числе климатических явлений, могут служить подтверждением достоверности в определенных границах применимости. Пересмотр значимости производства энтропии в ходе атмосферных процессов привел к развитию нового поколения диагностических средств, базирующихся на II законе термодинамики, для наблюдения за климатическими системами и выявления ряда закономерностей, которые могут быть использованы для построения теоретических моделей или воспроизводства предыдущих состояний системы.

В последние десятилетия были предприняты попытки описания климатических систем как тепловых машин, работающих по термодинамическому циклу Карно. Так, в работах Д. Джонсона [3] и В. Лукарини [4] была предложена модель, демонстрирующая связь между эффективностью цикла, производством энтропии и степенью необратимости процессов в климатических системах. Как в случае изоэнтропийных поверхностей, теплота поступает в систему при высоких температурах и расходуется при более низких на увеличение потенциальной энергии. Работа совершается при адиабатическом расширении и сжатии в соответствии с регулирующими процесс уравнениями [3], при этом она равна доступной потенциальной энергии, если не происходит необратимого рассеивания последней неуправляемой климатической системой, по большей части за счет превращения потенциальной энергии в кинетическую [3].

Выявление этих закономерностей оказало плодотворное влияние на исследование условий инициации и завершения ледниковых периодов с использованием упрощенной климатической модели. Так, В. Лукарини, К. Фредрихом и Ф. Лункайтом [5] была определена зависимость климатического режима не только от внешних параметров, в частности солнечной постоянной – суммарной мощности солнечного излучения, проходящего через единичную площадку, но и от предыдущих термодинамических состояний (рис. 1).

Две ветви холодного и теплого состояний климата демонстрируют существенные различия в термодинамических макропараметрах, вследствие спонтанных энергетических переходов, сопровождающихся изменением эффективности (коэффициента полезного действия) климатической тепловой машины (рис. 2, а). Стоит отметить и то, что с увеличением солнечной постоянной в текущих климатических условиях производство системой энтропии в 4 раза больше, чем для аналогичных значений мощности излучения в условиях ледникового периода (рис. 2, б), а степень необратимости тепловых процессов, измеряемая как доля выходной энтропии с учетом необратимого теплообмена, значительно выше для теплой климатической ветви, с

наблюдаемым взрывным ростом при возрастании значений солнечной постоянной (рис. 2, в) [5].

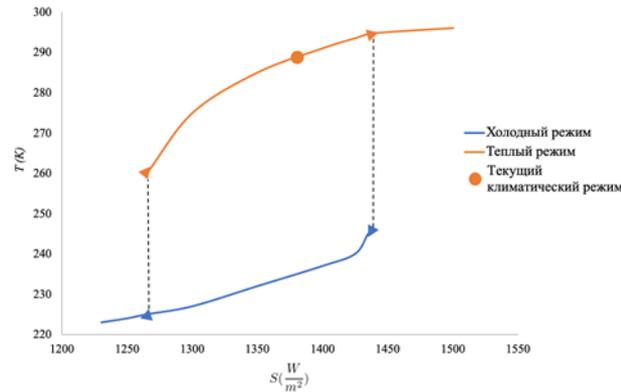


Рис. 1. Зависимость температуры T теплового и холодного климатического режима от солнечной постоянной S

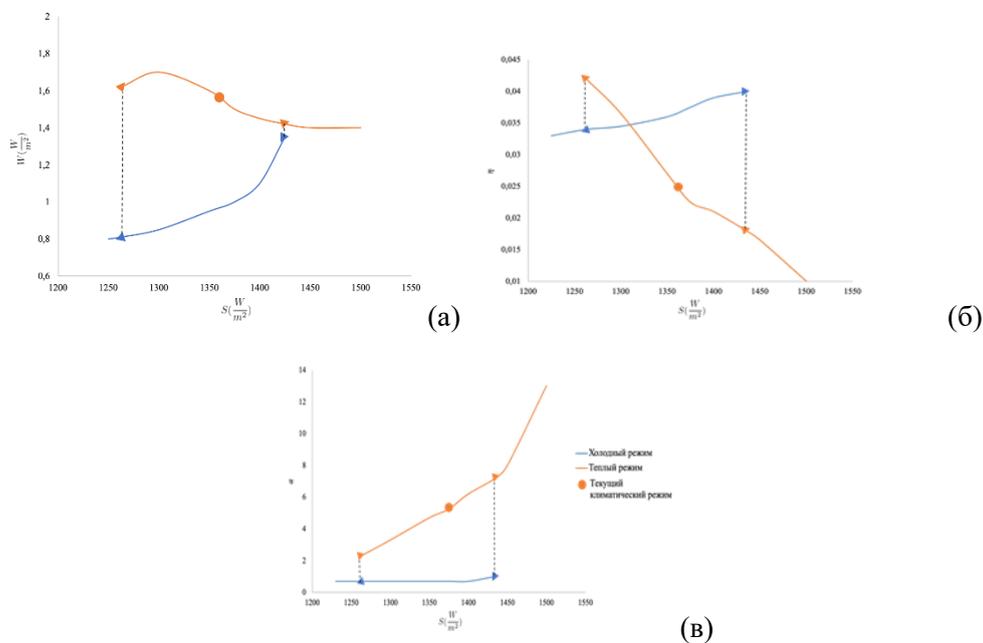


Рис. 2. Зависимость термодинамических характеристик теплового и холодного климатического режима от солнечной постоянной S (а) коэффициента полезного действия η (б) производства энтропии S_{in} (в) степени необратимости процессов α

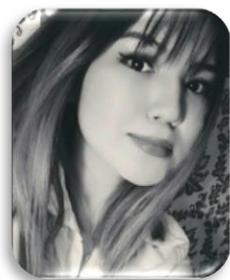
Выявленные закономерности дают основание авторам исследования [5] полагать, что основополагающую роль в поддержании климатического режима «снежного шара» играют колебания в разнице меридиональных альбедо – характеристик отражательной способности поверхности, в то время как для текущих климатических условий ключевое значение имеет интенсивность скрытых тепловых потоков. Это обосновывает значимость анализа вариаций в гидрологических процессах при исследовании климатических изменений.

Таким образом, описанные в обзоре термодинамические подходы являются основополагающими для понимания процессов, приводящих к катастрофическим изменениям климатических режимов, причиной которых являются незначительные флуктуации в граничных условиях или параметрах системы. В настоящее время ведется активная разработка новых диагностических средств, в основе которых лежит II закон

термодинамики, с целью повышения достоверности существующих предсказательных моделей: например, для исследования влияния концентрации углекислого газа CO_2 на термодинамические свойства системы или более точного вычисления производства энтропии.

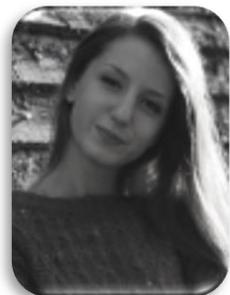
Литература

1. Lorenz E.N., «Available Potential Energy and the Maintenance of the General Circulation» // *Tellus*. 1955. № 7 (2). P. 157–167.
2. Paltridge G.W., «Climate and thermodynamic systems of maximum dissipation» // *Nature*. 1979, № 279 (5714). P. 630–631.
3. Johnson D.R., «Entropy, the Lorenz Energy Cycle, and Climate» // *General Circulation Model Development*. 2000. P. 659–720.
4. Lucarini V. «Thermodynamic efficiency and entropy production in the climate system» // *Physical Review E*. 2009. № 80 (2).
5. Lucarini V., Fraedrich K., Lunkeit F. (2010). «Thermodynamic analysis of snowball Earth hysteresis experiment: Efficiency, entropy production and irreversibility» // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2010. №136 (646). P. 2–11.



Кыздарбек Улбосын

Год рождения: 1995
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
аспирант группы №7951,
направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная
экология и биотехнологии,
e-mail: kyzdarbekova.ulbosyn@mail.ru



Басковцева Ангелина Станиславна

Год рождения: 1995
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы № Т4115,
направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология,
e-mail: baskovtseva.ang@yandex.com



Баракова Надежда Васильевна

Год рождения: 1954
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.т.н., доцент,
e-mail: barakova@corp.ifmo.ru

УДК: 635.64:581.19

**СТАБИЛЬНОСТЬ ЛИКОПИНА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ
И ХРАНЕНИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ**

У. Кыздарбек, А.С. Басковцева

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

Работа выполнена в рамках темы НИР-ФУНД №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 приводятся данные по структуре ликопина, его пространственной конфигурации, а также влияние условий окружающей среды на его стабильность и функциональные свойства при переработке и хранении. Описаны структурные изменения ликопина при неблагоприятных условиях приводящие к его деградации. Приведена краткая информация по влиянию процесса изомеризации на биодоступность ликопина и потенциал его применения в секторе функционального питания. Описаны рекомендации по оптимальным условиям хранения пищевых продуктов содержащие ликопин.

Ключевые слова

Ликопин, пространственная конфигурация ликопина, транс–цис-изомеризация ликопина, реизомеризация ликопина, окисление ликопина, свободные радикалы, биодоступность ликопина, стабильность ликопина.

Ликопин – это высоколипофильный прокаротиноид, который содержится в помидорах, гуаве, плодах шиповника, арбузе и розовом грейпфруте, абрикосе, папайя, красном винограде, тыкве, апельсине, манго, гранате и моркови, а также в бактериях, грибах и водорослях. Ликопин также присутствует в качестве вторичного метаболита у млекопитающих, где он играет важную роль в качестве антиоксиданта и поглотителя свободных радикалов. У растений, водорослей и других фотосинтезирующих организмов ликопин отвечает за желтую, оранжевую и красную пигментацию, фотосинтез и фотозащиту.

Ликопин- это тетратерпен, собранный из 8 единиц изопрена, полностью состоящих из углерода и водорода. Молекулярная формула ликопина - $C_{40}H_{56}$. Молекулярная масса ликопина составляет 536,89 г / моль, что соответствует 89,45% углерода и 10,51% водорода ($C_{40}H_{56}$) [1]. Молекулярная структура ликопина показана на рис. 1.

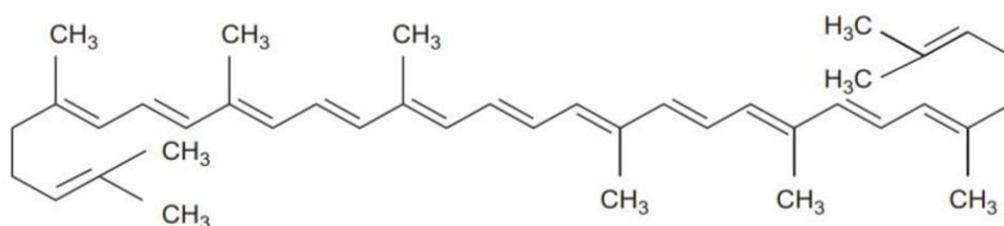


Рис. 1. Молекулярная структура ликопина

Благодаря своему яркому цвету и нетоксичности ликопин является полезным пищевым красителем, обладает антиоксидантной активностью. Ликопин способен поглощать синглетный кислород в два раза выше, чем β -каротин, α -каротин, и в 10 раз выше, чем α -токоферол. Кроме того, ликопин может связывать другие свободные радикалы (NO_2 , RS и т. д.), тем самым защищать ДНК и клеточные мембраны от окислительного повреждения. Он также обладает способностью ингибировать аденозиндезаминазу, что играет важную роль в регрессе опухоли. Такие свойства делают ликопин привлекательным для включения его в рецептуры функциональных продуктов [2].

Ликопин – это ненасыщенный ациклический каротиноид с 11 линейно сопряженными и 2 неконъюгированными двойными связями. Сопряженные двойные связи, расположенные в линейном массиве, делают ликопин длиннее, чем любой другой каротиноид, и позволяет ему инактивировать свободные радикалы. Но присутствие ненасыщенных двойных связей также делает ликопин восприимчивым к окислительному разложению или изомеризации при переработке томатов [3].

Структура ликопина очень чувствительна к условиям окружающей среды. В частности, изомеризация ликопина в Z-формы происходит под действием тепла, масел, кислот, активных поверхностей, комплексообразования с трифторидом бора, при совместном окислении с гидропероксидами липидов, а также в присутствии света (в отсутствие фотосенсибилизатора), дегидратации и длительном времени обработки. При переработке сырья двойные связи ликопина подвергается геометрической изомеризации или деградации, увеличивая долю Z-изомеров.

При изомеризации происходит пространственная конфигурация ликопина из природных полностью транс-изомеров, семь из этих связей трансформируются в цис-изомеры (моно- или полицисформу).

Таким образом, при изомеризации образуются ряд моно- или полицис-изомеров, таких как 5 *цис* -, 9 *цис* -, 13 *цис* - и 15 *цис*-. Эти изменения могут привести как к биодоступности, так и к ухудшению или потере полезных свойств ликопина [4]. Структура нескольких изомеров ликопина представлена на рис. 2.

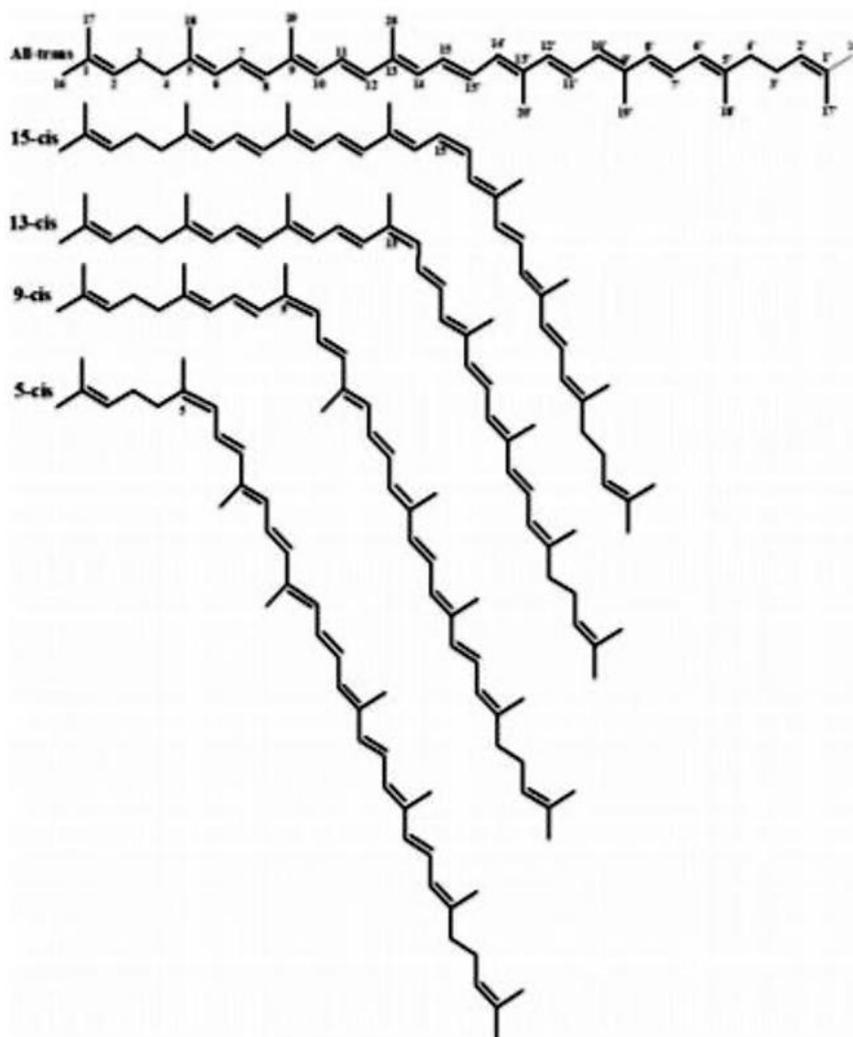


Рис. 2. Основные изомерные конфигурации ликопина

Но в случае длительного нагревания, с увеличением температуры, времени нагревания, освещения и интенсивности светового и кислородного воздействия, в комплексе или по отдельности, скорость потери транс-изомера становится больше, чем образование цис-изомера, таким образом, реакция деградации начинает преобладать над изомеризацией. Подвергнутая деградации молекула ликопина расщепляется, что приводит к потере цвета и запаха.

Деградация, вызванная условиями, перечисленными выше, расщепляет молекулы на мелкие фракции. Аутоокисление может вызвать окончательную фрагментацию молекулы ликопина и образовывать продукты разложения, которые индуцирует неприятный вкус продуктов. Аутоокисление ликопина необратимо и приводит к расщеплению молекулы, производя ацетон, метилгептенон, левулиновый альдегид и

глиоксаль. Эти составные продукты влияют на сенсорное качество: вызывают видимую потерю цвета, запахи сена или стекла, и, что гораздо важнее, в результате этого теряются биологически активные свойства исходного ликопина [5]. Молекулярные структурные изменения при нагревании показаны на рис. 3.

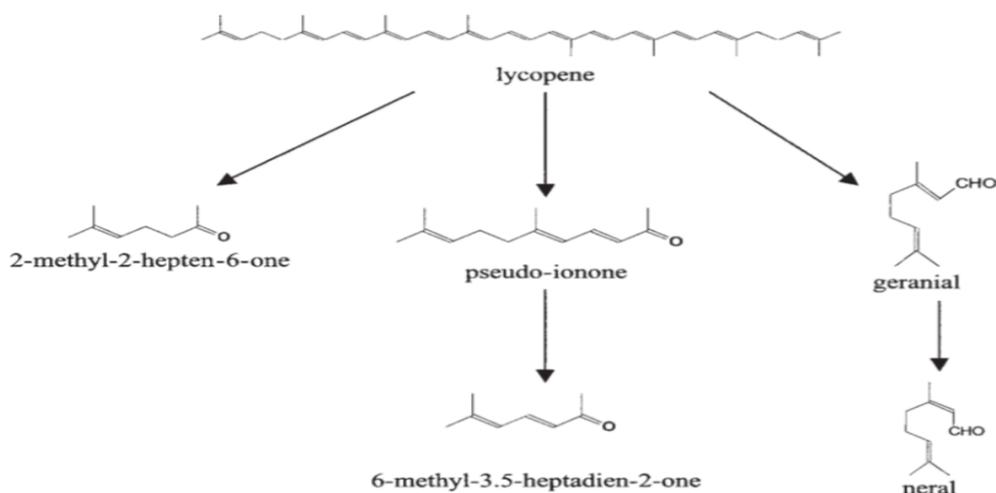


Рис. 3. Молекулярные структурные изменения ликопина при нагревании

Следовательно, сокращение времени освещения и времени термической обработки, обеспечение бескислородных условий, применение способа обезвоживания с помощью лиофилизации, минимизация контакта с ионами металла и обеспечение оптимального значения pH, подбор стабилизирующих агентов при переработке и хранении томатов и продуктов из них для извлечения ликопина, может эффективно уменьшить возникновение окислительной деградации и изомеризации.

Выводы

В связи с этим, для определения оптимальных условий переработки сырья содержащего ликопин, необходимо более глубокое изучение механизма и кинетики изомеризации и автоокисления ликопина, которая благоприятствовала бы стабильности.

Поэтому особое внимание необходимо уделить повышению контролируемой изомеризации ликопина при переработке и хранении и минимизации процесса деградации. Безупречно оптимизированный процесс переработки обеспечит полное понимание механизма экстракции ликопина, тем самым позволяет получить ликопин экономически эффективным путем.

Литература

1. Malik S.Y., Haddadin J.S. Lycopene Extraction from Tomato Pomace with Supercritical Carbon Dioxide: Effect of Pressures, Temperatures and CO₂ Flow Rates and Evaluation of Antioxidant Activity and Stability of Lycopene // Pakistan Journal of Nutrition. 2015. – № 14. P. 942-956.
2. Kotikova Z., Hejtmankova A., Lachman J., Hamouz K., Trnkova E., Dvorak P. Effect of selected factors on total carotenoid content in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) // plant soil environ. 2007. № 8. P. 355–360.
3. Caseiro M., Ascenso A., Costa A., Creagh-Flynn J., Johnson M., & Simoes S. Lycopene in human health // LWT. 2020. № 127. P. 1-15.
4. Perez-Masia R., Lagaron J.M., Lopez-Rubio A. Morphology and Stability of Edible Lycopene-Containing Micro- and Nanocapsules Produced Through Electrospraying and

- Spray Drying // Food and Bioprocess Technology. 2014. № 8(2). P. 459–470.
5. Allison B.J., Simmons C.W. Valorization of tomato pomace by sequential lycopene extraction and anaerobic digestion // Biomass and Bioenergy. 2017. № 105. P. 331–341.



Лаврентьев Филипп Владимирович

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
Научно-образовательный центр инфохимии,
студент группы №О4144,
направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология,
e-mail: lavrentev@infochemistry.ru



Румянцев Игорь Сергеевич

Год рождения: 1999
Университет ИТМО,
Научно-образовательный центр инфохимии,
студент группы №О4144,
направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология,
e-mail: lavrentev@infochemistry.ru



Иванов Артемий Сергеевич

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
Химико-биологический кластер,
студент группы №А42401,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: art_ivanov@scamt-itmo.ru



Николаев Константин Геннадьевич

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



Скорб Екатерина Владимировна

Год рождения: 1983
Университет ИТМО,
Научно-образовательный центр инфохимии,
Директор, к.х.н., профессор,
e-mail: skorb@itmo.ru

УДК 544.653.2/.3+579.678

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ БАКТЕРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Ф.В. Лаврентьев, И.С. Румянцев, А.С. Иванов, К.Г. Николаев
Научный руководитель – к.х.н., профессор Е.В. Скорб

Аннотация

В данной статье предложен принцип электрохимической сенсорной платформы для детектирования бактерий с использованием методов машинного обучения, что позволяет качественно и быстро проводить анализ количества кисломолочных и патогенных бактерий в пищевых системах. Такой подход является одновременно простым и недорогим, а также инновационным для пищевой промышленности.

Ключевые слова

Детектирование бактерий, электрохимический сенсор, машинное обучение.

Приоритетной задачей любого производителя пищевых продуктов является обеспечение качества и безопасности своей продукции. В настоящее время на производстве для контроля количества кисломолочных бактерий, а также количества патогенных бактерий используют метод последовательного разведения и высевания на чашки Петри в глубину агара с последующим подсчетом выросших колоний (чашечный метод Коха). Однако у этого метода существует ряд недостатков, которые не позволяют назвать его универсальным. К таким недостаткам можно отнести: длительность по времени (рост колоний осуществляется 2-3 дня), отсутствие универсальных питательных сред и условий выращивания, необходимость использования сложного и дорогостоящего оборудования, а также высокая квалификация соответствующих специалистов [1].

Таким образом, актуальной задачей является разработка новых экспрессных, чувствительных, точных, недорогих и удобных в использовании методов, сенсоров и приборов для определения микроорганизмов в пищевых системах. Нами предлагается модель электрохимической платформы с интерфейсом, состоящим из гидрогеля и рабочих электродов из эвтектического сплава галлия и индия [2]. При приложении разности потенциалов через систему протекает ток, в результате чего галлий окисляется, а его катионы начинают диффундировать в гидрогель. В гидрогеле катионы галлия взаимодействуют с бактериями, их метаболитами и фосфат-анионами. В результате мы получаем различные вольтамперные характеристики, которые коррелируют с различными концентрациями бактерий.

Модель была натренирована на двух бактериях – это *Bacillus coagulans* MTSS 5856 и *Streptococcus thermophilus*, которые ранее были использованы для создания кисломолочного продукта [3]. Для создания базы данных бактерии культивировались в жидкой питательной среде MRS, смешивались в пропорции 1:1, затем последовательно разбавлялись дистиллированной водой и вносились в гель, приготовленный на основе агара с PBS буфером. В дальнейшем через эти образцы пропускался ток в пяти различных интервалах напряжения (от - 0.02 до 0.02 V, от - 0.1 до 0.1 V, от - 0.5 до 0.5 V, от - 1.0 до 1.0 V и от - 5.0 до 5.0 V).

На основании полученных вольтамперных характеристик формировалась база данных, в которой токи являются атрибутами, а концентрация – классом, и загружалась в программу Weka для машинного обучения. Модели машинного обучения используют атрибуты и находят для них статистические веса для прогнозирования классов. В этом

исследовании использовались несколько моделей, и наибольшую эффективность продемонстрировала модель Multilayer Perceptron - 95% точности.

В таблице представлены использованные модели машинного обучения.

Таблица

Модели машинного обучения с процентами точности

Алгоритмы машинного обучения	Точность, %
Naive Bayers	61%
Logistic regression	68%
Simple Logistic regression	68%
Multilayer Perceptron	95%
EM Clusterers	34%
SimpleKMeans Clusterers	44%

Разделение данных на обучающую выборку (90%) и тестовую выборку (10%) позволяет проверить точность модели. Такое разделение позволяет сохранить достаточно большое количество значений для обучения модели и не сильно сокращает набор тестов. Модель Multilayer Perceptron обучалась со следующими параметрами: скорость обучения – 0.1; импульс, – 0.1; количество скрытых слоев, – 2; количество узлов в скрытом слое, – 12 (рис. 1).

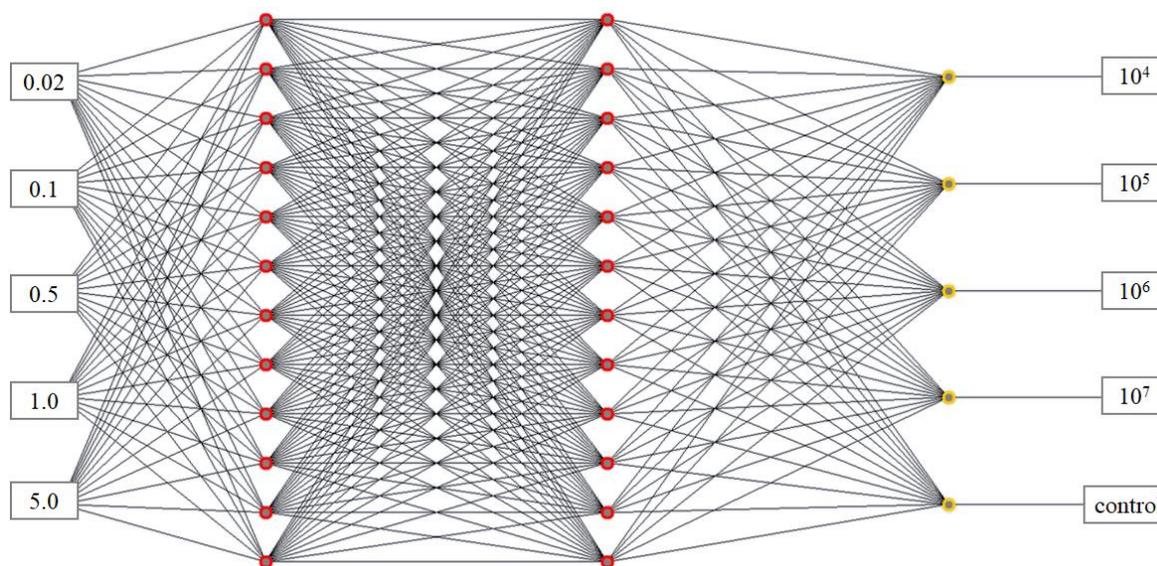


Рис. 1. Схема модели Multilayer Perceptron с двумя скрытыми слоями

В четырех из пяти случаев модель Multilayer Perceptron давала правильные результаты по определению концентраций бактерий с наибольшей вероятностью. Эту неточность можно уменьшить, увеличив базу данных и корректируя настройки выбранной модели машинного обучения. Кроме того, дальнейшее добавление статистически значимых значений в базу данных приведет к уменьшению статистической ошибки (рис. 2).

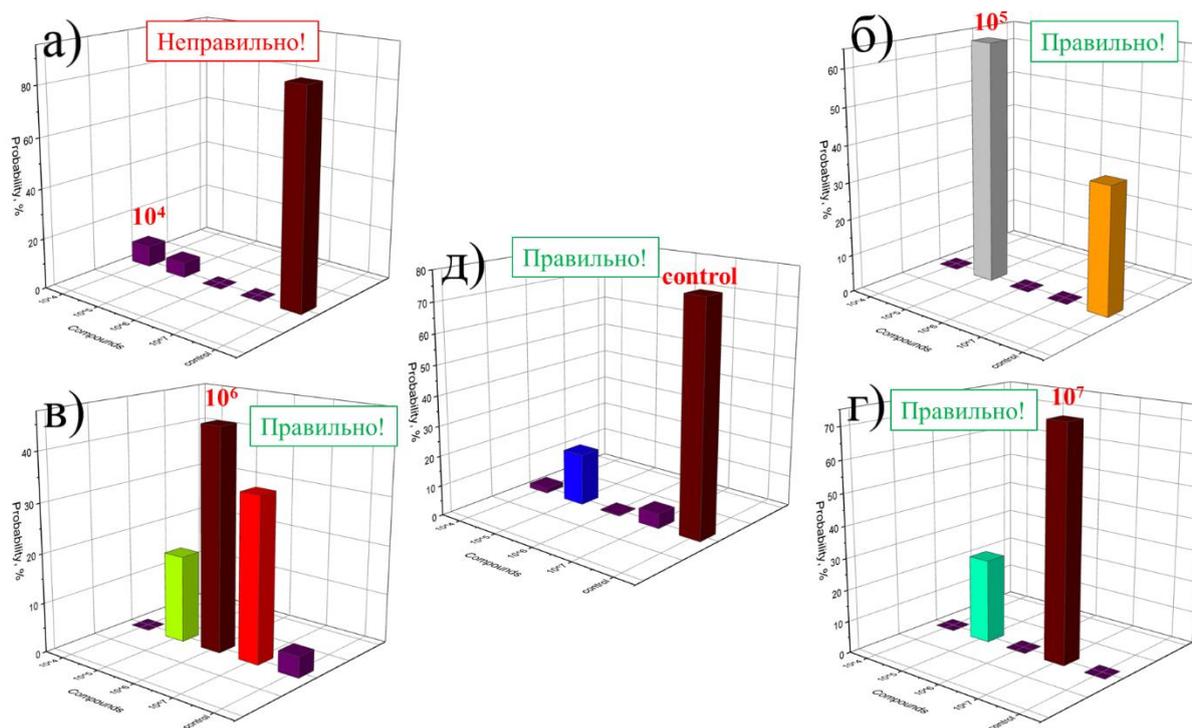


Рис. 2. График с результатами машинного обучения для образцов с концентрацией 10^4 бактерий (а), концентрацией 10^5 бактерий (б), концентрацией 10^6 бактерий (в), концентрацией 10^7 бактерий (г) с контрольным образцом (д)

В ходе работы был представлен новый подход для количественного детектирования кисломолочных бактерий. Эта электрохимическая система обладает хорошей способностью обнаруживать различные концентрации бактерий в гелях путем сбора больших данных вольтамперных характеристик. Метод использует единовременно собранную базу данных и алгоритм машинного обучения, что позволяет избежать калибровки каждый раз. Выбранная модель Multilayer Perceptron повышает статистическую надежность прогнозов за счет её высокой эффективности.

В будущем планируется изучить вольтамперные характеристики более высоких концентраций бактерий и проверить базу данных на задачах с реальным кисломолочным продуктом.

Литература

1. Daley R.J. Direct epifluorescence enumeration of native aquatic bacteria: Uses, limitations, and comparative accuracy // In: Native Aquatic Bacteria: Enumeration, Activity and Ecology (Costerton J.W. and Colwell R.R., eds.). American Society for Testing and Materials, Philadelphia. 1979. P. 29–45.
2. Ivanov A.S., Nikolaev K.G., and Skorb E.V. etc., Tick-Borne Encephalitis Electrochemical Detection by Multilayer Perceptron on Liquid–Metal Interface // ACS Appl. Bio Mater. 2020, 3, 11. 7352–7356.
3. Лаврентьев Ф.В. Разработка нового кисломолочного продукта с *Bacillus coagulans* // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. [2020 год, электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kmu.itmo.ru/digests/article/3348>. 2020.



Лобова Елена Владимировна

Год рождения: 1997
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы № Т42501с,
направление подготовки: 18.04.02 – Промышленная
экология и чистое производство,
e-mail: elena-lobova97@yandex.ru



Сергиенко Ольга Ивановна

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

УДК 331.453

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ
ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА АКТУАЛЬНУЮ РЕДАКЦИЮ СТАНДАРТА
ISO 45001: ОПЫТ ГЕРМАНСКИХ КОМПАНИЙ**

Е.В. Лобова, О.И. Сергиенко

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

Работа выполнена в рамках темы НИР №620144 «Разработка функциональных продуктов питания для здорового старения на основе вторичных продуктов переработки молока».

Аннотация

Новый стандарт ISO 45001:2018 «Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда – Требования и рекомендации по применению» был опубликован в марте 2018 г. на сайте Международной организации по стандартизации. Данный стандарт заменяет систему OHSAS 18001:2007 «Системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда». В статье рассмотрены сходства и различия данных стандартов, изучена статистика по внедрению нового стандарта на предприятиях Германии. На основе опыта одной из компаний проведен анализ трудностей, которые возникли при внедрении актуализированной версии стандарта, а также определена оптимальная «этапность» действий для перехода на данный стандарт.

Ключевые слова

Система менеджмента, охрана здоровья, безопасность труда, этапы перехода на ISO 45001, опыт Германии.

В обязанности каждой организации входит обеспечение безопасных условий труда и охраны здоровья сотрудников. Работодатели обязаны проводить оценку рисков на рабочих местах, постоянно совершенствовать систему управления охраной труда, определять обязанности по охране труда, информировать и обучать сотрудников, контролировать соблюдение правил техники безопасности. Для того чтобы иметь

возможность выполнять эти задачи систематически и формализованно, целесообразно внедрение системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда с целью постоянного совершенствования процессов управления.

Международный стандарт ISO 45001:2018 «Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда – Требования и рекомендации по применению» (далее - ISO 45001), опубликованный в 2018 году, на сегодняшний день заменяет стандарт OHSAS 18001:2007 «Системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда» (далее – OHSAS 18001). На трехлетнем переходном этапе компании, ранее сертифицированные в соответствии с OHSAS 18001, теперь обязаны преобразовать систему управления охраной труда в соответствии с требованиями ISO 45001 к марту 2021 года. Как и другие стандарты систем менеджмента, ISO 45001 был разработан в соответствии с высокоуровневой структурой и, по сравнению с OHSAS 18001, включает некоторые новые и более строгие требования к системе менеджмента безопасности труда и охраны здоровья (далее – СМБТиОЗ). Новый стандарт разработан на основе стандарта OHSAS 18001, руководства ILO-OSH-MS 2001 «Техническое руководство по системам управления охраной труда» Международной организации труда (МОТ), а также на основе различных национальных стандартов и международных трудовых стандартов и конвенциях МОТ [1].

В соответствии с высокоуровневой структурой ISO 45001 включает в себя некоторые совершенно новые требования для СМБТиОЗ, а также некоторые более строгие, которые считаются необходимыми.

Новые требования, в отличие от OHSAS 18001, включают рассмотрение:

- понимание организации и ее контекста (раздел 4.1);
 - понимание потребностей и ожиданий сотрудников и других заинтересованных сторон (раздел 4.2);
 - риски и возможности (раздел 6.1).
- Ужесточенные требования включают рассмотрение:
- задачи руководства (глава 5);
 - акцент на закупки с учетом процессов подрядчиков и аутсорсинговых процессов (раздел 8.1.4);
 - акцент на постоянном улучшении показателей безопасности и здоровья на рабочем месте (глава 10).

Кроме того, определены термины и сделано лингвистическое упрощение, так, например, больше не существует различия между документами и записями, вместо этого используется термин «документированная информация» [2].

В ходе научно-исследовательской работы были изучены статистические данные, опубликованные на сайте Международной организации по стандартизации, о количестве выданных сертификатов ISO 45001 в 2018 и 2019 годах [3]. На основе имеющихся сведений была составлена диаграмма (рис. 1), отражающая динамику внедрения нового стандарта на предприятиях Германии.

Согласно статистике, число компаний, сертифицированных по ISO 45001 в 2019 г., увеличилось более чем в 6 раз по сравнению с 2018 г., что говорит об актуальности темы данного исследования. Такой стремительный рост, очевидно, связан с переводом стандарта на немецкий язык.

Последующий анализ данных показал, что международный стандарт ISO 45001 внедряется в организациях многих сфер деятельности, при этом во всех сферах наблюдается рост числа сертификатов ISO 45001. Как видно на рис. 2, наиболее популярен данный стандарт в таких отраслях промышленности, как металлургия, машиностроение, производство электрооборудования и оптических приборов. Строительство, производство резины и пластмасс, что косвенно подтверждает наличие развитой системы управления охраной труда на данных предприятиях.

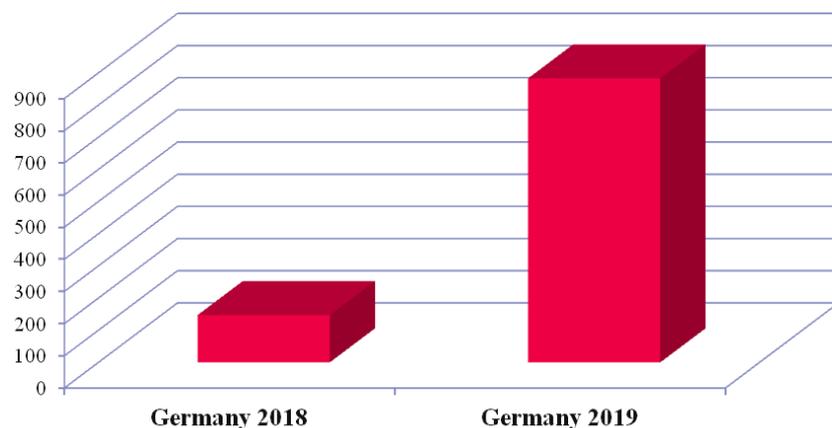


Рис. 1. Количество сертификатов ISO 45001, выданных в Германии в 2018-2019 годах

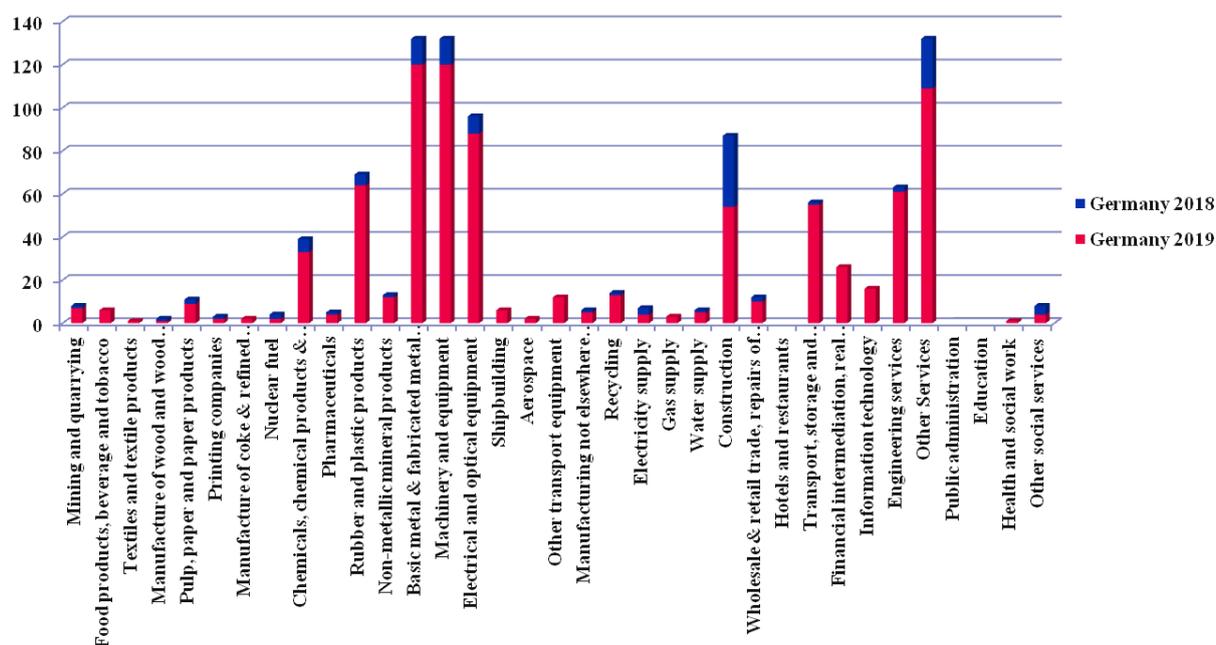


Рис. 2. Динамика количества сертификатов ISO 45001, выданных в Германии в 2018-2019 гг.

Работа выполнялась с целью выявления и анализа проблем при внедрении нового международного стандарта ISO 45001 на предприятии, а также определения оптимальной «этапности» действий при переходе на данный стандарт.

Объектом исследования являлось промышленное предприятие, расположенное в Германии, в Земле Саксония, и являющееся одним из крупнейших в мире производителем модульных лент, пластинчатых конвейерных цепей и компонентов для конвейеров.

Как и любой другой стандарт системы менеджмента, ISO 45001 содержит только минимальные требования к структуре СМБТиОЗ. Никаких конкретных требований в отношении СМБТиОЗ, требуемой организационной структуры СМБТиОЗ, процессов или показателей СМБТиОЗ, которые фактически должны быть достигнуты организацией, не указано, в стандарте также не указаны какие-либо инструменты или методы для практической реализации требований стандарта. Эффективность и действенность СМБТиОЗ всегда зависит от конкретных требований организации.

Вследствие отсутствия четкого плана действий у предприятий возникают трудности при переходе на новый стандарт, таким образом, в процессе исследования были выявлены трудности технического и организационного порядка, с которыми столкнулось исследуемое предприятие.

Во-первых, это неточность перевода стандарта с английского языка. Важно отметить, что российские предприятия сталкиваются с такой же проблемой. В.А. Качалов в своей статье, опубликованной в апреле 2019 г., в журнале «Методы менеджмента качества», отмечает, что официальный перевод стандартов на русский язык обычно появляется через несколько лет после публикации, а в неофициальной версии перевода ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на русский язык оказалось более сотни (!) ошибок и неточностей [4].

Во-вторых, отсутствие понимания, каким образом применить нововведения к своей организации. Каждое предприятие «индивидуально», поэтому метод копирования решений может приводить к формальному внедрению требований, и, в конечном итоге, к отсутствию результата от внедрения СМБТиОЗ.

В-третьих, проблема интегрирования ИСО 45001 с другими имеющимися стандартами. Вопрос стоит в правильной «состыковке» уже действующих систем менеджмента между собой с целью создания интегрированной системы менеджмента. Возможность легкой интеграции всех систем управления предприятием – одно из основных требований современных международных стандартов.

Стандарт ISO 45001 требует создания и ведения документированной информации. Данная проблема носит технический характер и может быть преодолена за счет разработки шаблонов стандартов организаций и других документов системы по специфическим разделам.

Рассмотрев трудности, с которым столкнулось предприятие, можно составить очередность задач для внедрения нового стандарта.

1. Необходимо установить политику в области безопасности труда и охраны здоровья, которая может быть скорректирована на последующих циклах внедрения стандарта.

2. ISO 45001, в отличие от OHSAS 18001, включает мнения заинтересованных сторон, поэтому необходимо проводить консультации с работниками с целью учета их мнения, распределения ответственностей и полномочий.

3. Согласно требованиям ISO 45001, предприятию необходимо определить опасности, риски и возможности на рабочих местах, которые присутствуют на производстве. Требуется всесторонний анализ опасных и вредных факторов, влияющих на профессиональное здоровье и безопасность труда.

4. Выполнить мониторинг, измерить, проанализировать и оценить достигнутые результаты и результативность системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Необходимо разработать процедуру внутреннего аудита, корректирующих действий, поддержанные соответствующими чек-листами и др. документацией. На данном этапе полезна разработка концепции программного обеспечения для проведения аудита, облегчающего документооборот.

Таким образом, в ходе научно-исследовательской работы выявлены и проанализированы трудности внедрения актуализированной версии международного стандарта ISO 45001 на предприятии, определена оптимальная «этапность» действий при переходе на данный стандарт. Показано, что новый стандарт способствует внедрению новых, более эффективных систем управления в организациях и, несмотря на то, что ряд аспектов СМБТиОЗ согласно ISO 45001 значительно изменился, система менеджмента, разработанная в соответствии с OHSAS 18001, является платформой для перехода на новый стандарт.

Литература

1. ISO 45001 Охрана труда и техника безопасности [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iso.org/ru/iso-45001-occupational-health-and-safety.html> (дата обращения: 11.01.2021).
2. Brauweiler J., Zenker-Hoffmann A., Will M. «Системы менеджмента профессиональной безопасности и здоровья согласно ISO 45001:2018» // Springer Gabler, Wiesbaden [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://doi.org/10.1007/978-3-658-24409-5_2 (дата обращения: 11.01.2021).
3. Международная организация по стандартизации (ISO) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iso.org/ru/about-us.html> (дата обращения 13.01.2021).
4. Качалов В.А. Псевдорусский перевод стандарта ISO 45001:2018 / Качалов В.А. // Методы менеджмента качества. 2019. №4. С. 44–48.



Лоскутова Анна Станиславовна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы Т4151с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-
и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: anya_98.09@mail.ru



Юльметова Ралия Фагимовна

Год рождения: 1957
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
к.х.н., доцент,
e-mail: liya974@mail.ru

УДК 631.95

ПЕРЕРАБОТКА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ЛИЧИНКАМИ МУХ И ВОЗМОЖНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУЧАЕМОГО ПРОДУКТА

А. Лоскутова

Научный руководитель – к.х.н., доцент Р.Ф. Юльметова

Аннотация

В работе представлен аналитический обзор научно-исследовательской литературы о переработки органических отходов личинками мух *Hermetia illucens*. Рассмотрена суть метода переработки органических отходов личинками мух. Аргументирован выбор используемого вида мух. А также рассмотрены факторы, влияющие на рост и развитие личинок мух *Hermetia illucens*. Представлены примеры использования исследуемой технологии. По анализируемым материалам сделан вывод о том, как еще возможно использовать продукты переработки отходов личинками мух, и необходимо больше изучить влияние количества питательных веществ в перерабатываемых отходах с составом личинок *Hermetia illucens* и, впоследствии, влияние состава личинок на живые организмы. А также рассмотреть основные проблемы, которые в данный момент затрудняют использование метода переработки.

Ключевые слова

Органические отходы, переработка органических отходов, личинка мух *Hermetia illucens*.

В процессе антропогенной деятельности образуется колоссальное количество различных видов отходов производства и потребления. По данным Росстата, за 2019 год в Российской Федерации образовалось 7750,9 млн тонн отходов, из которых 1178,9 млн тонн отходов производства и потребления (23% от общей массы) отправлены на захоронение. И хотя по этим данным на захоронение отправляется меньше четверти от всей массы, это не отменяет тот факт, что миллионы тонн отходов, имеющих ресурсную ценность, отправляются на полигоны, занимая огромные территории и негативно воздействуя на окружающую среду и здоровье человека, и в дальнейшем никак не используются [1].

Также в странах с низким и средним уровнями доходов органические отходы представляют собой от 50 до 80 % процентов от общего объема муниципальных отходов. Отсутствие системы переработки или использования органических отходов может повлечь за собой негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Это связано с тем, что гниющие отходы создают неприятные запахи, привлекают паразитов и других возбудителей болезней, а также загрязняют поверхностные и подземные источники питьевой воды.

Поэтому проблема обращения с отходами в настоящее время стоит довольно остро, и крайне необходимо развивать направление переработки и утилизации отходов, создавая и внедряя новые технологии. Ведь более выгодно и целесообразно утилизировать или перерабатывать образующиеся отходы, не тратя при этом ограниченные ресурсы планеты еще раз.

Питание – одна из важных потребностей всех живых организмов в целом и человека, в частности. Поэтому сферы, связанные с удовлетворением данной потребности, многочисленны, и органические отходы, полученные при изготовлении продуктов питания, в процессе организации питания в муниципальных учреждениях, в местах общественного питания можно исчислять миллионами тонн, которые образуются ежегодно.

Органические отходы имеют значительную ресурсную ценность, так как в их составе есть питательные элементы, которое возможно использовать с получением новой продукции. Существуют различные методы переработки органических отходов и далее будет рассмотрен один из них.

В данной работе рассматривается метод переработки органических отходов личинками муч Черная львинка *Hermetia illucens*. В результате переработки образуется кормовой белок, который можно использовать в рационе животных, птиц и рыб, а также полученный субстрат можно использовать в качестве органического удобрения. Суть данного метода состоит в том, что на протяжении своего развития личинки многократно переваривают органические отходы с целью получения необходимых им веществ. Впоследствии из отходов получается живая биомасса личинок и субстрат, который можно использовать как удобрение [2].

Исследуемый подход переработки представляет собой перспективный метод преобразования органических отходов в источник белка для корма животных, что может стать альтернативой традиционным кормам, которые требуют большое количество ресурсов, таких как вода или плодородная почва. Также управление органическими отходами путем их переработки личинками является экономически выгодным, особенно для стран с низким или со средним уровнем дохода.

Для данной технологии является возможным использовать такой вид, как Муха Черная львинка *Hermetia illucens* – это выносливый вид, способный справляться с суровыми условиями окружающей среды, такими как засуха, нехватка пищи или недостаток кислорода. Одним из основных преимуществ *H. i.* перед другими видами насекомых, используемых для производства биомассы, является то, что они не являются потенциальными переносчиками болезней. Причиной тому то, что Черные львинки не только никогда не откладывают яйца на разлагающийся органический материал, но, поскольку у взрослых мух отсутствует функционирующий ротовой аппарат, она не вступает в контакт с антисанитарными отходами [3].

Черная львинка является неприхотливым насекомым, а ее личинки способны к всеядности. Основные абиотические факторы, за которыми необходимо следить для выращивания Черной львинки, представлены в таблице [4].

Абиотические факторы для выращивания Черной львинки

Факторы	Min.	Optimal	Max.	Рекомендации
Температура (°C)	12	26-27	36	Holmes (2010); Holmes <i>et al.</i> (2016)
Относительная влажность (%)	25	60-70	99	Tomberlin & Sheppard (2002); Gobbi (2012); Holmes <i>et al.</i> (2012)
Содержание влаги в субстрате (%)	40	52-70	70	Tomberlin <i>et al.</i> (2002)
Интенсивность света	60	135-200	-	Alvarez (2012); Holmes (2010); Zhang <i>et al.</i> (2010)

В России технология переработки органических отходов личинками мух пользуются такие компании, как:

1) "Биогенезис" - инновационная биотехнологическая компания, занимающаяся производством кормов для сельского хозяйства и домашних животных и рыб. Деятельность компании направлена на изготовление сушеных личинок мух Черная львинка, энтомологический жир и полноценные корма, а также кормовой добавки «Биогенез протеин» — это протеиновый порошок с содержанием протеина до 65%, идеальный источник легкоусвояемых аминокислот для рыбы и птицы.

2) В городе Липецк основана компания Zooprotein, основным видом деятельности которой является внедрение технологии переработки органических отходов в сфере мясной промышленности, а именно свиноводства, птицеводства и рыбоводства. При переработке личинками мух *Lucilia Caesar* образуются органическое удобрение и белок, который можно использовать в рационе животных, птиц и рыб. В их услуги входят установление аппаратного модуля переработки органических отходов и обучение персонала. Площадь устанавливаемого модуля от 85 до 100 кв.м. и высотой от 6 до 7 метров. В ходе своей работе модуль может перерабатывать около 100-140 тонн органических отходов в месяц. Результатом переработки является от 10 до 14 тонн кормового белка и от 15 до 25 тонн удобрений [2].

Также кормовой белок из личинок мухи Черной Львинки *Hermetia illucens* планируется использовать в линейке кормов для собак и кошек Purina Beyond Nature's Protein от компании Nestle в Швейцарии, а также уже используется в изготовлении кормов для собак Yora Insect Protein в Великобритании, который состоит из 40% насекомых (мука из насекомых 26,2%, необработанные насекомые 8,3%, масло насекомых 5,5%), овса (19%), картофеля (19%) и т.д [5]. Преимущество использования таких видов кормов в том, что белок насекомых усваивается пищеварительной системой даже легче, чем курица, и является гипоаллергенным.

Создание таких кормов проводится с целью сокращения потребления мясной продукции, что, вследствие, должно уменьшить вред, которые наносят на окружающую среду традиционное животноводство: образование метана, являющегося «парниковым» газом, загрязнение окружающей среды отходами животноводства, усиление эвтрофикация водных объектов за счет сточных вод.

Впоследствии, при должной обработке, кормовой белок может заменить в питание людей мясную продукцию, что значительно сократит воздействие на окружающую среду и станет решением для ряда экологических проблем.

В целом применение насекомых в пищевых и кормовых целях является экологически более выгодным, чем традиционные источники белков. Однако использование личинок мух ограничивает малая изученность воздействия состава субстрата на личинок и, впоследствии, на живые организмы, которые питаются кормами на основе личинок мух. Поэтому для повышения процентной замены традиционных

кормов без ущерба как для роста, так и для здоровья, необходима дальнейшая работа по оценке возможного использования личинок мух *H.i.* Также прежде, чем включать личинки в рацион животных, необходимо оценить точный состав личинок и сравнить его с требованиями интересующего вида животных. Следовательно, необходимо более тщательно изучить питательные свойства различных рационов с использованием личинок мух, а также нужно проводить исследования, направленные на выявление новых методов использования продуктов переработки органических отходов личинками мух.

Литература

1. Окружающая среда. Отходы производства и потребления [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194#> (дата обращения: 08.10.2020).
2. Переработка органических отходов сельского хозяйства личинками мух с получением белка для животных, птицы и рыбы, и получением органических удобрений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.zooprotein.com/> (дата обращения: 06.10.2020).
3. Harinder P.S., Makkar, Gilles Tranb, Valérie Heuzé, Philippe Ankers. State-of-the-art on use of insects as animal feed // *Animal Feed Science and Technology*. 2014. 1-33 p.
4. Karol B. Barragan-Fonseca, Marcel Dicke and Joop J. A. van Loon. Published in *Journal of Insects as Food and Feed* // *Journal of Insects as Food and Feed*. 2017. 3(2): 105-120 p.
5. Yora Insect Protein All Breeds Dog Food [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.yorapetfoods.com/yora-pet-foods> (дата обращения 10.11.2020).

Лях Ксения Сергеевна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы №Т4145,
направление подготовки: 15.04.02 – Технологические
машины и оборудование,
e-mail: kseniya.sergeevna1998@ya.ru

Егорова Ольга Алексеевна

Год рождения: 1989
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
аспирант,
направление подготовки: 15.04.02 – Технологические
машины и оборудование,
e-mail: jeerol@list.ru

Алексеев Геннадий Валентинович

Год рождения: 1948
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
д.т.н., профессор,
e-mail: gva2003@mail.ru

УДК 664.292

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ
ПЕКТИНА ИЗ ТОПИНАМБУРА В ПРИСУТСТВИИ
МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ**

К.С. Лях, О.А. Егорова

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

Работа выполнена в рамках темы НИР №620145 «Роль биологически активных веществ природного происхождения в развитии и нутритивной профилактике неинфекционных заболеваний».

Аннотация

В работе изучены способы получения пектина из топинамбура с использованием минеральных и органических кислот. Проведен эксперимент, направленный на выявление рационального экстрагента для получения пектина. В работе представлена зависимость выхода пектина от экстрагента. Экстракции проводились с использованием соляной, ортофосфорной, азотной, щавелевой и лимонной кислот.

Ключевые слова

Пектин, топинамбур, выход пектина, экстракция, гидролиз, экстрагент.

В настоящее время, из-за ухудшающейся экологической ситуации в России, стратегически важным направлением в пищевой промышленности является получение продуктов, обладающих лечебными и профилактическими свойствами.

Пектин – полисахарид, содержащийся практически во всем растительном сырье. Пектиновые вещества широко применяются в пищевой промышленности, медицине и

косметологии. В основном его используют как студнеобразователь, загуститель, жирозаменитель, эмульгатор и влагопоглотитель [1].

Топинамбур – уникальное растение, являющееся одной из перспективных культур для производства пектина. В клубнях топинамбура содержится большое количество углеводов, витаминов, минеральных веществ, органических кислот, а также аминокислот. Топинамбур содержит не менее 8% пектиновых веществ.

Анализ литературных данных показывает, что пектиновые вещества, полученные из клубней топинамбура, обладают не только желеобразующей способностью, но и высокой комплексообразующей. Пектин из топинамбура, в отличие от пектина, полученного из другого сырья, обладает низкой средней молярной массой, что говорит о низкой полимеризации, это позволяет пектину быть максимально активным и водорастворимым. Пектин из топинамбура является низкоэтерифицированным, в нем содержится большое количество свободных карбоксильных групп галактуроновой кислоты, способных связывать тяжелые металлы [2-5].

Целью данного исследования является поиск рационального экстрагента для получения пектина из топинамбура.

Выделение пектина из топинамбура проводилось по нижеприведенной методике.

Подготовка сырья заключалась в измельчении клубней на шнековом оборудовании до размера 1-2 мм и в очистке от водорастворимых примесей.

Гидролиз-экстрагирование пектина проводилось из 100 г подготовленного сырья с добавлением кислоты до pH=2,2 при гидромодуле процесса 1:44 в течение 40 минут. В качестве кислот для проведения экстракции использовались: соляная, ортофосфорная, азотная, щавелевая и лимонная.

Температура экстрагирования – 100°C. По истечении времени гидролиза-экстрагирования пектиновый экстракт фильтруют через тканевый фильтр, затем фильтрат концентрируют не менее чем в 3 раза.

Из раствора пектин осаждают 96%-ным этиловым спиртом в объемном соотношении раствора к спирту – 1:3, в течение 1 часа. Коагулят отделяли от раствора путем фильтрования, после чего промывали 70%-ным этиловым спиртом.

Полученный таким образом пектин сушили при температуре 50°C до постоянной массы, а затем измельчали.

Для определения влажности сырья и полученного пектина использовался гравиметрический метод. Метод основан на определении массовой доли влаги высушиванием образца.

Данные по выходу пектина представлены в таблице.

Таблица

Выход пектиновых веществ

Кислота	Масса пектина (сух.в-ва) на 10 г	Выход, %
Соляная кислота	0,64	6,5
	0,66	
	0,65	
Азотная кислота	0,54	5,5
	0,57	
	0,51	
Ортофосфорная кислота	0,64	6,4
	0,66	
	0,62	

продолжение таблицы

Кислота	Масса пектина (сух.в-ва) на 10 г	Выход, %
Щавелевая кислота	0,64	6,5
	0,65	
	0,66	
Лимонная кислота	0,52	5,4
	0,55	
	0,56	
Влажность топинамбура – 88%		
Влажность пектина – 16%		

На рисунке приведена зависимость выхода пектина от различных экстрагентов.

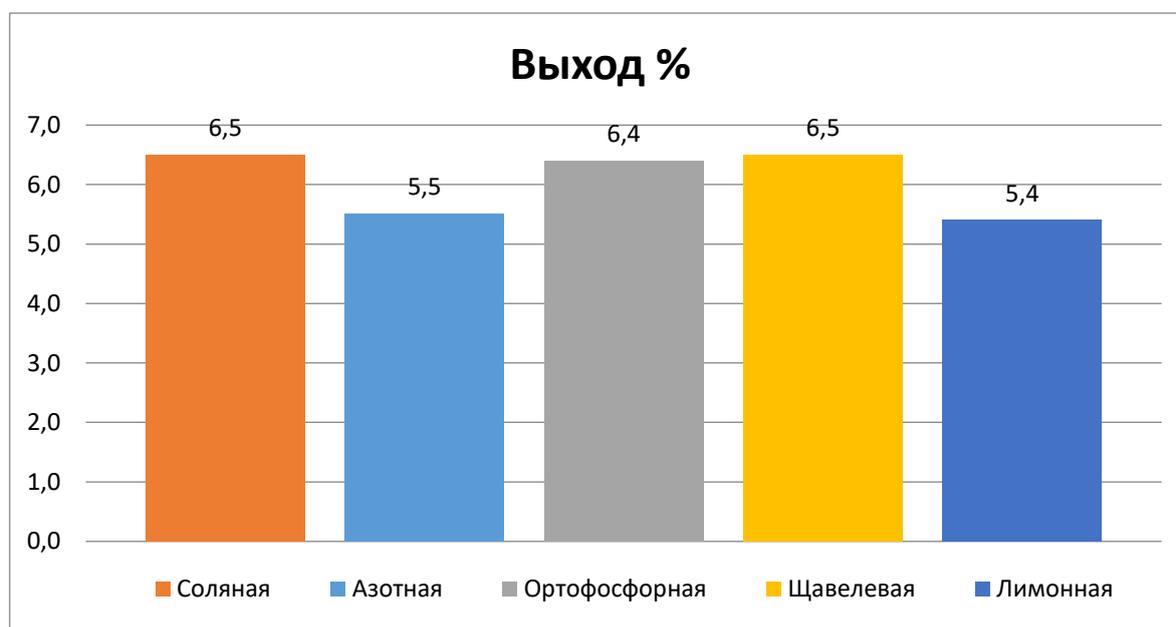


Рисунок. Зависимость выход пектина от экстрагента

Природа экстрагента значительно влияет на ход процесса и конечный выход. Из полученных экспериментальных данных можно увидеть, что максимальный выход пектина топинамбура происходит при экстрагировании в присутствии щавелевой кислоты (6,5%).

Стоит отметить, что использование щавелевой кислоты имеет преимущества перед соляной, она не вызывает коррозии металлического оборудования, не приводит к образованию вредных газовых выбросов в окружающую среду, не ведет к необходимости сложной обработки пектина в целях удаление побочных токсичных веществ.

Таким образом, это позволяет заменить минеральные кислоты, в том числе соляную, при экстрагировании пектина из топинамбура на щавелевую кислоту без потери выхода.

Литература

1. Донченко Л.В., Фирсов Г.Г. Пектин: основные свойства, производство и применение. М.: ДеЛи принт. 2007. 275 с.

2. Богус А.М., Шаззо Р.И. Физические способы получения пектина. Краснодар: Экоинвест. 2003. 127 с.
3. Алексеев Г.В., Егоров А.Н., Сидорова А.И., Егорова О.А. Применение различных видов экстракции при получении пектина // Энергетика, информатика, инновации 2017: сборник трудов VII Международной научно-технической конференции. 2017. Т. 2. С. 257–260.
4. Богус А.М. Теоретические и практические основы новых технологий получения пектина из растительного сырья с использованием физических процессов : диссертация ... доктора технических наук : 05.18.01 / Богус А.М. Кубан. гос. технол. ун-т.- Краснодар. 2006. 233 с. 21.
5. ГОСТ 29186-91 Пектин. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 2003. 15 с. 22.



Мальгинова Наталья Андреевна

Год рождения: 1998

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

студент группы №W41521,

направление подготовки: 27.04.01 – Стандартизация

и метрология в высокотехнологичном секторе экономики,

e-mail: malginova.natalya@yandex.ru



Тюрикова Екатерина Павловна

Год рождения: 1992

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

аспирант,

направление подготовки: 05.11.13 – Приборы и методы контроля

окружающей среды, веществ, материалов и изделий,

e-mail: ek.tyurikova@yandex.ru



Кустикова Марина Александровна

Университет ИТМО,

факультет энергетики и экотехнологий,

к.т.н., доцент,

e-mail: makustikova@itmo.ru

УДК 621.564.2

**КОНВЕРСИЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
НА ОЗОНОБЕЗОПАСНЫЕ ХЛАДАГЕНТЫ**

Н.А. Мальгинова, Е.П. Тюрикова

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 620159 «Разработка и исследование принципов построения цифрового анализатора фреонов».

Аннотация

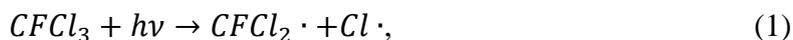
В работе рассмотрены вопросы перехода на озонобезопасные хладагенты, озоноразрушающий потенциал которых существенно ниже единицы, с целью снижения негативных эффектов, оказываемых фреонами на озоновый слой Земли. Описаны этапы процесса конверсии холодильного оборудования. Перечислены основные нормативные документы, регламентирующие переход на озонобезопасные хладагенты. Рассмотрены альтернативы озоноразрушающие вещества, используемые в качестве хладагентов.

Ключевые слова

Хладагент, озоноразрушающий потенциал, конверсия оборудования, смесевые хладагенты, фреон.

При попадании в атмосферу происходит разложение молекул холодильных агентов под воздействием ультрафиолетового излучения. Например, от молекулы хладагента –

хлорфторуглерода отделяются атомы хлора (1). В результате реакции между ними, остатками молекул хлорфторуглерода и стратосферным озоном происходит разрушение озонового слоя Земли (2, 3), который является препятствием для проникновения ультрафиолетового излучения в нижние слои атмосферы.



Одной из причин происхождения данных процессов являются утечки хладагентов, которые относятся к озоноразрушающим веществам (ОРВ). Подобные хладагенты используются в системах кондиционирования и охлаждения. В соответствии с вызовами XXI века все мировое сообщество ориентировано на курс зеленой политики, при которой не будут использоваться подобные ОРВ в качестве холодильных агентов. С этим направлением связан процесс конверсии холодильного оборудования. Под этим процессом понимают переход от использования ОРВ в качестве хладагентов на озонобезопасные.

Перевод холодильного оборудования на озонобезопасные хладагенты происходит в соответствии с рядом нормативных документов. Наиболее важные из них:

- Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой;
- ANSI/ASHRAE Standard 34-2007, Designation and Safety Classification of Refrigerants;
- ГОСТ Р ИСО 17584-2015 Свойства хладагентов;
- Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии № 158 от 18 сентября 2012 г. «О внесении изменений в разделы 1.1 и 2.1 Единого перечня товаров, к которым применяются запреты или ограничения на ввоз или вывоз государствами-членами Таможенного союза в рамках Евразийского экономического сообщества в торговле с третьими странами».

Целью данной работы стало изучение процесса конверсии на озонобезопасные холодильные агенты.

В рамках поставленной цели был выделен ряд задач:

1. Изучение типов хладагентов.
2. Знакомство с опытом перехода на озонобезопасные хладагенты в различных сферах холодильной техники.
3. Изучение процесса создания новых озонобезопасных хладагентов.

Влияние хладагентов на озоновый слой Земли описывается таким показателем, как озоноразрушающий потенциал хладагентов (ODP), под которым понимают характеристику, которая свидетельствует о том, какое влияние данный холодильный агент оказывает на состояние озонового слоя по сравнению с фторхлорметаном R11 (CFC-11). По умолчанию озоноразрушающий потенциал хладагента R11 принимается равным 1.

ODP является относительной характеристикой, которую оценивают по составу молекулы хладагента: чем больше атомов хлора и брома, тем выше показатель ODP. Атомы водорода в молекуле хладагента снижают его ODP.

Хладагенты подразделяются на 3 группы в соответствии со значением озоноразрушающего потенциала:

- $ODP < 0,1$ - хладагенты с низкой озоноразрушающей активностью - это гидрохлорфторуглероды (ГХФУ). К ним относят фреоны R21, R22, R141b, R142b, R134a;

– $0,1 < ODP < 0,1$ - хладагенты со средней озоноразрушающей активностью – это R123, R22;

– $ODP > 1,0$ - хладагенты с высокой озоноразрушающей активностью – это хлорфторуглероды (ХФУ) R11, R12, R13, R12B1, R13B1 и другие.

Альтернативой являются хладагенты, которые не содержат атомов хлора (фторуглероды, гидрофторуглероды, углеводороды и другие), которые считаются озонобезопасными (их $ODP=0$), применяются в холодильниках, морозильных камерах, в качестве растворителей и вспенивателей.

Применение хладагентов группы хлорфторуглеродов, являющихся озоноразрушающими, с 01.01.1996 г полностью запрещено Монреальским протоколом. Для менее озоноразрушающих хладагентов группы гидрохлорфторуглеродов были предписаны определенные сроки снижения объемов производства и использования.

Конверсия холодильной техники на безопасные для озонового слоя хладагенты происходит в два этапа: создание озонобезопасных хладагентов и перевод используемой техники на их применение.

Одним из примеров перехода на озонобезопасные холодильные агенты является создание смесей (например, пропан-бутановая (R600/290) смесь).

При формировании смесей придерживаются двух принципов: наибольшее соответствие заменяемым хладагентам по термодинамическим свойствам; совместимость с применяемыми алкилбензолными и минеральными маслами.

Помимо озонобезопасности, хладагенты также оцениваются по потенциалу глобального потепления (ППП).

Было выявлено, что термодинамические свойства пропан-бутановой смеси обеспечивают возможность ее использования в различном холодильном оборудовании, которое рассчитано на применение фреона-12 [1].

Еще одним примером перехода на озонобезопасные технологии в области разработки различного холодильного оборудования является отказ от использования гидрохлорфторуглерода 141b как вспенивателя теплоизоляции [2].

Переход на использование циклопентана позволил предприятиям повысить качество и класс энергопотребления выпускаемого оборудования, снизить негативное влияние на озоновый слой Земли, экспортировать производимую технику в развитые страны.

Развивается поиск и создание новых альтернативных рабочих веществ в связи с планируемым выводом из обращения хладагентов, обладающих высоким потенциалом глобального потепления, по причине их воздействия на климат Земли [3-5].

В качестве альтернативных озонобезопасных хладагентов рассматривают смеси, состоящие либо полностью из безопасных соединений, либо из соединений, имеющих небольшие концентрации ГХФУ.

Рассмотрим ряд новых, озонобезопасных фреонов, внедряющихся в различные сферы холодильного оборудования для замены озоноразрушающих веществ:

1. Фреон R407c, являющийся смесью дифторметана R32 (23%), пентафторэтана R125 (25%), тетрафторэтана R134a (52%), разработанный в качестве замены запрещенному R22.

2. Фреон R410a, состоящий из дифторметана R32 (50%) и пентафторэтана R125 (50%), используемый в современных кондиционерах вместо R22.

3. Фреон R404a разработан в качестве альтернативы фреонам R502 и R22, применяется в бытовых и коммерческих системах охлаждения и заморозки.

4. Фреон R507, являющийся смесью R125 и R143a, его главное преимущество заключается в легком сервисном обслуживании при проведении дозаправки, поэтому вещество применяется для циркуляции в контурах современных холодильных установок, аналогичен R502.

В результате выполнения исследовательской работы:

- был изучен процесс конверсии холодильного оборудования;
- были рассмотрены основные этапы перехода на озонобезопасные рабочие вещества;
- были рассмотрены примеры разработки новых озонобезопасных хладагентов.

Исследование было проведено с целью изучения перспективных хладагентов, которые будут использоваться в системах холодильной и климатической техники сейчас и в следующее десятилетие. Вопрос идентификации сложных смесей – заменителей хладагентов актуален для разработки анализатора хладагентов, который сможет идентифицировать рабочее вещество, хранимое на складах производителя и при транспортировке через границу.

Литература

1. Гаппарова З.Х. Замена озонопасного фреона-12 на озонобезопасный фреон // *Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн.* 2020. № 1(67). С. 3–7.
2. Перевод секторов торгового и транспортного холодильного оборудования на озонобезопасные хладагенты и вспениватели с учетом международного опыта // *Холодильная техника: Издательский дом “Холодильная техника” (Москва).* 2015. № 11. С. 34-37.
3. Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. Энергосбережение в холодильной технике и проблемы экологии – развитие и перспективы // *Вестник Международной академии холода.* 2011. № 2. С. 3–9.
4. Бараненко А.В., Кириллов В.В., Сивачев А.Е. О выборе хладоносителя для систем косвенного охлаждения // *Вестник Международной академии холода.* 2010. № 1. С. 22–24.
5. Coulomb D. The refrigerants future: the phase down of HFCFs and its consequences // *Вестник Международной академии холода.* 2014. № 1. С. 3–6.



Маркова Анастасия Игоревна

Год рождения: 1998
Университет ИТМО,
факультет биотехнологий,
студент группы Т4150с,
направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
e-mail: frau.marckova1998@gmail.com



Агаханянц Полина Феликсовна

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

УДК 631.95

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А.И. Маркова

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

Аннотация

В данной работе приводится аналитический обзор научно-исследовательской литературы о направлениях утилизации отходов на сельскохозяйственных предприятиях. В статье раскрывается проблема утилизации отходов животноводства и птицеводства. Автор сравнил и проанализировал альтернативные технологии утилизации органических отходов.

Ключевые слова

Сельскохозяйственное производство, отходы животноводства, навоз, помет, утилизация отходов.

Цель исследования: обзор технологий утилизации отходов животноводства и птицеводства.

Материалы и методы: в исследовании были использованы литературные данные, статистическая отчетность, научные исследования по данной теме. Использовались такие общенаучные методы, как описание, анализ, сравнение.

Приоритеты стратегии развития государства напрямую влияют на интенсификацию сельского хозяйства. Аграрная и экономическая политики государства ставят следующие цели: устранение голода, обеспечение продовольственной безопасности. Увеличение продукции сельского хозяйства поможет обеспечить продовольственную безопасность страны.

Согласно данным Росстата [1], в России наблюдался стабильный рост объемов производства мяса. Объем продукции мяса всех видов в 2018 составил 10 629,4 тыс. тонн. Относительно 2017 года объем вырос на 3,0%. За 5 лет производство увеличилось на 24,7%, за 10 лет - на 69,3%, за 15 лет - на 112,9%. Стабильнее всего развивается птицеводство и свиноводство. Данные свидетельствуют, что поголовье птиц и свиней в

период с 2010 г. по 2019 г. стабильно растет. Так прирост поголовья птицы в 2019 г. по сравнению с 2010 г. составил 21,2% (544,9 млн голов в 2019 г. и 449,7 млн голов в 2010 г.). Прирост поголовья свиней в 2019 г. по сравнению с 2010 г. составил 45,9% (25,2 млн голов в 2019 г. и 17,2 млн голов в 2010 г.).

Рост объема производства сельского хозяйства, несомненно, повлечет увеличение негативного влияния на окружающую среду, в частности, увеличение объемов образования отходов. Таким образом, интенсификация сельского хозяйства вызывает проблему обеспечения экологической безопасности производства.

Животноводческие комплексы являются крупными источниками негативного воздействия на окружающую среду. Поголовье нередко может превышать 100–120 тысяч голов. Только от 1000 свиней за сутки образуется 60 тонн органических отходов, вследствие чего возникает проблема обращения с отходами. Установлено, что основное негативное воздействие (около 85%) на окружающую среду животноводческих и птицеводческих комплексов происходит от систем утилизации навоза и помета [2].

Автор выделяет две стратегии обращения с отходами животноводства. В первой навоз и помет рассматриваются как отходы производства и попадают под правовое регулирование в области обращения с отходами. Во второй отходы рассматриваются в качестве ценного вторичного сырья.

В российском экологическом законодательстве установлено [3], что навоз и помет в зависимости от вида животных и степени его свежести относится к III, IV, V классу опасности. Когда отходы не перерабатываются и не используются в качестве вторичных ресурсов, появляется обязанность вносить плату за негативное воздействие на окружающую среду. Плата за негативное воздействие на окружающую среду за отходы III класса опасности составляет 1327 руб/т, за отходы 4 класса опасности 663,2 руб/т [4]. То есть за 100 тыс. тонн куриного помета собственник предприятия должен будет заплатить около 132 млн. руб.

В качестве метода утилизации отходов животноводческого комплекса в настоящее время используется складирование отходов в лагуны, бурты с последующей реализацией как удобрения [2]. Преимуществом данного метода являются относительно низкие денежные затраты на строительство и содержание таких хранилищ. Отрицательные аспекты метода: ограниченная площадь хранилищ; создается среда для развития болезнетворных бактерий; при разложении органических отходов происходит выброс метана в атмосферу; продукты разложения могут попасть в грунтовые воды близлежащих территорий.

Встречаются случаи, когда у животноводческих и птицеводческих комплексов выявляется несоответствие вместимости хранилищ фактическому накоплению навоза и помета. Для примера автор приводит инцидент с АО «Птицефабрикой Синявинская» в Кировском районе Ленинградской области. В июне 2015 года прокуратура Кировского района обнаружила ряд нарушений экологического законодательства в деятельности АО «Птицефабрика Синявинская», связанных с хранением и утилизацией куриного помета. Все органические отходы птицефабрики просто складировались на открытом земельном участке площадью более 4 млн кв. м. Складирование отходов АО «Птицефабрикой Синявинская» представлено на рис. 1 и 2.

Данный случай, когда сотни тонн навоза и помета копятся возле животноводческих и птицеводческих комплексов, типичен для российской практики обращения с органическими отходами.

Решение проблемы эффективного использования органических отходов сельского хозяйства заключается в, преобразовании отходов на самих животноводческих и птицеводческих комплексах в готовую продукцию.



Рис. 1. Фотография, фиксирующая нарушение складирования отходов АО «Птицефабрика Синявинская»

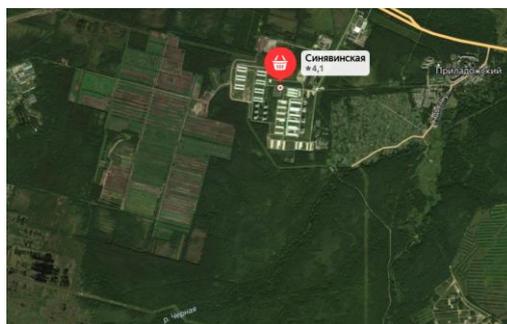


Рис. 2. Спутниковый снимок нарушения складирования отходов АО «Птицефабрика Синявинская»

Автор сравнил следующие альтернативные технологии утилизации отходов: аэробная ферментация, термическая сушка, анаэробное сбраживание с получением метана. В таблице приведены показатели сравнения технологий утилизации навоза и помета.

Таблица

Показатели технологий утилизации отходов для животноводческого комплекса (объем образования отходов 40000 т/год) [2]

Показатели	Технологии утилизации		
	Аэробная ферментация	Термическая сушка	Анаэробное сбраживание
Влажность, %	Не больше 65	Не более 75	80-97
Длительность переработки, сут	7-9	2-3	10-15
Степень обеззараживания	Гибель патогенных микроорганизмов, потеря всхожести сорных семян	Гибель патогенных микроорганизмов, потеря всхожести сорных семян	Гибель патогенных микроорганизмов, потеря всхожести сорных семян
Продукт обработки	Органическое удобрение	Органическое удобрение	Органическое удобрение

продолжение таблицы

Показатели	Технологии утилизации		
	Аэробная ферментация	Термическая сушка	Анаэробное сбраживание
Выход удобрений, т/год	40000	13000	40000
Потери биогенных элементов, %	13-20	50	3-5
Эксплуатационные затраты, млн руб./год	33-36	110-150	43-46
Капитальные затраты на строительство, млн руб.	93-102	300-500	380-410

Аэробная ферментация – это процесс биохимического окисления. Органическое вещество подвергается аэробному разложению микроорганизмами. Конечным продуктом биохимического окисления будет гумус. В процессе ферментации погибают болезнетворные бактерии, личинки насекомых, семена сорных растений [5]. К плюсам использования аэробной ферментации относятся: короткий срок трансформации органического вещества; высокая степень обеззараживания навоза. К минусам относятся: необходимость в дополнительных затратах на влагобалансирующие компоненты; узкий диапазон влажности исходного навоза.

Далее автор рассмотрел технологию термической сушки органических отходов. Термообработку навоза и помёта проводят в сушильных установках. Температура теплоносителя достигает 600-800 °С. При такой температуре погибают патогенные бактерии, яйца гельминтов и семена сорняков. Конечным продуктом обработки будет сыпучее удобрение с влажностью в 12-14% [2]. Положительные аспекты данной технологии: полное обезвреживание продукта; получение концентрированного комплексного органического удобрения; получаемые удобрения удобны для применения и транспортировки; также можно использовать в качестве кормовой добавки жвачным животным. К отрицательным аспектам данной технологии относятся: технологическая сложность сушильных установок; высокое потребление электроэнергии установками.

Следующая рассмотренная технология – это анаэробная ферментация или биогазовая установка. В основе технологии лежит разложение органических веществ микроорганизмами в бескислородной среде. В результате ферментации получают биогаз и обработанную органическую массу. Биогаз состоит из метана (55-75%) и диоксида углерода (27-44%). Анаэробное биохимическое окисление навоза обеспечивает его высокую степень обеззараживания. В результате окисления погибают патогенные микроорганизмы, семена сорных растений, личинки насекомых [2]. Положительные стороны использования анаэробной ферментации: широкий диапазон влажности исходного навоза; получение двух продуктов: биогаза и органического удобрения. К минусам данной технологии относятся: высокие экономические затраты на строительство и эксплуатацию биогазовой установки.

Сравнительный анализ технологий утилизации органических отходов показал, что меньше всего капитальных затрат потребует для технологии аэробной ферментации – 93-102 млн руб., второе и третье место по данному показателю занимают технологии биогазовой установки и термической сушки: 380-410 млн руб. и 300-500 млн руб. соответственно.

По показателю эксплуатационных затрат распределение мест будет следующим: 1-ое место аэробная ферментация - 33-36 млн руб./год; 2-ое место биогазовая установка - 43-46 млн руб./год; 3-ое место термическая сушка - 110-150 млн руб./год.

В итоге, наименее экономически затратной технологией будет аэробная ферментация, наиболее экономически неоправданной технологией будет термическая сушка.

По уровню потери биогенных элементов лидирует технология биогазовой установки – 3-5%. На втором месте находится технология аэробной ферментации – 13-20%, а на третьем термическая сушка - 50%.

Установлено, что все приведенные технологии утилизации обеспечивают высокую степень обеззараживания отходов, и продуктом переработки будет высококачественное **органическое удобрение**.

Согласно изученным данным, автор считает, что наиболее перспективной технологией утилизации отходов животноводства будет биогазовая установка, которая позволит получить два конечных продукта. Главными недостатками данного метода являются высокие денежные затраты на постройку и обслуживание установки, но также нужно брать во внимание энергетический потенциал технологии. Органические отходы животноводства и птицеводства являются источниками альтернативной энергии. Использование биогаза в качестве альтернативного топлива поможет наладить энергообеспечение на сельских территориях.

Заключение. В ходе исследования было установлено, что наиболее перспективной технологией утилизации отходов животноводства будет анаэробная ферментация или биогазовая установка. Технология дает комплексный эффект содержания: получение энергии; снижение загрязнения окружающей среды; получение органического удобрения. Серьезным минусом данной технологии будет необходимость серьезных финансовых инвестиций.

Литература

1. Сельское хозяйство в России. 2019: Стат.сб./Росстат. М. 2019. 91 с.
2. Брюханов А.Ю. Обеспечение экологической безопасности животноводческих и птицеводческих предприятий (Наилучшие доступные технологии). СПб.: ИАЭП, 2017. 296 с.
3. Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 N 242 (ред. от 02.11.2018) "Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов" (Зарегистрировано в Минюсте России 08.06.2017 N 47008).
4. Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 N 913 (ред. от 24.01.2020) "О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах".
5. Ковалев Н.Г. Микробиологические особенности аэробной биоферментации / Ковалев Н.Г. // Доклады РАСХН. 1999. № 3. С. 51-54.



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



Тимирьянова Анастасия Арсентьева

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: a.timiryanova@gmail.com



Кравцов Александр Ярославович

Год рождения: 1998
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: formekray@gmail.com



Сергиенко Ольга Ивановна

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

УДК 502.36

**СОКРАЩЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ
ПРИ ВНЕДРЕНИИ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ УТЕЧЕК
НА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДАХ**

**А.В. Миниахметова, О.И. Сергиенко, А.А. Тимирьянова, А.Я. Кравцов
Научный руководитель – к.т.н., доцент О.И. Сергиенко**

Аннотация

Рассмотрена инициатива по внедрению наилучших доступных технологий (НДТ) для снижения рисков разливов нефтепродуктов на нефтепроводах в Западной Сибири в условиях болотистой местности. В качестве альтернативных технологий предложены создание автоматизированной системы мониторинга для обнаружения утечек

нефтепродуктов и применение ингибиторов коррозии нефтепроводов. На основе алгоритма выбора НДТ для каждого предложенного варианта технологий приводятся результаты технико-экономического обоснования. За счет данных мероприятий снижаются экологические риски и может быть получен значительный экономический эффект для предприятия. Как показывает выполненный анализ, обе технологии являются перспективными с точки зрения снижения негативного воздействия на окружающую среду. Однако наиболее приоритетным следует считать нанесение ингибиторов на внутреннюю поверхность трубопроводов с постоянным мониторингом системы введения ингибитора и ее эффективности.

Ключевые слова

Наилучшая доступная технология, мониторинг, ингибиторная защита, транспортировка нефтепродуктов, коррозия, техническая оценка, экологическая оценка, экономическая оценка.

Целью данной работы является выбор наиболее эффективной технологии для снижения потерь нефтепродуктов и обоснование ее внедрения в технологический процесс трубопроводной транспортировки нефти в Западной Сибири в условиях болотистой местности при снижении негативного воздействия компании на окружающую среду. Процесс перекачки заданного количества нефти по системе магистрального нефтепровода обслуживается на нефтеперекачивающей станции (НПС). По результатам анализа технологической схемы и материального баланса основными причинами возникновения экологической проблемы является коррозия нефтепроводов. Количественные показатели, характеризующие проблему загрязнения природных объектов, схематично показаны на рис. 1.

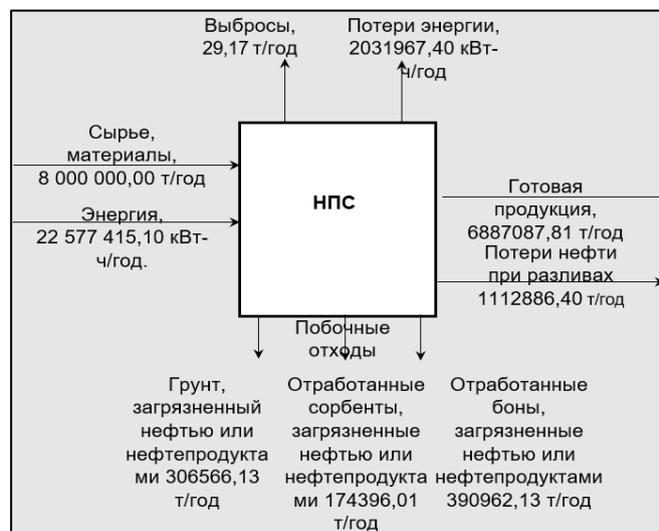


Рис. 1. Экологический баланс нефтеперекачивающей станции (НПС)

Объектом исследования является нефтегазодобывающее управление «Быстринскнефть». Основная производственная деятельность предприятия направлена на выполнение комплекса работ по добыче, транспортировке нефти и газа с месторождений ПАО «Сургутнефтегаз». На нефтепроводах основной производственный процесс обеспечивает транспортирование нефти из района добычи на нефтеперерабатывающий завод, железнодорожные, речные и морские пункты налива, а также на экспорт. Для внедрения НДТ рассматривается участок нефтепровода Сургут – Полоцк [1] длиной 411 км. Данные о финансовых потерях Общества при аварийных разливах, незаконной врезке в трубопровод за 2017 год представлены в [2].

Для проекта НДТ 1: применение системы мониторинга – предлагается применение автоматизированной системы обнаружения утечек «АКСИ-СОУ» производства «АКСИТЕХ», основной задачей которой является выявление факта возникновения утечки, а также определение её местоположения. Система предназначена для непрерывного мониторинга параметров безопасной эксплуатации и контроля несанкционированных врезок и утечек продукта из трубопровода в реальном времени. Мониторинг позволит снизить потери сырой нефти, снизить образование отходов от локализации и ликвидации разлива, уменьшить выбросы в атмосферный воздух в общей сложности на 87,5% [3]. Таким образом, снизятся экологические финансовые затраты, включающие экологические штрафы, потери, связанные с реализацией нефтепродуктов на рынке, экологические платы за размещение отходов. Технологический процесс заключается в том, что данные с датчиков давления и расходомеров передаются по кабельным линиям в автономный комплекс телеметрии «АКТЕЛ» и далее по существующему каналу спутниковой связи транслируются на диспетчерский пульт. На пульте с помощью специализированного программного обеспечения происходит обработка данных, результаты которой в виде предупреждающих или аварийных сигналов об утечке отображаются на рабочем месте оператора. Структурная схема системы для протяженности трубопровода ~1000 м приведена на рис. 2 [4].

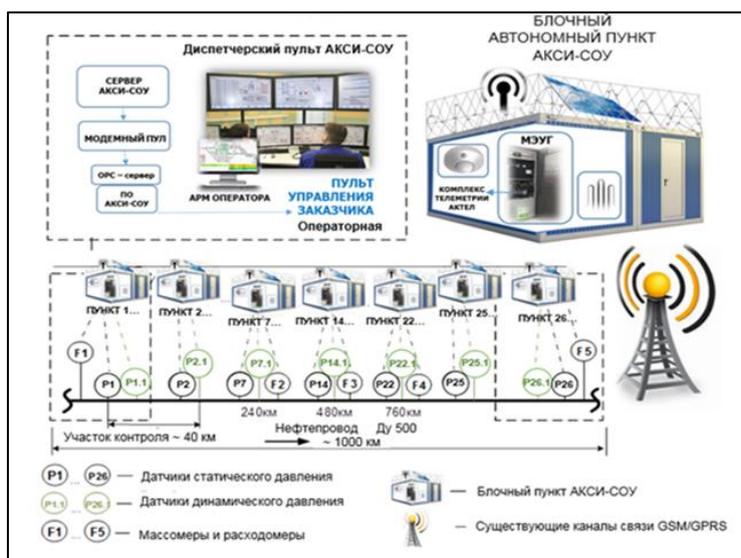


Рис. 2. Структурная схема системы «АКСИ-СОУ» [4]

Предлагается установить 10 блочных пунктов системы обнаружения утечек и приборов КИП с учетом рекомендованного расстояния между пунктами (40 км) и общей протяженностью участка (411 км). Технически рекомендуется привязывать месторасположение блочных пунктов к существующим узлам запорной арматуры на нефтепроводе, например, рядом с ручными или оснащенными пневмоприводами клиновыми задвижками [4].

Компания АКСИТЕХ также предлагает вариант технического решения, которое позволит объединить систему обнаружения утечек «АКСИ-СОУ» и систему телемеханики крановых узлов (задвигек) «АСДУК». Такое решение позволит комплексно и последовательно решать вопросы обнаружения утечек и последующего дистанционного перекрытия аварийного участка трубопровода по команде оператора с пульта управления. Для полноценного функционирования системы мониторинга необходима закупка оборудования (табл. 1).

Общая стоимость инвестиционных затрат для внедрения НДТ 1 составит 11 764,87 тыс. руб. Такие затраты включают приобретение оборудования, разработку проекта, монтажные и пусконаладочные работы, транспортно-заготовительные расходы, обучение и иные расходы.

Таблица 1

Оборудование НДТ 1

Наименование оборудования	Цена, тыс. руб.	Кол.-во комплектов, шт.	Общая стоимость, тыс. руб.	Общая мощность, кВтч
1	2	3	4	5
БАП из утепленного блок-бокса	245	10	2450	36745,8
Система освещения блок-бокса: светодиодные лампы	0,692	20	13,84	98,55
Внешние контрольно-измерительные приборы (КИП):	16,86	10	168,6	17,52
Датчик статического давления:	34,56		345,6	17,52
Датчик динамического расхода:	41,14		411,4	5,26
Массомер:	41,14		411,4	35,916
Расходомер:				
Диспетчерский пульт (ДП) с АРМ оператора:	42,99	11	472,89	
Блок система HP Pavilion 590-p0025ur:	4,79		52,69	1576,8
Монитор HP V19:	0,25		2,75	87,6
Мышь проводная Oklick 185M Black:	0,49		5,39	
Клавиатура проводная Sven KB-S300 Black:				
1	2	3	4	5
Программное обеспечение МЭУГ:	288		288	
Комплекс телеметрии АКТЕЛ 1:		10		
Сервер АКСИ-СОУ:		10		876,0
Модемный пул:		1		700,8
ОПС-сервер:		1		17,52
ПО АКСИ-СОУ:		1		420,48
GPRS канал связи:		1		
Офисная мебель	5,73	11	63,06	
Система телемеханики АСДУК-Э (Кран шаровой полнопроходной моноблок, фланцевый, DN80, PN16)	63,44	10	634,4	569,4
Дополнительный РВС 400	1 560	1	1 560	
Поворотный смесительный клапан, DN50	40,49	1	40,49	
ИТОГО:			6920,51	41169,17

Эксплуатационные затраты включают оплату электроэнергии на отопление, освещение и электроприборов БАП, оплата технического обслуживания и ремонт от компании «АКСИТЕХ», а также оплату труда четырех работников, поддерживающих рабочее состояние систем и ее техническое обслуживание.

Эксплуатационные затраты составят 3 000,45 тыс. руб., которые включают затраты электроэнергии, техническое обслуживание и ремонт, оплату труда.

Расчеты сокращения платы на негативное воздействие производилось на основании Постановления Правительства РФ от 3 марта 2017 года N 255 Об исчислении

и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду [5] и Постановления Правительства РФ от 13.09.2016 N 913 (ред. от 24.01.2020) "О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах" [6]. В табл. 2 представлены результаты расчетов чистой годовой экономии при внедрении НДТ 1. По 5 пункту принимаем, что цена нефти 2967,84 составляет руб. за 1 баррель на 14.09.2020 г., тогда 1 т нефти стоит 21758,36 руб. [7]. Чистая годовая экономия составляет 22 302,88 млн руб. в год (табл. 2).

Таблица 2

Чистая годовая экономия

Мероприятия	Текущая ситуация		После мероприятия		Экономия	
	Кол.-во, т/год	Млн. руб./год	Кол.-во, т/год	Млн. руб./год	Кол.-во, т/год	Млн. руб./год
Сокращение загрязнения ОС:	29,17	0,41	3,65	0,05	25,52	0,36
Сокращение образования отходов, загрязненных нефтепродуктами	871924,27	1 249,61	108990,53	144,63	762933,74	1104,98
Сокращение платежей за нарушение экологического законодательства		0,62		0,08		0,54
Сокращение расходов на рекультивацию		13,99		1,75		12,24
Сокращение потерь сырой нефти	1112886,40	24214,58	139110,8	3026,82	973775,60	21 187,76
Общие сбережения/ доход						22 305,88
Эксплуатационные затраты всего:						-3,00
ИТОГО: чистые годовая экономия						22 302,88

В качестве НДТ 2 рассматривается ингибиторная защита трубопровода. В качестве ингибитора коррозии рассматривается реагент Unicor WS-108. При внедрении технологии также позволит снизить отрицательное воздействие на 90% [8].

При эксплуатации системы ингибиторной защиты осуществляются следующие технологические процессы: хранение и доставка ингибитора к дозирующему устройству; закачка ингибитора; мониторинг эффективности ингибирования. В процессе эксплуатационного обслуживания дозирочной установки выполняются следующие действия: контроль уровня ингибитора в расходной емкости (замер); контроль подачи ингибитора (расчет); корректировка подачи ингибитора (регулировка); текущая оценка работоспособности оборудования (определение неисправностей дозирочных насосов, негерметичности сальниковых уплотнений, соединительных деталей, емкостей, технологических трубопроводов) [9].

Для функционирования системы ингибиторной защиты необходима закупка следующего оборудования, представленная в табл. 3. Данные по схожему оборудованию взяты аналогично НДТ 1. Эксплуатационные затраты при внедрении НДТ 2 составят 490,36 тыс. руб. В табл. 4 представлены результаты расчетов чистой годовой экономии при внедрении НДТ2. По 5 пункту принимаем, что цену нефти аналогично табл. 2 [7]. Чистая годовая экономия составляет 22 931,8 млн руб. в год.

Из табл. 4 видно, что экономия при внедрении НДТ в основном достигается за счет

сокращения расходов на локализацию и ликвидацию разливов нефти и сокращения потерь сырой нефти, как товарной продукции.

Таблица 3

Оборудование НДТ 2

Наименование оборудования	Цена, тыс. руб.	Кол.-во, шт., л	Общая стоимость, тыс. руб.	Общая мощность, кВт*ч
Блок хранения и закачки ингибитора коррозии (16-A-4002)	442,83	1	442,83	3674,58
Система освещения блок-бокса: светодиодные лампы				39,42
Ингибитор Unicor WS-108	0,395	129 735,36	51,25	
Диспетчерский пульт (ДП) с АРМ оператора: Блок система HP Pavilion 590-p0025ur: Монитор HP V19: Мышь проводная Oklick 185M Black: Клавиатура проводная Sven KB-S300 Black:	42,99 4,79 0,25 0,49	1	48,52	1576,8 87,6
Программное обеспечение	288	1	288	595,68
Система телемеханики	63,44	1	63,44	569,4
Офисная мебель	5,73	1	5,73	
ИТОГО:			899,77	6619,7

Таблица 4

Чистая годовая экономия

Мероприятия	Текущая ситуация		После мероприятия		Экономия	
	Кол.-во, т/год	Млн. руб./год	Кол.-во, т/год	Млн. руб./год	Кол.-во, т/год	Млн. руб./год
Сокращение загрязнения ОС	29,167	0,41	2,9167	41225,943 6	26,250	0,37
Сокращение образования отходов, загрязненных нефтепродуктами	871924 ,27	1 249,60	87192,4 27	12496069 8,68	770597,89 0	1 124,65
Сокращение платежей за нарушение экологического законодательства		0,62		62141,90		0,56
Сокращение расходов на рекультивацию		13,99		1,4		12,59
Сокращение потерь сырой нефти	111288 6,4	24 214,58	111288, 64	2421,47	1 001 597,76	21 793,12
Общие сбережения/ доход						22 931,29
Общие эксплуатационные затраты:						-0,49
ИТОГО: чистая годовая экономия						22 931,8

Для сравнения экономических показателей технологий была составлена сводная табл. 5, где представлены основные показатели рентабельности проектов НДТ.

Таблица 5

Показатели рентабельности

Показатель	Ед. изм.	НДТ 1	НДТ 2
1	2	3	4
Общие инвестиции (I_0)	млн. руб.	11,76	1,53
Чистая годовая экономия (B)	млн. руб.	22302,88	22 930,8
Простой период окупаемости (PB)	мес.	< 1	< 1
1	2	3	4
Динамический период окупаемости	год	1,6	1,0
Чистая приведенная стоимость (NPV)	млн. руб.	43 921,15	79 148,3
Индекс доходности (PI)	-	3 731,55	51 730,91
Внутренняя норма рентабельности (IRR)	%	28	29

Как видно из табл. 5, проект внедрения НДТ 2 является наиболее выгодным, при меньших затратах достигаются значительные экономические выгоды.

В данной работе были рассмотрены два проекта, из которых НДТ 2: Ингибиторная защита трубопровода – имеет наиболее высокие экологические показатели, а также, что важно для руководства, эффективные показатели экономического обоснования для ее реализации.

Также рекомендуется применение предложенных технологий для их совместного использования, что повысит эффективность работоспособности трубопроводов и также снизит связанные с ними риски. При этом период внедрения предлагается разделить на два этапа. Первый этап – внедрение НДТ 2, второй этап – НДТ 1.

Литература

1. Нефтепровод – Сургута. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ngpedia.ru/id186051p1.html> (дата обращения: 14.10.2020).
2. Сведения об инцидентах на нефтепромыслах по ОАО "Сургутнефтегаз" за 2017 год. 2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.surgutneftegas.ru/upload/iblock/009/Сведения%20об%20инцидентах%20на%20нефтепромыслах%20п%20о%20ОАО%20Сургутнефтегаз%20за%202017%20год.pdf> (дата обращения: 14.09.2020).
3. Выпускная квалификационная работа «Система измерения давления в нефтепроводе». // Библиофонд.2011. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=537926#text> (дата обращения: 14.09.2020).
4. Автономная система обнаружения утечек нефтепродуктов АКЦИ.СОУ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://axitech.ru/news/avtonomnaya-sistema-obnaruzheniya-utechek-nefteproduktov-aksi-sou/> (дата обращения: 16.10.2020).
5. Правительство Российской Федерации Постановление от 3 марта 2017 года N 255 Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420393404> (дата обращения: 14.09.2020).
6. Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 N 913 (ред. от 24.01.2020) "О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах" [Электронный ресурс]. Режим доступа:

- http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_204671/acbaa5546717ca4f2150ad7da2dca98d4ba0d583/ (дата обращения: 14.09.2020).
7. Цена нефти в рублях график BRENT/RUB цена рубле-бочки онлайн [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://xerurg.com/brent-rub> (дата обращения: 14.09.2020).
 8. Ингибитор коррозии. Ингибиторная защита трубопроводов. 2012. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/neftekhimiya/141609-ingibitornaya-zashchita-truboprovodov/> (дата обращения: 14.09.2020).
 9. ОАО "Газпром нефть", Методический документ Компании «Методические указания по организации и исполнению ингибирования коррозии промысловых трубопроводов». 2010. 89 с.

СОДЕРЖАНИЕ

НАПРАВЛЕНИЕ «ПИЩЕВЫХ БИОТЕХНОЛОГИЙ И ИНЖЕНЕРИИ; НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА; ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ».....	4
Алиев Т.А., Кацуба К.Е., Куракина Т.А., Тимралиева А.А. НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ РЕАКЦИОННО-ДИФФУЗИОННЫХ СИСТЕМ.....	5
Аль-Ясари Аркан Хади, Челомбиткин М.А., Береснева А.О. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В СОЕ.....	9
Апицына О.С. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КИПЕНИИ ХЛАДАГЕНТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ.....	12
Артемьев Д.В. УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В КОЖУХОТРУБНОМ ТЕПЛООБМЕННОМ АППАРАТЕ.....	17
Ахмедова А.Р., Ушаева И.У. ТРАДИЦИОННАЯ ПИЩА ГОРЦЕВ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРИНЦИПОВ ПИТАНИЯ.....	23
Байкова Я.С., Забелина А.В. ПРИМЕНЕНИЕ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРПЕСЧАНОГО КОМПОЗИТА.....	29
Барбанэль П.Ф. ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ.....	33
Barth S.L. ENERGETIC UTILIZATION OF AGRICULTURAL RESIDUES FROM AGRICULTURAL HEMP CROP CULTIVATION AND FIBER PRODUCTION.....	37
Басковцева А.С., Кыздарбек У. МИКРООРГАНИЗМЫ-ПРОДУЦЕНТЫ КАРОТИНОИДОВ.....	43
Бельшева Д.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ УКИЗВ ПРИ ОЦЕНКЕ ИЖЕВСКОГО ПРУДА.....	47

Богданова П.А., Юльметова Р.Ф. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ ОЧИСТНЫХ СТАНЦИЙ.....	51
Васильева М.О. АКТУАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	56
Виноградова Д.М. ПУТИ УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА.....	59
Назин М.А., Вольф М.Н., Кустикова М.А. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНВЕНЦИИ О ТРАНСГРАНИЧНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОЗДУХА НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ СПУСТЯ 40 ЛЕТ.....	63
Вольф М.Н., Кустикова М.А. ВОПРОСЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РФ.....	68
Вольф М.Н., Кустикова М.А. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПРАВДААННЫЕ ДЕЙСТВИЯ ПО ПЕРЕХОДУ ОТ ГХФУ К ГФУ В РФ.....	72
Галашова О.И., Сергиенко О.И. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА: СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ.....	76
Гатауллина Д.Р., Омеляненко В.А. ПРОБЛЕМЫ ОБУЧЕНИЯ СОТРУДНИКОВ ОРГАНИЗАЦИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА.....	79
Гнатенко К.В., Орипова А.А. ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	83
Гордеева Е.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ПАХУЧИХ ВЫБРОСОВ НА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ.....	90
Гусаков А.А., Василевская А.В., Тюрикова Е.П. ПРОГНОЗ ВЛИЯНИЯ КАД НА АКУСТИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ.....	94
ДИНКЕЛАКЕР Н.Ф.Й., МОИСЕЕНКО Е.Н., ДИНКЕЛАКЕР Н.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ МАЛЫХ РЕК ГОЛАРКТИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕНСОРНЫХ ДАТЧИКОВ.....	101

ДИНКЕЛАКЕР Н.Ф.Й., ДИНКЕЛАКЕР Н.В. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ РЕК ОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА.....	106
Дмитриева А.П. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ.....	110
Дубровская О.Ю., Черезова А.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОЛИЗАТОВ ИЗ ВОЗВРАТНЫХ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ.....	114
Езикова К.А., Суяргулова А.Б. СТОКГОЛЬМСКАЯ КОНВЕНЦИЯ О СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЯХ.....	117
Ерёменко А.А., Савоскула В.А., Сергиенко О.И. МОДЕЛЬ ПРОМЫШЛЕННОГО СИМБИОЗА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ РОЗНИЧНОЙ СЕТИ.....	119
Ермоченко А.И., Агаханянц П.Ф. АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ И ДВИЖЕНИЙ В СФЕРЕ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ОТХОДОВ.....	125
Ефимов Р.Д. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК АРАМИДНЫХ ТКАНЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ.....	129
Жмудь К.В., Калимжанов Д. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРОВ ХОЛОДА.....	131
Жустерова П.К. ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ В РОССИИ. ПОИСК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА РЕШЕНИЯ.....	137
Забелина А.В. УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В ЦЕЛЯХ СНИЖЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ОТ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	140
Зуева К.С. СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА.....	144
Иванов Л.В. ТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА СПГ В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ РОССИИ.....	148

Иванова Н.А. ПОВЕРОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ.....	152
Исаева М.В. АНАЛИЗ ОТКРЫТЫХ ДАННЫХ ОБ УВЕЛИЧЕНИИ ОТХОДОВ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ.....	154
Кайсина В.В. УСТАНОВЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПОВЕРОЧНЫХ РАБОТ ГАЗОАНАЛИТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ.....	156
Калашникова Л.И., Сергиенко О.И. ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИИ ОЦЕНКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НА ОСНОВЕ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА.....	159
Калимуллин Т.К. АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВЫДАЧИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА ИЗ КРИОГЕННЫХ ХРАНИЛИЩ.....	163
Каменев Р.А. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦКМ ПРИ РАБОТЕ НА ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА.....	166
Карпова О.С. ПОЛУЧЕНИЕ БИОУДОБРЕНИЙ ИЗ НАВОЗА КРС МЕТАНОВЫМ СБРАЖИВАНИЕМ.....	171
Банарь С.А., Карпова Н.Г., Кустикова М.А., Хамзина А.М. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НЕЗАКОННОГО ВВОЗА КОНТРАФАКТНОЙ ПРОДУКЦИИ ОЗОНОРАЗРУШАЮЩИХ ХЛАДАГЕНТОВ.....	175
Корзова Е.А. ЯВЛЕНИЕ ГИБЕЛИ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВЫЙСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.....	181
Коршак К.А., Сергиенко О.И., Ульянов Н.Б. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД ПОРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	185
Кравцов А.Я., Миниахметова А.В., Тимирьянова А.А. УТИЛИЗАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ПИРОЛИЗА В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ.....	188
Кузнецова А.П. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА О МЕТОДАХ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	194

Кузьмина К.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОЛИГОНОВ ТКО.....	198
Курникова Н.В., Молодкина Н.Р. МОДЕЛИРОВАНИЕ АССОЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ-ДЕСТРУКТОРОВ ДУРНОПАХНУЩИХ ВЕЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ ОТРАБОТКИ МЕТОДА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА.....	204
Кухтенко Е.В. ЭВОЛЮЦИЯ И ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ ОПИСАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	210
Кыздарбек У., Басковцева А.С. СТАБИЛЬНОСТЬ ЛИКОПИНА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ И ХРАНЕНИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ.....	214
Лаврентьев Ф.В., Румянцев И.С., Иванов А.С., Николаев К.Г. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ БАКТЕРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	219
Лобова Е.В., Сергиенко О.И. ТРАНСФОРМАЦИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА АКТУАЛЬНУЮ РЕДАКЦИЮ СТАНДАРТА ISO 45001: ОПЫТ ГЕРМАНСКИХ КОМПАНИЙ.....	223
Лоскутова А. ПЕРЕРАБОТКА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ЛИЧИНКАМИ МУХ И ВОЗМОЖНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУЧАЕМОГО ПРОДУКТА.....	228
Лях К.С., Егорова О.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПЕКТИНА ИЗ ТОПИНАМБУРА В ПРИСУТСТВИИ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ.....	232
Н.А. Мальгинова, Е.П. Тюрикова КОНВЕРСИЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОЗОНОБЕЗОПАСНЫЕ ХЛАДАГЕНТЫ.....	236
Маркова А.И. УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	240
Миниахметова А.В., Сергиенко О.И., Тимирьянова А.А., Кравцов А.Я. СОКРАЩЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ВНЕДРЕНИИ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ УТЕЧЕК НА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДАХ.....	245

**АЛЬМАНАХ
НАУЧНЫХ РАБОТ
МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ
Университета ИТМО**

Том 1
Часть 1

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Дизайн обложки

Вёрстка

Подписано к печати 26.10.2021

Заказ № 4523 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