



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

4



Альманах

НАУЧНЫХ РАБОТ
МОЛОДЫХ
УЧЕНЫХ

2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

**АЛЬМАНАХ
НАУЧНЫХ РАБОТ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
Университета ИТМО**

Том 4



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург

2018

Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. Том 4. – СПб.: Университет ИТМО, 2018. – 322 с.

Издание содержит результаты научных работ молодых ученых, доложенные на XLVII научной и учебно-методической конференции Университета ИТМО по тематикам: биотехнологии и низкотемпературные системы.

ISBN 978-5-7577-0589-7

ISBN 978-5-7577-0593-4 (Том 4)



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

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

© Университет ИТМО, 2018

© Авторы, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Издание содержит результаты научных работ молодых ученых, доложенные 30 января – 2 февраля 2018 года на XLVII научной и учебно-методической конференции Университета ИТМО по тематикам: биотехнологии и низкотемпературные системы.

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

**Леметти Евгений Львович**

Год рождения: 1983

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра инженерного проектирования систем жизнеобеспечения,
студент группы № W4235Направление подготовки: 16.04.03 – Надежность материалов
низкотемпературной техники

e-mail: ion.spb@gmail.com

**Давлатова Сарфиямо Окимбековна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра инженерного проектирования систем жизнеобеспечения,
студент группы № W4135Направление подготовки: 16.04.03 – Надежность материалов
низкотемпературной техники

e-mail: sarfish_davlatova@email.ru

УДК 621.77

**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОКАТА НА ХРУПКОЕ
РАЗРУШЕНИЕ****Леметти Е.Л., Давлатова С.О.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Ермаков Б.С.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе представлены результаты исследования влияния направления холодной пластической деформации – гибки (продольная гибка осуществляется вдоль направления проката; поперечная – перпендикулярно направлению проката) листовой заготовки стали 09Г2С на механические свойства и структуру листовой заготовки. Показано, что продольное (вдоль направления проката) формование профиля является предпочтительным, позволяя рекомендовать такой способ формования фасонных изделий для использования в силовых элементах каркасов технических устройств, эксплуатируемых в условиях климатического холода.

Ключевые слова: прокат, хрупкое разрушение, листовая заготовка, сталь 09Г2С, механические свойства, структура стали.

Современный уровень развития производства характеризуется повышением конкурентности на рынке продукции машиностроения, жесткими требованиями к снижению стоимости, материал- и энергоемкости, повышению эксплуатационной надежности и долговечности выпускаемых изделий. Для удовлетворения этих условий машиностроительные предприятия пересматривают существующие технологии и методы производства, все шире внедряют новое перспективное обрабатывающее оборудование, отказываются от закупки дорогостоящих комплектующих. К числу таких замещений, относится отказ от закупки дорогого фасонного проката из низкоуглеродистых высокопрочных сталей, например, стали 09Г2С, используемого при производстве каркасов крупных технологических систем, и замещение его гнутыми профилями, изготовленными из более дешевых листовых заготовок, и полос стали непосредственно на собственном производстве. Таким образом, изготавливая требуемый по геометрии и размерам профиль, удастся резко повысить коэффициент использования металла, за счет оптимального раскрытия заготовок снизить массу изделия. Однако наряду с решением вопроса экономической эффективности такой замены необходимо подтвердить гарантии надежности и

работоспособности изделий, в каркасах которых произошла замена фасонного проката на гнутые листовые профили.

В работе была поставлена задача исследования влияния направления холодной пластической деформации – гибки (продольная гибка осуществляется вдоль направления проката; поперечная – перпендикулярно направлению проката) листовой заготовки стали 09Г2С на механические свойства и структуру листовой заготовки (ГОСТ 19281-2014). Исследования были проведены на образцах стали в исходном состоянии поставки (без термической обработки). Продольная гибка полосы осуществлялась на фасонном прокатном стане, поперечная – на гибочном прессе марки «LVD». Были проведены исследования механических свойств, микроструктуры исходной листовой заготовки и полученных профилей в диапазоне температур от +20°C до –60°C, изучена топография изломов образцов после различных видов испытаний. Исследования статических и динамических механических свойств при нормальной и пониженной температурах были проведены в соответствии с требованиями ГОСТ 1497-84 и ГОСТ 9454-78, микроструктуры стали в исходном состоянии и после различных методов пластического деформирования – по ГОСТ 5640-68 и ГОСТ Р 54570-2011; фратографические исследования изломов образцов после разрушения – по РД 50-672-88.

Высокопрочные низколегированные стали, в частности, сталь 09Г2С, в настоящее время широко применяются в различных отраслях промышленности, строительстве, транспортном машиностроении благодаря относительно низкой стоимости, сочетающейся с высоким уровнем прочностных и пластических характеристик, удовлетворительными показателями низкотемпературной вязкости и свариваемости, несложной технологии производства. Однако, наряду с достоинствами, применение таких сталей накладывает требования, несоблюдение которых может привести к потере эксплуатационной надежности изделия.

Известно [1], что низколегированные стали неоднородны и несовершенны как по составу, так и по своему строению – макро-, микро- и тонкой структуре. Величина, характер и степень равномерности распределения этих несовершенств и определяет свойства сталей, их поведение в процессах обработки, их прочность и работоспособность в конкретных условиях службы деталей. Подобные несовершенства могут быть вызваны исходным составом материала, условиями его кристаллизации в многотонном слитке.

К числу таких несовершенств следует отнести зональную и дендритную ликвации – химическую неоднородность сплава в пределах одного кристаллита, когда большинство основных и примесных элементов в стали, включая углерод, ликвируют от оси дендрита к междоузным пространствам. Совместная ликвация легирующих элементов и примесей приводит к усилению степени дендритной ликвации, неблагоприятно сказывается на вязкости и трещиностойкости стали, увеличивает анизотропность листовой и полосовой заготовки. Также на работоспособность изделий, изготовленных из низколегированных высокопрочных сталей, оказывают влияния несовершенства ее технологической обработки – прокатки, термической и термомеханической обработки и т.п. Они, например, оказывают влияние на развитие полосчатости в стали. Так, в процессе диффузионного отжига, направленного на устранение химической неоднородности материала на макроуровне, может происходить возникновение химической неоднородности в границах одного кристалла, к появлению неоднородности состава в микрообъемах – адсорбированию атомов на границах зерен – так называемой зернограницной сегрегации основных и примесных элементов, поверхностях плоских и объемных дефектов. Особенно заметное влияние на свойства стали оказывает внутренняя адсорбция тогда, когда в результате уменьшения поверхности границ, например, при росте зерна аустенита в процессе высокотемпературного нагрева, когда концентрация элемента превосходит предел его растворимости в твердом растворе стали. В этом случае возможен локальный распад твердого раствора, образование дисперсных частиц избыточных фаз [2].

Не менее важна роль такого технологического процесса как пластическое деформирование слитка. В процессе горячей прокатки возможно образование двух видов

несовершенств – полосчатости и разнотерности. В процесс деформирования дендриты вытягиваются в направлении деформации, междендритные пространства, внутри которых находится основное количество примесей и неметаллических включений, деформируются, что приводит к возникновению полосчатости, определяющей уровень анизотропии материала, особенно вязких свойств и трещиностойкости. Образование разнотерности связано с температурно-скоростным режимом деформации, величина зерен в стали и их разнотерность определяются температурами нагрева стали перед деформацией и окончанием деформации, а также степенью деформации (суммарной и в последней клетке, если прокатка осуществляется в несколько проходов) [2]. Последующая холодная прокатка, гибка или другой вид холодной деформации дополнительно усугубляют структурную неоднородность, что объясняется неравномерным развитием холодной деформации в различных микрообъемах деформируемого металла. В микрообъемах, претерпевших холодную деформацию со степенями выше критической, образуется нормальная зеренная структура; в зонах, где степень деформации соответствовала критической, вырастают крупные зерна. Причину такого явления можно объяснить различиями в скорости динамической и статической рекристаллизации структурных составляющих стали 09Г2С – феррита и аустенита, причем ферритные зерна, более склонные к рекристаллизации, растут быстрее. Разнотерность приводит к снижению механических свойств стали. В таблице приведены механические свойства образцов стали 09Г2С в исходном состоянии (образцы вырезаны из исходной полосы стали) и после продольной и поперечной гибки.

Таблица. Механические свойства стали 09Г2С в исходном состоянии после гибки

Направление гибки	Средние значения статических механических свойств при температуре						Минимальные и средние значения ударной вязкости (KCV) при температуре			
	+20°C			-60°C			+20°C		-60°C	
	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ_5	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ_5	KCV _{мин}	KCV _{сред}	KCV _{мин}	KCV _{сред}
	МПа		%	МПа		%	Дж/см ²			
До гибки	545	370	25,9	615	455	24,8	100,0	103,5	92,0	94,6
продольное	635	555	14,0	710	625	13,7	98,9	99,8	91,8	93,9
поперечное	630	550	13,6	675	600	11,0	94,3	96,3	84,2	85,4

Как следует из приведенных данных, материал после пластической деформации упрочняется, и если при +20°C различие в величинах механических свойств образцов после гибки находится в пределах погрешности, то при понижении температуры до -60°C разница в полученных результатах при испытании образцов с различным направлением гибки становится вполне заметной, достигая 25 МПа по пределу текучести и более 2,5% по относительному удлинению. Еще более резко отличаются результаты испытаний образцов на ударную вязкость. Средняя величина KCV⁻⁶⁰ в зависимости от направления гибки отличается почти на 10% (93,9 Дж/см² – при продольной гибке и 85,4 Дж/см² – при поперечной гибке).

Микроструктура стали 09Г2С в исходной листовой заготовке представляла собой феррито-перлитную смесь, строчечность структуры соответствует 2 баллу ряда А шкалы 3 ГОСТ Р 54570-2011 балл 2 – «Одна-две сплошные полосы феррита на фоне равноосных зерен». Основное количество ферритных зерен сохраняли полигональную структуру, в то время как перлитная составляющая четко ориентирована в строчечной форме. Разнотерность колеблется от минимального размера зерен в 4,5 мкм до 28 мкм, что соответствует разнотерности по номеру зерна (ГОСТ-5639-82) от G=7 до G=12. В ходе поперечной гибки не происходит сколь-нибудь заметных изменений микроструктуры стали – сохраняется отмеченная при исследовании листовой заготовки строчечность материала, форма, и расположение зерен феррита изменяется незначительно. При анализе микроструктуры образца после продольной гибки было отмечено, что форма зерен

ферритной составляющей микроструктуры частично теряет полигональную форму, в структуре стали отчетливо видна ориентированность зерен в направлении, перпендикулярном приложению давления. В наружной и внутренних третях толщины листовой заготовки происходит частичное разрушение строчечности перлитной составляющей структуры, которая сохраняется только в зоне нейтральной гибки (на расстоянии $\frac{1}{2}$ от обеих поверхностей).

На основании проведенных фрактографических исследований было установлено, что основным механизмом разрушения всех испытанных образцов является вязкий ямочный отрыв. Перлитная строчечность оказывает охрупчивающее воздействие на свойства стали 09Г2С, и в зонах выхода на поверхность излома перлитной строчечности наблюдаются участки хрупкого разрушения (рисунок, а).

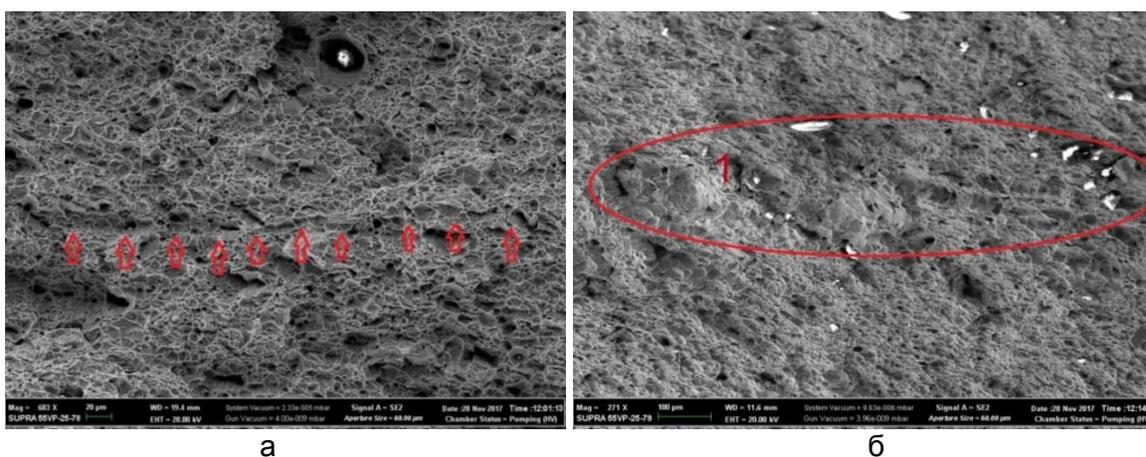


Рисунок. Хрупкое разрушение в зоне выхода перлитной строчечности (а) и перлитная составляющая на поверхности разрушения образца после продольной гибки (б)

Это особо заметно на изломах образцов после поперечной гибки, испытанных при минус 60°C , когда выходящие на поверхность разрушения конгломераты перлитной составляющей разрушаются хрупко – по механизму скола. Возникновение подобных зон хрупкого разрушения наиболее опасно в условиях анизотропности свойств стали со строчечной структурой, когда свойства в направлении, перпендикулярном направлению проката, могут быть значительно ниже. Такие участки хрупкого разрушения могут провоцировать ускоренное разрушение материала при пониженных температурах, служить причиной возникновения аварийных разрушений конструкций, изготовленных из гнутых профилей листовых заготовок, что должно быть учтено при проектировании и прочностных расчетах конструкций. Частичное разрушение перлитной строчечности при продольной гибке приводит к локализации перлитного компонента структуры – зоны выхода на поверхность излома перлитных участков трансформируются в сторону локализованных в форме, приближающейся к точечной (рисунок, б).

Это приводит к повышению ударной вязкости и пластичности деформированных продольно образцов (см. таблицу) позволяет утверждать, что продольное (вдоль направления проката) формование профиля является предпочтительным, и позволяет рекомендовать именно этот способ формования фасонных изделий, предназначенных для использования в силовых элементах каркасов технических устройств, эксплуатируемых в условиях холодного климата.

Литература

1. Солнцев Ю.П., Ермаков Б.С. Ресурс материалов низкотемпературных конструкций. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2006. – 512 с.
2. Солнцев Ю.П., Ермаков Б.С., Слепцов О.И. Материалы для низких и криогенных температур. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. – 768 с.

**Ларионова Светлана Юрьевна**

Год рождения: 1991

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра инженерного проектирования систем жизнеобеспечения,
студент группы № W4135Направление подготовки: 16.04.03 – Надежность материалов
низкотемпературной техники

e-mail: svetik953@mail.ru

**Макеева Юлия Константиновна**

Год рождения: 1982

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра инженерного проектирования систем жизнеобеспечения,
студент группы № W4135Направление подготовки: 16.04.03 – Надежность материалов
низкотемпературной техники

e-mail: ulmakeeva@gmail.com

УДК 539.374

**ФРАКТОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРУШЕНИЯ НАПОЛНЕННОГО
ПОЛИКАРБОНАТА****Ларионова С.Ю., Макеева Ю.К.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Ермаков Б.С.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе приведены данные фрактографических исследований поверхностей разрушения образцов из высокопрочного поликарбоната PC005 и полимеркомпозита (поликарбонат +30% наполнителя) после испытаний на одноосное статическое растяжение при 20°C.

Ключевые слова: высокопрочный поликарбонат, полимеркомпозит, статическое растяжение, фрактографические исследования.

Внедрение новых ресурсо- и материалосберегающих технологий потребовало разработки и внедрения принципиально новых материалов, к числу которых относятся полимерные композиционные материалы. Полимеркомпозитные материалы обеспечивают целый ряд технологических преимуществ по сравнению с традиционными металлическими сплавами. К их числу относятся – высокая удельная прочность, эксплуатационная надежность и долговечность, высокая коррозионная стойкость в щелочных и кислотных средах, высокая технологичность процессов формования изделия и его окрашивания, минимизация объема финишной механической обработки [1, 2]. Полимеркомпозитные материалы все шире используются в таких отраслях науки и производства как космическая и авиационная отрасль, судостроение, низкотемпературная и криогенная техника. Все шире находят полимеркомпозитные материалы свою нишу в пищевой и легкой промышленности. Столь широкий спектр отраслей применения полимеркомпозитов подразумевает самый широкий спектр воздействий и нагрузок, которым они подвергаются в ходе эксплуатации. К их числу относятся различные виды нагревов и охлаждений, воздействия внешних агрессивных сред, статического, динамического и циклического механического воздействия. Это может приводить к старению и другим видам изменений структуры и свойств полимеркомпозитных материалов, что должно быть учтено при конструировании, прочностных и ресурсных расчетах изделий, изготовленных из полимеркомпозитных

материалов [3]. Одним из наиболее информативных методов для анализа стабильности и оценки возможных изменений структуры полимеркомпозитов являются электронно-микроскопические исследования поверхностей образцов разрушения полимеркомпозитных материалов после различных видов воздействий.

Целью данной работы являлся электронно-микроскопический (фрактографический) анализ поверхностей разрушения полимеркомпозитного материала с поликарбонатной матрицей и армирующим наполнителем в виде рубленых стекловолокон и сравнение механизмов разрушения исходного (матричного) материала – высокопрочного поликарбоната марки PC005 и поликарбоната с наполнителем из рубленого стекловолокна. Введение в поликарбонат наполнителей направлено на улучшение комплекса их свойств. При этом основным показателем улучшения таких свойств является сопротивление разрушению.

Были исследованы образцы высокопрочного поликарбоната PC005 и полимеркомпозита (поликарбонат + 30% наполнителя) после испытаний на одноосное статическое растяжение при 20°C. Микроструктуру поверхностей разрушения образцов исследовали методом сканирующей электронной микроскопии на растровом электронном микроскопе Supra-55VP-25-78. Полученные результаты исследований были проанализированы с помощью предложенной в работе [4] микрокомпозитной модели строения полимеров, согласно которой микрофазовая структура полимерной матрицы состоит из изотропной легко деформируемой среды («микроматрицы»), содержащей более жесткие частицы дисперсной фазы или их ассоциаты, разделенные прослойками микроматрицы.

Как было показано в ходе анализа образцов, разрушенных в ходе механических испытаний – при статическом механическом воздействии поликарбонатная матрица материала способна пластически деформироваться, сохраняя механизм разрушения, присущий чистому (ненаполненному поликарбонату), вплоть до образования магистральной трещины. В ходе растяжения образца поликарбоната – до зарождения трещины протекает объемное вязкое течение материала, что отражается на изменении внешнего вида образца (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид образца поликарбоната PC005 и полимеркомпозиционного материала до (а) и после испытаний (б)

Так, толщина рабочей части образца в ходе растяжения уменьшилось с 4 до 2,8 мм. При возникновении магистральной трещины ее движение осуществляется по механизму хрупкого разрушения (рис. 2).

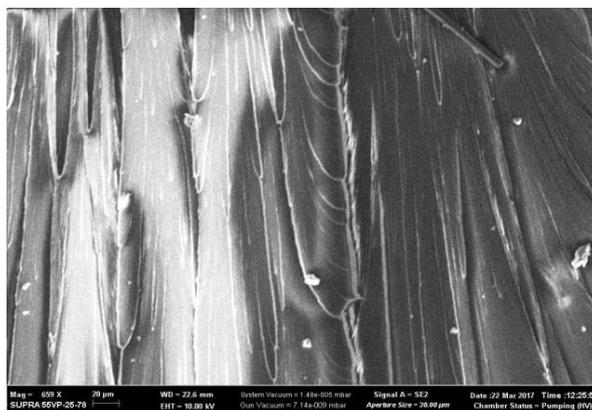


Рис. 2. Микроструктура поверхности образца поликарбоната PC005 – объемное течение рабочей части образца сочетается с хрупким ручьевым изломом

При введении в поликарбонат стекловолокна предел прочности материала повышается с 62–69 МПа у поликарбоната PC005 до 110–125 МПа у полимеркомпозита на базе поликарбоната. Анализ поверхности разрушения образцов композиционного материала, показал, что механизм разрушения поликарбонатной матрицы остается типичным для «чистого» (ненаполненного) поликарбоната – пластическое течение на первой стадии разрушения с образованием микроямок – пор, характерных для вязкого разрушения материала, и хрупкое разрушение в момент образования магистральной трещины.

На рис. 3 отчетливо видны следы рельефа хрупкого разрушения – расположение и направление ступенек ручьистого узора движения хрупкой трещины по поликарбонатной матрице. Разрушение волокон наполнителя осуществляется по механизму отрыва. Некоторые волокна вырваны из тела матрицы, что, видимо, произошло на первой стадии пластического течения поликарбоната. На изломах присутствуют осколки стеклянных волокон. Разрушение стеклонаполненного поликарбоната сочетает в себе два механизма разрушения.

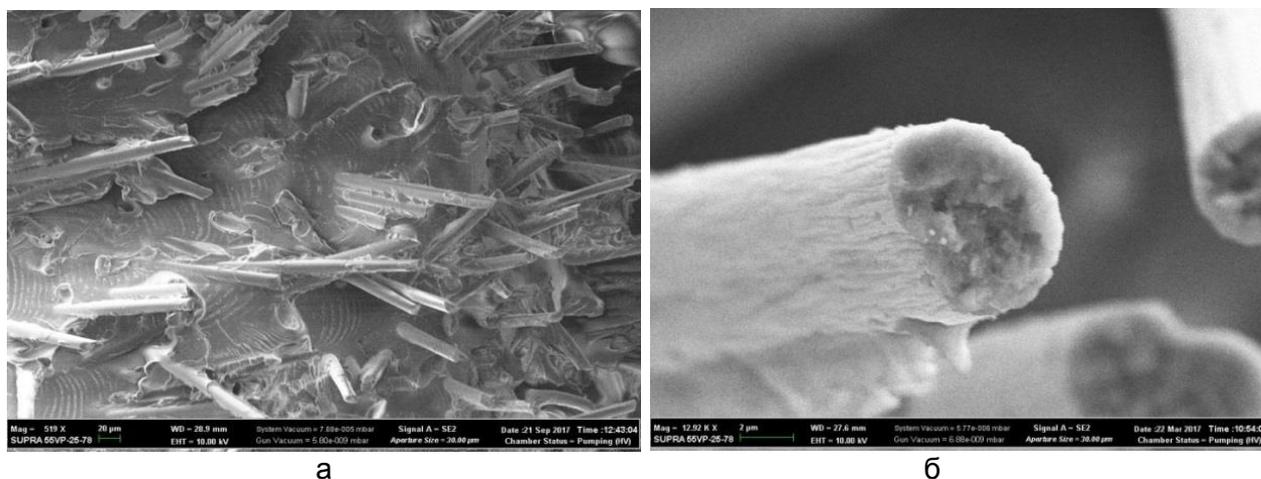


Рис. 3. Микроструктура поверхности полимеркомпозитного образца; ручьистый излом полимерной матрицы (а); поверхность разрушения волокна стеклянного наполнителя (б)

Первый механизм – это двухстадийный процесс разрушения поликарбоната – вязкое течение материала до зарождения трещины на первой стадии, причем это течение активно тормозится заполняющими и упрочняющими матрицу волокнами (если у ненаполненного поликарбоната удлинение на первой стадии развития разрушения (объемного вязкого течения) достигает 85–100%, то у стеклонаполненного не превышает 4–6%). Таким образом, при статическом нагружении полимеркомпозитного материала с пластичной матрицей и пластически недеформируемыми армирующими наполнителями (рубленными частицами стеклянных волокон) пластическая деформация развивается только в микрофазовой структуре матрицы. На второй стадии – стадии зарождения, развития и движения магистральной трещины – осуществляется механизм хрупкого разрушения с фасетками скола и ручьистым узором на изломах поликарбонатной матрицы. При этом происходит разрушение стеклянных волокон с образованием осколков стекла, фиксируемых при анализе. Такой механизм разрушения типичен для полимеркомпозитных материалов – наполнитель не только упрочняет поликарбонатную матрицу, но резко снижает возможность ее пластического течения [5].

Второй механизм разрушения – типичен для полимеркомпозитных материалов – наполнитель не только упрочняет поликарбонатную матрицу, но резко снижает возможность ее пластического течения. При этом происходит разрушение стеклянных волокон с образованием осколков стекла, фиксируемых при анализе.

Таким образом, механизм разрушения стеклонаполненного поликарбоната можно охарактеризовать суперпозицией процессов разрушения полимерной основы материала,

сопровождающимся тормозящим воздействием наполнителя на пластическое течение основы и состоящим из стадии предразрушения (вязкий механизм разрушения с образованием глубоких фасеток в поликарбонатной матрице и вырыва из нее отдельных волокон стекла) и хрупкого разрушения матрицы и наполнителя после образования магистральной трещины.

Литература

1. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года // *Авиационные материалы и технологии*. – 2012. – № 5. – С. 7–17.
2. Солнцев Ю.П., Ермаков Б.С., Слепцов О.И. *Материалы для низких и криогенных температур*. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. – 768 с.
3. Кириллов В.Н., Старцев О.В., Ефимов В.А. Климатическая стойкость и повреждаемость полимерных композиционных материалов, проблемы и пути решения // *Авиационные материалы и технологии*. – 2012. – № 5. – С. 412–423.
4. Деев И.С., Кобец Л.П. Фрактография эпоксидных полимеров // *Высокомолекулярные соединения. Сер. А*. – 1996. – Т. 38. – № 4. – С. 627–633.
5. Деев И.С., Белов П.А., Кобец Л.П. Деформационная анизотропия фазовой микроструктуры полимерных матриц при силовом воздействии // В сб. тезисов докл. VI Всероссийской Каргинской конф. «Полимеры–2014». – 2014. – Т. 1. – С. 261.

**Перегудов Алексей Андреевич**

Год рождения: 1991

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра инженерного проектирования систем жизнеобеспечения,
аспирантНаправление подготовки: 22.06.01 – Технология материалов

e-mail: mikki435@gmail.com

**Ганеева Айсулу Ильгизовна**

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра инженерного проектирования систем жизнеобеспечения,
студент группы № W4235Направление подготовки: 16.04.03 – Надежность материалов
низкотемпературной техники

e-mail: aysulu94@mail.ru

УДК 669.14.018.27

**ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ
И СВОЙСТВА СТАЛИ 45ХН2МФА****Перегудов А.А., Ганеева А.И.****Научный руководитель – д.т.н., доцент Вологжанина С.А.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе изучено влияние различных вариантов термической обработки стали 45ХН2МФА на карбидную фазу и комплекс ее свойств. Определен основной механизм повышения упругих свойств стали 45ХН2МФА. Проведены электронно-микроскопические исследования карбидных фаз после различных видов термической обработки. Определен вид термической обработки, обеспечивающий комплекс рабочих свойств стали.

Ключевые слова: сопротивление пластической деформации, величина остаточной деформации, термическая обработка, сталь 45ХН2МФА, карбидная фаза.

В настоящее время сложно выделить какую-либо одну главную причину повышения свойств после термической обработки. Рассматривая вопросы повышения сопротивления малым пластическим деформациям, обычно отмечают релаксацию пиковых микронапряжений, возникающих в результате мартенситного превращения при закалке. Однако в ряде работ указывают, что в процессе отпуска под напряжением, особенно при значительных напряжениях, может развиваться деформационное старение мартенсита [1–3]. Действительно, сопротивление пластическим деформациям определяется величиной остаточной деформации.

Целью настоящей работы было оценить влияние различных видов термической обработки на карбидную фазу и комплекс свойств стали 45ХН2МФА.

В качестве объекта исследований был использован прокат диаметром 45 мм стали 45ХН2МФА в отожженном состоянии одной плавки. Были изготовлены образцы диаметром 10 мм и длиной рабочей части 125 мм.

В работе изучали влияние следующих вариантов термической обработки (ТО):

- вариант 1 – закалка с температуры 860°C, с последующим охлаждением в масле и отпуском при температурах 200, 300 и 400°C продолжительностью 1 ч;

- вариант 2 – двойная закалка с температуры 860°C, с последующим охлаждением в масле и отпуском при температурах 200, 300 и 400°C продолжительностью 1 ч;
- вариант 3 – высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО) – образцы нагревали до температуры 1100°C, затем деформировали кручением со степенью деформации около 40% и охлаждали в масле, после чего проводили отпуск при температурах 200, 300 и 400°C продолжительностью 1 ч;
- вариант 4 – закалка с температуры 860°C, с последующим охлаждением в масле и отпуск под напряжением (ОПН) при температурах 200, 300 и 400°C в течение 0,5 ч. При проведении ОПН образцы одним концом устанавливали в неподвижную опору внутри печи, а второй конец нагружали крутящим моментом через вал, проходящий сквозь отверстие в крышке печи. Затем нагревали до температуры отпуска, осуществляли выдержку, снимали нагрузку и производили охлаждение на воздухе. Величину крутящего момента выбирали в интервале (0,7–0,8) $\tau_{0,3}^t$, где $\tau_{0,3}^t$ – величина предела текучести при кручении для каждой температуры отпуска (t), ранее определенная на отдельных образцах.

Исследование механических свойств и структурного состояния стали 45ХН2МФА позволило определить, что основным механизмом повышения упругих свойств стали 45ХН2МФА после исследованных режимов обработки является дисперсионное упрочнение. Об этом свидетельствует пик вторичной прочности при отпуске 300°C, после закалки и отпуска, ВТМО и отпуска под напряжением. С увеличением температуры отпуска до 300°C повышение прочности металла за счет выделения частиц карбидов превышает разупрочнение. При дальнейшем повышении температуры наблюдается менее значительный рост числа и размеров карбидов, в то время как разупрочнение твердого раствора, по-видимому, продолжается с той же интенсивностью. Данные электронно-микроскопических исследований карбидных фаз после различных видов термической обработки приведены на рисунке.

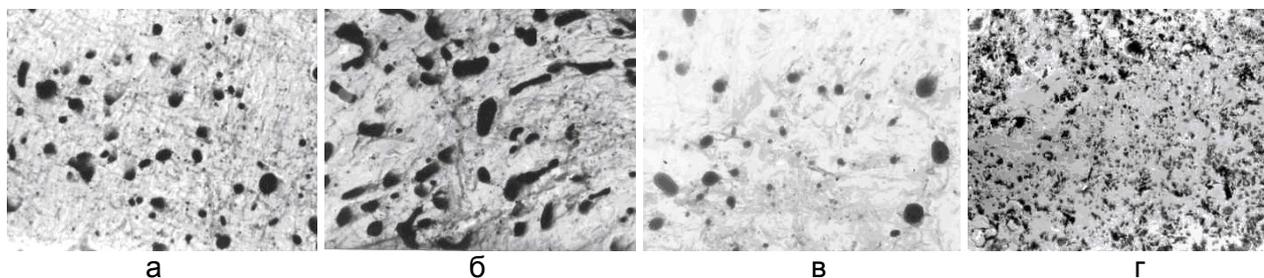


Рисунок. Микрофотографии карбидов после различных режимов термической обработки (10 000 \times): закалка и отпуск (а); двойная закалка и отпуск (б); ВТМО и отпуск (в); закалка и отпуск под напряжением (г)

Обработка образцов по варианту 1 позволила получить в структуре исследованной стали отпущенный мартенсит, имеющий мелкодисперсное пакетное строение. Повышение температуры отпуска до 400°C приводит к постепенному распаду мартенсита, в результате чего структура стали представляет собой троостит отпуска. После двойной закалки, высокотемпературной механической обработки, отпуска под напряжением наблюдается такая же тенденция в формировании структуры – после отпуска при 200°C образуется пакетный мартенсит отпуска С, который постепенно распадается при повышении температуры отпуска.

Необходимо отметить, что количество и размеры, образующейся карбидной фазы определяются режимом термической обработки. Так, например, по сравнению с закалкой и отпуском (рисунок, а) после двойной закалки и отпуска (рисунок, б) размер карбидов возрастает. Очевидно, это связано с тем, что выделившиеся карбиды, увеличиваясь при повторном нагреве под закалку, не успевают раствориться в течение кратковременной выдержки и в значительной степени сохраняют свои размеры.

После высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО) (рисунок, в) и после закалки и отпуска (рисунок, а) карбиды имеют одинаковые размеры, хотя их количество в первом случае меньше. После отпуска под напряжением (рисунок, в) наблюдается наибольшая дисперсность карбидов. Вероятно, это связано с тем, что в зоне деформации при этом варианте термообработки происходит увеличение числа центров зарождения частиц карбидной фазы, в местах активной релаксации микронапряжений, а также за счет влияния дислокаций, образующихся в процессе нагружения, на миграцию атомов внедрения.

Влияние деформации во время отпуска на дисперсность карбидов подтверждается тем, что в средней части образца, в которой деформация отсутствует, их форма и размер аналогичны карбидам, образовавшимся после закалки и отпуска. Измельчение карбидной фазы в основном и определяет более высокое сопротивление малым пластическим деформациям и благоприятно сказывается на вязких и усталостных свойствах стали (таблица).

Таблица. Влияние термической обработки на механические свойства стали 45ХН2МФА

Режим термической обработки	KV, Дж	K_{IC} , МПа·м ^{1/2}	σ_{-1} , МПа
Закалка и отпуск	11,8	42	660
Двойная закалка и отпуск	7	21	380
ВТМО и отпуск	14	53	825
Закалка и отпуск под напряжением	13,3	49	770

После двойной закалки сталь 45ХН2МФА значительно охрупчивается, что не позволяет рекомендовать этот вид термической обработки для изготовления торсионов.

Наибольшие значения вязких свойств стали из рассмотренных вариантов обработки наблюдаются после ВТМО, при этом сопротивление малым пластическим деформациям сохраняется на высоком уровне. Проведение этого вида термомеханической обработки можно рекомендовать для упругих элементов, эксплуатируемых в условиях низких климатических температур. Однако следует учитывать, что при этом способе обработки в структуре стали присутствует остаточный аустенит, что является причиной снижения сопротивления малым пластическим деформациям. Кроме того, деформация в горячем состоянии часто приводит к искривлению оси упругих элементов, что может усложнять обработку деталей большой длины.

Таким образом, наилучший комплекс свойств стали, как следует из данных таблицы, обеспечивает обработка, включающая отпуск под напряжением. После этого вида термической обработки повышается сопротивление малым пластическим деформациям с различным допуском на остаточную деформацию и, главное, снижается остаточная деформация после закручивания на аварийные углы. Кроме того, отпуск под напряжением является довольно технологичным видом обработки, не требующим сложного оборудования и специальных технологических приемов.

Выводы

1. Исследованы превращения после различных режимов термической обработки образцов из стали 45ХН2МФА.
2. Показано, что для всех режимов термообработки структурные превращения протекают по одинаковому механизму. Однако равномерно распределенные мелкодисперсные карбиды получены только после отпуска под напряжением.
3. ВТМО позволяет получить наилучший комплекс свойств для стали 45ХН2МФА. Однако, учитывая вероятность наличия остаточного аустенита в структуре и возможное проявление поводки деталей, она не может быть рекомендована для упругих элементов.

4. Выявлено, что термическая обработка, включающая отпуск под напряжением, обеспечивает комплекс свойств, необходимый для обеспечения рабочих свойств упругих элементов.

Литература

1. Столяров В.В. Эффект Баушингера в ультрамелкозернистых металлах // Вестник научно-технического развития. – 2009. – № 3(19). – С. 52–58.
2. Колбасников Н.Г., Зотов О.Г., Мартяшов И.С., Сулягин Р.В. Исследование эффекта Баушингера, физическое моделирование формирования свойств микролегированной стали в процессе изготовления труб // Сталь. – 2012. – № 8. – С. 56–60.
3. Журавлев М.М. Разработка и исследование упрочняющей стабилизирующей технологии обработки маложестких деталей типа торсионных валов: дисс. ... канд. техн. наук. – Саратов: Саратовский государственный технический университет. – 2014. – 135 с.

**Перегудов Алексей Андреевич**

Год рождения: 1991

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра инженерного проектирования систем жизнеобеспечения,
аспирантНаправление подготовки: 22.06.01 – Технология материалов

e-mail: mikki435@gmail.com

**Иголкина Екатерина Владимировна**

Год рождения: 1981

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра инженерного проектирования систем жизнеобеспечения,
студент группы № W4135Направление подготовки: 16.04.03 – Надежность материалов

низкотемпературной техники

e-mail: e.alekseeva@yandex.ru

УДК 620.1:536.48

ОЦЕНКА ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ СТАЛИ 38ХМА**Перегудов А.А., Иголкина Е.В.****Научный руководитель – д.т.н., доцент Вологжанина С.А.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе определялись зависимости между величинами предела текучести, значениями трещиностойкости и характером разрушения образцов сталей 38ХМА и 30ХМА. По результатам испытаний на вязкость разрушения при внецентренном растяжении установлено, что сталь 38ХМА имеет более высокие значения K_{IC} по сравнению со сталью 30ХМА в исследованном интервале температур и, таким образом, лучше сопротивляется распространению хрупкого разрушения.

Ключевые слова: трещиностойкость, внецентренное растяжение, вязкость разрушения, стали 38ХМА и 30ХМА, разрушающее напряжение, хрупкое разрушение.

Значения параметра трещиностойкости крайне важны для оценки работоспособности материала, особенно эксплуатируемого в сложных климатических условиях [1–3].

Целью исследования являлось определение зависимости между величинами предела текучести, значениями трещиностойкости и характером разрушения образцов сталей 38ХМА и 30ХМА.

Исследования на вязкость разрушения производилось путем внецентренного растяжения компактных образцов типа 4 (рисунок) в соответствии с ГОСТ [4].

Образцы из сталей 38ХМА и 30ХМА вырезали из поковок, заготовки подвергали термической обработке по режиму: закалка с 850°C с охлаждением в масле, отпуск при 650°C с охлаждением на воздухе. После термической обработки проводилась полная механическая обработка образцов. Всего было исследовано 20 образцов толщиной 50 мм. Трещины на всех образцах выращивались на универсальной испытательной машине. Испытания проводились на машине Инстрон-1255 с записью диаграммы «нагрузка-смещение» в диапазоне температур от –120°C до +20°C.

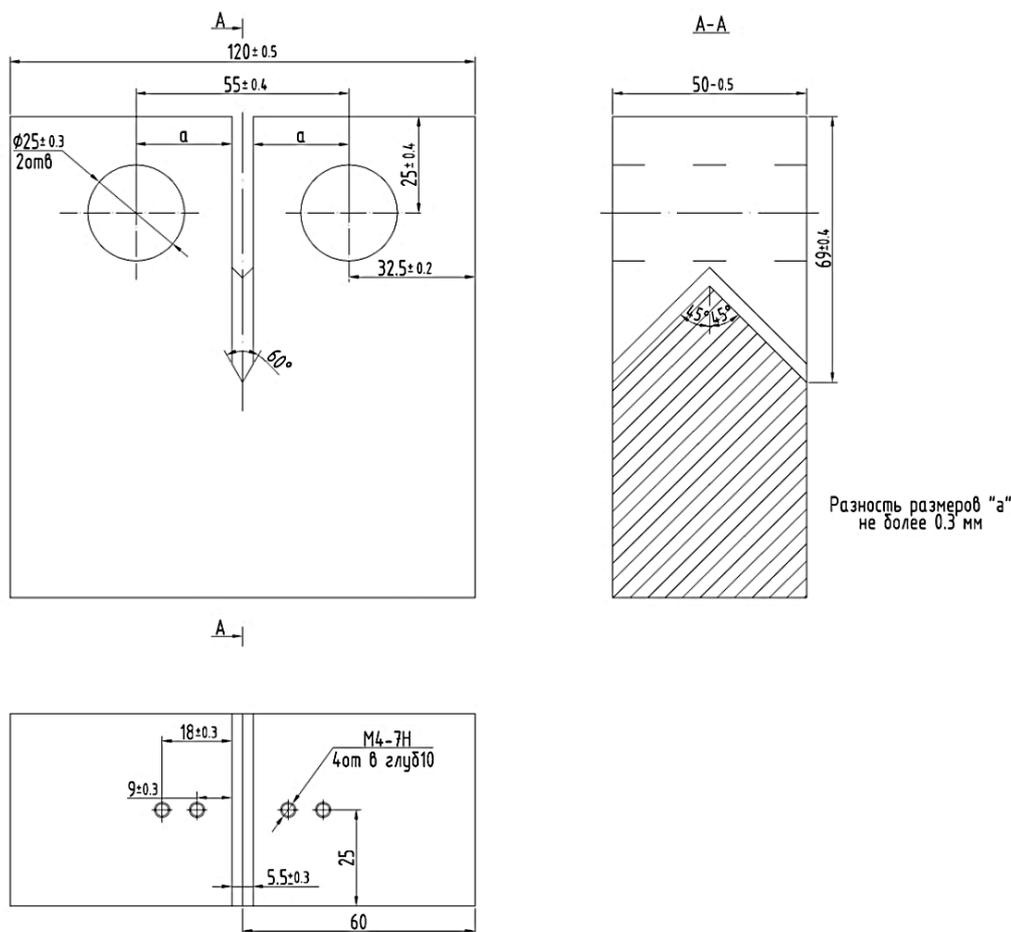


Рисунок. Компактный образец для испытаний на внецентренное растяжение

Для оценки достоверности определения критического коэффициента интенсивности напряжений K_{IC} применяли условия, рекомендуемые в ГОСТ 25.506-85:

1. $P_{max}/P_Q < 1,1$, где P_Q – условная нагрузка, полученная по диаграмме, P_{max} – максимальная нагрузка при разрушении образца;
2. $\delta_{спл}$ – пластическая составляющая критического раскрытия трещины;
3. $\psi < 2,0\%$ – величина относительного поперечного сечения разрушаемого сечения.

Результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица. Результаты испытаний на вязкость разрушения при внецентренном разрушении.
 Сталь 38ХМА

№№ обр.	$T, ^\circ C$	$A, мм$	$B, мм$	$W, мм$	$P_{max}, кгс$	$P_Q, кгс$	$\frac{P_{max}}{P_Q}$	$K_Q, кгс/\sqrt{мм^2}$	$\sigma_{max}, кгс/мм^2$	$\sigma_{сил}, мм$	$\Psi, \%$	$K_{IC}, кгс/\sqrt{мм^2}$	$2,5 \left(\frac{K_{IC}}{\sigma_{0,2}}\right), мм$	Примечание
514 ^x	20	50,56	50	99,95	23000	19000	1,21	372	92	>0,1	3,01	–	–	Невозможно измерить длину трещины
510 ^x	0	49,9	50	100,2	27000	17100	1,57	326	107	>0,1	2,2	–	–	
515	-20	51,4	49,9	100,2	17750	17750	1	355	75	0	1,8	355	43,6	
511	-20	50,2	49,9	99,9	15500	15500	1	300	62	0	1,8	300	31,2	
513	-60 (-54)	50,8	50,3	100,0	17600	17600	1	344	72,5	0	0	344	41	
507	-60	51,0	50,0	99,8	14000	14000	1	278	59	0	0	278	27,3	
519 ^x	-80	–	49,9	100,0	15250	15250	1	–	–	0	0	–	–	
518	-120	50,3	50,0	100,0	12250	12250	1	237	50	0	0	237	19,5	
512	-120	50,3	50,0	99,8	9750	9750	1	190	40	0	0	190	12,5	

В ходе проведения исследования было установлено следующее.

Для 2-х образцов из стали 38ХМА не выполняется ни одно условие корректности, при этом характер разрушения вязкий, ямочного вида, присутствуют губы среза.

Для одного образца из стали 30ХМА не представилось возможным определить длину трещины, так как фронт разрушения распространился неперпендикулярно основанию образца.

Корректными можно считать лишь результаты K_{1C} , полученные в интервале температур от -120°C до -20°C . В этом случае температурная зависимость K_{1C} представляет собой плавно возрастающую кривую.

При оценке зависимости разрушающего напряжения $\sigma_{\max}=f(T)$ видно, что до -20°C разрушающее напряжение всегда меньше $\sigma_{0,2}$, обеспечивая хрупкое разрушение. При температурах выше -20°C $\sigma_{\max}>\sigma_{0,2}$, гарантируя квазихрупкое или вязкое разрушение.

Для исследованных образцов из стали абсолютные значения K_{1C} изменяются от $190\text{--}237 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ при -120°C до $300\text{--}355 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ при -20°C .

Для сравнения у стали 30ХМА абсолютные значения K_{1C} изменяются от $170 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ при -50°C до $250\text{--}270 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ при $+20^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, по результатам испытаний на вязкость разрушения при внецентренном растяжении можно сделать вывод, что сталь 38ХМА имеет более высокие значения K_{1C} , по сравнению со сталью 30ХМА в исследованном интервале температур и, таким образом, лучше сопротивляется распространению хрупкого разрушения.

Литература

1. Солнцев Ю.П., Ермаков Б.С., Слепцов О.И. Материалы для низких и криогенных температур: Энциклопедический справочник. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. – 768 с.
2. Солнцев Ю.П., Пирайнен В.Ю., Вологжанина С.А. Материаловедение специальных отраслей машиностроения. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2007. – 784 с.
3. Андреев А.К., Иголкин А.Ф., Вологжанина С.А., Смирнова Ю.А. Влияние термической обработки на сопротивление малым пластическим деформациям стали 45ХН2МФА // Деформация и разрушение материалов. – 2016. – № 7. – С. 34–38.
4. ГОСТ 25.506-85. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. – Введен 01.01.1986. – М., 2018. – 38 с.



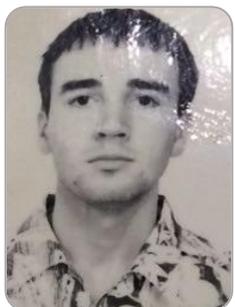
Смирнова Юлия Андреевна

Год рождения: 1978

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра инженерного проектирования систем жизнеобеспечения,
аспирант

Направление подготовки: 22.06.01 – Технология материалов

e-mail: mikki435@gmail.com



Минкевич Дмитрий Алексеевич

Год рождения: 1981

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра инженерного проектирования систем жизнеобеспечения,
студент группы № W4135

Направление подготовки: 16.04.03 – Надежность материалов

низкотемпературной техники

e-mail: d2808@yandex.ru

УДК 669.14.018.27

**ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ
ПРУЖИННОЙ СТАЛИ**

Смирнова Ю.А., Минкевич Д.А.

Руководитель – д.т.н., доцент Андреев А.К.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

Исследование влияния различных видов термической обработки показало, что наибольшее сопротивление пластической деформации при кручении стали 45ХН2МФА достигается после закалки и отпуска под напряжением за счет одновременного деформационного и дисперсионного упрочнения.

Ключевые слова: термическая обработка, сталь 45ХН2МФА, сопротивление пластической деформации.

Проведено исследование влияние различных вариантов термической обработки (вариант 1 – закалка и отпуск; вариант 2 – двойная закалка и отпуск; вариант 3 – высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО) и отпуск; вариант 4 – закалка и отпуск под напряжением (ОПН) на формирование структуры стали 45ХН2МФА. Интервал температуры отпуска для всех вариантов составлял от 200 до 400°С.

Цель настоящей работы – оценить влияние указанных видов термической обработки на сопротивление малым пластическим деформациям при кручении стали 45ХН2МФА, которая широко используется при изготовлении торсионных валов. Торсионные валы находят широкое применение в энергетическом и транспортном машиностроении. Торсионный вал – упругий элемент, представляющий собой вал, работающий на кручение.

Для проведения исследований был взят прокат диаметром 45 мм стали 45ХН2МФА в отожженном состоянии. Сталь имела следующий химический состав, масс. %: С – 0,44; Si – 0,23; Mn – 0,64; Cr – 0,95; Ni – 1,52; Mo – 0,24; V – 0,14; Cu < 0,025; P < 0,020; S < 0,010. Из проката изготавливали образцы диаметром 10 мм и длиной рабочей части 125 мм, что соответствует соотношению диаметра и длины реального торсиона, и позволяет при одинаковых углах закручивания получать на поверхности исследуемого образца такой же относительный сдвиг, как и на поверхности торсионного вала. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ [1].

Сопротивление малым пластическим деформациям определялось на специально разработанной экспериментальной установке, которая позволяет измерять угловую деформацию с точностью до одной минуты. Крутящий момент задавали вручную с помощью поворотного стола. Образец закручивали ступенчато с интервалом в 3° . При каждом закручивании определяли крутящий момент и величину остаточной деформации. По величине крутящего момента рассчитывали напряжения на поверхности образца по формуле (ГОСТ 3565-80):

$$\tau = \frac{T}{W_p},$$

где T – крутящий момент; W_p – полярный момент сопротивления: $W_p = \frac{\pi D^3}{16}$.

Исследование показало, что сопротивление малым пластическим деформациям при кручении зависит от температуры отпуска (таблица).

Таблица. Влияние температуры отпуска при различных режимах термической обработки на сопротивление малым пластическим деформациям стали 45ХН2МФА при кручении

Вариант термической обработки	Значение напряжения τ , МПа, при температуре отпуска, $^\circ\text{C}$								
	$\tau_{0,01}$			$\tau_{0,05}$			$\tau_{0,1}$		
	200	300	400	200	300	400	200	300	400
1	640	810	800	860	950	895	970	1010	950
2	686	690	800	910	895	880	996	977	900
3	655	760	745	900	940	880	1006	1013	970
4	940	1010	880	1000	1080	950	1080	1180	1020

В процессе отпуска закаленной стали протекают два противоположных процесса – распад пересыщенного твердого раствора, приводящий к разупрочнению матрицы и выделение дисперсных частиц, вызывающее дисперсионное упрочнение [2, 3].

Проведенные исследования показали (таблица), что для закалки и отпуска (вариант 1), ВТМО (вариант 3), ОПН (вариант 4) при температуре отпуска 300°C сопротивление малым пластическим деформациям достигает максимальных значений. В этом случае повышение прочности металла, связанное с дисперсионным упрочнением, превышает разупрочнение стали за счет распада мартенсита. При дальнейшем повышении температуры отпуска уменьшается интенсивность образования карбидной фазы, а разупрочнение, вызванное распадом твердого раствора, начинает превалировать, что и приводит к понижению сопротивления пластической деформации.

Иной характер изменения сопротивления пластическим деформациям наблюдается после двойной закалки (вариант 2). При этой термообработке значения $\tau_{0,01}$ и $\tau_{0,05}$ остаются практически постоянными до температуры отпуска 300°C , а затем понижаются при увеличении температуры отпуска. В то же время сопротивление микропластическим деформациям $\tau_{0,01}$, также оставаясь постоянным при отпуске до 300°C , при дальнейшем увеличении температуры отпуска даже повышается (таблица). Очевидно, при повторном нагреве под закалку, в результате повышения диффузионной подвижности атомов, происходит интенсивный распад пересыщенного твердого Fe_α раствора и образование карбидов. При достижении температуры закалки карбидные выделения начинают растворяться в аустените, однако, в процессе выдержки концентрация углерода в объеме металла не успевает выравняться, и после повторной закалки даже при низкой температуре отпуска карбиды выделяются с большей интенсивностью в местах повышенной концентрации углерода. Это подтверждает химический анализ, который показал, что количество карбидной фазы при температуре отпуска 200°C и 300°C примерно одинаково (1,49 и 1,54% соответственно) и их количество повышается лишь

при отпуске 400°C (1,83%). Так как большая часть углерода выделилась в виде карбидов при температуре отпуска 200°C, повышение температуры отпуска до 300°C не приводит к сколь-нибудь заметному распаду твердого раствора и в этом интервале температур отпуска сопротивление стали пластической деформации остается практически постоянным. При дальнейшем повышении температуры отпуска ускоряется процесс распада твердого раствора, что приводит к изменению сопротивления пластическим деформациям стали.

Наблюдаемый при этом разный характер изменения сопротивления малым пластическим деформациям связан с особенностями механизма упрочнения. При малых допусках на остаточную деформацию ($\tau_{0,01}$) упрочнение связано с блокировкой дислокаций, а также скоплением дислокаций около различных барьеров [4, 5]. В этом случае распад твердого раствора и увеличение количества карбидных выделений должны приводить к упрочнению. При более значительных деформациях ($\tau_{0,05}$ и $\tau_{0,1}$) дислокации огибают частицы карбидов по механизму Орована. Исходя из этого, наблюдаемое увеличение карбидной фазы при увеличении температуры отпуска, по-видимому, уже не будет способствовать необходимому упрочнению стали, и сопротивление пластическим деформациям будет в большей степени контролироваться разупрочнением матрицы.

Кроме этих основных процессов, на изменение сопротивления пластическим деформациям будут влиять и остальные, косвенные процессы. К ним обычно относят влияние величины зерна, субструктуры, устойчивость переохлажденного аустенита, твердорастворное упрочнение за счет растворенных атомов легирующих элементов [2, 4].

Влияние твердорастворного упрочнения за счет растворения атомов легирующих элементов в данном случае можно считать одинаковым для всех видов термообработки, так как изучалась сталь одного химического состава, а доли этих элементов в карбидных частицах (по отношению к твердому раствору) относительно невелики.

Наличие остаточного аустенита приводит к снижению сопротивления малым пластическим деформациям стали, поэтому для ее упрочнения целесообразно проводить дополнительную обработку упругих изделий холодом после закалки.

Наиболее высокие сопротивления стали малым пластическим деформациям при знакопеременных нагрузках выявлены после закалки и отпуска под напряжением за счет наибольшей дисперсности карбидных включений. Учитывая, что ОПН (вариант 4) является технологичным видом обработки, не требующим сложного оборудования и специальных технологических приемов, представляется возможным рекомендовать этот вид термической обработки для упрочнения торсионных валов.

Литература

1. ГОСТ 3565-80. Металлы. Метод испытания на кручение. – Введен 01.07.1981. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 15 с.
2. Журавлев М.М. Разработка и исследование упрочняющей стабилизирующей технологии обработки малоуглеродистых деталей типа торсионных валов: дисс. ... канд. техн. наук. – Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2014. – 135 с.
3. Думанский И.О., Прохоров А.В. Динамическое старение углеродсодержащих пружинных сталей перлитного класса с использованием скоростного нагрева // Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика. Материалы 17-й международной науч.-практ. Конференции. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – С. 310–314.
4. Рахштадт А.Г. Пружинные стали и сплавы. – М.: Металлургия, 1982. – 235 с.
5. Пастухова Ж.П., Рахштадт А.Г., Каплун Ю.А. Динамическое старение сплавов. – М.: Металлургия, 1985. – 223 с.

**Цыганков Александр Васильевич**

Год рождения: 1954

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра инженерного проектирования систем жизнеобеспечения,
д.т.н., профессор

e-mail: kafedra-kv@yandex.ru

**Лысёв Владимир Иванович**

Год рождения: 1947

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра инженерного проектирования систем жизнеобеспечения,
к.т.н., доцент

e-mail: kafedra-kv@yandex.ru

**Шилин Александр Сергеевич**

Год рождения: 1992

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра инженерного проектирования систем жизнеобеспечения,
аспирантНаправление подготовки: 13.06.01 – Электро- и теплотехника

e-mail: 0346440@mail.ru

УДК 628.8**КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ****Цыганков А.В., Лысёв В.И., Шилин А.С.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Цыганков А.В.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

Проблема энергоресурсосбережения и повышение энергетической эффективности зданий и сооружений является одной из важнейших инженерных задач. Уменьшение потребления исчерпаемых природных ресурсов, затрачиваемых на системы отопления, вентиляции и кондиционирования зданий и сооружений, является задачей первостепенной важности в виду ограниченности этих ресурсов и постоянного повышения их стоимости.

Ключевые слова: оптимизация систем жизнеобеспечения, системы обеспечения микроклимата, критерии качества, энергетическая эффективность, энергосбережение.

Проектирование систем жизнеобеспечения, отвечающих современным требованиям энергетической эффективности, является актуальной задачей. Данная проблема решается посредством выбора оптимального решения при проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования зданий и сооружений.

Для достижения повышенной энергетической эффективности зданий и сооружений и снижения потребляемых энергоресурсов в системах жизнеобеспечения зданий возможно использование следующих методов:

- анализ и совершенствование архитектурно-строительных решений зданий и сооружений;
- оптимизация систем жизнеобеспечения зданий и сооружений.

Энергопотребление систем жизнеобеспечения определяется поступлением теплоты в теплый период года, потерями теплоты в холодный период года и энергоэффективностью этих систем. Из этого следует, что уменьшить энергопотребление систем жизнеобеспечения можно двумя способами: либо повысить энергетическую эффективность наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений, либо повысить энергетическую эффективность самих систем жизнеобеспечения. Однако для «доработки» наружных ограждающих конструкций зданий требуются значительные финансовые средства, особенно если эти здания обладают большой площадью фасадов, покрытий и перекрытий. В свою очередь, повышение энергетической эффективности систем жизнеобеспечения складывается из определения минимально-возможного расхода воздуха, затрат теплоты и холода, затрат воды и водяного пара, затрат электрической энергии. Оптимизация данных параметров позволяет повысить энергетическую эффективность систем жизнеобеспечения и уменьшить количество затрачиваемых ресурсов.

В целях повышения энергетической эффективности и сокращения потребления ресурсов системами отопления, вентиляции и кондиционирования применяются различные энергосберегающие мероприятия: уменьшение инфильтрации, повышение эффективности воздухораспределения, местное кондиционирование, децентрализация систем кондиционирования воздуха, зонирование принципиального решения систем обеспечения микроклимата по сторонам света, использование предварительного нагрева и охлаждения, рекуперация тепла и холода, применение баков-аккумуляторов холода, совершенствование средств автоматизации технических систем и др.

Методы оптимизации систем обеспечения микроклимата (ОВК) рассмотрены в работах профессора А.А. Рымкевича [1] и профессора А.Г. Сотникова [2]. Опираясь на подходы, изложенные в этих работах, авторы используют системный анализ применительно к проблеме совершенствования систем ОВК.

Для проведения работ по оптимизации систем жизнеобеспечения необходимо определить критерии качества оптимизации данных систем.

Критерии качества:

- функциональные: обеспеченность нормируемых параметров, функционально-технологическая надежность;
- технологические: расход теплоты, холода, воды, пара, наружного, приточного, вытяжного и рециркуляционного воздуха;
- конструктивно-компоновочные: занимаемая площадь и объем, габариты, удобство монтажа и ремонта, эстетические характеристики;
- эксплуатационно-энергетические: расход электроэнергии, тепловой энергии, расход ремонтных материалов, удобство обслуживания, надежность;
- экономические: капитальные затраты, приведенные затраты, переменные составляющие эксплуатационных затрат.

Оценим затраты на компенсацию потерь теплоты в холодный период года на примере здания, имеющего фактические теплозащитные характеристики наружных ограждающих конструкций, а также теплозащитные характеристики, соответствующие современным требованиям свода правил «Тепловая защита зданий» [3], и имеющего повышенные значения сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций.

Таблица 1. Теплозащитные свойства наружных ограждений здания

Наименование	Фактические значения	По требованиям свода правил	Повышенные значения
Площадь остекления, $S_{ок}, м^2$		30	
Площадь наружных стен, $S_{ст}, м^2$		150	
Сопротивление теплопередаче остекления $R_{ост}, (м^2 \cdot °C)/Вт$	0,29	0,44	0,78

Наименование	Фактические значения	По требованиям Свода правил	Повышенные значения
Сопротивление теплопередаче наружных стен $R_{ост}$, ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт	1,4	2,5	3
Потери теплоты Q , кВт	9,27	5,64	3,89
Уменьшение потерь теплоты ΔQ , %	–	39	58

Как видно из табл. 1, «доработка» наружных ограждающих конструкций здания, в соответствии со Сводом правил [3], позволяет уменьшить потери теплоты в холодный период года на 39%. В случае увеличения теплозащитных свойств ограждающих конструкций сверх требований Свода правил достигается уменьшение потерь теплоты на 58%.

Рассмотрим различные варианты системы отопления для выбранных значений потерь теплоты.

Таблица 2. Варианты систем отопления здания при фактических значениях теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций

Наименование	Водяное отопление	Воздушное отопление
Теплоотдача, Вт/секция	204	–
Кол-во секций, шт.	46	–
Температура приточного воздуха $t_{пр}$, $^\circ C$	–	28,7
Расход теплоносителя, $m^3/ч$	0,557	0,416
Расход теплоты Q , кВт	13	9,28
Капитальные затраты $K_{об}$, руб.	207500	331000
Эксплуатационные затраты C , руб.	861270	614814
Приведенные затраты $Z_{пр}$, руб.	892395	664464

Из табл. 2 видно, что вариант системы воздушного отопления имеет более высокие капитальные затраты, но в то же время меньшие эксплуатационные и приведенные затраты, а также меньшие расходы ресурсов. Исходя из этого, в данном варианте воздушное отопление является оптимальным решением.

Таблица 3. Варианты систем отопления здания при значениях теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций, соответствующих требованиям Свода правил

Наименование	Водяное отопление	Воздушное отопление
Теплоотдача, Вт/секция	204	–
Кол-во секций, шт.	28	–
Температура приточного воздуха $t_{пр}$, $^\circ C$	–	25,3
Расход теплоносителя, $m^3/ч$	0,334	0,242
Расход теплоты Q , кВт	7,8	5,65
Капитальные затраты $K_{об}$, руб.	165000	267000
Эксплуатационные затраты C , руб.	516762	374542
Приведенные затраты $Z_{пр}$, руб.	544512	414592

В случае увеличения теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций здания (табл. 3) в соответствии с требованиями Свода правил «Тепловая защита зданий», мы получаем значительное уменьшение затрат ресурсов в системах отопления, по сравнению с первоначальным вариантом. В этом случае воздушное отопление, совмещенное с системой вентиляции, остается оптимальным вариантом организации отопления здания по сравнению с системой водяного отопления.

Аналогичным образом выбираются варианты технических решений других систем жизнеобеспечения, например, систем кондиционирования воздуха.

Таким образом, оптимизация систем отопления, вентиляции и кондиционирования осуществляется посредством выбора оптимального решения, удовлетворяющего выбранным критериям качества.

Литература

1. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. – СПб.: Изд-во АВОК Северо-Запад, 2003. – 272 с.
2. Сотников А.Г. Проектирование и расчет систем вентиляции и кондиционирования воздуха: полный комплекс требований, исходных данных и расчетной информации для СО, СПВ, СКВ, СГВС и СХС: в 2 т. Т. 1. – СПб.: Проектоптимум, 2013. – 428 с.
3. Свод правил СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2009. Минрегионразвития РФ. – М., 2012. – 96 с.

**Бухряков Никита Викторович**

Год рождения: 1997

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного
газа, студент группы № W3305Направление подготовки: 16.03.03 – Криогенная техника и технологии
e-mail: bnv92@yandex.ru**Соколова Екатерина Владимировна**

Год рождения: 1988

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного
газа, ст. преподаватель

e-mail: evlogvinenko@corp.ifmo.ru

УДК 555.32

**АНАЛИЗ РИСКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТАНЦИИ РЕГАЗИФИКАЦИИ
СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА****Бухряков Н.В.****Научный руководитель – ст. преподаватель Соколова Е.В.**

В последнее время в промышленности развивается использование сжатого природного газа и других веществ, являющихся источниками чрезвычайных ситуаций. В связи с этим актуальным является вопрос, связанный с исследованием анализа риска при использовании и производстве опасных веществ.

Ключевые слова: анализ рисков, СПГ, дерево событий, индивидуальный риск, коллективный риск, ГВС.

Комплексный анализ природного и техногенного рисков для населения определенной территории проводится несколько этапов:

- построение множества сценариев возникновения и развития аварии;
- оценка частот реализации каждого из сценариев возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС);
- построение полей поражающих факторов;
- оценка последствий;
- определение показателей социального риска;
- построение интегральных показателей риска для населения и территории;
- определение нормативов гарантированного государством риска.

В результате проведенного анализа вкладов каждого источника риска ЧС в интегральный показатель, проведено ранжирование по степени опасности и установлены приоритеты управления риском на исследуемой территории.

В ходе анализа выявляется, к какому классу опасности относится объект, на котором используется опасное вещество, и составляется список рекомендаций, который поможет снизить риски при их эксплуатации.

Проанализированы риски при эксплуатации станции регазификации сжатого природного газа (СПГ), в качестве примера рассмотрена реально существующая станция, находящаяся в п. Староуткинск.

В первую очередь для анализа рисков необходимо знать технические характеристики объекта, а именно какая масса СПГ хранится на объекте, а также количество людей работающих на нем и расположение его на местности. В состав комплекса хранения и регазификации сжиженного природного газа входят криогенные изотермические резервуары, предназначенные для заправки и продолжительного безопасного хранения СПГ при низком давлении и низкой температуре в количестве 3 штук. Объем одного резервуара составляет 50 м^3 , масса СПГ в резервуаре – 15 т.

Максимальное давление выдачи производственного газа потребителю составляет 0,6 МПа.

При этом в работе такого комплекса участвует одна смена – 1 оператор [1].

Для анализа рисков данного комплекса необходимо построить логическое дерево событий (рис. 1), которое позволит определить развитие возможных взрывоопасных ситуаций и пожаров, возникающих вследствие реализации иницирующих пожароопасную ситуацию событий. Анализ дерева событий представляет собой «осмысливаемый вперед» процесс, т.е. процесс, при котором исследование развития пожароопасной ситуации начинается с исходного события с рассмотрением цепи последующих событий, приводящих к возникновению взрывоопасной ситуации или пожара [2].

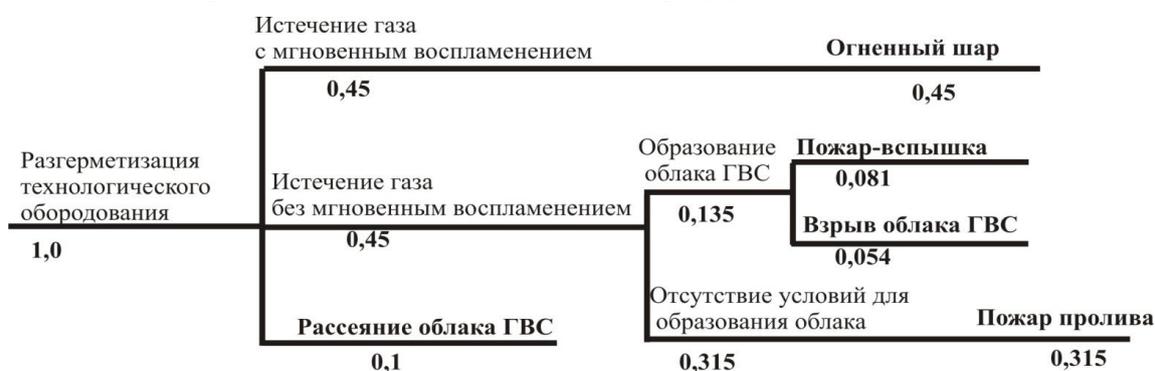


Рис. 1. «Дерево событий» при аварийной разгерметизации емкостного оборудования с СПГ

Далее составим возможные аварийные сценарии на объекте с учетом количества опасного вещества, и проведем анализ, в ходе которого основными факторами, на которые необходимо обратить внимание, будут показатели коллективного и индивидуального рисков, вероятность смертельного исхода для работников объекта в случае аварии.

Оценка риска гибели людей как на территории опасных объектов, так и в селитебной зоне (территории города, предназначенные для размещения жилого фонда, зданий и сооружений) вблизи объекта предполагает определение значений поля потенциального риска в i -й области территории объекта

$$P(i) = \sum_{j=1}^N Q_{Пj}(i) \cdot Q_j, \quad (1)$$

где N – число возможных сценариев возникновения аварийной ситуации; $Q_{Пj}(i)$ – условная вероятность поражения человека в i -й точке в результате реализации j -го сценария; Q_j – частота реализации j -го сценария в течение года, год^{-1} .

Индивидуальный риск – частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности аварий. Величину индивидуального риска, для i -го индивида определяют по формуле:

$$R_{\text{инд}}^i = \sum_{k=1}^G q_{ki} \cdot R_{\text{пот}}(x, y), \quad (2)$$

где q_{ki} – вероятность присутствия i -го индивида в k -ой области территории с учетом продолжительности действия поражающего фактора (рекомендуется определять исходя из

доли времени нахождения рассматриваемого человека в определенной области территории); G – число областей, на которые условно можно разбить территорию, при условии, что величину потенциального риска на всей площади каждой из таких областей можно считать одинаковой.

Коллективный риск персонала (ожидаемое количество пострадавших людей в результате всех аварий в год) определен в соответствии (РД 03-418-01) путем суммирования количества смертельно пострадавших при различных независимых сценариях с учетом их вероятности.

Коллективный риск [3]:

$$R_{\text{кол}} = \sum n_i p_i, \quad (3)$$

где n_i – количество погибших (пострадавших); p_i – вероятность наступления сценария.

Также для определения количества погибших нам нужно будет определить область зон распространения поражающих факторов и условия определения количества пострадавших, что будет сделано в соответствии с «Методикой оценки последствий аварий на пожаро-взрывоопасных объектах» [4].

Теперь определим сценарии развития гипотетически возможных техногенных аварий.

Наиболее опасными и наиболее вероятными будут следующие сценарии гипотетически возможных техногенных аварий, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Наиболее опасные и наиболее вероятные сценарии гипотетически возможных техногенных аварий с вероятностью реализации сценария

Сценарий	Описание ситуации	Вероятность реализации, год ⁻¹
Аварии на взрывопожароопасных объектах		
Комплекс хранения и регазификации СПГ		
C1	Разгерметизация резервуара хранения СПГ → мгновенное испарение части сжиженного газа при разгерметизации → появление источника возгорания → образование огненного шара → тепловое воздействие на персонал, окружающие объекты	$1,4 \times 10^{-6}$
C2	Разгерметизация резервуара хранения СПГ → выброс СПГ в жидкой и газообразной фазе → полное испарение газа, образование облака ГВС → появление источника возгорания → взрыв ГВС → воздействие воздушной ударной волны на персонал, окружающие объекты	$1,6 \times 10^{-7}$

Далее, пользуясь методикой определения зон поражающих факторов и воспользовавшись картой с нанесенными на нее зонами (рис. 2), получим результаты анализа, представленные в табл. 2, и определим количество погибших и пострадавших.



Рис. 2. Зоны действия поражающих факторов для наиболее опасного сценария аварии

на объекте Комплекс хранения и регазификации СПГ – взрыв облака ГВС
при разгерметизации резервуара хранения СПГ

Таблица 2. Сценарий С1, образование огненного шара и сценарий С2, взрыв облака ГВС

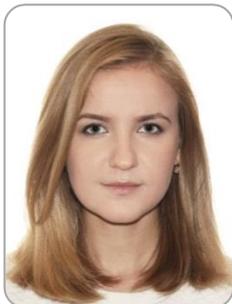
Параметры	С1	Параметры	С2
Количество вещества, участвующего в аварии, т	15	Количество вещества, участвующего в аварии, т	15
Количество вещества, участвующего в создании поражающих факторов, т	6,395	Количество вещества, участвующего в создании поражающих факторов, т	1,5
Радиус огненного шара, м	55,9	Полные разрушения, радиус зоны, м	32
Время существования, с	8,3	Сильные разрушения, радиус зоны, м	68
Радиус зоны ожогов 3-й степени, м	66,8	Средние разрушения, радиус зоны, м	152
Радиус зоны ожогов 2-й степени, м	108	Слабые разрушения, радиус зоны, м	329
Радиус зоны ожогов 1-й степени, м	174	Вероятность поражения человека 99%, R, м	32
Вероятность реализации, год ⁻¹	1,4×10 ⁻⁶	Вероятность поражения человека 50%, R, м	40
Количество погибших, чел.	1	Порог поражения, радиус зоны, м	58
Количество травмированных, чел	–	Вероятность реализации, год ⁻¹	1,6×10 ⁻⁷
Полный ущерб, тыс. руб.	2861	Количество погибших, чел.	1
Индивидуальный риск, год ⁻¹	3,1×10 ⁻⁷	Количество травмированных, чел	–
Коллективный риск, чел/год	1,4×10 ⁻⁶	Индивидуальный риск, год ⁻¹	3,5×10 ⁻⁸
		Коллективный риск, чел/год	1,6×10 ⁻⁷
		Полный ущерб, тыс. руб.	15120

Ключевыми параметрами для нас являются показатели коллективного и индивидуального рисков, именно от них зависит попадет объект в зону приемлемого риска или нет, и какого характера будут даны рекомендации для снижения рисков.

В качестве вывода можно констатировать, что в случае аварии на станции регазификации СПГ, может погибнуть 1 человек, а вероятность реализации самого опасного сценария составит 1,6×10⁻⁷. Несмотря на возможный летальный исход в случаи аварий, объект попадает в зону приемлемого риска (территория, на которой допускается любое строительство и размещение населения) [5].

Литература

1. Паспорт безопасности опасного объекта. Гидротехнические сооружения Староуткинского водохранилища. Утв. Главой городского округа Староуткинск, 2012.
2. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (с изменениями от 14 декабря 2010 г.).
3. Методика оценки комплексного индивидуального риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. ВНИИ ГО ЧС, 2002.
4. Методика оценки последствий аварий на пожаро-, взрывоопасных объектах // Сб. методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС. Книга 2. – М., ВНИИ ГОЧС, 1994.
5. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах». Утверждены приказом Ростехнадзора от 11 апреля 2016 г. № 144.



Власова Дарья Борисовна

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного
газа, студент группы № W4105

Направление подготовки: 16.04.03 – Технология сжиженного
природного газа

e-mail: Dashulyavlass@mail.ru

УДК 621.59

ОЖИЖИТЕЛЬ ПРИРОДНОГО ГАЗА, РАБОТАЮЩИЙ ПО ЦИКЛУ СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ

Власова Д.Б.

Научный руководитель – к.т.н., тьютор Замарашкина В.Н.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В настоящее время малотоннажное производство сжиженного природного газа занимает важное место в структуре мировой экономики сжиженного природного газа, направленное на удовлетворение газового спроса на внутреннем и внешнем рынке. Обширная территория Российской Федерации, невысокая загрузка существующих и достаточно высокая стоимость строительства новых отводов магистральных газопроводов, а также неплатежи за поставляемый по газопроводам природный газ, подталкивают к разработке автономного способа газоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, магистральный газопровод, малотоннажное производство СПГ, цикл среднего давления.

Введение. Современное общество стремится улучшать условия жизни своего населения, это связано с тем что мы стремимся повысить свое качество жизни, также и условий проживания. В первую очередь, чтобы улучшить свое качество жизни, нужно обеспечить качество условий проживания человека. Очевидной проблемой является обеспеченность жильем, но при этом существует проблема обеспечения этого жилья электроэнергией и прочими ресурсами. Одной из проблем в России является доступность энергоносителей, в том числе и природного газа (ПГ).

Природный газ является самым дешевым из всех энергоносителей. Средняя цена по России 0,5 руб. за 1 кВт/ч, и это позволяет использовать газовое топливо для отопления помещений и прочих хозяйственных нужд. Особенно востребовано газоснабжение в сельских поселениях, где зачастую отсутствует центральное отопление и проявляется большая потребность во вспомогательной теплоте.

Анализ стран СНГ и бывшего постсоветского пространства по обеспечению централизованным газоснабжением показывает, что Россия занимает последнее место среди стран бывшего СССР [1]. И здесь причиной можно назвать не особенности политики или культуры нации, а, прежде всего, обширность территории нашей страны. Низкая плотность населения и большое расстояние между населенными пунктами препятствует обеспечению этих населенных пунктов централизованным газоснабжением. Если думать именно об этом варианте в перспективе, то он кажется малореализуемым. На коммуникациях к этому способу отопления продержится 1–2 поколения, и газ скорее закончится, чем он попадет в дом к людям.

Необходимо разработать альтернативные способы газоснабжения, тем более люди все чаще стремятся к жизни за пределами крупных городов. И очевидным для многих

специалистов решением этого вопроса является снабжение поселений сжиженным газом. При этом возможно два способа снабжения сжиженным газом: за счет тяжелых углеводородов (смесь пропан-бутан, которая сжижается при повышении давления до 6–8 атмосфер и может храниться длительное время в неизолируемых емкостях) и снабжение сжиженным природным газом (СПГ), который состоит в основном из метана, и его хранение возможно только с использованием криогенных цистерн. Сравнивая два этих варианта, следует отдать предпочтение технологиям СПГ [2].

Ожижитель ПГ, работающий по циклу среднего давления. Очевидно, что источником ПГ может являться магистраль или трубопровод. Россия, как страна экспортер, имеет достаточно развитую сеть магистральных трубопроводов, которая в основном направлена с востока на запад, и это дает возможность организовать производство СПГ в любом крупном населенном пункте.

Как один из экономически эффективных вариантов создания малотоннажного производства – это создание предприятия на базе газораспределительных станций (ГРС). Преимущества ГРС заключаются в том, что давление в магистральных газопроводах составляет до 7,5 МПа, а в газораспределительных сетях – 0,6–1,2 МПа. И его сброс осуществляется именно на ГРС, благодаря чему высвобождается значительная энергия, пропадая даром. Ее можно было бы использовать для получения СПГ.

СПГ – природный газ (преимущественно метан, CH_4), искусственно сжиженный путем охлаждения до минус 160°C для удобства хранения или транспортировки. Для хозяйственного применения СПГ преобразуется в газообразное состояние на специальных регазификационных терминалах.

Ожижители ПГ, работающие по циклу среднего давления с расширением в детандере части сжатого метана, могут работать на использовании перепада давлений на ГРС магистральных газопроводов (рисунок).

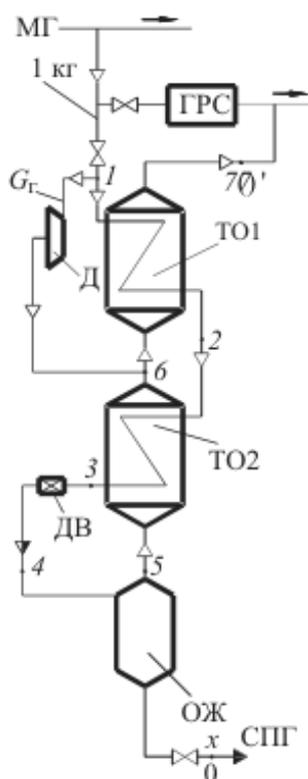


Рисунок. Схема цикла среднего давления с детандером, где МГ – магистральный газопровод; ГРС – газораспределительная станция; ТО1, ТО2, ТО3 – теплообменники; Д – детандер; ДВ – дроссельный вентиль; ОЖ – отделитель жидкости

В ожижителе, показанном на рисунке, метан перед ГРС отбирается из магистрального газопровода (МГ) и направляется в двухступенчатую установку, где в первой ступени часть газа при температуре окружающей среды поступает на расширение в детандер Д, а вторая часть – на охлаждение в теплообменник ТО1.

Расширенный в детандере газ смешивается с обратным потоком газа, выходящим из теплообменника второй ступени охлаждения ТО2, и прямой поток сжатого газа охлаждается в теплообменнике ТО1, по выходе из которого поступает в трубопровод расширенного газа низкого давления, подаваемого потребителю из ГРС.

На выходе из ТО1 сжатый газ поступает в теплообменник ТО2, где охлаждается потоком неожиженного газа, выходящего из отделителя жидкости ОЖ, и поступает на дроссель ДВ. После дросселирования этого потока в отделитель жидкости ожиженная часть СПГ поступает потребителю, а неожиженный поток последовательно подогревается в теплообменниках ТО2 и ТО1.

Таблица. Данные для варианта схемы ожижителя метана

Параметр	Значение
Величина удельных энергозатрат на сжижение, кВт × ч/кг	~0,0*
	~0,7
Коэффициент ожижения	~0,1*
	~0,6
Производительность одной линии, т/ч	до 5

*при применении на ГРС

В нашей стране расположено множество ГРС, на которых редуцируемый газ впустую теряет свое давление. Использование практически бесплатной энергии перепада давления газа дает возможность получить СПГ [3].

Литература

1. Федорова Е.Б., Мельников В.Б., Перспективы развития малотоннажного производства сжиженного природного газа в России // Нефтегазохимия. – 2015. – № 3. – С. 44–51.
2. Альтернативные технологии малотоннажного производства и переработки природных и синтетических углеводородов АНО «Центр стратегических исследований топливно-энергетического комплекса Дальнего Востока» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fecsrfec.ru/upload/iblock/9cf/9cf8401aa57fd1593063d1016785bb7e.pdf> (дата обращения: 19.03.2018).
3. Акулов Л.А. Установки и системы низкотемпературной техники. Ожижение природного газа и утилизация холода сжиженного природного газа при его регазификации: учеб. пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2006. – 175 с.



Евсенкова Александра Олеговна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного
газа, студент группы № W4105

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

e-mail: alexandraevsenkova@yandex.ru

УДК 621.59

СИСТЕМА ИНЕРТНОГО ГАЗА НА ЗАВОДЕ «БАЛТИЙСКИЙ СПГ»

Евсенкова А.О.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Баранов А.Ю.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе рассмотрены вопросы использования газообразного азота в качестве инертного агента на заводе по производству сжиженного природного газа, что связано с его почти полной химической инертностью по отношению к взрывоопасным компонентам, а также с относительной простотой его получения в рентабельных объемах. Учитывая специфику производства СПГ, система инертного газа является основой промышленной безопасности производства, транспортировки и хранения.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, азот, транспортировка, энергопотребление, промышленная безопасность.

Значительный рост энергопотребления стимулирует рост цен на различные виды энергоносителей. В таких условиях становится актуальным вопрос диверсификации способа доставки природного газа потребителю, для чего необходимо строительство заводов по производству сжиженного природного газа (СПГ) на территории Российской Федерации (РФ). Экспорт сжиженного природного газа в зарубежные страны, испытывающие дефицит энергоносителей, в том числе расположенные в удаленных районах: юго-восточная Азия, Латинская Америка и т.п.

Рост интереса к СПГ проектам в России связан с тем, что СПГ обладает рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с другими вариантами доставки энергоносителей. Во-первых, это возможность транспортировки в труднодоступные регионы без строительства сложной и зачастую низкорентабельной системы магистральных трубопроводов. Производство сжиженных углеводородов делает возможным трансокеанские поставки, что открывает широкие возможности для реализации СПГ на мировом рынке, и поиск выгодных потребителей.

Во-вторых, СПГ обладает более высокой по сравнению с магистральным чистотой. Это связано с выполнением жестких требований по подготовке газа к ожижению [1].

В-третьих, СПГ является наиболее экологически чистым энергоносителем. Основу СПГ составляет легчайший из углеводородов – метан, при сгорании которого образовывается только углекислый газ и вода. Немаловажен и тот факт, что при сгорании метана выход углекислого газа минимален.

Для РФ выход на рынок сжиженных углеводородов открывает широкие возможности: в области диверсификации экспортных поставок, освоения современных технологий, усиление торговых позиций на мировом рынке углеводородов [1].

К 2021 году планируется запуск очередного СПГ проекта в России – завод «Балтийский СПГ». Основной целью этого проекта является поставка сжиженного газа в Западную

Европу, Индию, Латинскую Америку. Одной из дополнительных целей строительства является увеличение малотоннажного потока поставок на Балтике.

Мощность завода 10 млн т. СПГ в год с дальнейшим увеличением производительности до 15 млн т. год.

Проект объединяет в себе несколько частей:

- две линии ожижения;
- два хранилища сжиженного газа вместимостью 200000 м³;
- заправочный терминал для перегрузки СПГ в танкеры-газовозы.
- терминал заправки СПГ всех видов судов.

Территориально завод будет расположен в близости порта Усть-Луга.

Завод по производству СПГ является опасным производственным объектом, потому как природный газ образует с воздухом взрывоопасную смесь.

При нормальных условиях метан является химически стабильным компонентом, но смешение его с воздухом делает его опасным. Внесение в такую смесь открытого огня приводит к ее воспламенению.

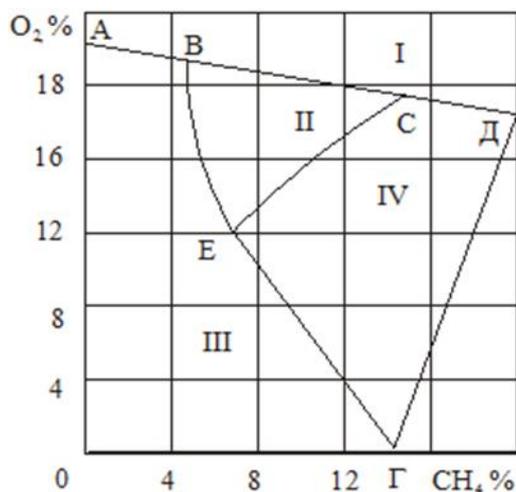


Рисунок. Диаграммы взрываемости метановоздушных смесей: I – неосуществимая смесь; II и III – взрывчатые и невзрывчатые смеси; IV – смеси, могущие стать взрывчатыми при добавлении воздуха

Пределы взрыва смесей метана с воздухом наглядно могут быть представлены на диаграмме взрываемости метана (рисунок).

Площадь ниже линии АД характеризует большинство практически осуществимых смесей с атмосферным воздухом. Точке В соответствует минимальному пределу концентрации метана в воздухе (5% метана и 95% воздуха), при котором возможен взрыв, а точка С – верхнему (15% метана и 85% воздуха). Точка Е характеризует нижний концентрационный предел взрываемости смеси по кислороду, который равен 12%. Точки В, С и Е замыкают контур, называемый треугольником взрываемости, в пределах которого метановоздушная смесь взрывоопасна [1].

Однако метановоздушная смесь может стать негорючей, если в нее дополнительно ввести 40–50% N₂ (азот).

В воздухе свободный азот (в виде молекул N₂) составляет 78,09%. Азот немного легче воздуха, плотность 1,2506 кг/м³ при температуре 0°С и нормальном давлении. Температура кипения азота –195,8°С. Критическая температура –147°С и критическое давление 3,39 МПа.

Несмотря на то, что азот находится в 5 группе периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева, он является весьма инертным. Его малая химическая активность связана с образованием прочных ковалентных межатомных связей, для разрыва которых необходимо затратить большое количество энергии. Из-за этого, несмотря на большое

содержание азота в атмосфере, азотные соединения умеют производить только уникальные живые объекты [2].

Азот как инертный газ способен вытеснять взрывоопасные компоненты, что приводит к очищению внутреннего объема танкеров и резервуаров от атмосферного кислорода, что является обязательным условием для транспортировки и хранения сжиженных углеводородов.

В нефтегазовом комплексе система инертного газа необходима для создания первичной инертной среды в технологических емкостях, изоляционных конструкциях во время загрузочно-разгрузочных работ, перед проведением ремонта оборудования, а также непосредственно для тушения пожаров. Помимо этого, установки могут использоваться для испытания, продувки трубопроводов, очистки технологических емкостей.

Стоит отметить, что к чистоте азота предъявляется ряд требований, а именно необходимо использовать азот первого или второго сорта по ГОСТ 9293-74 [3].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наиболее оптимальным газом для создания инертной среды является азот. Он не горюч, не токсичен. Благодаря широкому распространению в природе, азот – это единственный газ, извлечение которого рентабельно в объемах, необходимых для осуществления продувки промышленного оборудования. Кроме того, запас инертного газа в емкостях постоянного объема должен определяться из потребности в инертном газе не менее, чем на один час работы [4].

Литература

1. Васючков Ю.Ф. Горное дело. Учебник для техникумов. – М.: Недра, 1990. – 512 с.
2. Глинка Н.Л. Общая химия: учебное пособие. – Изд. стер. – М.: КНОРУС, 2012. – 752 с.
3. ГОСТ 9293-74 (ИСО 2435-73). Азот газообразный и жидкий. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 19 с.
4. Дорохина Е.Ю. и др. Производство сжиженного природного газа: текущая ситуация и перспективы развития // Научный альманах. – 2017. – № 10-1. – С. 37–40.

**Карелина Наталья Александровна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного
газа, студент группы № W4105Направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная, криогенная техника
и системы жизнеобеспечения

e-mail: natasha.karelina.1995@gmail.com

УДК 62-93**ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ОХЛАДИТЕЛИ НА МАГНИТО- И ЭЛЕКТРОКАЛОРИЧЕСКОМ
ЭФФЕКТЕ****Карелина Н.А.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Пахомов О.В.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

Использование низких температур является неотъемлемой частью любой отрасли техники. Термомеханическим низкотемпературным установкам, в частности, рефрижераторам, на смену приходят твердотельные охладители на основе магнито- и электрокалорического эффекта.

Ключевые слова: магнито- и электрокалорические эффекты, твердотельные охладители, тепловой ключ, поляризация, напряженность.

Возросший интерес к нестандартным технологиям охлаждения может быть объяснен несколькими причинами. Прежде всего, это связано с микроминиатюризацией и увеличением плотности тока в интегральных схемах. Также в связи с запрещением использования в быту и промышленности фреонов, имеющих высокий коэффициент глобального потепления, большое внимание уделено поиску надежной и экологичной альтернативе традиционных рабочих веществ.

Впервые электрокалорический эффект был исследован Курчатовым и Кобеко в 1930 г. на кристаллах сегнетовой соли. Изменение температуры, которое было выявлено, не превышало 0,1 К, поэтому на практике использование электрокалорического охлаждения не увенчалось успехом. До середины 2000-х годов заинтересованными электрокалорическим эффектом оставались лишь небольшие группы ученых. С 2005 года с выходом громкой публикации Алексея Мищенко и Джеймса Скотта из Кембриджского университета начинается новая волна интереса к электрокалорическим охладителям, продолжающаяся до сих пор [1]. В работе были опубликованы данные о получении электрокалорического эффекта в 12 градусов на тонкой пленке титаната-цирконата [1].

Магнито- и электрокалорический эффекты подразумевают под собой изменение температуры вещества при внесении и снятии магнитного и соответственно электрического полей.

Физическая основа твердотельного охлаждения достаточно понятна. Рисунок иллюстрирует электрокалорический эффект в твердотельных структурах. В случае, когда вектор поляризации равен нулю, электрические домены в диэлектрике, обладающем сегнетоэлектрическими свойствами, расположены хаотично. При внесении сегнетоэлектрика в постоянное электрическое поле домены получают преимущественное направление, что тем самым приводит к уменьшению энтропии, а в адиабатических условиях к увеличению температуры. Объясняется этот факт тем, что возрастает внутренняя энергия сегнетоэлектрика вследствие выполнения электрическим полем работы по упорядочению доменов. Понижение же температуры происходит в условиях снятия постоянного

электрического поля при сопутствующем возрастании энтропии и разупорядочению доменов. Магнитокалорический эффект имеет ту же физическую основу, что и электрокалорический: при изменении напряженности магнитного поля меняется температура магнетика.

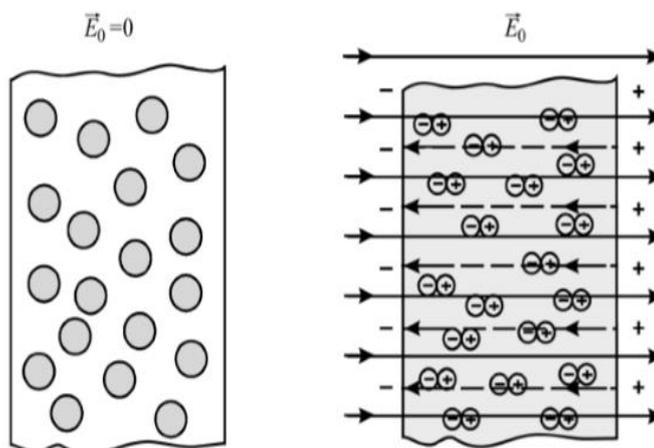


Рисунок. Поляризация диэлектрика

На сегодняшний день стремительно развивающейся областью является электрокалорическое охлаждение, так как при изготовлении устройств на магнитокалорическом эффекте специалисты встречаются с рядом трудностей. Одними из основных трудностей являются использование дорогостоящего, низкоэффективного и крупногабаритного генератора магнитного поля, применение магнитокалорических материалов с высокой стоимостью. На сегодняшний момент созданы все условия для реализации твердотельного охладителя на экономическом эффекте с возможностью интеграции в микро- и нанoeлектронные системы и комплексы [2]. В последних работах в области ЭК экспериментально показан эффект изменения температуры 20–30 градусов при напряженности электрического поля 3 В/мкм [3].

Создания малогабаритных высокоэффективных твердотельных охладителей на электрокалорическом эффекте также сопровождается техническими препятствиями, а именно необходимостью использования тепловых ключей для осуществления процесса отвода тепла от охлаждаемого объекта. Таким образом, отсутствие эффективных быстродействующих твердотельных элементов прерывания теплового потока не позволяет на сегодняшний день создать конкурентоспособное охлаждающее устройство на основе эффекта [3].

Литература

1. Синявский Ю.В. Достижения в области создания электро- и магнитокалорических рефрижераторов: обзорная информация. – М.: ЦИНТИХИМнефтемаш, 1989. – 58 с.
2. Булат Л.П. Твердотельные охлаждающие системы // Холодильный бизнес. – 2008. – № 8. – С. 10–17.
3. Correia T., Zhang Q. *Electrocaloric Materials: New Generation of Coolers*. – Heidelberg: Springer, 2014. – 253 p.

**Козырь Дарья Евгеньевна**

Год рождения: 1996

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного
газа, студент группы № W4105Направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная, криогенная техника
и системы жизнеобеспечения

e-mail: daria.kozyr@bk.ru

УДК 62-932.2

**ОЦЕНКА РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВЫСОКОКИПАЩИХ
КОМПОНЕНТОВ ПРИ КРУПНОТОННАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ СПГ****Козырь Д.Е.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Баранов А.Ю.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе рассмотрена экономическая эффективность извлечения дополнительных объемов сжиженных углеводородов при крупнотоннажном производстве сжиженного природного газа с целью увеличения дохода предприятия. Анализ обоснован высокой ценностью и технологической эффективностью высококипящих компонентов и проведен с учетом потребностей рынка и условий потребителей.

Ключевые слова: сжиженные углеводороды, сжиженный природный газ, теплотворная способность, смешанный хладагент, энергетика.

Сейчас на территории Российской Федерации функционируют два завода сжиженного природного газа (СПГ) – «Сахалин-2» и «Ямал СПГ» общей производительностью 15,5 млн т в г. С запуском «Балтийского СПГ» объем производства СПГ в России превысит 25 млн т в год. Развитие российских СПГ-проектов и прирост новых мощностей создают предпосылки исследовательской деятельности по оптимизации всех элементов технологического цикла. Среди которых интересным представляется комплексное разделение газовых смесей, распространенное в воздухоразделительной промышленности.

Для крупнотоннажного производства СПГ используются следующие технологии по сжижению:

1. C3MR. Метод включает в себя предварительное трехуровневое охлаждение пропаном и основной цикл – расширение с двумя температурными уровнями хладагента;
2. Single Mixed Refrigerant. SMR-метод основан на использовании смешанного хладагента сложного состава;
3. MFC-метод основан на применении трех отдельных контуров охлаждения со смешанными хладагентами;
4. CopocoPhillips Optimized Cascade. Использование сконденсированных углеводородов в качестве хладагентов в последующей ступени охлаждения.

При выходе на режим и длительной эксплуатации необходимо решать задачу пополнения смешанного хладагента или варьирования его состава в зависимости от сезонных изменений температур.

В процессе предварительного охлаждения в зависимости от состава сырьевого газа, можно выделить часть углеводородов C_{2+} в виде жидкости. Извлечение этана и более тяжелых углеводородов целесообразно для:

- удаления из технологического процесса веществ, которые могут замерзнуть и выпасть в твердую фазу в криогенных теплообменниках;

- выделения C_2 и C_3 для компенсации утечек смешанного хладагента;
- корректировки высшей теплотворной способности СПГ;
- коммерческого производства пропана, бутана, пропан-бутановой смеси и конденсата C_5+ [1].

Для потребителей СПГ большое значение имеет такой показатель, как высшая теплотворная способность (Higher Heating Value, HHV). СПГ продается и покупается на основании этого показателя, значение которого зависит от состава СПГ. Различия в качестве природного газа, поставляемого по газотранспортной сети (ГТС), наиболее наглядно проявляются в Европе. Национальные стандарты европейских стран устанавливают различные требования к его теплотворной способности и компонентному составу. Кроме того, в газотранспортную сеть подается очищенный биогаз – биометан (в Германии в 2010 г. его доля достигла 10%), а также регазифицированный СПГ, импортируемый из различных стран.

Требования Японии к качеству СПГ по показателю высшей теплотворной способности находятся в диапазоне 39,7–43,3 МДж/м³, США 35,8–40,8 МДж/м³ [2].

Для того чтобы импортировать СПГ, насыщенный газоконденсатной жидкостью, и выполнять требования по поставке газа в газотранспортную сеть, его теплотворную способность иногда необходимо уменьшать. Наиболее распространенным методом является закачка инертного газа (например, азота) до предела по содержанию инертных элементов, установленного для трубопроводного газа (как правило, от 2 до 3%).

При необходимости снижения теплотворной способности на 3% и более, необходимо удалять C_2 и более тяжелые фракции. При наличии рынка сбыта газоконденсатных жидкостей в районе терминала приема СПГ процессы удаления C_{2+} экономически целесообразнее, чем разбавление азотом [3].

Целью данной работы являлся анализ экономической эффективности извлечения сжиженных углеводородов при производстве СПГ для дальнейшей реализации с целью получения дополнительной прибыли.

В настоящее время сформировались четыре основных сектора применения сжиженных углеводородов (СУГ) – нефтехимия, транспорт, промышленность и коммунально-бытовой сектор. Высокий интерес к использованию сжиженных углеводородов объясняется высокой технологической эффективностью и экономической целесообразностью применения.

На европейском рынке стоимость СУГ составляет: этан – 60–100 \$/т, пропан – 490–550 \$/т, пропан-бутановая смесь – 400–550 \$/т, бутан – 520–540 \$/т.

Технико-экономическое обоснование находится в разработке.

Литература

1. Федорова Е.Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2011. – 50 с.
2. Гнедова Л.А., Гриценко К.А., Лапушкин Н.А., Перетряхина В.Б., Федоров И.В. Анализ качества исходного сырья, применяемого для получения компримированного природного газа // Вести газовой науки. – 2015. – № 1(21). – С. 98–107.
3. Josten M. LNG quality & interchangeability // World gas conference. – 2009. – V. 24.

**Лисовцов Андрей Олегович**

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного газа,
студент группы № W4205Направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная, криогенная техника
и системы жизнеобеспечения

e-mail: lisovts@rambler.ru

**Зайцев Андрей Викторович**

Год рождения: 1954

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного газа,
к.т.н., доцент

e-mail: zai_@inbox.ru

УДК 62-97/-98**АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ КРИТЕРИЕВ ОПТИМАЛЬНОСТИ ОЖИЖИТЕЛЯ
ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ****Лисовцов А.О., Зайцев А.В.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Зайцев А.В.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615875 «Разработка научных основ проектирования отечественной конкурентоспособной низкотемпературной техники».

Представленная работа посвящена улучшению показателей рассчитанного ранее ожижителя природного газа путем изменения некоторых режимных параметров, а также с проблематикой использования хладагентов в качестве внешнего охлаждения природного газа. Произведен расчет установки при оптимальном давлении прямого потока с увеличенным давлением слива сжиженного природного газа, выполнен сравнительный анализ полученных результатов. Проведен подбор существующих хладагентов, удовлетворяющих современным экологическим условиям и анализ эффективности принятых хладагентов при равных рабочих условиях.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, СПГ, малотоннажное производство СПГ, ожижитель природного газа малой производительности, хладагент.

Рассматриваемый в данной работе ожижитель природного газа (ПГ) рассчитывается на производительность 1,5 т/ч и относится к классу малотоннажных установок сжижения природного газа, предназначенных для получения от 0,3 до 3 т СПГ в час. Применение ожижителей на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС) обосновано относительно высоким коэффициентом ожижения, получаемым за счет высокого давления сжатия и достигаемым даже при применении на них простого дроссельного цикла. Тот факт, что эксплуатационная мощность АГНКС по своему основному назначению на данный момент реализуется лишь на 7–10% от их производительности, является дополнительным аргументом в пользу строительства ожижителей на базе этого оборудования [1].

На рис. 1, а, приведена технологическая схема рассматриваемой установки.

В качестве основных критериев оптимальности ожижителя приняты энергетические и расходные характеристики установки. По результатам ранее проведенных исследований, посвященных анализу режимных параметров данной установки, было определено такое значение давления прямого потока, при котором

обеспечиваются минимальные удельные затраты компрессора на сжатие природного газа ($p=22,25$ МПа). Это давление в настоящем исследовании выбрано в качестве рабочего давления. Следующим значимым параметром процесса является давление слива СПГ, которое также следует оценить заново. Принимаются в расчет прогнозируемые гидравлические потери обратного потока природного газа, проходящего через теплообменники ТО1, ТО2, ТО5 и далее входящего в прямой поток, поступающий на сжатие в компрессор. Следовательно, при увеличении давления слива СПГ, давление обратного потока, идущего на рециркуляцию при прохождении всех аппаратов и коммуникаций, будет близким к давлению поступающего на сжатие газа, что минимизирует процесс перемешивания потоков перед компрессором. Все остальные параметры оставлены без изменений.

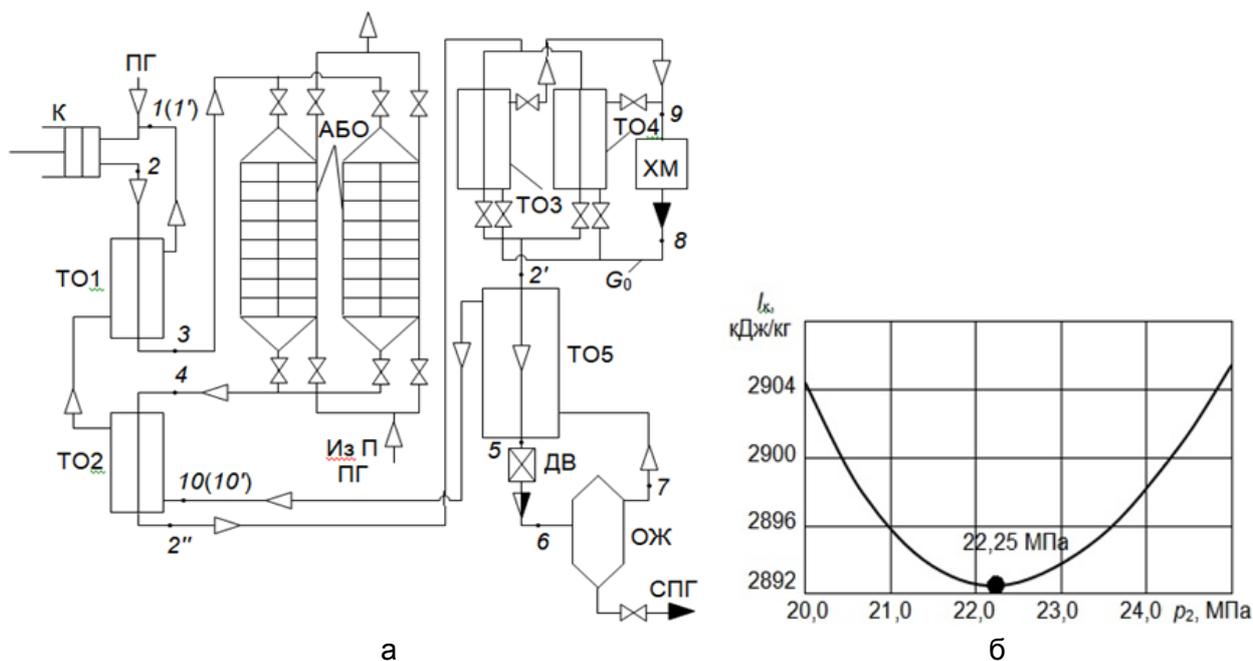


Рис. 1. Технологическая схема ожижителя природного газа на базе АГНКС: К – компрессор; ТО1 – предварительный теплообменник; ТО2, ТО3, ТО4 – теплообменники; ТО5 – основной теплообменник; АБО – адсорбционный блок комплексной очистки и осушки ПГ; П – подогреватель; ДВ – дроссельный вентиль; ОЖ – отделитель жидкости; ХМ – холодильная машина (а). Зависимость удельных затрат энергии на сжатие ПГ от давления прямого потока p_2 (б)

В табл. 1 приведена заполненная таблица параметров для давления прямого потока ПГ $p_2=22,25$ МПа.

Таблица 1. Параметры потоков в характерных точках процесса ожижения

Точки	p , МПа	T , К	h , кДж/кг	Точки	p , МПа	T , К	h , кДж/кг
1	0,5	300	1196	5	22,25	214,65	680,65
1'	0,5	295	1185	6	0,7	141,55	680,65
2	22,25	300	1021	7	0,7	141,55	833,65
2'	22,25	243	799	10	0,7	243	1067,42
2''	22,25	273,5	923	10'	0,7	218	1012,44
3	22,25	275	928	10''	0,7	231,07	1041,2
4	22,25	278	940	0	0,7	141,55	395,75

Исходя из полученных расчетных данных, можно определить все необходимые характеристики работы установки и провести на их основе сравнительный анализ эффективности работы при обоих режимах. Под данную категорию подпадают такие параметры, как:

1. коэффициент ожижения x – характеризует долю сжижаемого газа из 1 кг исходного продукта;
2. удельная холодопроизводительность холодильной машины $q_{хм}$ – количество теплоты, поглощаемое поступающим в теплообменники-испарители хладагентом;
3. количество перерабатываемого ПГ $G_{ПГ}$ – отношение заданной производительностью по жидкому продукту в час $G_{СПГ}$ к коэффициенту ожижения x ;
4. удельные затраты на сжатие газа в компрессоре l_k с учетом КПД реальных машин и доли сжижаемого газа;
5. удельные затраты в холодильной машине $q_{хм}$ также с учетом доли сжижаемого газа;
6. суммарные энергетические затраты l .

В табл. 2 представлена таблица характеристик работы установки при описанных режимах ее работы.

Таблица 2. Сравнительные характеристики разных рабочих режимов

	$P_{вс}$, МПа	$P_{сл}$, МПа	X , кг	$G_{ПГ}$, кг/ч	L_k , (кВт·ч)/кг СПГ	$L_{хм}$, (кВт·ч)/кг СПГ	L , (кВт·ч)/кг СПГ
Старая	20	0,5	0,329	4563,4	0,808	0,1045	0,913
Новая	22,2	0,7	0,349	4298	0,713	0,098	0,811

Полученные результаты:

1. коэффициент ожижения повышен на 6,07%;
2. для достижения заданной производительности по ожиженному ПГ требуется на 5,2% меньше поступающего в установку газа;
3. общие энергетические затраты снижены на 11,2%.

На основании чего, можно сделать вывод, что изменение описанных режимных параметров ведет к заметному повышению эффективности работы установки.

Постановлением Правительства РФ № 228 от 14 марта 2014 года были полностью запрещены к использованию галогенопроизводные предельных углеводородов CFC- и HCFC-классов из-за их воздействия на озоновый слой Земли, вследствие чего возникла проблема поиска новых, экологически безопасных рабочих веществ техники низких температур с нулевым потенциалом разрушения озонового слоя (ОРП) и незначительным потенциалом глобального потепления (ПГП).

Остро стоит проблема поиска наиболее эффективной замены хладагенту R22, относящемуся к ныне запрещенному HCFC-классу, и использование которого полностью прекратится к 2020 году, даже несмотря на существующую альтернативу в виде HFC-производных предельных углеводородов.

На основе собранных благодаря открытым источникам и исследования материалов, было выделено несколько приемлемых на замену хладагентов, которые уже сейчас используются и внедряются вместо фреона R-22:

- R134a или тетрафторэтан, относится к классу гидрофторуглеродов: парниковый озонобезопасный газ, содержащий атомы фтора, водорода, углерода, ОРП=0, ПГП (100 лет)=1430;
- R410A – парниковая неазеотропная смесь ГФУ хладагентов (50% дифторметана R-32 и 50% пентафторэтана R-125), ОРП=0, ПГП(100 лет)=2100;
- R407C – парниковая неазеотропная смесь ГФУ хладагентов (23% дифторметана R32, 25% пентафторэтана R125, 52% тетрафторэтана R134a), ОРП=0, ПГП(100 лет)=1600;

– R507A – парниковая неазеотропная смесь ГФУ хладагентов (50% пентафторэтана R125, 50% трифторэтана R143a), ОРП=0, ППП(100 лет)=4000 [2].

В данном случае обязательным условием расчета являлось сохранение конструктивного исполнения парокомпрессионной холодильной машины, выполняющей роль ступени внешнего охлаждения, что значит, что давление сжатия остается неизменным для всех заменяемых хладагентов. Также неизменными остаются температурные уровни ПГ на входе и выходе из испарителя холодильной машины. Таким образом, при прочих равных условиях определяется количество исследуемого хладагента, необходимое для охлаждения ПГ на заданную величину. Ниже приведено описание работы такой холодильной машины [3].

Холодильный агент при атмосферном давлении и заданном температурном уровне кипения, находясь в состоянии перегретого пара, идет на сжатие в компрессор до требуемого давления (1–2), после чего поступает в теплообменник-конденсатор, охлаждается (2–3) и конденсируется до состояния насыщенной жидкости (3–4), далее дросселируется до давления всасывания (4–5) и поступает в таком состоянии в испаритель. Благодаря скрытой теплоте испарения, хладагент отбирает от ПГ значительную часть тепла (5–1), полностью испарившись вновь поступает на сжатие в компрессор (рис. 3).

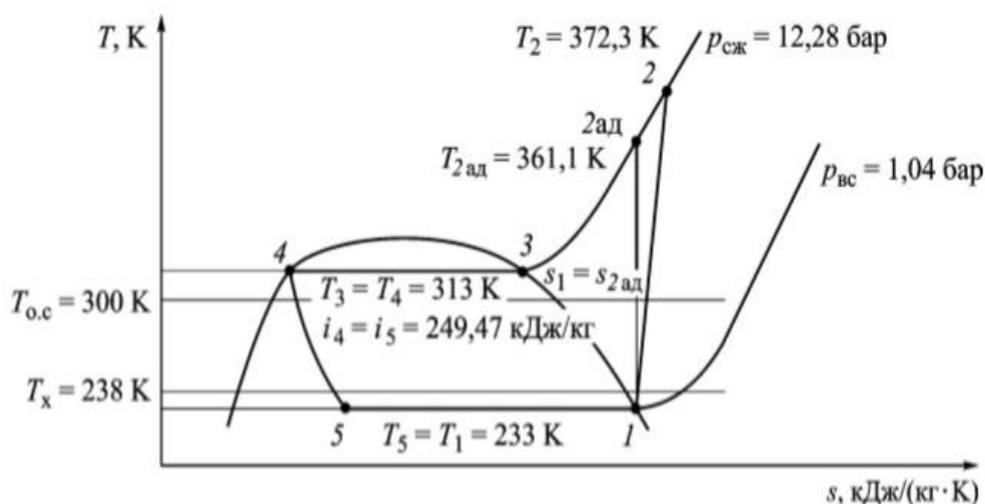


Рис. 3. Диаграмма фреонового холодильного цикла

Рассчитав циклы для всех предложенных циклов, при помощи баланса испарителя, определяется требуемый расход хладагента для обеспечения заданного режима (табл. 3):

$$G_x = h_2'' - h_2' + q_{cl} / h_1 - h_5.$$

Таблица 3. Теплофизические свойства характерных точек цикла

Точки	p , МПа	T , К	h , кДж/кг	s , кДж/(кг·К)
1	0,104	233	388,5	1,824
2	1,228	367,75	467,505	–
2ад	1,228	348,26	451,714	1,824
3	1,228	304,3	414,52	–
4	1,228	304,3	238,1	–
5	0,104	232,9	238,1	–

Полученные значения расходов хладагентов, необходимых для осуществления охлаждения ПГ на заданную величину, а также их стоимость можно представить в виде двух диаграмм (рис. 4).

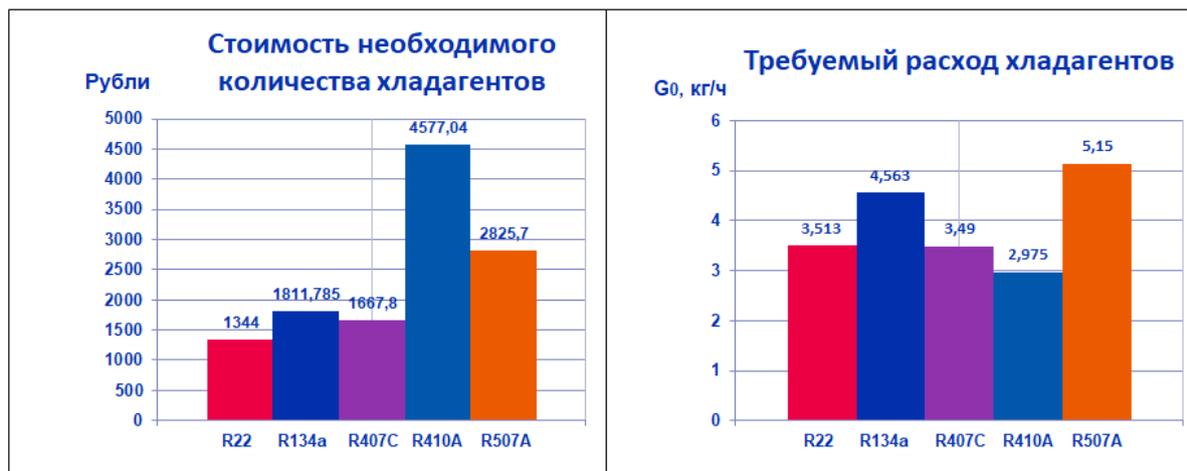


Рис. 4. Экономические показатели использования различных хладагентов

На основании которых можно сделать вывод относительно каждого исследуемого агента [4]:

- наиболее плохо показал себя хладагент R507A: значение расхода для обеспечения заданного охлаждения ПГ оказалось наивысшим, а цена за такой хладоноситель – выше среднего;
- с точки зрения эффективности лучше всего показал себя хладагент R410A – наименьший расход для обеспечения охлаждения, но он же значительно дороже всех остальных исследуемых агентов;
- самый оптимальным вариантом является переход на смесевой хладагент R407C: с точки зрения экономики его стоимость немногим больше стоимости хладагента R22 и меньше стоимости других рассматриваемых хладагентов. С точки зрения эффективности требуемый расход R407C практически идентичен расходу R22, ниже только расход R410A, который, как уже было сказано, сильно проигрывает в экономичности R407C.

Литература

1. Акулов Л.А. Установки низкотемпературной техники. Ожижение природного газа и утилизация холода сжиженного природного газа при его регазификации: учеб. пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2006. – 175 с.
2. Цветков О.Б., Бараненко А.В., Лаптев Ю.А. Озонобезопасные хладагенты // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». – СПб.: Изд-во НИУ ИТМО, 2014 – С. 98–111.
3. Архаров А.М., Архаров И.А., Александров А.А., Шевич Ю.А., Семенов В.Ю., Красносова С.Д., Колобова А.Н., Лавров Н.А. К анализу существующих установок ожижения природного газа малой производительности // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – С. 236–256.
4. Архаров А.М. Основы криологии. Энтропийно-статистический анализ низкотемпературных систем. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2014. – 507 с.



Маковеева Анна Сергеевна

Год рождения: 1993

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного
газа, аспирант

Направление подготовки: 13.06.01 – Электро- и теплотехника

e-mail: makoveeva.anya@yandex.ru

УДК 621.512

**УТОЧНЕННЫЙ ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ГАЗОВОГО
КОМПРЕССОРА С ЛИНЕЙНЫМ ПРИВОДОМ**

Маковеева А.С.

Научный руководитель – д.т.н., доцент Прилуцкий А.И.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

Представлены результаты расчетов параметров работы ступеней малорасходного низкооборотного поршневого компрессора с линейным приводом при сжатии различных рабочих веществ, и проверено соответствие полученных показателей техническому заданию. Исследовано влияние тепло- и массообменных процессов в ступенях на параметры работы компрессора. Рассмотрены основные возможности повышения производительности компрессора в рамках существующей конструкции и режимных параметров работы машины.

Ключевые слова: поршневой компрессор, линейный привод, объемная производительность, параметры работы, рабочее вещество.

Предприятием ООО «НТК «Криогенная техника», г. Омск разработан и изготовлен опытный образец поршневого четырехступенчатого газового компрессора с линейным приводом, предназначенный для эксплуатации в составе системы жизнеобеспечения на подводной лодке [1]. Основные технические характеристики компрессора приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики компрессора

Параметр	Ступень			
	I	II	III	IV
Диаметр цилиндра / $D_{ц}$, мм	280	155	90	50
Относительное мертвое пространство / a , %	6,0	11,2	13,3	15,4
Количество возвратов поршня в минуту / n , мин ⁻¹	40			
Ход поршня / $S_{п}$, мм	210			
Количество клапанов / $Z_{кл.вс/нг}$, шт.	28/28	11/11	5/5	3/3
Рабочее вещество для предварительных испытаний компрессора	Воздух, ВСГ			
Число канавок и колец в уплотнении поршня / $Z_{кан} / Z_{кольц}$	2/2	3/2	4/2	4/2
Давление всасывания / $p_{вс}$, МПа	0,1	0,34	1,0	2,7
Давление нагнетания / $p_{нг}$, МПа	0,34	1,0	2,7	7,1
Температура всасывания / $T_{вс}$, К	293	308	308	308
Объемная производительность / $V_{сy}$, м ³ /мин	0,25			

Рабочим веществом компрессора является водородсодержащий газ (ВСГ) следующего состава: водород (H_2) – 91,3%, оксид углерода (CO) – 6%, кислород (O_2) – 2,3%, пары метанола (CH_4O) – 0,4% (состав указан в объемных долях).

При этом предварительные натурные испытания компрессора проводились в условиях сжатия рабочего вещества – воздуха. Следует отметить существенные различия в характеристиках указанных рабочих веществ, которые приведены в табл. 2, в частности, газовых постоянных и плотностей при стандартных условиях, что, безусловно, оказывает влияние на рабочие процессы в цилиндрах и примыкающих полостях и, как следствие, на интегральные и текущие параметры работы каждой из ступеней компрессора в целом [2].

Целью проведенного исследования являлось:

- определение текущих и интегральных параметров работы компрессора и проверки их соответствия техническому заданию при сжатии воздуха и ВСГ;
- проверка адекватности результатов расчета ступеней поршневого компрессора по разработанной на кафедре криогенной техники и технологий сжиженного природного газа математической модели и программы расчета КОМДЕТ-М [3] при низких средних скоростях перемещения поршня;
- анализ корректности экстраполяции результатов натурных испытаний компрессора для случая, когда рабочим веществом является воздух на результаты его испытаний при других рабочих веществах;
- определение основных направлений повышения производительности компрессора для случаев, когда требуемая в соответствии с техническим заданием производительность не достигается.

В ходе проведенного исследования были выполнены расчеты основных параметров работы компрессора с учетом реальности свойств рабочих веществ, теплообмена среды со стенками цилиндра, массообменных процессов – внешних утечек через уплотнительные элементы поршней ($\delta_{п.колец}=10+D_{ц}$) и протечек через зазоры в закрытых клапанах ($\delta_{кл.усл.}=0,5$ мкм).

Основные геометрические и рабочие параметры каждой из ступеней, а также интегральные параметры работы компрессора для случая, когда рабочим веществом является воздух, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Интегральные параметры работы ступеней при сжатии воздуха с учетом влияния массообменных процессов

Параметр	Размерность	Номер ступени			
		I	II	III	IV
$Z_{кл.вс/нг}$	шт	28/28	11/11	5/5	3/3
$D_{ц}$	мм	280	155	90	50
$p_{вс}/p_{нг}$	МПа	0,1/0,34	0,34/1,0	1,0/3,03	3,03/7,1
m	кг/ч	29,99	28,48	27,13	26,33
$\Delta m_{в,у}$		1,208	1,48	1,362	0,80
$V_{су}$	м ³ /мин	0,415	0,394	0,375	0,364
$N_{инд.}$	кВт	1,218	1,028	0,999	0,711
$\eta_{из.инд.}$	–	0,704	0,733	0,739	0,775
$T_{нг.ср.}$	К	395,6	415,23	421,25	393,39
λ	–	0,813	0,778	0,748	0,776
$v_{пр.}$		0,0285	0,0234	0,0363	0,0595

Параметр	Размерность	Номер ступени			
		I	II	III	IV
$v_{в.у.}$		0,0327	0,0404	0,0376	0,0236
Δp_n кольцо	МПа	0,043	0,227	0,784	1,625
$\eta_{мех.}$	–	0,941	0,878	0,845	0,759

Из приведенной табл. 2 следует, что расчетная объемная производительность при сжатии воздуха на выходе из компрессора превышает заданную со значительным запасом, при этом температура нагнетания газа ($T_{нг.ср.}$), коэффициент подачи (λ), а также индикаторный изотермический ($\eta_{из.инд.}$) и механический КПД ($\eta_{мех.}$) компрессора находятся в рекомендуемых пределах.

Второй этап проведенных исследований был посвящен определению расчетных параметров работы компрессора при сжатии ВСГ. В результате выполнения предварительных расчетов при изменении рабочего вещества с воздуха на ВСГ, с целью снижения протечек через зазоры в закрытых клапанах и внешних утечек, была осуществлена модернизация ступеней с уменьшением количества всасывающих и нагнетательных клапанов (табл. 3) и увеличением числа уплотнительных элементов IV ступени до десяти. Дальнейшие расчеты проводились аналогично рассмотренному случаю, когда рабочим веществом являлся воздух. Основные геометрические и рабочие параметры каждой из ступеней и основные интегральные параметры приведены в табл. 3.

Таблица 3. Интегральные параметры работы ступеней при сжатии ВСГ с учетом влияния массообменных процессов

Параметр	Размерность	Рабочее вещество / номер ступени			
		I	II	III	IV
$Z_{кл.вс/нг}$	шт	12/12	5/5	2/2	1/1
D_c	мм	280	155	90	50
$p_{вс}/p_{нг}$	МПа	0,1/0,315	0,315/0,863	0,863/2,55	2,55/7,1
m	кг/ч	4,303	3,745	3,290	3,0
$\Delta m_{в.у.}$		0,452	0,555	0,488	0,297
$V_{су}$	м ³ /мин	0,3932	0,3422	0,3	0,275 _{+9%}
$N_{инд.}$	кВт	1,111	0,869	0,828	0,697
$\eta_{из.инд.}$	–	0,686	0,704	0,698	0,717
$T_{нг.ср.}$	К	370,13	398,26	412,03	408,12
λ	–	0,7703	0,7301	0,6943	0,6961
$v_{пр.}$		0,0279	0,0013	0,0145	0,0463
$v_{в.у.}$		0,0809	0,1082	0,1030	0,0687
Δp_n кольцо	МПа	0,044	0,216	0,658	1,462
$\eta_{мех.}$	–	0,942	0,879	0,85	0,778

Анализ полученных результатов и их сравнение с результатами расчета для случая, когда рабочим веществом является воздух (табл. 2), позволяет сделать следующие основные выводы:

- при данных геометрических и рабочих параметрах ступеней компрессора его объемная производительность соответствует требованиям задания на проектирование и

обеспечивается с запасом порядка 9%. При этом производительность компрессора для случая, когда рабочим веществом является ВСГ на 24% ниже, чем при сжатии воздуха;

- температура нагнетаемого газа находится в допустимых пределах и несколько ниже, чем в случае, когда рабочим веществом является воздух;
- при изменении рабочего вещества с воздуха на ВСГ существенно возросли внешние утечки газа через уплотнения поршня ($v_{в.у.}$), в результате чего наблюдается снижение изотермического индикаторного КПД.

На третьем этапе исследования были рассмотрены варианты изменения конструкции или режимных параметров компрессора для увеличения, в случае необходимости, его объемной производительности.

Исходя из условий допустимой максимальной средней скорости поршня для компрессоров с линейным приводом:

$$C_{\Pi} = 2S_{\Pi}n = 0,25 - 0,5 \text{ м/с}, \quad (1)$$

и недопущения превышения газовой силы и, как следствие, допустимого усилия базы с учетом коэффициента перегрузки (K_{Π}):

$$P_{\text{газ}} \leq K_{\Pi} P_0 \rightarrow P_{\text{газ}} \leq 1,25 \cdot 1,6 \text{ тс} = 2 \text{ тс}, \quad (2)$$

можно сделать вывод, что в конструкции компрессора имеются резервы для дальнейшего роста его производительности:

- в границах изменения средней скорости поршня (1) имеется возможность увеличения количества возвратов поршня в минуту (n) до $n = 71 \text{ мин}^{-1}$ или хода поршня (S_{Π}) до $S_{\Pi} = 378 \text{ мм}$ при сохранении числа существующих возвратов поршня;
- в соответствии с формулой (2) диаметр каждой из ступеней компрессора может быть увеличен от 8 до 15% в зависимости от номера ступени.

Таким образом, проведенное исследование показало, что:

- математическая модель и программа расчета КОМДЕТ-М позволяет получать корректные результаты для случаев расчетов параметров работы компрессоров с низкой средней скоростью поршня;
- объемная производительность и ряд других интегральных параметров работы низкооборотного компрессора с линейным приводом в той или иной степени зависят от состава сжимаемого газа, в частности, результаты предварительных испытаний, когда рабочим веществом являлся воздух, не могут считаться корректными для работы рассматриваемого компрессора в режиме сжатия ВСГ.

Литература

1. Деньгин В.Г., Громов А.Ю., Ермаков А.В. Поршневой компрессорный агрегат с улучшенными виброшумовыми характеристиками для систем жизнеобеспечения объектов Военно-Морского флота // Компрессорная техника и пневматика. – 2017. – № 4. – С. 15–21.
2. Маковеева А.С., Прилуцкий А.А., Молодов М.А., Прилуцкий А.И. Точность задания химического состава газовых смесей как условия корректности результатов расчета машин объемного действия // Компрессорная техника и пневматика. – 2017. – № 1. – С. 35–38.
3. Прилуцкий И.К., Прилуцкий А.И. Расчет и проектирование поршневых компрессоров и детандеров на нормализованных базах. Учебное пособие. – СПб.: СПбГАХИПТ, 1995. – 194 с.



Мороз Александр Евгеньевич

Год рождения: 1996

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного
газа, студент группы № W4105

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

e-mail: morozse23@gmail.com

УДК 62-93

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА АДСОРБЕРОВ КРИОГЕННОГО БЛОКА
ОЧИСТКИ ГЕЛИЯ ОТ ВЫСОКОКИПАЮЩИХ ПРИМЕСЕЙ**

Мороз А.Е.

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

Актуальной проблемой для мировой науки является переработка (очистка) использованной дыхательной смеси от высококипящих примесей, с целью выделения из нее чистого компонента газообразного гелия. Эта проблема требует решения, и по сей день испытывает ограниченность в продуктивных методах реализации процесса получения чистого гелия. В данной работе для очистки дыхательной смеси от примесей и получения чистого гелия рассмотрен вариант одностадийной дефлегмации при использовании прямоточного процесса разделения.

Ключевые слова: гелий, дефлегмация, дыхательная смесь, адсорбер, криогенный блок.

В различных областях техники и науки широко распространены системы и установки, в основе которых заложены процессы, протекающие при криогенных температурах. Данные системы и установки широко применяются в таких областях, как машиностроение, космонавтика, нефтегазовая отрасль, химическая технология, тепло- и электроэнергетика, электроника и во многих других. Потребность в жидких и газообразных криопродуктах постоянно растет, соответственно, увеличиваются и объемы производства криопродуктов, появляются новые сферы их применения. Происходит стремительное развитие медицины с использованием во врачебной практике низких температур (криомедицина), систем сохранения биологических материалов в течение длительного времени, путем воздействия криотемпературами, установок сверхбыстрого замораживания, технологий транспортировки криопродуктов. Это дает необходимый толчок для дальнейшей разработки, созданию новых и модернизации уже существующих криогенных установок и систем.

Целью работы являлась очистка отработанной дыхательной смеси от примесей, с целью получения из нее чистого газообразного гелия для его последующего повторного использования при приготовлении дыхательной смеси, применяемой при проведении подводных работ.

В соответствии с исходными данными в систему очистки гелия от азота и кислорода, поступает трехкомпонентная смесь, содержащая He, O₂ и N₂. При этом содержание компонентов смеси (в объем. %) может изменяться в следующих пределах: He – 47–98%, O₂ – 1–23%, и N₂ – 1–30%. В связи с тем, что наиболее напряженный режим работы данной системы будет иметь место при самом низком содержании в смеси гелия, в качестве исходного для расчета был принят режим работы, при котором содержание гелия в исходной смеси составляло 47% объема остальных компонентов, соответственно, O₂ – 23% и N₂ – 30%.

В настоящее время в криогенной технике наиболее распространенным способом очистки гелиевой смеси от значительных количеств высококипящих компонентов (N₂, O₂, CH₄ и других) является метод дефлегмации, который может осуществляться как в две стадии, так и в одну [1].

Так как при выполнении данной работы не ставилась задача проведения вариантных расчетов, которые позволили бы получать необходимые данные по каждому из вариантов процесса дефлегмации (одно- и двухстадийного), как в случае противотока, так и прямотока,

то для дальнейших расчетов с целью получения необходимых данных для системы очистки был принят вариант одностадийной дефлегмации при использовании прямоточного процесса разделения по схеме, приведенной на рисунке.

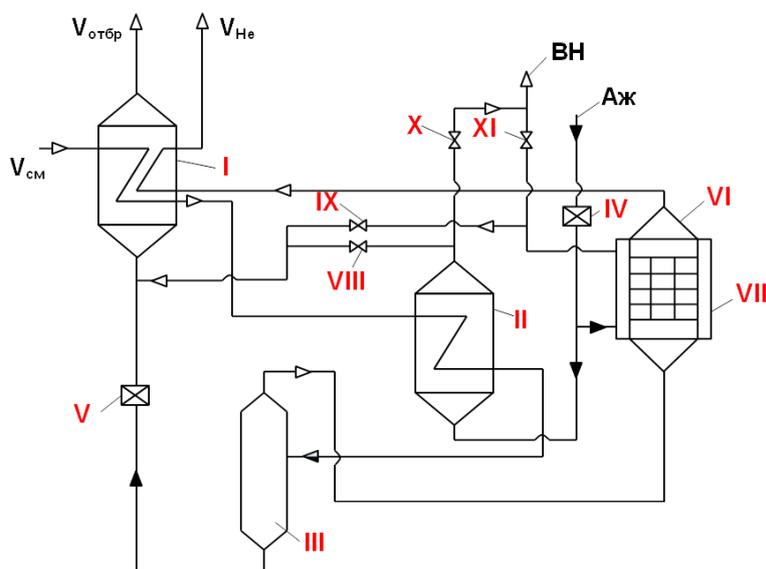


Рисунок. Принципиальная схема криогенного блока установки разделения смеси O_2 -He- N_2 :
I – теплообменник; II – дефлегматор; III – сепаратор; IV и V – дроссельные вентили;
VI – низкотемпературный адсорбер; VII – азотная рубашка; VIII, IX, X и XI – запорные вентили

Исходная смесь, очищенная от H_2O и CO_2 в адсорберах, поступает в теплообменник I, где охлаждается обратными потоками чистого гелия и смесью, полученной в результате смешения потока паров азота, выходящих из прямоточного конденсатора II и жидкой фракции, отводимой из сепаратора III. Поступая после теплообменника I в конденсатор II, смесь частично конденсируется, и парожидкостный поток отводится на сепаратор III. Из сепаратора несконденсированная часть смеси, содержащая в основном гелий с незначительной примесью N_2 и O_2 , отводится на окончательную доочистку в низкотемпературный адсорбер VI. В межтрубное пространство аппарата II через дроссельный вентиль IV поступает жидкий азот, который кипит в межтрубном пространстве и пары которого по выходу из конденсатора II смешиваются с жидкой фракцией, состоящей в основном из азота и кислорода с небольшой примесью растворившегося гелия, отводимой через дроссельный вентиль V из сепаратора III. Этот поток поступает в межтрубное пространство теплообменника I, где испаряется и нагревается, поступая затем в теплообменник, расположенный перед блоком адсорбционной очистки смеси от CO_2 . При одностадийном процессе дефлегмации схема разделения смеси более проста, но она требует несколько больших энергетических затрат. Несколько большие потери гелия, растворяющегося в конденсате, при использовании прямоточной конденсации, обычно компенсируются большей простотой и компактностью конденсатора [2, 3].

Далее, согласно предложенной методике, производился расчет материального и энергетического балансов установки, и по их результатам конструкторский расчет отдельных аппаратов.

Литература

1. Борзенко Е.И., Зайцев А.В. Автоматизированное проектирование блока адсорбции: учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 57 с.
2. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты газоочистки. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2006. – 201 с.
3. Копша Д.П., Гоголева И.В., Изюмченко В.Д. Возможные пути оптимизации процесса тонкой очистки гелиевого концентрата // Вести газовой науки. – 2015. – № 1. – С. 39–44.



Санавбаров Ромин Искандарович

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного
газа, студент группы № W4105

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

e-mail: romin.sanavbarov@yandex.ru



Зайцев Андрей Викторович

Год рождения: 1954

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного
газа, к.т.н., доцент

e-mail: zai_@inbox.ru

УДК 62-97/-98

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОЖИЖИТЕЛЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА
МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ**

Санавбаров Р.И., Зайцев А.В.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615875 «Разработка научных основ проектирования отечественной конкурентоспособной низкотемпературной техники».

Представляемая работа была связана с выбором и расчетом параметров малотоннажного ожижителя природного газа. Проведен сравнительный анализ некоторых работающих в России установок, выбрана схема установки для тестовых расчетов. Разработана расчетная модель, соответствующий алгоритм и компьютерная программа. Проведена серия расчетов и сделаны соответствующие выводы и рекомендации.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, СПГ, малотоннажное производство СПГ, ожижитель природного газа малой производительности.

Малотоннажное производство сжиженного природного газа (СПГ) играет особую роль в странах с развитой энергетикой и наличием запасов природного газа (ПГ). Они позволяют значительно развить энергетическую инфраструктуру, обеспечивая удовлетворение спроса на внутреннем рынке. К малотоннажным относятся установки, производительность которых находится в пределах 0,3–3 т/ч. Преимуществами малотоннажных установок являются небольшие капиталовложения, малые сроки строительства и быстрая окупаемость.

Так как использование СПГ в качестве моторного топлива для транспортов всех видов, включая авиацию, является перспективным, то получение СПГ вполне реально организовать на газораспределительных станциях (ГРС) и автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС), которые имеют мощный и не загруженный компрессор. В настоящее время используются некоторые ожижительные установки малой производительности. Они построены по следующим схемам: с простым дроссельным циклом, с дроссельным циклом высокого давления, с вихревой трубой, с азотным циклом и др. [1].

Основной целью работы являлось определение режимных параметров ожижителя природного газа малой производительности. Для определения режимных параметров был

проведен сравнительный анализ некоторых существующих установок, который показал, что эти установки (схемы) сильно различаются по своим параметрам. Исходя из этого, для объективного анализа необходимо было провести сравнительные расчеты для конкретных технологических схем.

В качестве первой такой схемы была выбрана установка для получения СПГ, работающая по двухступенчатому циклу высокого давления на базе АГНКС с внешним источником предварительного охлаждения. Эта установка выбрана потому, что ожижители ПГ на базе АГНКС имеют относительно высокий коэффициент ожижения, который даже при использовании на них простого дроссельного цикла достигает 16%. При этом применение в криогенном цикле однократного дросселирования внешнего источника предварительного охлаждения в виде холодильной машины позволяет существенно повысить коэффициент ожижения ПГ вплоть до 25–40%.

Расчетная технологическая схема установки показана на рис. 1.

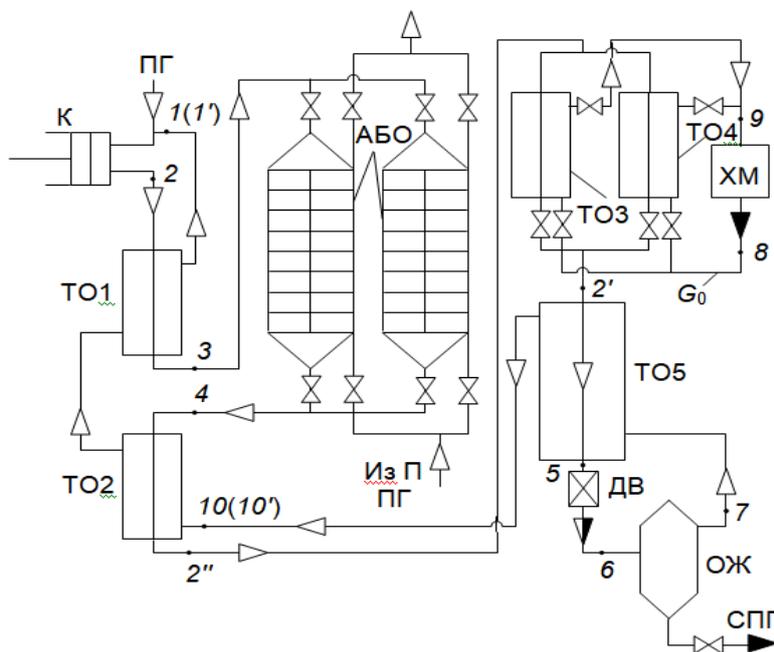


Рис. 1. Технологическая схема ожижителя ПГ на базе АГНКС: К – компрессор; ТО1 – предварительный теплообменник; ТО2, ТО3, ТО4 – теплообменники; ТО5 – основной теплообменник; АБО – адсорбционный блок комплексной очистки и осушки ПГ; П – подогреватель; ДВ – дроссельный вентиль; ОЖ – отделитель жидкости; ХМ – холодильная машина

Рассмотрим работу установки.

ПГ сжимается в компрессоре К от давления p_1 до оптимального рабочего давления p_2 , охлаждается в предварительном теплообменнике ТО1 до температуры 275 К и поступает в один из адсорберов блока осушки и очистки АБО. После адсорбера ПГ поступает в теплообменник ТО2, где дополнительно охлаждается. Затем газ направляется в один из испарителей (ТО3 или ТО4) холодильной машины. Окончательное охлаждение газа происходит в основном теплообменнике ТО5, в котором он охлаждается обратным потоком газа низкого давления, поступающего в этот теплообменник из сепаратора. Далее ПГ дросселируется в дроссельном вентиле ДВ, где давление потока снижается до 0,5 МПа, и в состоянии парожидкостной смеси попадает в сепаратор ОЖ для разделения фаз. Полученный СПГ сливается в емкость, а неожиженный ПГ при давлении 0,5 МПа обратным потоком проходит через ТО1, ТО2 и ТО3, тем самым охлаждая прямой поток, и при температуре окружающей среды, в нашем случае 300 К, поступает на сжатие в компрессор высокого давления К.

На рис. 2 показана $T-s$ диаграмма со всеми характерными точками процесса.

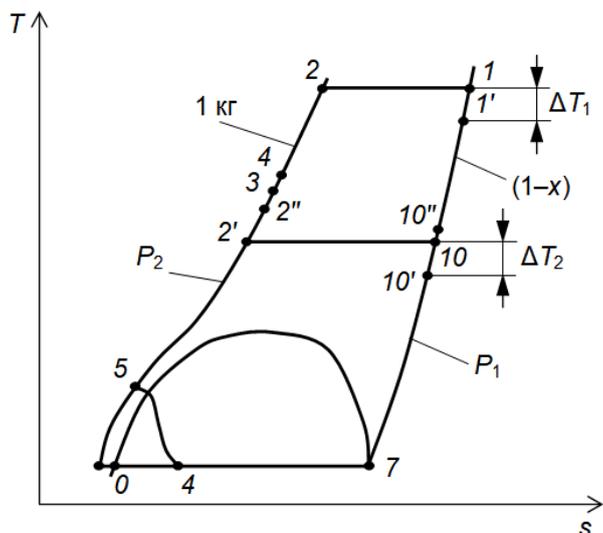


Рис. 2. $T-s$ – диаграмма процесса

На диаграмме показаны основные характерные точки приведенной схемы.

Сформулированы исходные данные – температуры и давления в этих точках, теплопритоки.

Исходные данные: давление ПГ на всасывании в компрессор (после дросселирования в ОЖ) $p_1=0,5$ МПа; температура ПГ на входе в теплообменник ТО1 (после компрессора) 300 К; температура сжатого ПГ на выходе из ТО1 275 К; температура сжатого ПГ на входе в ТО2 (после АБО) 278 К; температура кипения хладагента в испарителе холодильной машины $T_8=T_9=233$ К (-40°C); разность температур между прямым и обратным потоками на теплом конце теплообменника ТО1 $T_1 - T_{1'} = 5$ К; разность температур на холодном конце испарителя ТО4 $T_2 - T_{8'} = 10$ К; разность температур $T_{10} - T_{10'}$ на основании предварительных расчетов принята равной 25 К; теплоприток из окружающей среды $q_{o,c} = 8$ кДж/кг ПГ, в том числе на первую ступень ожижителя $q_{o,c}^I = 3$ кДж/кг ПГ и на вторую ступень ожижителя $q_{o,c}^{II} = 5$ кДж/кг ПГ.

Затем была составлена таблица параметров потоков в характерных точках, в которую в процессе расчетов заносились давления p , температуры T и энтальпии h . Теплофизические свойства потоков рассчитывались с применением программного комплекса [2] для метана. В табл. 1 приведены параметры для давления на выходе из компрессора $p_2=20$ МПа.

Таблица 1. Параметры потоков в характерных точках процесса ожижения

Точки	p , МПа	T , К	h , кДж/кг	Точки	p , МПа	T , К	h , кДж/кг
1	0,5	300	1196	5	20,0	213,3	677
1'	0,5	295	1185	6	0,5	135,1	677
2	20,0	300	1021	7	0,5	135,1	828
2'	20,0	243	799	10	0,5	243	1070
2''	20,0	273,5	923	10'	0,5	218	1016
3	20,0	275	928	10''	0,5	232,1	1047
4	20,0	278	940	0	0,5	135,1	371

Далее приведены основные формулы для определения показателей оживителя в разработанной расчетной модели представленной схемы [3].

Коэффициент оживления ПГ

$$x = h_{10'} - h_{2'} - q_{o.c.}^{\text{II}} / (h_{10'} - h_0). \quad (1)$$

Удельная холодопроизводительность холодильной машины

$$q_{x.m} = h_{2''} - h_{2'}. \quad (2)$$

Количество перерабатываемого ПГ

$$G_{\text{ПГ}} = G_{\text{СПГ}} / x. \quad (3)$$

Объем подаваемого ПГ в оживитель

$$V_{\text{ПГ}} = G_{\text{ПГ}} / \rho_{\text{CH}_4}. \quad (4)$$

Холодопроизводительность холодильной машины

$$Q_{x.m} = q_{x.m} G_{\text{ПГ}}. \quad (5)$$

Удельные затраты в компрессоре

$$l_k = R_{\text{CH}_4} T_{o.c} \ln \frac{p_1}{p_2} / \left(\eta_{\text{из}}^k x \right), \quad (6)$$

где $\eta_{\text{из}}^k$ – изотермический КПД компрессора, принят равным 0,6.

Удельные затраты в холодильной машине

$$l_{x.m} = q_{x.m} / x. \quad (7)$$

Общие энергетические затраты

$$l = l_k + l_{x.m}. \quad (8)$$

В табл. 2 приведены некоторые результаты расчетов одного из вариантов при изменении давления p_2 от 20 до 25 МПа с шагом 0,5 МПа.

Достаточно интересным результатом расчетов является зависимость удельных затрат энергии l_k на сжатие ПГ в компрессоре от давления p_2 (рис. 3, а). Наличие минимума удельных энергозатрат компрессора при давлении 22,25 МПа объясняется влиянием на эту величину коэффициента оживления, зависящего от термодинамического состояния газа и эффективности дроссельной ступени установки (см. (1) и (6)).

Характер зависимости коэффициента оживления от давления (рис. 3, б) позволил сделать предположение о дальнейшей тенденции снижения скорости роста x с повышением p_2 , что при последующих численных экспериментах показало существование экстремума – максимальное значение коэффициента оживления $x=0,39\%$ достигается при $p_2=35$ МПа.

Таблица 2. Влияние рабочего давления p_2 на основные параметры оживителя

p_2 , МПа	x	$q_{x.m}$, кДж/кг	$G_{\text{ПГ}}$, (кг·ПГ)/ч	$V_{\text{ПГ}}$, (м ³ ПГ)/ч	$Q_{x.m}$, кВт	l_k , кДж/кг СПГ	$l_{x.m}$, кДж/кг СПГ	l , кДж/кг СПГ
20,0	0,329	123,6	4558	6358	156,5	2904,4	375,5	3280
20,5	0,332	123,1	4519	6305	154,5	2899,4	370,8	3270
21,0	0,334	122,5	4485	6257	152,6	2895,9	366,2	3262
21,5	0,337	121,8	4453	6213	150,7	2893,7	361,8	3255
22,0	0,339	121,2	4425	6173	148,9	2892,7	357,4	3250
22,5	0,341	120,4	4399	6137	147,2	2892,7	353,2	3246
23,0	0,343	119,7	4375	6104	145,5	2893,8	349,2	3243
23,5	0,344	118,9	4353	6073	143,8	2895,6	345,	3241
24,0	0,346	118,2	4334	6046	142,2	2898,2	341,4	3240

p_2 , МПа	x	$q_{\text{ХМ}}$, кДж/кг	$G_{\text{ПГ}}$, (кг·ПГ)/ч	$V_{\text{ПГ}}$, (м ³ ПГ)/ч	$Q_{\text{Х.М.}}$, кВт	l_k , кДж/кг СПГ	$l_{\text{Х.М.}}$, кДж/кг СПГ	l , кДж/кг СПГ
24,5	0,347	117,4	4316	6021	140,7	2901,6	337,8	3239
25,0	0,349	116,6	4299	5998	139,3	2905,5	334,2	3240

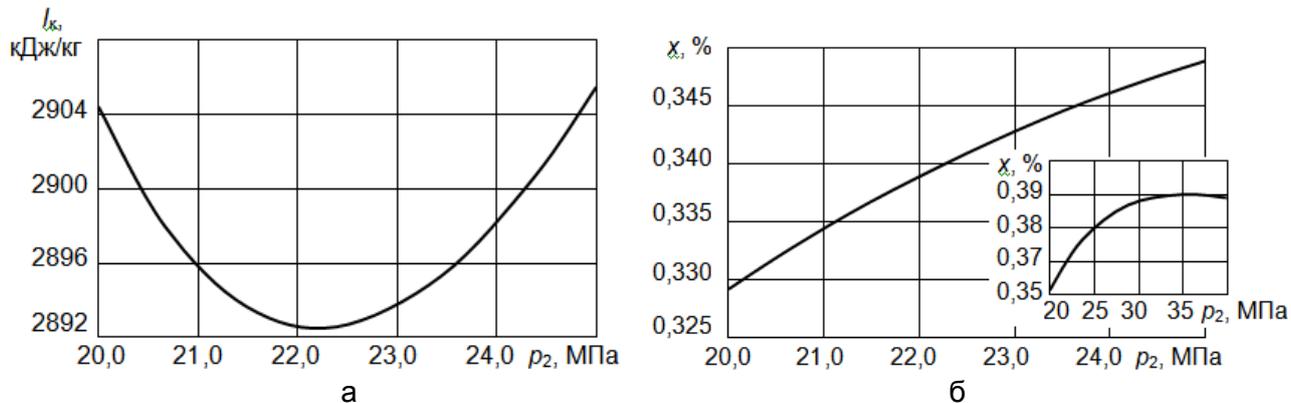


Рис. 3. Зависимость показателей ожижителя от давления p_2 : удельных затрат энергии на сжатие ПГ в компрессоре l_k (а); коэффициент ожижения x (б)

В результате проведения сравнительного анализа существующих малотоннажных установок для ожижения ПГ принято решение о необходимости создания ряда расчетных моделей этих установок для углубленного изучения влияния их режимных параметров на основные показатели.

Выбрана первая технологическая схема, для которой разработана расчетная модель и соответствующий алгоритм, проведены компьютерные расчеты и анализ результатов.

Предложенная методика численного анализа позволяет эффективно исследовать влияние различных режимных параметров на основные показатели ожижительной установки.

Полученные результаты показывают возможности оптимального проектирования подобных установок по определенным параметрам и выбора наилучшего схемного решения.

Литература

- Архаров А.М. Основы криологии. Энтропийно-статистический анализ низкотемпературных систем. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2014. – 507 с.
- Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2017614827 Российская Федерация. Программный комплекс для расчета теплофизических свойств криопродуктов / Кублицкий С.Е., Зайцев А.В., Борзенко Е.И., Хитров Н.А.; правообладатель Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики – № 2017610056; заявл. 09.01.17; опублик. 27.04.17, Реестр программ для ЭВМ.
- Акулов Л.А. Установки низкотемпературной техники. Ожижение природного газа и утилизация холода сжиженного природного газа при его регазификации: учеб. пособие. – СПб.: СПбГУНИИПТ, 2006. – 175 с.

**Титов Глеб Николаевич**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного
газа, студент группы № W4105Направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная криогенная техника
и системы жизнеобеспечения

e-mail: gleb_titov@mail.ru

**Замарашкина Вероника Николаевна**

Год рождения: 1959

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного
газа, к.т.н., доцент

e-mail: qwe_zam@mail.ru

УДК 621.59**ПРИМЕНЕНИЕ ХОЛОДА РЕГАЗИФИКАЦИИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО
ГАЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ
ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ****Титов Г.Н., Замарашкина В.Н.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Замарашкина В.Н.**

Сжиженный природный газ относится к числу жидких криопродуктов, так как температура его кипения при атмосферном давлении составляет 111,66 К. За рубежом производство и потребление сжиженного природного газа ежегодно интенсивно возрастает. Это объясняется тем, что диапазон использования сжиженного природного газа в различных отраслях промышленности и техники чрезвычайно высок. В работе рассмотрены основные направления использования холода регазификации сжиженного природного газа, в том числе и на воздухоразделительных установках.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, воздухоразделительная установка, снижение энергозатрат воздухоразделительных установок, технологии сжиженного природного газа, регазификация сжиженного природного газа.

В настоящее время наиболее успешно сжиженный природный газ (СПГ) используют в странах, которые имеют достаточно крупные заводы и комплексы по получению СПГ, или в странах, являющихся экспортёрами значительных объемов СПГ. Из числа этих стран наибольшие успехи достигнуты в США, Японии и ряде стран Западной Европы.

Обычно регазификация СПГ осуществляется испарением и подогревом образовавшегося газа воздухом, газом, водой или паром, в зависимости от объема регазифицируемого газа и пути дальнейшего использования природного газа. Однако в этом случае не используется значительное количество холода, которое заключено в СПГ [1].

В настоящее время работы по утилизации холода регазифицируемого СПГ проводятся в достаточно большом объеме. Первенство принадлежит Японии, которая является главным потребителем СПГ, производимого в мире. В Японии уже сравнительно давно определился ряд областей техники и народного хозяйства, где используется холод, получаемый при регазификации СПГ. Можно надеяться, что в связи с перспективами дальнейшего увеличения производства СПГ он начнет более широко применяться в различных областях промышленности и появятся новые направления, связанные с использованием холода СПГ.

Из этих направлений могут быть отмечены такие, как использование холода регазифицируемого СПГ: на установках опреснения морской воды методом вымораживания;

на заводах по производству NH_3 ; для замораживания и хранения пищевых продуктов; для замораживания грунта при строительстве и прокладке дорог и туннелей; при переработке утиль-сырья (пластмасс, резиновых покрышек и т.п.), которое при охлаждении становится хрупким и легко размельчается; при производстве CO_2 и сухого льда; в энергетических установках для выработки электроэнергии и тепла, а также для охлаждения воды и конденсации пара на тепловых электростанциях; для охлаждения гиперпроводящих и сверхпроводящих линий электропередач; при разделении водородосодержащих газов этиленовых производств для выделения этилена и очистки водорода; при низкотемпературном разделении воздуха с получением O_2 , N_2 и Ar , а также их ожижении при получении на воздуходелительных установках (ВРУ) в газообразном виде за счет холода регазифицируемого СПГ. Во всех вышеперечисленных методах утилизация холода СПГ позволяет повысить эффективность основного технологического процесса за счет снижения энергозатрат или повышения энергоотдачи [2].

Одним из перспективных направлений использования холода СПГ может быть ожижение таких газов, как азот, кислород и аргон, получаемых в газообразном виде на ВРУ. В этом случае работа ВРУ не связана непосредственно с работой криогенного блока регазификации СПГ, который может быть включен в работу лишь по мере необходимости либо в зависимости от получения заданного количества жидких O_2 , N_2 или Ar , либо в связи с необходимостью рекуперации части или всего холода СПГ.

С целью повышения эффективности работы ВРУ в некоторых ее узлах, расположенных до криогенного блока, может быть использован холод, получаемый при регазификации СПГ. К таким узлам относятся: блок предварительного охлаждения, где воздух может охлаждаться как перед поступлением на сжатие в компрессор, так и после компрессора; система промежуточного охлаждения воздуха между ступенями сжатия в компрессоре; охлаждение воды, используемой в конечном холодильнике компрессора, и некоторые другие. Принципиальная схема системы предварительного охлаждения воздуха, утилизирующей холод регазифицируемого СПГ, показана на рисунке.

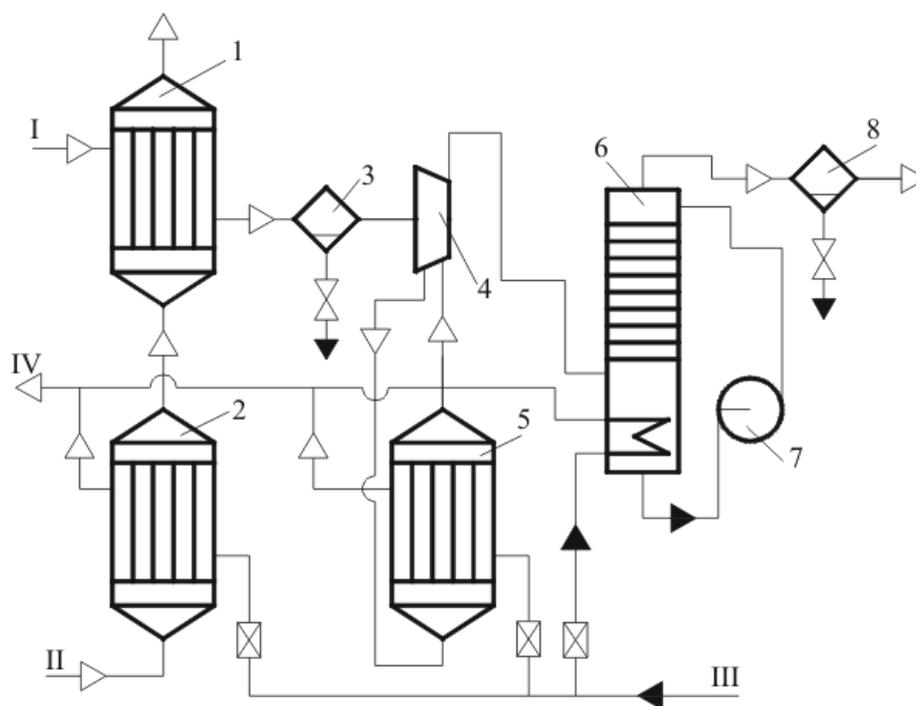


Рисунок. Схема системы предварительного охлаждения воздуха, использующей холод регазифицируемого СПГ: I – воздух; II – газообразный азот; III – СПГ; IV – ПГ; 1, 2 – теплообменники; 3, 8 – влагоотделители; 4 – компрессор; 5 – холодильник; 6 – водяной скруббер; 7 – насос

Здесь воздух трижды охлаждается с помощью СПГ. В теплообменнике 1 воздух перед поступлением в компрессор 4 охлаждается потоком отбросного азота, отводимого из ВРУ, который перед этим охлаждается СПГ в теплообменнике 2. Другая часть СПГ подается в промежуточный холодильник 5 воздушного компрессора, и с ее помощью отводится часть теплоты сжатия. Окончательное охлаждение воздуха осуществляется в водяном скруббере 6, в котором вода, направляемая на орошение насосом 7, охлаждается СПГ, подаваемым в змеевик куба. Капельная влага из потоков воздуха за теплообменником 1 и скруббером 6 отделяется соответственно во влагоотделителях 3 и 8. Применение такого трехстадийного охлаждения позволяет уменьшить затраты энергии на сжатие воздуха в компрессоре, а понижение температуры воздуха перед криогенным блоком увеличивает величину дроссель-эффекта [3].

В этом случае регазифицированный СПГ после дополнительного подогрева может быть направлен на детандер для получения работы. Работа расширения может быть увеличена путем подогрева регазифицируемого потока в дополнительном теплообменнике за счет вторичных энергоресурсов.

Литература

1. Акулов Л.А., Борзенко Е.И., Новотельнов В.Н., Зайцев А.В. Теплофизические свойства криопродуктов. – СПб.: Политехника, 2001. – 243 с.
2. Калнинь И.М., Лазарев Л.Я., Масс А.М., Савицкий А.А. Перспективы производства сжиженного природного газа как основы для развития инфраструктуры по обеспечению автотранспорта и населения Московской области моторным и бытовым топливом. – В сб.: Сжиженный природный газ в России. – СПб.-М.: Химиздат, 2004. – С. 98–119.
3. Сердюков С.Г., Стрельцов Ю.М., Ходорков И.Л. и др. Опыт эксплуатации первой в России котельной на сжиженном природном газе. – В сб.: Сжиженный природный газ в России. – СПб.-М.: Химиздат, 2004. – С. 31–34.



Чайка Иван Анатольевич

Год рождения: 1996

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного
газа, студент группы № W4105

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

e-mail: chaikaivan@gmail.com



Зайцев Андрей Викторович

Год рождения: 1954

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного
газа, к.т.н., доцент

e-mail: zai_@inbox.ru

УДК 661.91-404

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИ АВАРИЙНОМ ИСТЕЧЕНИИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА ИЗ ОТВЕРСТИЙ И ТРУБОПРОВОДОВ

Чайка И.А., Зайцев А.В.

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

В настоящее время в области исследования процессов истечения сжиженных природных газов при аварийных ситуациях в России еще не накоплен достаточный опыт. Это связано с тем, что Россия только недавно начала активно действовать на мировом рынке сжиженного углеводородного газа. В связи с этим остро стоит вопрос безопасности при эксплуатации объектов сжиженного углеводородного газа. Статистические данные из мирового опыта показывают, что аварии происходили в результате недостаточных знаний опасных свойств сжиженных газов и процессов, происходящих при эксплуатации систем производства, транспорта и хранения сжиженного углеводородного газа и сжиженного углеводородного газа, а также в результате чисто случайных факторов.

Ключевые слова: СПГ, утечка, авария, транспортировка, моделирование.

В связи с резким увеличением добычи, потребления, хранения и транспортировки сжиженных природных газов (СПГ), увеличился объем цистерн, резервуаров и танкеров для транспортировки газа. Следовательно, увеличилась вероятность и число аварий. Аварии на объектах инфраструктуры газового комплекса в совокупности с негативными природными факторами являются источником природно-техногенных чрезвычайных ситуаций. Одним из главных недостатков криооплива при неумелом обращении является пожаро- и взрывоопасность, что может привести к серьезным техногенным последствиям. В связи с этим особую актуальность приобретает анализ рисков, а также исследование и моделирование процессов аварий для обеспечения высокого уровня безопасности как людей, так и окружающей среды [1].

Целью настоящей работы являлась разработка методики расчета параметров образования и перемещения облака при истечении СПГ с дальнейшим определением всех его параметров.

Любая утечка СПГ приводит к его испарению. Испарение утечки СПГ может привести к созданию пожаровзрывоопасной концентрации паров СПГ в воздухе. При объемной концентрации паров СПГ менее 5% и более 15% в воздухе смесь является негорючей и

невзрывоопасной. При концентрации от 5 до 15% смесь является пожаровзрывоопасной с большим тротиловым эквивалентом [2].

Силы пожара и взрыва, вызванных аварийными утечками такой криогенной жидкости, как СПГ, определяются размерами облака. Величина облака, в свою очередь, зависит от характера утечки и поверхности контакта.

Анализ источников информации показывает достаточно высокую активность в области исследования и моделирования гидродинамики и тепломассообмена при утечках СПГ различной интенсивности. В России имеется опыт, связанный с проектированием и эксплуатацией заправочных комплексов ракетно-космической техники, который может быть использован при исследовании утечек СПГ.

Необходимо отметить, что рядом исследователей делаются утверждения, что средства вычислительной динамики жидкости и газа пока не могут полностью заменить инженерные методы расчета. Результаты расчетов с применением общепринятых программных продуктов CFD-моделирования (вычислительная динамика жидкости и газа) таких как DEGADIS, BLEVE, VCE, RPT: GASTAR и др. различаются в определении расстояния от точки разлива до границы зоны опасной концентрации до двух раз.

По результатам анализа имеющихся источников информации становится понятно, что методика должна учитывать следующие основные данные:

- скорость и объем изливающегося СПГ;
- скорость ветра;
- ограничение площади пролива;
- свойства и температуру поверхности пролива и др.

Для определения максимальной высоты подъема облака, концентрации воздушно-газовой смеси на границе облака, расстояния в направлении ветра от места пролива до точки с заданной концентрацией в настоящее время можно использовать известные эмпирические зависимости.

Существует несколько методик расчета характеристик процесса истечения СПГ при аварийных ситуациях. Принято разделять такие выбросы на: мгновенные проливы в результате разрыва труб, арматуры или емкости и одновременного быстрого (секунды) опорожнения некоторого объема жидкости; длительные истечения (минуты) в результате истечения жидкости в течение времени срабатывания защиты или устранения причины истечения. В ходе выполнения работы были проведены расчеты параметров облака при обоих типах выброса. Все расчеты автоматизированы, за счет чего в любой момент времени можно изменить исходные данные для расчета в зависимости от рассматриваемой ситуации [3, 4].

Данные подходы могут использоваться в качестве основы при разработке программного комплекса для моделирования гидродинамики и тепломассообмена при протечках СПГ.

Литература

1. Технологии гражданской безопасности // Научный журнал. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2017. – 96 с.
2. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. – М.: Нефть и газ, 2009. – 640 с.
3. Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда для работ по производству, транспортировке и регазификации сжиженного природного газа. Международная финансовая корпорация ИФС, группа Всемирного банка. – 2007. – 26 с.
4. Исследование рассеивания паров криопродуктов при их испарении с открытой поверхности. Отчет по НИР. Инв. ВНИИЦ № 3660. – Балашиха: ОАО «Криогенмаш».



Шерматова Фируза Мирзоевна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной техники, кафедра криогенной техники и технологий сжиженного природного газа, студент группы № W4105

Направление подготовки: 16.04.03 – Технологии сжиженного природного газа

e-mail: firuza_sh_19@mail.ru

УДК 621.59

ОСНОВНЫЕ НЕПЛОТНОСТИ СТУПЕНИ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА

Шерматова Ф.М.

Научный руководитель – д.т.н., доцент Прилуцкий А.И.

В работе рассмотрены основные неплотности ступени поршневого компрессора, оказывающие влияние на производительность.

Ключевые слова: поршневой компрессор, неплотности ступеней, производительность, машина объемного действия.

Массообмен между смежными полостями ступеней машин объемного действия (рис. 1, а) сопровождается снижением их производительности ввиду частичных потерь рабочего вещества из-за особенностей конструкции ряда узлов и деталей. Основными видами потерь являются внешние утечки, когда часть рабочего вещества безвозвратно покидает газовый тракт ступени машины объемного действия, а также протечки и перетечки рабочего вещества между полостями ступени [1].

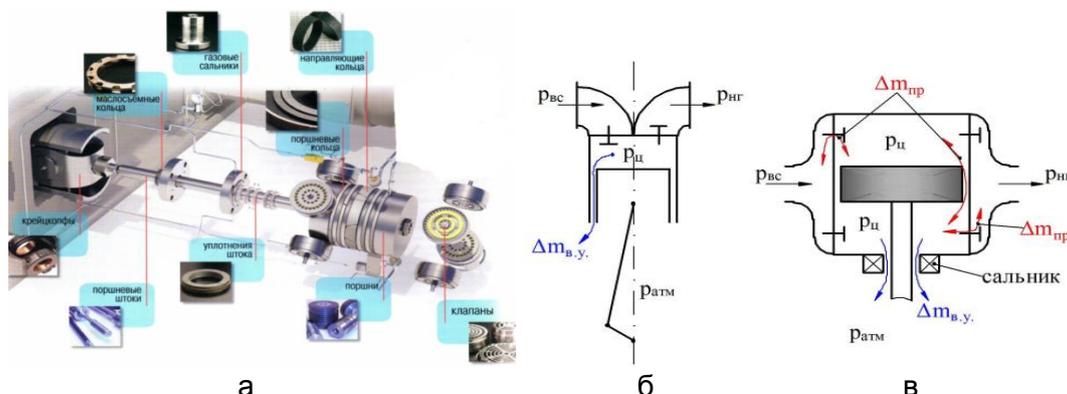


Рис. 1. Основные неплотности ступени компрессора (а); протечки и внешние утечки: с тронковым поршнем (б); с дисковым поршнем (в)

Внешние утечки (рис. 1, б, в) можно наблюдать в парах сальниковое уплотнение – шток в ступенях двойного действия с дисковым или дифференциальным поршнем и поршневые уплотнительные кольца – зеркало цилиндра в ступенях простого действия с тронковым поршнем.

Количество утекающего при этом газа для случая работы машины объемного действия в штатном режиме определяется величиной технологического зазора в упомянутых парах трения

$$20 \times D = \delta, \tag{1}$$

где D – диаметр цилиндра в случае определение зазора в паре поршневые уплотнительные кольца–зеркало цилиндра; δ – диаметр штока в случае определения зазора в паре сальниковое уплотнение–шток.

Формула для расчета площади зазора поршневых колец и сальникового уплотнения:

$$S = \pi[(D + 0,001f)^2 - D^2]/4, \tag{2}$$

где D – диаметр штока или поршня соответственно, мм; f – условный радиальный зазор, мкм.

Для расчета площади зазора в клапанах применяют следующую формулу:

$$S_{\text{кл}} = \pi Z_{\text{кл}} \sum D_i \cdot 2 \cdot 0,001 f, \quad (3)$$

где D_i – средний диаметр пластин, мм; f – условный радиальный зазор, мкм; $Z_{\text{кл}}$ – сумма клапанов на всасывании и нагнетании; n – количество пластин в клапане.

Под штатной работой понимается функционирование ступени машины объемного действия при величине зазоров в замках сальниковых колец больше нуля, соответствие геометрических параметров цилиндра и уплотнительных колец требованиям технической документации, отсутствие задиров и глубоких рисок на поверхности штока, цилиндра и соответствующих уплотнительных колец.

Протечки можно наблюдать в парах поршневые уплотнительные кольца–зеркало цилиндра в ступенях двойного действия с дисковым или дифференциальным поршнем и запорный орган–седло самодействующего клапана.

Количество протекающего при этом в смежную область газа для случая работы машины объемного действия в штатном режиме определяется величиной технологического зазора в упомянутых парах трения, который определяется как

$$20 \times D = \delta, \quad (4)$$

для случая протекания газа через поршневые уплотнительные кольца, где D – диаметр цилиндра в случае определение зазора в паре поршневые уплотнительные кольца–зеркало цилиндра [2].

Технологический зазор в самодействующих клапанах определяется чистотой обработки седла и запорного органа и составляет от 1 до 3 мкм.

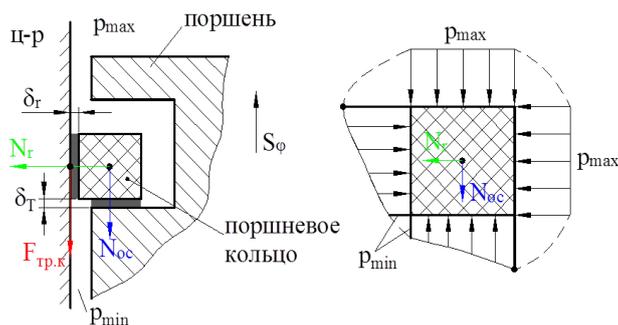


Рис. 2. Зазор цилиндр–поршневое кольцо

Под штатной работой самодействующих клапанов в составе ступени машины объемного действия понимается отсутствие любых изменений их геометрических параметров, способных повлиять на их герметичность, а также перемещение запорных органов с углами запаздывания закрытия, не превышающими рекомендованных [3].

Угол запаздывания закрытия всасывающего клапана обычно не превышает 10–15°.

Угол запаздывания закрытия нагнетательных клапанов с учетом расширения перетекающего газа 4–7°. В последнем случае обеспечивается допустимая величина перетечек рабочего вещества между рабочей полостью и полостями всасывания и нагнетания $v_{\text{пер}} = 0,01 - 0,025$.

Допустимые углы запаздывания закрытия всасывающих и нагнетательных клапанов обеспечиваются правильным выбором их основных проходных сечений, жесткостью и предварительным натягом пружин.

Литература

1. Пластилин П.И. Поршневые компрессоры. Том 1. Теория и расчет. – 3-е изд. доп. – М.: КолосС, 2006. – 456 с.
2. Heinz P. Bloch Compressors and Modern Process Applications, McGraw-Hill Book Co., New York, NY, 2011. – 360 p.
3. Прилуцкий А.И. Развитие теории, методов расчета и оптимального проектирования поршневых компрессорных и расширительных машин: дисс. д.т.н. – СПб.: НИУ ИТМО, 2015.



Абайдулдаева Ажар Асхатовна

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники,
студент группы № W4155

Направление подготовки: 15.04.04 – Автоматизация технологических
процессов и производств

e-mail: azharabaiduldayeva94@gmail.com

УДК 62-5

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ДОЗИРОВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ
СМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СОСТАВА И СВОЙСТВ
ИНГРИДИЕНТОВ**

Абайдулдаева А.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Лазарев В.Л.

В работе рассмотрены вопросы организации дозирования многокомпонентных смесей в условиях априорной неопределенности, обусловленной нестабильностью состава и свойств используемых ингредиентов. Такая ситуация характерна для многих процессов и производств биотехнологической, химической и других отраслей промышленности.

Ключевые слова: многокомпонентные смеси, рецептуры, состояния неопределенности, энтропийные потенциалы.

В биотехнологической промышленности важной задачей является производство продуктов различного назначения с заданными свойствами. Формирование качества продукции, ее питательной ценности осуществляется за счет увеличения количества рецептурных ингредиентов, каждый из которых определяет различные гастрономические особенности и свойства [1]. Таковыми, например, являются колбасные и кондитерские изделия, мороженое, различные биопрепараты и др. Нестабильность состава и свойств отдельных ингредиентов, имеющая место на ряде производств, негативно сказывается на качестве такой продукции. Исходя из этого, организация управления процессами дозирования в условиях существующей неопределенности является актуальной проблемой.

Существующие методы расчета рецептур в различных вариантах постановки задачи основаны на предположении, что химический состав используемых ингредиентов является постоянным в процессе производства [1, 2]. Также существуют методы решения таких задач, для практической реализации которых разработано специальное программное обеспечение [2].

Ключевым вопросом организации управления процессом дозирования при наличии неопределенности состава и свойств ингредиентов является выбор критерия для оценки этих состояний. Существуют различные подходы к описанию состояний неопределенности, каждый из которых имеет свои особенности, достоинства и недостатки. Анализ существующих разработок позволяет сделать вывод, что наиболее приемлемым для специфики биотехнологической, химической и др. отраслей промышленности является подход, основанный на использовании методов теории энтропийных потенциалов (ТЭП) [2, 3]. Прикладная суть этого подхода к решению стоящей проблемы состоит в том, что описание состояния неопределенности системы, составляемой на основе n компонент, предлагается осуществлять единым критерием – величиной многомерного комплексного энтропийного потенциала (МКЭП) – La_z .

$$La_z = \left(\sum_{(j=1)}^n \left(c_j |L_{\Delta j}| \right)^z \right)^{\frac{1}{z}} = \left(\sum_{(j=1)}^n \left(c_j \frac{K_{ej} \cdot \sigma_j}{|X_{nj}|} \right)^z \right)^{\frac{1}{z}}, \quad (1)$$

где c_j – весовой коэффициент, характеризующий значимость, вес j -го компонента, ингредиента для рассматриваемой системы ($j=1, 2, \dots, n$); $L_{\Delta j}$ – величина комплексного энтропийного потенциала (КЭП), описывающая состояние неопределенности состава или свойств j -го ингредиента в процессе дозирования; z – вариант МКЭП (принято полагать $z=1$ при $n \leq 5$ и $z=2$ при $n \geq 5$). Величина КЭП, в свою очередь, может быть выражена через величины энтропийного коэффициента – K_e (вариативные свойства закона распределения отдельного показателя), среднего квадратического отклонения этого показателя (СКО) – σ_j и его базового значения – X_n . Для использования предложенного подхода на практике разработаны методы определения указанных величин в различных ситуациях. Величина МКЭП позволяет оценить состояние неопределенности состава и свойств многокомпонентной системы одним числом, что является удобным для организации мониторинга и управления процессом дозирования. Другим достоинством предлагаемого подхода является то, что на его основе представляется возможным описать изменение состояний неопределенности систем изменением соответствующего количества информации – информационным следом [4]. Состоятельность предлагаемого подхода подтверждается результатами апробации в аналогичных, по гносеологической сути, задачах в различных областях [3–6].

Для решения стоящей проблемы классический вариант постановки задачи расчета рецептур многокомпонентной системы, основанный на использовании «детерминистских» моделей [1, 2], необходимо дополнить требованием минимизации или ограничения критерия состояния неопределенности системы в виде

$$La_z \rightarrow \min, \text{ или } La_z \leq La_{z(\max)}, \quad (2)$$

где $La_{z(\max)}$ – максимально допустимое значение критерия, характеризующего состояние неопределенности системы.

Решение сформулированного типа задач может быть осуществлено методами дискретной математики, например, методом случайного (статистического) поиска. Для их реализации существует прикладное программное обеспечение. В результате сравнительного анализа получаемых вариантов решений задачи по условию (2), представляется возможным получить вариант дозирования многокомпонентной системы с заданным составом и свойствами и с требуемым уровнем состояния неопределенности по выбранным составляющим с учетом их значимости.

Литература

1. Апет Т.К., Пашук З.Н. Справочник технолога кондитерского производства. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 560 с.
2. Лазарев В.Л. Исследование и проектирование многокомпонентных систем в биотехнологической промышленности в условиях неопределенности на основе энтропийных потенциалов показателей качества // Вестник Международной академии холода. – 2017. – № 2. – С. 84–90.
3. Лазарев В.Л. Совершенствование управления с использованием характеристик энтропийных потенциалов. Адаптация к специфике биотехнологической промышленности // Вестник Международной академии холода. – 2016. – № 4. – С. 68–73.
4. Lazarev V.L. Representative information models for monitoring and control in the conditions of uncertainty // Proceedings of the 18th International Conference on Soft Computing and Measurements. – 2015.. – P. 54–57.
5. Кулаков В.Г., Лазарев В.Л., Федюлин В.А. Энтропийные модели в исследовании социальных систем // Вопросы статистики. – 2010. – № 10. – С. 47.
6. Лазарев В.Л. Робастное управление в биотехнологической промышленности: учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 196 с.



Богданов Павел Андреевич

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники,
студент группы № W4256

Направление подготовки: 15.04.04 – Автоматизированные системы
контроля качества сырья и пищевых продуктов

e-mail: pav710323@mail.ru

УДК 631.243; 681.5

**РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ
В ХРАНИЛИЩАХ ПРОДУКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

Богданов П.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Лазарев В.Л.

В работе рассмотрена проблема сохранности продукции растительного происхождения. Для ее решения предложен подход к организации робастного управления температурой газовой среды в хранилищах.

Ключевые слова: хранилища, пищевое сырье, хранение, автоматизация, робастное управление, энтропийные потенциалы.

Продукция растительного происхождения является неотъемлемой составляющей в рационе питания каждого человека. Фрукты и овощи, а также другие продукты богаты полезными витаминами и минералами [1]. Сохранность продукции растительного происхождения с минимальными потерями является актуальной задачей на сегодняшний день. Для решения этой задачи строятся современные хранилища, разрабатываются и совершенствуются системы автоматизации и управления микроклиматом.

Основными технологическими параметрами при хранении продукции растительного происхождения являются: температура, относительная влажность и состав газовой среды в камере хранения. Одним из наиболее значимых параметров является температура. Излишнее понижение или повышение температуры может привести к подмораживанию или гниению продукции. Управление температурой осуществляется посредством установленных в вентиляционные каналы нагревателей и охладителей воздуха. В роли нагревателей могут выступать водяные или электрические калориферы. В роли охладителей – различные установки: фреоновые, водяные и др. При этом температурный режим в камерах хранения характеризуется состоянием неопределенности в пространственно-временных координатах [2]. Это обусловлено вариациями масс и неравномерностью размещения продукции, что приводит к нарушению режимов вентиляции камер. Также сказывается влияние притоков наружного воздуха через загрузочные люки, возникающих при частичной загрузке и выгрузке продукции и др. В результате возникают значительные разбросы значений температур и состава газовой среды в объеме камеры. Системы управления, функционирующие в условиях неопределенности, относятся к классу робастных систем. Организация робастного управления может быть основана на использовании различных подходов и методов.

Для синтеза системы автоматического регулирования (САР) температуры в камере, по каналу подачи энергоносителя, достаточно адекватной является математическая модель в виде передаточной функции

$$W(p) = \frac{ke^{-\tau p}}{Tp + 1}, \quad (1)$$

где k – коэффициент передачи; T – постоянная времени; τ – время запаздывания.

Наличие вышеуказанных возмущений (неравномерность загрузки камер, перетеки наружного воздуха через загрузочные люки и др.) приводит к вариациям вышеуказанных параметров передаточной функции (1), а также к вариациям температуры в процессе хранения. Таким образом, возникает состояние неопределенности с исходными данными при синтезе САР, поэтому выбор закона регулирования и определение настроечных параметров регулятора должно осуществляться с учетом этих состояний.

На основании анализа существующих разработок, для описания состояний неопределенности температурного режима в объеме камеры, предложено использовать величину комплексного энтропийного потенциала (КЭП) – L_{Δ} [2–4].

$$L_{\Delta} = \frac{K_e \sigma}{|X_n|}, \quad (2)$$

где K_e – энтропийный коэффициент, характеризующий свойства закона распределения температуры в различных сегментах камеры. Методики определения его значений рассмотрены в работах [5, 6]; σ – величина среднеквадратического отклонения температуры (СКО); X_n – базовое значение температуры. Величина L_{Δ} , в комплексе, учитывает вариативные свойства закона распределения температуры в рабочем объеме камеры, степень ее рассеяния и базовый уровень. Чем больше значение L_{Δ} , тем выше «уровень» состояния неопределенности и, наоборот.

Синтез САР температуры и адаптация ее к производственным реалиям могут быть осуществлены на основе минимизации или ограничения величины КЭП (2) как критерия работы системы. Помимо выбора критерия качества, формулировка задачи синтеза в общем виде подразумевает наличие следующих блоков условий.

1. Исходные данные (например, в виде структуры системы и допустимых вариантов ее вариации).
2. Ограничения для настроечных параметров элементов системы.
3. Математическая модель объекта управления (ОУ), например, в виде (1), а также модели взаимосвязи величины КЭП с параметрами системы.

Решение такой задачи аналитическими методами в общем случае не представляется возможным, поэтому целесообразно использовать методы дискретной математики, основанные на применении различных итеративных процедур. Приемлемым является метод случайного поиска, достоинства которого являются простота программирования и отсутствие эффекта «зацикливания» при попадании в точку локального экстремума. Получаемые решения для контура регулирования будут «увязаны» с требованиями к уровню состояния неопределенности температурного режима.

Схема САР температурного режима в камере хранилища приведена на рисунке.

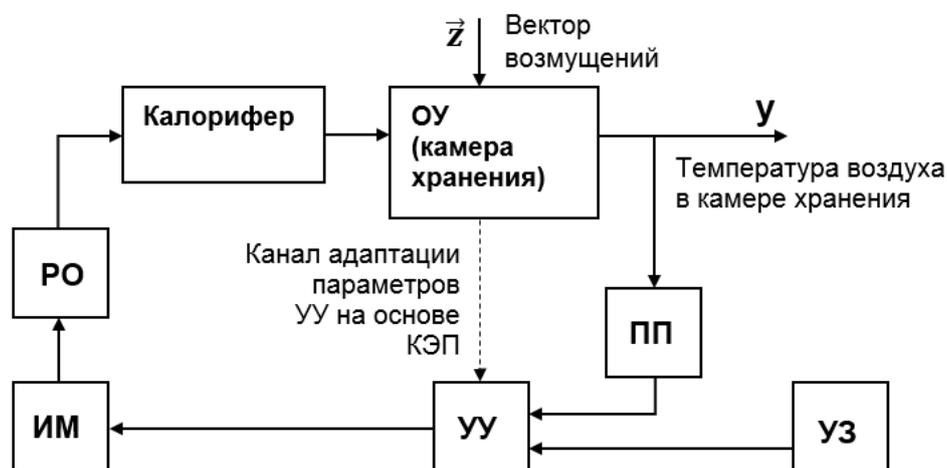


Рисунок. Структурная схема САР

Температура воздуха в объекте управления (ОУ) контролируется с помощью первичного преобразователя (ПП) температуры. Информация от ПП поступает в устройство управления (УУ), которое сравнивает измеренное значение с уставным значением (УЗ). Настраиваемые параметры УУ определяются на основе вышеизложенного робастного подхода. В зависимости от величины рассогласования в УУ вырабатывается управляющий сигнал, который поступает на исполнительный механизм (ИМ), перемещающий рабочий орган (РО). РО – клапан расположен на входе теплоносителя в калорифер. Он используется для смешивания остывшего, обратного теплоносителя, выходящего из калорифера, с прямым теплоносителем, имеющим более высокую температуру и поступающим из внешнего контура. Степень открытия клапана определяет соотношение прямого и обратного теплоносителей. В результате изменяется температура поступающего в калорифер теплоносителя, а следовательно, и его мощность, что приводит к изменению температуры воздуха в камере. Пунктирной линией, условно, показан канал адаптации параметров УУ на основе минимизации или ограничения величины КЭП. Необходимость в этом может возникать, например, при изменении параметров ОУ (1) в процессе эксплуатации (изменение массы загруженной продукции, порядка ее складирования и др.). Процедура адаптации может осуществляться как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Литература

1. Широков Е.П. Технология хранения и переработки плодов и овощей с основами стандартизации. – М.: Агропромиздат, 1988. – 318 с.
2. Богданов П.А. Постановка задачи управления многофункциональными хранилищами для продукции растительного происхождения // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. – 2017. – Т. 1. – С. 25–27.
3. Лазарев В.Л. Исследование систем на основе энтропийных и информационных характеристик // Журнал технической физики. – 2010. – Т. 80. – № 2. – С. 1–7.
4. Лазарев В.Л., Грахольская Т.А., Травина Е.А., Фролков Н.А. Использование когнитивных образов состояний систем в пространстве параметров энтропийных потенциалов для организации мониторинга и управления // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2015. – № 4. – С. 54–61.
5. Лазарев В.Л. Совершенствование управления с использованием характеристик энтропийных потенциалов. Адаптация к специфике биотехнологической промышленности // Вестник Международной академии холода. – 2016. – № 4. – С. 68–73.
6. Лазарев В.Л. Робастное управление в биотехнологической промышленности: учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 196 с.

**Жарылкапова Жансая Асылбеккызы**

Год рождения: 1993

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники,
студент группы № W4262cНаправление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика

e-mail: janka_93j@mail.ru

**Смаилова Аида Ерланкызы**

Год рождения: 1993

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники,
студент группы № W4262cНаправление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика

e-mail: aida.93.28@mail.ru

**Егоров Владимир Иванович**Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники,
к.т.н., доцент

e-mail: ktf@grv.ifmo.ru

УДК 697.2**РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ИССЛЕДУЕМЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ****Жарылкапова Ж.А., Смаилова А.Е.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Егоров В.И.**

В работе проведено исследование эффективной теплопроводности печатных плат с локальным источником теплоты при различных конструктивных параметрах.

Ключевые слова: теплопроводность, печатные платы, модель, расчеты платы.

Объектом исследования является печатная плата, состоящая из четырех слоев медных проводников, разделенных стеклотекстолитом марки FR4. Значения теплопроводности материалов представлены в таблице [1].

Таблица. Теплопроводность материалов исследуемых плат

Материал	Температура, °С	Теплопроводность, Вт/(м·К)
Стеклотекстолит	20	0,3
Медь		395

Целью работы стало исследование несколько моделей с различной топологией проводников, но имеющих одинаковые геометрические параметры основания (рис. 1) [2].

Пластина основания имеет квадратную форму со стороной $L=0,0125$ м, толщина H_d одного слоя диэлектрика составляет 150 или 300 мкм. Толщина H_{cu} одного слоя медной фольги варьируется и принимается равной $\{0,018; 0,026; 0,034\}$ мкм [3].

На каждом слое платы проводящие элементы имеют толщину $W_{cu}=2,5 \cdot 10^{-4}$ м и длину, равную размеру платы. Зазор между проводниками $W_d=2,5 \cdot 10^{-4}$ м.

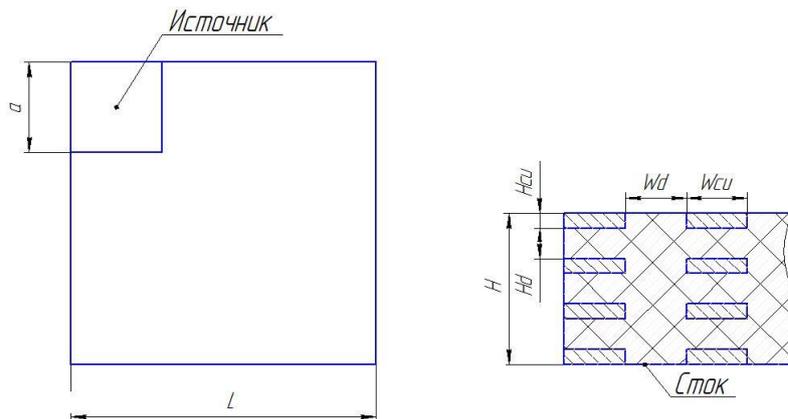


Рис. 1. Модель исследуемой печатной платы

На верхней стороне платы располагается поверхностный источник тепловыделения квадратной формы, с длиной стороны $a=0,005$ м и плотностью теплового потока $q=5000$ Вт/м². На нижней стороне платы находится сток теплоты, занимающий всю поверхность основания печатной платы. На стоке заданы граничные условия третьего рода с коэффициентом теплоотдачи $\alpha=10$ Вт/м² и температурой среды $t_{cp}=0^\circ\text{C}$. Все расчеты в дальнейшем будут приведены в перегревах относительно t_{cp} .

Условия теплообмена со средой определены так, что все поверхности, кроме поверхностей источника и стока, являются адиабатическими [2].

Рассмотрим четыре варианта расположения медных проводников [2]:

1. проводники на каждом слое расположены одинаково (рис. 2, а);
2. проводники каждого слоя повернуты относительно следующего слоя на 90° (рис. 2, б);
3. каждый последующий слой проводников повернут на 45° относительно предыдущего (рис. 3, а);
4. проводники расположены на пластине диагонально, и каждый слой повернут относительно предыдущего на 90° (рис. 3, б).

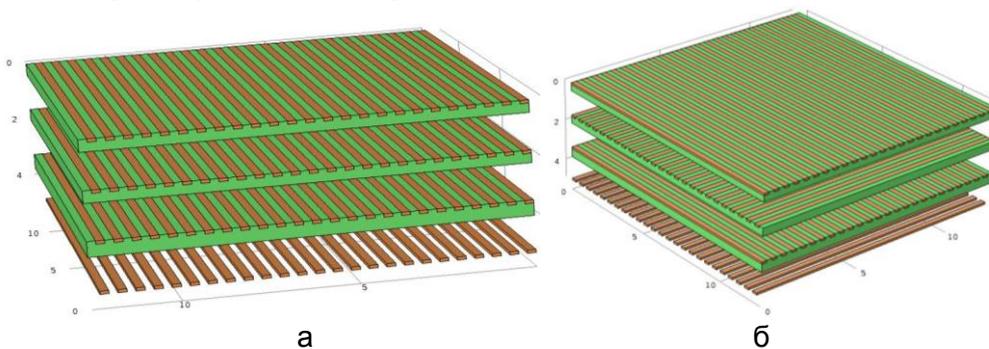


Рис. 2. Модели первой (а) и второй (б) геометрии

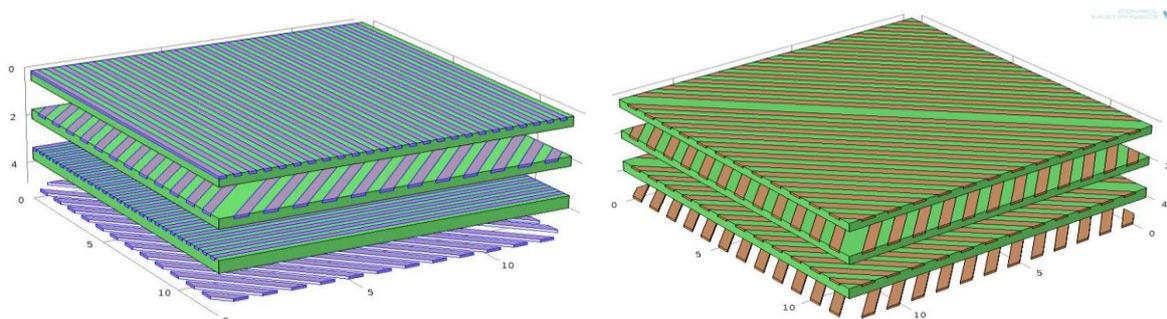


Рис. 3. Модели третьей (а) и четвертой (б) геометрии

Заключение

1. Проведены расчеты трехмерных температурных полей четырехслойных печатных плат с различной ориентацией проводников на слоях.
2. Получены значения теплового коэффициента и эффективной теплопроводности в зависимости от различных толщин проводника и диэлектрического слоя.
3. Наибольшее значение эффективной теплопроводности наблюдается при чередовании слоев с проводниками, ориентированными по осям X и Y , вне зависимости от изменений толщин проводника и диэлектрика.

Литература

1. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: учебник для вузов по спец. «Конструир. и произв. радиоаппаратуры». – М.: Высш. шк., 1984. – 247 с.
2. Медведев А.М. Печатные платы. Конструкции и материалы. – М.: Техносфера, 2005. – 304 с.
3. Дульнев Г.Н., Семяшкин Э.М. Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах. – Л.: «Энергия», 1968. – 360 с.



Клюквин Кирилл Александрович

Год рождения: 1990

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники,
аспирант

Направление подготовки: 12.06.01 – Фотоника, приборостроение,
оптические и биотехнические системы и технологии

e-mail: klukvins@mail.ru



Пилипенко Николай Васильевич

Год рождения: 1938

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники,
д.т.н., профессор

e-mail: pilipenko38@mail.ru

УДК 536.5

**МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА НА ОСНОВЕ
ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-РАЗНОСТНОЙ
МОДЕЛИ ТЕПЛОПЕРЕНОСА**

Клюквин К.А.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Пилипенко Н.В.

В работе рассмотрена возможность применения метода параметрической идентификации дифференциально-разностной модели теплопереноса в корпусе электронного прибора для мониторинга его теплового состояния. Предлагаемый метод позволяет в режиме реального времени следить за воздействующими на корпус прибора нестационарными тепловыми потоками, оценивать температурное состояние корпуса прибора, а также определять погрешность восстановления нестационарных температур и тепловых потоков.

Ключевые слова: мониторинг температуры, параметрическая идентификация, тепловая инерция, погрешность, нестационарная теплотметрия.

Некоторые электронные приборы требуют контроля теплового режима. Это может быть вызвано необходимостью диагностики работы прибора, либо его системы термостабилизации, мониторинга условий внешней среды при работе и т.д. В особенности это может быть необходимо для техники, работающей под водой или опускаемой в воду, когда скорость изменения температуры внешней среды может достигать нескольких Кельвин в секунду [1, 2]. Однако не всегда представляется возможным установить датчик температуры там, где это необходимо. Более того, ввиду тепловой инерционности измерительной системы, динамическая ошибка измерения может привести к неудовлетворительным результатам [1, 3].

Для решения такой проблемы можно провести анализ теплообмена в измерительной системе. В совокупности с натурными измерениями такой подход позволит снизить величину разницы между показаниями датчика и действительным значением температуры в данный момент времени в требуемой точке. Анализ теплообмена происходит известным образом: составляется математическая модель теплопереноса, из каких-либо соображений задаются краевые условия теплообмена, и решается прямая задача. Далее полученные значения сопоставляются с результатами измерения, и полученная величина невязки уменьшается одним тем или иным способом [4].

Невязку между расчетным и измеренным значениями температуры предлагается уменьшать методом, основанным на применении алгоритма параметрической идентификации с использованием расширенного фильтра Калмана. Блок-схема алгоритма представлена на рис. 1.

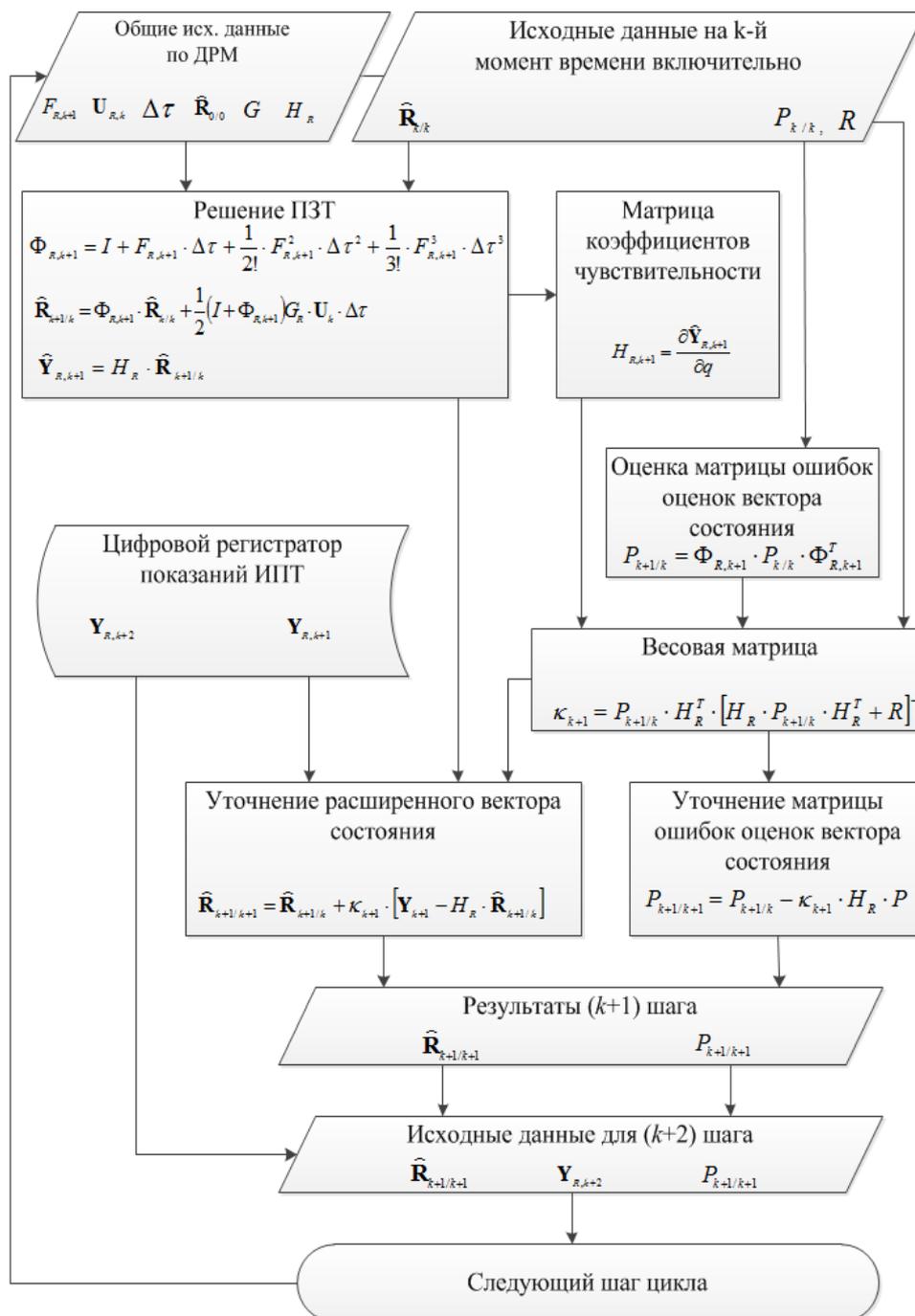


Рис. 1. Блок-схема алгоритма решения задачи, где k – текущий номер шага по времени; $F_{R,k+1}$ – матрица обратных связей; $U_{R,k}$ – вектор управления; $\Delta\tau$ – шаг по времени; $\hat{R}_{0/0}$ – начальные оценки вектора состояния; G – матрица управления; H_R – матрица функций чувствительности; $\hat{R}_{k/k}$ – окончательные оценки вектора состояния на k -м шаге по времени; $P_{k/k}$ – ковариационная матрица ошибок оценок вектора состояния; $\Phi_{R,k+1}$ – переходная матрица системы «датчик – объект»; R – ковариационная матрица случайного измерительного шума; $\hat{R}_{k+1/k}$ – априорная оценка вектора состояния для $(k+1)$ -го временного шага по информации, имеющейся на k -м шаге; $Y_{R,k}$ – вектор измерений; q – управляющее воздействие (плотность теплового потока)

Метод параметрической идентификации математической модели теплопереноса с использованием фильтра Калмана представлен в литературе, например, в [3, 4]. В данном случае искомое одномерное температурное поле объекта в k -й момент времени составляет вектор состояния $\mathbf{\hat{R}}_{k/k}$.

Для проверки целесообразности такого алгоритма был проведен опыт по определению температуры наружной поверхности фланца корпуса приемно-передающего модуля, работающего под водой. Система «фланец–датчик» представлена на рис. 2. Материал фланца – нержавеющая сталь.

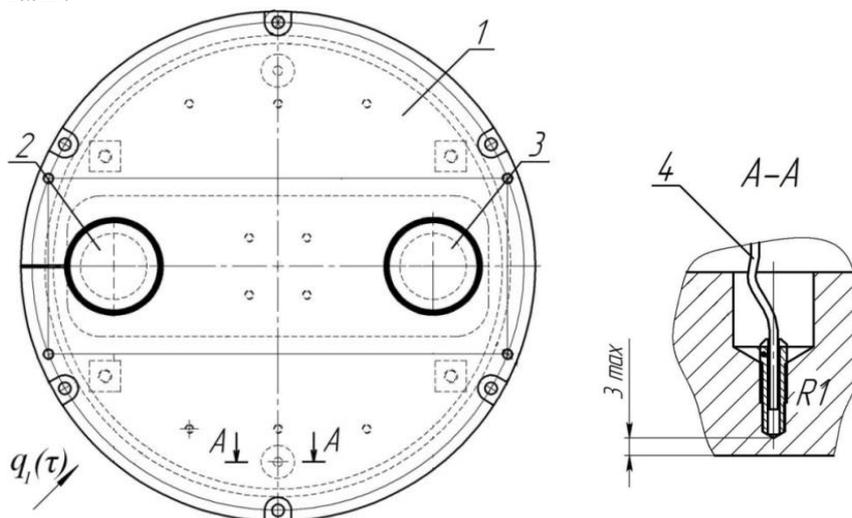


Рис. 2. Объект исследования с датчиком температуры, где 1 – фланец; 2, 3 – функциональные элементы прибора; 4 – чувствительный элемент датчика температуры; $q_i(\tau)$ – внешнее тепловое воздействие

Натурные измерения проведены в климатической камере. В качестве внешнего теплового воздействия приняты граничные условия III рода, оценочное значение коэффициента теплоотдачи принято равным $30 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а температура задана в виде следующих двух импульсов:

$$\begin{cases} t_{\text{cp}}(\tau) = -20^\circ\text{C}, \tau \in [0; 8000] \\ t_{\text{cp}}(\tau) = 30^\circ\text{C}, \tau \in [8000; 11401] \end{cases}$$

Для учета внутренних тепловыделений в приборе принято, что с внутренней стороны (на рис. 2 не показано) действует постоянная плотность теплового потока $14 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Показания датчика температуры, полученные в опыте, представлены на рис. 3.

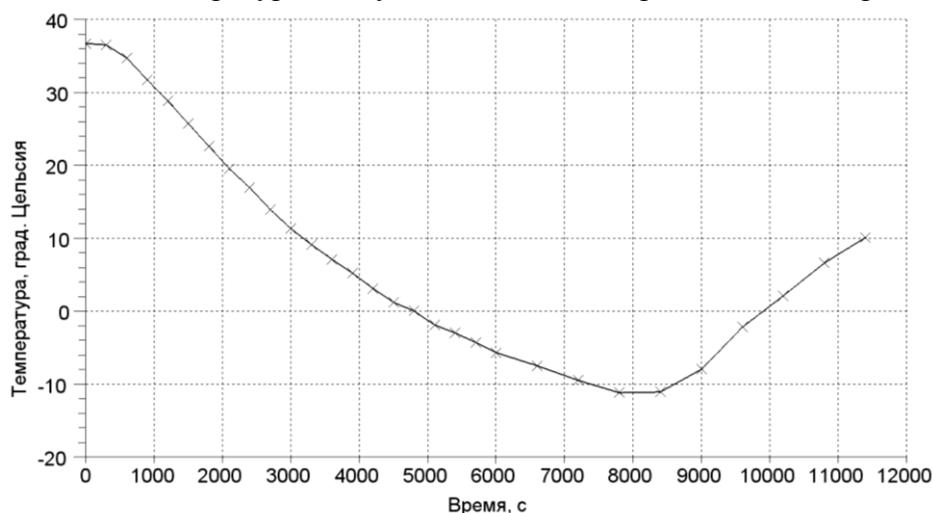


Рис. 3. Показания датчика температуры в течение опыта

По полученным данным с помощью алгоритма, представленного на рис. 1, реализованного в математическом пакете SciLab, были восстановлены значения температуры внутренней и наружной поверхностей фланца $t_1(\tau)$, $t_{36}(\tau)$ соответственно. Результат восстановления показан на рис. 4.

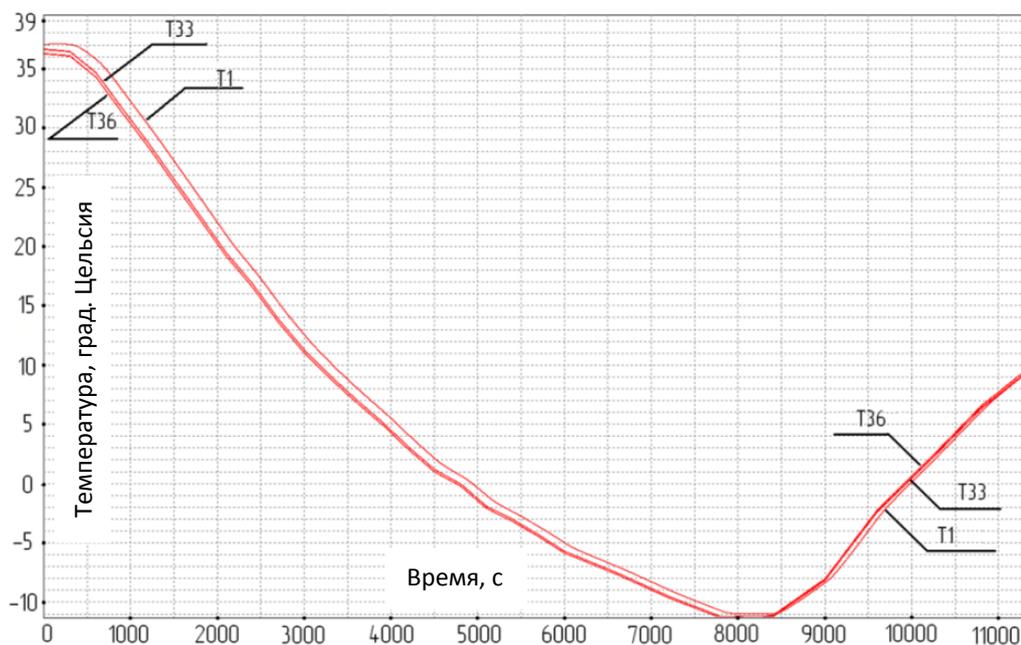


Рис. 4. Результат решения задачи, где T1 и T36 – температура внутренней и наружной поверхностей фланца; T33 – температура в месте установки чувствительного элемента датчика

Таким образом, при необходимости точного контроля температуры того или иного элемента аппаратуры в нестационарных условиях вполне можно использовать предлагаемый метод, что подтверждается результатами экспериментальных исследований, показавшими наличие разницы между температурой в точке измерения и в интересующей точке даже при небольших величинах тепловой нагрузки.

Литература

1. Клюквин К.А., Пилипенко Н.В. Параметрическая идентификация дифференциально-разностных моделей теплопереноса при мониторинге температуры лидара // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2017. – Т. 17. – № 1. – С. 172–177.
2. Кондратьев Г.М., Дульнев Г.Н., Платунов Е.С., Ярышев Н.А. Прикладная физика: теплообмен в приборостроении. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2003. – 560 с.
3. Пилипенко Н.В. Методы и приборы нестационарной теплотометрии на основе решения обратных задач теплопроводности, – СПб.: СПб ГУ ИТМО, 2011. – 180 с.
4. Симбирский Д.Ф. Температурная диагностика двигателей. – Киев: Техника, 1976. – 208 с.



Кораблев Владимир Антонович

Год рождения: 1953

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло-хладотехники,
к.т.н., доцент

e-mail: kvant1953@mail.com



Тилеубай Нурбол Сабитулы

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло-хладотехники,
студент группы № W4262c

Направление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика

e-mail: nurbol---1994@mail.ru

УДК 697.3

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ ТЕПЛОВЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ СИЛОВОГО
ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ПРИБОРА**

Кораблев В.А., Тилеубай Н.С.

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

В работе рассмотрено устройство силового полупроводникового прибора, его работа и условия эксплуатации. Получены навыки работы на силовом полупроводниковом приборе для определения и измерения внутреннего теплового сопротивления при различных давлениях. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: внутреннее тепловое сопротивление, силовой полупроводниковый прибор, тепловой поток, напряжения, теплопар, термостат, теристор.

Цель работы:

- ознакомление с особенностями теплового режима силовых полупроводниковых приборов (СПП) таблеточного типа;
- изучение способа определения внутреннего теплового сопротивления (ВТС) СПП;
- исследования ВТС СПП при различных давлениях;
- анализ полученных результатов и выработка рекомендаций по обеспечению нормального теплового режима СПП.

Устройство силовых полупроводниковых приборов. Для коммутации, выпрямления, преобразования частоты и регулирования тока от 10 до 3000 А и напряжений до 1000 В используются силовые полупроводниковые приборы (диоды, транзисторы, тиристоры различных видов) [1].

Основным их элементом является многослойная полупроводниковая структура из кремния, имеющая форму тонкого диска диаметром от 20 до 160 мм. Электрический ток пропускается через поверхность диска, при этом падение напряжения может быть от 1 до 2 В [2].

При больших токах мощность тепловыделений может достигать 1–3 кВт в очень ограниченном объеме *p-n*-перехода.

Особую сложность измерения ВТС представляет в силовых полупроводниковых приборах таблеточного типа, так как значения $R_{вн}$ малы (0,03–0,2 К/Вт), зависят от приложенного давления, теплоотвод осуществляется через две поверхности, а термочувствительные параметры имеют, как правило, очень большой разброс даже в одной

партии приборов. В связи с этим есть необходимость разработки такого способа и средств измерения ВТС, которые исключали бы определение $p-n$ -перехода, а остальные измерения проводились прямыми методами при помощи термопар и тепломеров.

СПП таблеточного типа представлен на рис. 1 [3].

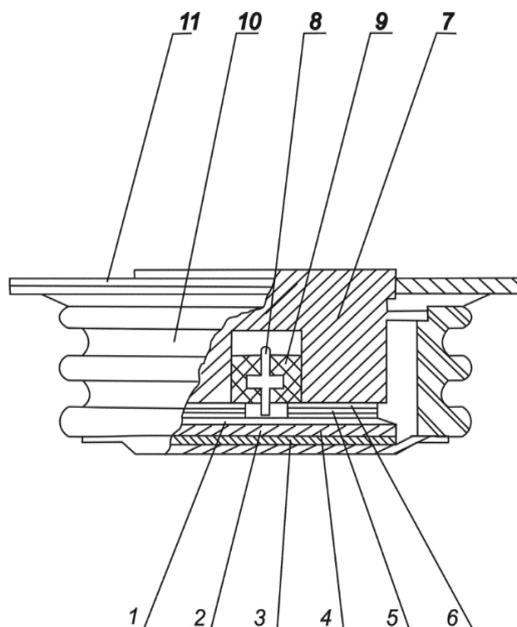


Рис. 1. Устройство силового прибора таблеточного типа

Полупроводниковая структура 1 припаяна к термокомпенсационному диску 2. Через серебряные, молибденовые, и оловянные прокладки 3–6 к структуре подводится электрический ток от катодного блока 7 и анода, представляющего собой медную луженую мембрану.

Управление СПП производится через электрод 8, отделенный от блока 7 компаундом 9. Весь прибор помещен в фарфоровый корпус 10 и загерметизирован мембранами 11. Источником теплоты является полупроводниковая структура 1. Тепловое сопротивление представляет собой совокупность кондуктивных и контактных термических сопротивлений между элементами 1–7.

В существующих в настоящее время приборах таблеточного типа может быть и другое взаимное расположение элементов 1–7. Приведенный в качестве примера тиристор Т500 предназначен для коммутирования токов до 500 А и выделяет мощность до 900 Вт.

Способ измерения ВТС СПП. СПП таблеточного типа характеризуется двумя параметрами ВТС: от зоны $p-n$ -перехода к анодной R_a и катодной R_k поверхностями:

$$R_a = \frac{T_j - T_a}{Q_a}, \quad (1)$$

$$R_k = \frac{T_j - T_k}{Q_k}, \quad (2)$$

где T_j , T_a , T_k – температуры $p-n$ -перехода; Q_a и Q_k – тепловые потоки, идущие от поверхности анода и катода.

Анализируя конструкции СПП таблеточного типа, можно сделать ряд допущений:

1. тепловые потоки в СПП идут в основном к катодной и анодной поверхностям, боковой теплообмен пренебрежимо мал;
2. толщина зоны тепловыделений много меньше толщины прибора и ее можно считать плоским источником теплоты;

3. в процессе исследований прибор находится в стационарном тепловом режиме.

Если пропустить тепловой поток от анодной поверхности к катодной, то в соответствии с этими допущениями можно считать, что $Q'_k = -Q'_a$, т.е. вышедший из катодной поверхности поток равен по абсолютной величине вошедшему в анод потоку. Этого можно добиться, разогрев анод нагревателем и охладив катод. В этом случае:

$$R_a + R_k = \frac{T'_j - T'_a}{Q'_a} + \frac{T'_j - T'_k}{Q'_k} = \frac{T'_a - T'_k}{Q'_k}, \quad (3)$$

где T'_a, T'_k, Q'_k – измеренные значения температур и потока.

Сумму этих ВТС можно измерить, определив температуры анода T'_a и катода T'_k и измерив тепломером тепловой поток Q'_k на катоде.

Если затем разогреть до стационарного состояния СПП электрическим током, пропускаемым через полупроводниковую структуру, измерить напряжение U и силу греющего тока I , тепловой поток Q''_k , идущий через катод и температуры анода T'_a и катода T''_k , то можно составить уравнения:

$$Q''_k R_k = T''_j - T''_k, \quad (4)$$

$$(U \cdot I - Q''_k) R_a = T''_j - T''_a. \quad (5)$$

В результате этих двух опытов получена замкнутая система уравнений (3)–(5), в которых неизвестные R_a, R_k, T''_j – измеренные величины $T'_a, T'_k, Q'_k, T''_a, T''_k, Q''_k, U$ и I .

Решая эту систему уравнений относительно R_a и R_k можно получить:

$$R_a = \frac{\frac{Q''_k}{Q'_k} (T'_a - T'_k) + T''_k - T''_a}{U \cdot I}, \quad (6)$$

$$R_k = \frac{T'_a - T'_k}{Q'_k} - R_a. \quad (7)$$

Таким образом, можно определить значение внутренних тепловых сопротивлений СПП таблеточного типа.

Описание прибора для измерения ВТС. На рис. 2 изображена измерительная ячейка для определения ВТС.

Полупроводниковый прибор 1, включающий тепловыделяющую структуру 2, зажат между тепломером 3 и нагревателем 4.

Для охлаждения ячейки служат охладители 5. Напряжение U и температуры T_a и T_k измеряются при помощи дисков 6, установленных на тепломере и нагревателе через электро- и теплоизоляционную прокладку.

В дисках 6 установлены горячие спаи термопар и электроды для измерения напряжения.

Тепломер представляет собой стальной цилиндр, на разной высоте которого сделаны радиальные отверстия, в которых установлен восьмиспайный термостолбик.

Используются термопары типа «Хромель-копель» ГОСТ 3044-84. Чувствительность термопар в диапазоне температур 0–100°C 14,5 К/мВ, чувствительность тепломера 56,5 Вт/мВ.

Для сжатия прибора до равных давлений установлено нагрузочное устройство, которое создает усилие в осевом направлении СПП до $3 \cdot 10^4$ Па и измеряется динамометром ДСП-3-3. Давление P передается прибору через охладители 5, тепломер 3 и нагреватель 4 при помощи толкателя 8 (рис. 2).

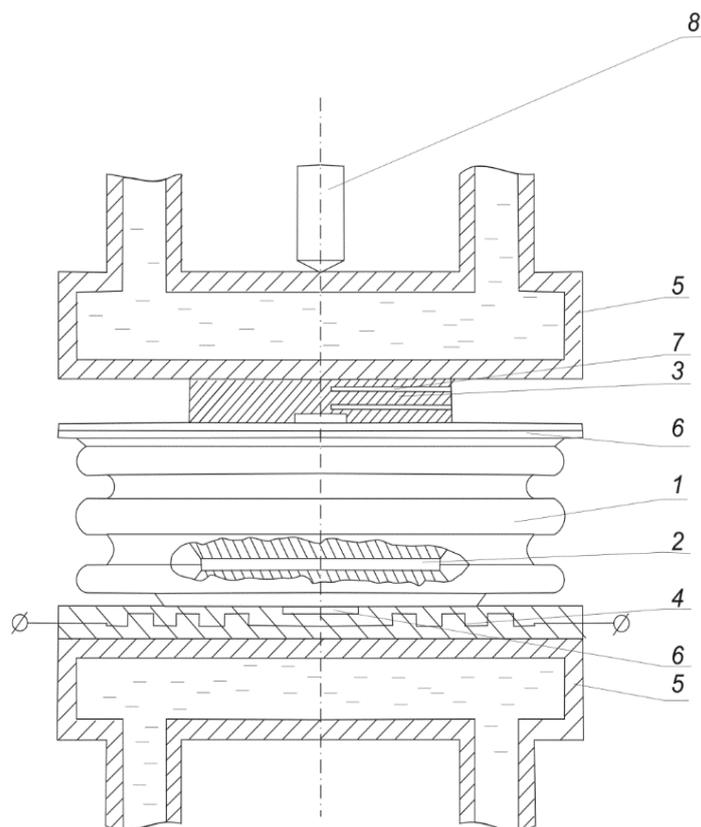


Рис. 2. Измерительное устройство для определения внутреннего теплового сопротивления силовых полупроводниковых приборов

В основании прибора установлены элементы питания СПП, переключатель термодпар и режимов, приборы, показывающие напряжение и силу тока в СПП. Через охладители и тиристоры в цепи питания СПП прокачивается вода, которая термостатируется в термостате ИТИ-2. С целью автоматизации измерений все измеряемые сигналы могут сниматься со специального разъема на задней стенке прибора.

Заключение. В результате проведенных работ был разработан метод измерения внутренних тепловых сопротивлений мощных электронных приборов, отличающийся тем, что в ходе измерений использовались стандартные средства измерения температуры, силы тока и напряжения.

Литература

1. Черепанов В.Г., Хрулев А.А. Тиристоры и их зарубежные аналоги. Справочник. Том 1. – М.: РадиоСофт, 2010. – 560 с.
2. Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи. Семейства, характеристики, применение. – Изд-во: Додэка-XXI, 2010. – 381 с.
3. Чебовский О.Г., Моисеев Л.Г., Недошивин Р.П. Силовые полупроводниковые приборы. Справочник. – Изд-во: Энергоатомиздат, 1985. – 402 с.



Петров Михаил Михайлович

Год рождения: 1994.

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники,
студент группы № W4255

Направление подготовки: 15.04.04 – Автоматизация технологических
процессов и производств

E-mail: strong.m.m@mail.ru

УДК 637.52 (078)

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ
ИЗДЕЛИЙ**

Петров М.М.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Лазарев В.Л.

В работе рассмотрены вопросы качества производства хлебобулочных изделий. Раскрыты особенности организации управления процессом выпечки. Автором предложен комплексный подход к оценке качества регулирования технологических параметров при производстве хлеба.

Ключевые слова: автоматизация, хлебобулочные изделия, технологические параметры, качество регулирования, комплексный подход, энтропийный потенциал.

Хлебобулочные изделия являются важными и распространенными продуктами питания, которые составляют около 35% потребляемой пищи в России. Они имеют высокую питательную ценность, и являются источниками углеводов, растительного белка, клетчатки, минералов и витаминов, необходимых для обеспечения жизнедеятельности человека.

Производство хлебобулочных изделий в России осуществляют порядка 15 тысяч предприятий. Крупные заводы вырабатывают около 70% изделий, остальные 30% вырабатывают частные пекарни и малые предприятия. В зависимости от размера предприятия, объема и ассортимента выпускаемой продукции они используют различные типы печей для выпечки изделий: камерные, туннельные, ротационные и др. [1].

Современные печи имеют высокий уровень механизации и автоматизации. Они являются универсальным оборудованием, позволяющим производить хлебобулочные изделия различного типа. При организации управления технологическим процессом выпечки имеет место следующая проблематика.

Для производства качественной продукции необходимо обеспечивать высокую точность поддержания температурно-влажностного режима на различных стадиях выпечки. В противном случае возможно появление низкокачественной продукции или даже брака. Для решения такой задачи в составе систем управления оборудованием имеются контуры регулирования температуры и влажности энергоносителя – паровоздушной смеси. Возмущающими воздействиями процесса являются: вариации состава, свойств и расхода обрабатываемого сырья – тестовых заготовок, перетеки наружного воздуха через технологические зазоры и при открывании люков для отбора проб в процессе выпечки и другие. Для регулирования температуры энергоносителя в печи, управляющие воздействия, чаще всего, вносятся по каналам подачи энергии в соответствующий калорифер (паровой, электрический, газовый и др.). Изменение температуры энергоносителя в процессе регулирования приводит к изменению его относительной влажности. Регулирование относительной влажности энергоносителя, как правило, осуществляется путем изменения расхода пара, впрыскиваемого через специальные форсунки непосредственно в камеру выпечки. При этом температура пара может существенно отличаться от температуры энергоносителя. Таким образом, изменение относительной влажности энергоносителя в

процессе регулирования приводит к изменению его температуры. В этой связи можно утверждать, что оба контура регулирования являются взаимосвязанными или неавтономными.

Другая особенность организации управления процессом выпечки хлебобулочных изделий состоит в том, что объект управления является нестационарным. Динамика процесса тепло и массообмена в тестовой заготовке по обоим параметрам в общем случае достаточно адекватно описывается передаточной функцией вида

$$W(p) = \frac{ke^{-\tau p}}{Tp+1}, \quad (1)$$

где k – коэффициент передачи по каждому каналу управления (температурой в толще продукта или относительной влажностью); τ – время запаздывания; T – постоянная времени. Естественно, что для каждого из каналов величины k , τ и T будут иметь свои конкретные значения, которые определяются особенностями конструкций и условиями эксплуатации печей. При выпекании изделий, в результате протекания процессов тепло- и массообмена между тестовыми заготовками и энергоносителем изменяются состав и свойства изделий (например, масса, влажность, температура и др.). В результате изменяются их теплофизические характеристики, что, в конечном счете, приводит к изменению указанных параметров передаточной функции по каждому каналу во время обработки – t . Таким образом, для обоих каналов управления следует полагать

$$k = k(t); \tau = \tau(t); T = T(t). \quad (2)$$

Кроме того, для всех типов печей, в той или иной мере, имеет место разброс или неоднородность рассматриваемых параметров энергоносителя в рабочем объеме, т.е. в системе декартовых координат: x , y , z . Так, например, максимальное значение температуры энергоносителя имеет место в точке его подвода в печь или вблизи поверхности нагревательного элемента и уменьшается по мере удаления от этих точек или поверхностей, что является причиной разброса параметров передаточной функции (1) в рабочем объеме. Строго говоря, рассматриваемые объекты управления также являются объектами с распределенными параметрами, поэтому модель (2) может быть уточнена до вида

$$k = k(t, x, y, z); \tau = \tau(t, x, y, z); T = T(t, x, y, z). \quad (3)$$

Обеспечение требуемой точности поддержания температурно-влажностного режима для конкретного объекта определяется выбором вида закона регулирования и определением значений настроечных параметров регулятора для каждого из контуров регулирования. Такая задача является частным вариантом задачи синтеза систем автоматического регулирования (САР). Для ее решения разработаны различные методы и подходы: на основе частотных характеристик, с использованием графоаналитических методов и др. Однако наличие реальных условий (1)–(3) делает крайне затруднительным реализацию этих методов на практике. Для решения стоящей проблемы предложен комплексный подход, основанный на оценке качества процессов регулирования как комплексной оценке состояния неопределенности системы в пространстве выбранных координат. Его суть состоит в следующем.

Задача регулирования параметра состоит в удержании его на заданном значении, называемом уставкой, поэтому качество процесса предлагается характеризовать состоянием его неопределенности относительно уставки. Такой подход не противоречит классической постановке задачи синтеза САР, где состояние неопределенности характеризуется величиной дисперсии. В данном случае в качестве оценки состояния неопределенности параметра в процессе регулирования предложено использовать величину его комплексного энтропийного потенциала (КЭП) – L_{Δ} , которая находится из выражения [2]

$$L_{\Delta} = \frac{K_e \sigma}{|X_n|}. \quad (4)$$

В (4) использованы следующие обозначения: K_e – энтропийный коэффициент величины отклонений параметра, относительно уставки, в процессе регулирования, этот коэффициент характеризует вариативные свойства закона распределения анализируемых отклонений; X_n – величина базового значения, на «фоне» которого рассматривается состояние неопределенности; σ – величина среднего квадратического отклонения (СКО) разбросов отклонений. Если пренебречь учетом вариативных свойств закона распределения отклонений и изменений базового значения (т.е. считать, что $K_e = \text{const}$ и $X_n = \text{const}$), то величина L_{Δ} вырождается в масштабное изображение величины σ . Тогда проведение мониторинга процесса регулирования может быть осуществлено с использованием классических методов дисперсионного анализа [3, 4].

Для комплексной оценки качества регулирования нескольких параметров, в данном случае двух ($i=1, 2$), целесообразно использовать частный вариант величины многомерного комплексного энтропийного потенциала (МКЭП) – La_1

$$La_1 = \sum_{i=1}^2 c_i L_{\Delta i}, \quad (5)$$

где $c_i (i=1, 2)$ весовые коэффициенты, характеризующие значимость или приоритет каждого параметра для конкретного процесса.

Используя выражение (5) представляется возможным оценить эффективность работы контуров регулирования основных технологических параметров. Далее можно осуществить оптимизацию настроечных параметров регуляторов путем минимизации значений критерия (5) на каждом цикле итерации. Методики нахождения параметров, входящих в выражения (4) и (5), в различных ситуациях отработаны, поддаются алгоритмизации и программированию [3, 5]. В связи с этим процедура адаптации настроек комплекса регуляторов к изменяющимся условиям производства может быть реализована в виде дополнительного модуля всей системы управления технологическим процессом.

Литература

1. Пашенко Л.П., Жаркова И.М. Технология хлебопекарного производства. Учебник. – Изд-во: Лань, 2014. – 672 с.
2. Лазарев В.Л. Совершенствование управления с использованием характеристик энтропийных потенциалов. Адаптация к специфике биотехнологической промышленности // Вестник Международной академии холода. – 2016. – № 4. – С. 68–73.
3. Лазарев В.Л., Грахольская Т.А., Травина Е.А., Фролков Н.А. Использование когнитивных образов состояний систем в пространстве параметров энтропийных потенциалов для организации мониторинга и управления // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2015. – № 4. – С. 54–61.
4. Кулаков В.Г., Лазарев В.Л., Федюлин В.А. Энтропийные модели в исследовании социальных систем // Вопросы статистики. – 2010. – № 10. – С. 47–50.
5. Lazarev V.L. Representative information models for monitoring and control in the conditions of uncertainty // Proceedings of the 18th International Conference on Soft Computing and Measurements. – 2015. – P. 54–57.

**Пилипенко Николай Васильевич**

Год рождения: 1938

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники,
д.т.н., профессор

e-mail: pilipenko38@mail.ru

**Утемжарова Назерке Талгаткызы**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники,
студент группы № W4262cНаправление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика

e-mail: utemzharova@mail.ru

**Ауесханова Сания Муратовна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники,
студент группы № W4262cНаправление подготовки: 16.04.01 – Техническая физика

e-mail: aueskhanova.saniya@mail.ru

УДК 697.1**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ КОТТЕДЖЕЙ В УСЛОВИЯХ КАЗАХСТАНА****Пилипенко Н.В., Утемжарова Н.Т., Ауесханова С.М.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Пилипенко Н.В.**

В работе приведены результаты расчетов теплового баланса дома коттеджного типа в климатических условиях Республики Казахстан. Целью работы являлось определение необходимой тепловой мощности системы отопления коттеджного дома по месту проживания и сопоставление ее с реальной. Были получены результаты требуемых и действительных годовых затрат теплоты, и предложены мероприятия по энергосбережению.

Ключевые слова: тепловой баланс, энергосбережение, система отопления, тепловые потери, тепловые затраты.

В зимнее время для более надежного сохранения тепла в коттеджных домах, необходимо рассчитать все тепловые потери, в том числе теплопотери через ограждающие конструкции и теплозатраты на нагревание наружного воздуха, поступающего в дом путем инфильтрации или для вентиляции, и определить разницу между этими теплопотерями и тепловыми поступлениями (система отопления, нагревательные приборы, выделение теплоты людьми и т.д.). Помимо проблемы поддержания в помещении необходимой температуры воздуха, возникает проблема энергопотребления, в частности, вопросы энергосбережения и нехватки энергии, связанные с избытком или недостатком теплоты.

Целью работы являлось определение необходимой тепловой мощности системы отопления коттеджного дома (план дома показано на рисунке) по месту проживания и сопоставление ее с реальной.

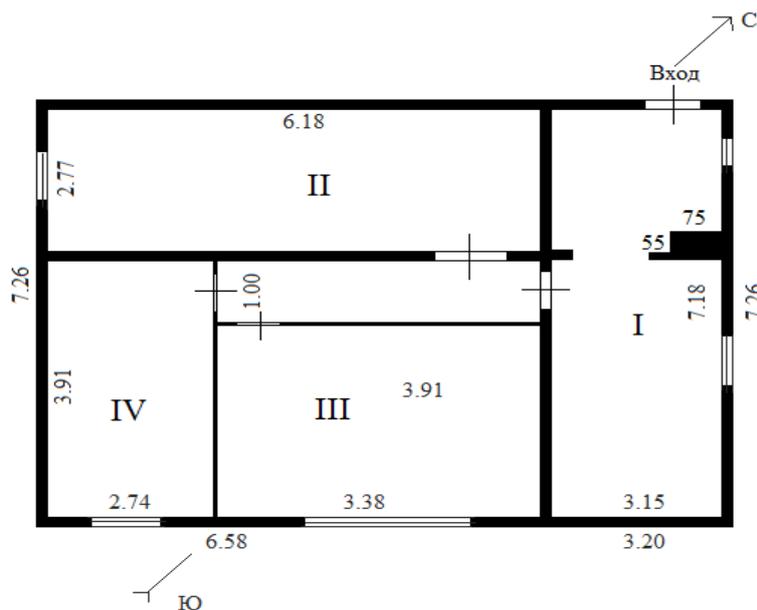


Рисунок. План дома (размеры указаны в метрах с масштабом 1:100): I, II, III, IV – номера помещений, в которых установлены радиаторы

Высота потолков – 2,5 м, одноэтажный частный дом. В таблице приведены материалы наружных ограждений дома, толщина слоя и их теплопроводность.

Таблица. Материалы наружных ограждений

Части дома	Материалы слоя	Толщина слоя δ , м	Теплопроводность слоя λ , Вт/(м·К) [1]
Наружные стены	Металлосайдинг	0,001	52
	Минеральная вата	0,1	0,056
	Древесина	0,2	0,18
	Гипсокартон	0,013	0,15
Пол	Гравий	0,1	0,18
	Шлак	0,07	0,29
	Бетонная стяжка	0,05	0,7
	Ориентированно-стружечная плита	0,009	0,15
	Ламинат	0,008	0,1
Потолок	Шлак	0,05	0,29
	Опилки древесные сухие	0,02	0,065
	Глина	0,06	0,7
	Плаха	0,04	0,18
	Гипсокартон	0,0095	0,15
Двери	Древесина	0,6	0,23

Результаты расчетов

1. Теплотери дома при температуре воздуха в помещениях 22°C, снаружи –39°C [2] (зимний период) составляют:
 – через ограждения посредством теплопроводности 5749 Вт;

- посредством инфильтрации 856 Вт;
 - суммарно 6605 Вт.
2. Схема отопления данного дома – однотрубная, с естественной циркуляцией. Теплопотребность дома (требуемая мощность системы отопления) составляет:
- 5588 Вт;
 - действительная теплоотдача от системы отопления 6899 Вт.
3. Удельная тепловая характеристика дома 0,56 Вт/(м³·К). Это значит, что на 1 м³ объема квартиры при перепаде температур на внутренней и наружной поверхностях ограждений в 1°С приходится в среднем 0,56 Вт теплопотерь [3].

Заключение. Расчет теплового баланса дома коттеджного типа в условиях Казахстана показал, что для частного дома с индивидуальной системой отопления (с отопительным котлом, в котором сжигается каменный уголь), годовые денежные затраты будут зависеть от расходуемого топлива (каменного угля) и от его стоимости.

Годовые затраты теплоты:

- требуемые 68 ГДж (4216 руб./год);
- действительные 67 ГДж (4216 руб./год).

Продолжительность отопительного сезона составляет, примерно, 230 суток. При этом средняя температура наружного воздуха в отопительный сезон составляет –7,2°С [1].

Мероприятия по энергосбережению:

- использование уплотнительных материалов на ограждающих конструкциях, граничащих с внешней средой (пол и наружные стены).

Литература

1. СНиП РК 2.04-03-2002. Строительная теплотехника. – Введен 01.03.2003.
2. СНиП РК 2.04-01-2001. Строительная климатология. – Введен 01.03.2002.
3. Богословский В.Н., Щеглов В.П., Разумов Н.Н. Отопление и вентиляция: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Стройиздат, 1980. – 295 с.



Полторацкий Максим Ильич

Год рождения: 1989

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники,
аспирант

Направление подготовки: 03.06.01 – Физика и астрономия

e-mail: poltorazky.m@gmail.com

УДК 536.71

**ЕДИНОЕ НЕАНАЛИТИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ХЛАДАГЕНТА
R236EA**

Полторацкий М.И.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Рыков В.А.

В работе представлено новое единое неаналитическое уравнение состояния перспективного холодильного агента R236ea, удовлетворяющее современной теории критических явлений. Количественное сравнение полученных результатов с имеющимися в литературе опытными данными позволяет судить о качественно верном описании уравнением состояния широкой окрестности критической точки. Невязки между расчетными и табличными данными представлены в графическом виде.

Ключевые слова: уравнение состояния, R236ea, критические явления, холодильный агент, изохорная теплоемкость.

Уравнение состояния, описывающее термические и калорические свойства холодильного агента R236ea (1,1,1,2,3,3-гексафторпропан), актуальное на сегодняшний день, разработано [1] в 2013 году и применяется для расчета в таких программах, как REFPROP 9.1 и CoolProp. Необходимо отметить, что данные экспериментов о плотности насыщенной жидкости и насыщенного пара, полученные в интервале температур $0,99 T_c - 1 T_c$ [2], плохо описываются предложенными уравнениями, а сами уравнения не соответствуют современной теории критических явлений. За последние годы накоплен большой объем экспериментальных данных, позволяющий описать свойства хладагента R236ea с высокой точностью в широкой области параметров состояний. В данной работе приведено уравнение состояния, основанное на свободной энергии Гельмгольца и описывающее термические и калорические свойства вещества с экспериментальной погрешностью, а также качественно верно передающее поведение изохорной теплоемкости в окрестности критической точки.

В настоящее время широкое распространение получил метод псевдокритических точек, в рамках которого разработаны масштабные уравнения состояния и единые фундаментальные уравнения состояния. На основе метода псевдокритических точек рассчитаны таблицы РСД и ССД линейки холодильных агентов, а также методики ГССД.

Единое аналитическое уравнение состояния построено в переменных плотность – температура. Термодинамическим потенциалом является свободная энергия Гельмгольца $F(\rho, T)$, из которой дифференцированием по параметрам можно получить ряд физических характеристик системы.

В структуре свободной энергии Гельмгольца $F(\rho, T)$, выделены регулярная $F_{reg}(\rho, T)$ и нерегулярная $F_{nr}(\rho, T)$ составляющие и представленные в виде суммы:

$$\frac{\rho}{\rho_c} F(\rho, T) = \frac{\rho}{\rho_c} F_{reg}(\rho, T) + F_{nr}(\rho, T). \quad (1)$$

После ряда преобразований, подробно описанных в цикле предыдущих работ, уравнение для сжимаемости принимает вид (2). Данное уравнение состояния удовлетворяет требованиям, предъявляемым к вириальным уравнениям состояния [3] и степенным законам масштабной теории [4], в частности, требованию $(\partial^n p / \partial \rho^n)_T = 0$, где $n \in \{1, 2, 3, 4\}$.

$$Z(\rho, T) = 1 + y_1 \omega^2 + y_2 \omega + D_3 (y_3 \omega^2 + y_4 \omega) + D_4 (y_5 \omega^2 + y_6 \omega) + \\ + \omega \sum_{i=0}^{20} \sum_{j=0}^7 C_{i,j} \tau_i^j (\Delta \rho)^{i-1} (i \omega + \Delta \rho) + D_1 \omega \tau_1 (2 \omega - 3) + D_2 \omega^2 \tau_1 (3 \omega - 4) + \\ + \Gamma \omega |\Delta \rho|^{(1-\alpha)/\beta} t^{-1} \left[\begin{aligned} & f(\omega) \frac{1}{\beta} |\Delta \rho|^{(1/\beta)-1} \text{sign}(\Delta \rho) ((2-\alpha) a_0(x) - x a_0'(x)) + \\ & + f'(\omega) |\Delta \rho|^{1/\beta} a_0(x) \end{aligned} \right], \quad (2)$$

где

$$y_1 = \frac{5,8}{12} - \frac{2,2}{6} \Delta \rho + 0,15 \Delta \rho^2, \quad y_2 = \frac{-15,4}{12} + \frac{5,8}{12} \Delta \rho - \frac{2,2}{12} \Delta \rho^2 + 0,05 \Delta \rho^3, \\ y_3 = -4 + 6 \Delta \rho - 6 \Delta \rho^2 + 4 \Delta \rho^3, \quad y_4 = 5 - 4 \Delta \rho + 3 \Delta \rho^2 - 2 \Delta \rho^3 + \Delta \rho^4, \\ y_5 = -3 + 4 \Delta \rho - 3 \Delta \rho^2 + 5 \Delta \rho^4, \quad y_6 = 4 - 3 \Delta \rho + 2 \Delta \rho^2 - \Delta \rho^3 + \Delta \rho^5.$$

Сглаживающая функция $f(\omega)$ и ее производная $f'(\omega)$ в уравнении (2) выражены в виде:

$$f(\omega) = \exp\left(-\frac{a \Delta \rho^2}{\omega^b}\right); \quad f'(\omega) = \left(\frac{ab \Delta \rho^2}{\omega^{b+1}} - \frac{2a \Delta \rho}{\omega^b}\right) \exp\left(-\frac{a \Delta \rho^2}{\omega^b}\right).$$

В области малых плотностей уравнение состояния (1) переходит в уравнение состояния вириального вида, а в асимптотической окрестности критической точки удовлетворяет степенным законам масштабной гипотезы.

Для более точного описания термодинамических свойств в критической области в структуру уравнения (2) включена масштабная функция $a_0(x)$. Она имеет простую структуру и воспроизводит в окрестности критической точки все степенные законы, следующие из масштабной теории:

$$a_0(x) = A_1 (x + x_1)^{2-\alpha} - A_1 \frac{x_1}{x_2} (x + x_2)^{2-\alpha} + B_1 (x + x_3)^\gamma + C.$$

Значения параметров, входящих в структуру функции $a_0(x)$ устанавливаются таким образом, чтобы передавать соответствующие функции линейной модели, разработанной Скофилдом. Коэффициенты уравнения состояния (2) были найдены путем обработки данных экспериментальной информации о термодинамических свойствах R236ea из десяти различных источников.

Значения коэффициентов, как и некоторых членов, входящих в уравнения (2) и (3) ввиду ограниченности объема данной публикации не приводятся и будут освещены в дальнейших публикациях по данной тематике.

Для нахождения всех термических и калорических свойств хладагента R236ea 1,1,1,2,3,3-гексафторпропана была восстановлена структура свободной энергии Гельмгольца в форме (1). Дифференцируя ее по известным выражениям статистической физики, можно получить уравнения для расчета всех термических и калорических свойств. В частности, для определения значения изохорной теплоемкости использовано равенство $C_v = -T \left(\partial^2 F / \partial T^2 \right)$, в которое входит идеально газовая изохорная теплоемкость, полученная в работе [1]. В результате преобразований получена структура уравнения изохорной теплоемкости хладагента R236ea:

$$\begin{aligned}
C_v = & -R\omega t^{-2} \sum_{i=0}^{20} \sum_{j=0}^7 C_{ij} j(j-1) \tau_1^{j-2} (\Delta\rho)^i - \\
& -\Gamma R t f(\omega) |\Delta\rho|^{\frac{\alpha}{\beta}} \left(a_0^{n(x)t^{-1}} - 2a_0'(x) |\Delta\rho|^{\frac{1}{\beta}} t^{-2} + 2a_0(x) |\Delta\rho|^{\frac{2}{\beta}} t^{-3} \right) - \\
& -R \left(v_0 + \sum_i v_i \left(\frac{u_i}{T} \right)^2 \frac{e^{u_i/T}}{(e^{u_i/T} - 1)^2} \right) - R.
\end{aligned} \tag{3}$$

На рис. 1 приведены отклонения данных, рассчитанных по уравнению (2) от данных экспериментов, а также от доступных расчетных данных в регулярной области параметров состояния. Результаты расчета хорошо согласуются с результатами экспериментов и расчетов. Среднее квадратическое отклонение по всем термическим данным составляет 9%. При этом по данным 1 – 0,25%; 2 – 3,1%; 3 – 0,35%; 4 – 18%; 5 – 0,17; 6 – 0,67%. Увеличенные отклонения от результатов данных 4 обусловлены сложностью описания свойств в области сжатой жидкости. Невязки рассчитаны по формуле: $\delta P = (P_{\text{эксп}} - P_{\text{расч}}) / P_{\text{эксп}}$.

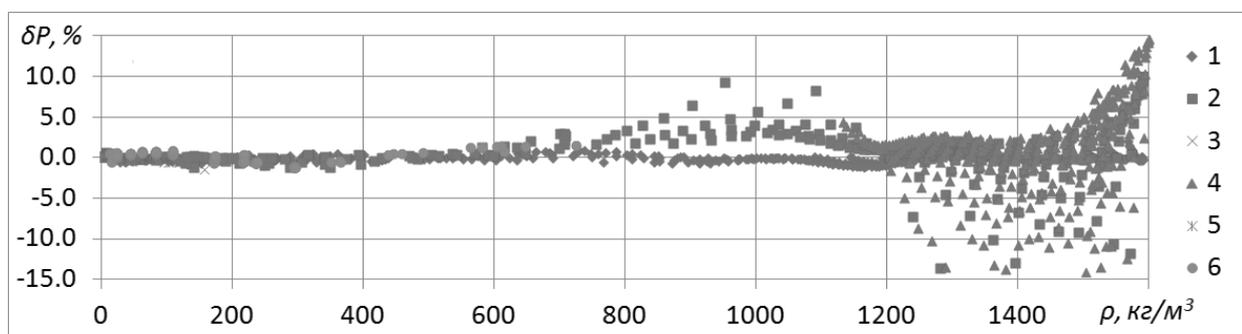


Рис. 1. Значение отклонений давлений 1,1,1,2,3,3-гексафторпропана (R236ea) от данных экспериментов

На рис. 2 представлены отклонения данных об изохорной теплоемкости хладагента R236ea, рассчитанные по уравнению (3) от расчета по уравнению, предложенному в [1]. Наибольшие отклонения (более 80%) наблюдаются в окрестности критической точки. Такое поведение изохорной теплоемкости объясняется современной теорией критических явлений и свидетельствует о качественно верном описании уравнением (3) свойств хладагента.

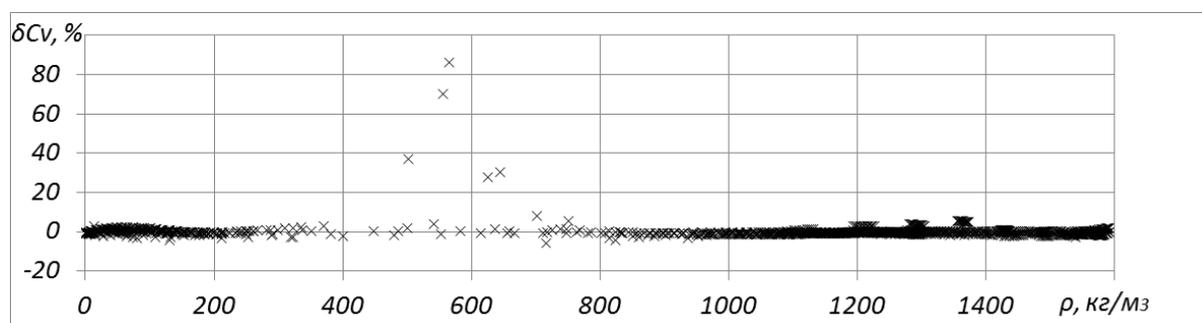


Рис. 2. Отклонения данных об изохорной теплоемкости R236ea

Приведенные выше выкладки расчетов и иллюстрации подтверждают актуальность выбора уравнений (2) и (3) при расчете термических и калорических свойств хладагента. А также свидетельствуют о правильности изложенного подхода при описании свойств технически важных веществ [5].

Литература

1. Xinfang R., Jiang P., Yugang Wang. An equation of state for the thermodynamic properties of 1,1,1,2,3,3 – hexafluoropropane (R236ea) // *Fluid Phase Equilibria*. – 2013. – V. 341. – P. 78–85.
2. Aoyama H., Kishizawa G., Sato H., Watanabe K. Vapor-Liquid Coexistence Curves in the Critical Region and the Critical Temperatures and Densities of 1,1,1,2,3,3-hexafluoropropane (R-236ea) // *Journal of Chemical and Engineering Data*. – 1996. – V. 41. – P. 1046–1051.
3. Алтунин В.В. Теплофизические свойства двуокиси углерода. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 546 с.
4. Ма Ш. Современная теория критических явлений. – М.: Мир, 1980. – 298 с.
5. Lemmon E.W., Huber M.L., McLinden M.O. Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties (REFPROP). – National Institute of Standards and Technology, 2010. – 599 p.



Томсон Кристиан Юлариевич

Год рождения: 1992

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники,
студент группы № W4255

Направление подготовки: 15.04.04 – Автоматизация технологических
процессов и производств

e-mail: kris-tomson@mail.ru

УДК 62-5

**ДЕКОМПОЗИЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА
РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ И ВЫБОР ПРИОРИТЕТОВ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ
И УПРАВЛЕНИЯ**

Томсон К.Ю.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Лазарев В.Л.

В работе рассмотрены вопросы организации и управления условиями в объеме компоста. Для решения возникающих проблем разработаны подходы, основанные на использовании принципов декомпозиции и использовании методов теории энтропийных потенциалов. Также рассмотрены вопросы внедрения предполагаемых решений на практике в составе автоматизированной системы управления технологическим процессом.

Ключевые слова: аэробная ферментация, рыбные отходы, утилизация, биогумус, автоматизация, декомпозиция процесса, энтропийный потенциал.

Одна из важнейших проблем рыбообрабатывающей промышленности является утилизация отходов, которые составляют около 20–30% улова. К ним относятся кости, головы, внутренности, несортные виды гидробионтов и др. В масштабах Российской Федерации общее количество отходов за год составляет сотни тысяч тонн. В отходах содержится много ценных веществ, использование которых будет способствовать повышению эффективности переработки [1].

На большинстве предприятий рыбообрабатывающей промышленности утилизация отходов осуществляется малоэффективными методами. Таковыми, например, являются: дробление и слив в канализацию, захоронение на мусорных полигонах, сжигание. На ряде предприятий вместо ликвидации отходов применяют переработку в рыбную муку, рыбий жир и др.

Проведенный анализ способов переработки отходов позволяет сделать вывод, что одним из эффективных способов является биологическая утилизация. Ее суть состоит в использовании микроорганизмов для получения нужных продуктов. Так, при отсутствии кислорода анаэробные бактерии производят из органических остатков биогаз, в присутствии кислорода происходит аэробное разложение отходов микроорганизмами, в результате которого образуется компост или биогумус – ценное органическое удобрение для почвы. Основными достоинствами такого способа утилизации являются относительная простота и дешевизна, экологичность, безопасность для человека, получение ценного сырья.

Существуют три основных способа компостирования отходов: при использовании первых двух методов довольно сложно получить полноценный компост. Как правило, их используют для предварительной сушки, с целью последующего экономичного сжигания. Компостирование в бассейнах выдержки позволяет наиболее эффективно перерабатывать отходы в биогумус.

Существующие системы компостирования основаны на использовании больших и дорогостоящих бассейнов размерами в десятки метров. С учетом наметившейся тенденции к децентрализации лова гидробионтов такое оборудование не подходит небольшим

предприятиям и рыбацким артелям. В связи с этим перспективной является разработка компактных систем утилизации, адаптированных к существующим реалиям. Особенностью таких систем являются относительно малые значения величин постоянных времени протекающих биохимических процессов. Это обстоятельство обуславливает повышенные требования к качеству работы системы управления и регулирования основных технологических параметров. Для разработки таких систем необходимо осуществить декомпозицию процесса на базовые фазы или стадии, определить перечень контролируемых параметров и определить каналы внесения управляющих воздействий. Также необходимо выбрать критерии управления, разработать математическую модель процесса [2].

Аэробная ферментация состоит из четырех последовательных стадий, которые характеризуются требованиями к температурно-влажностному режиму в бассейне.

1. Лаг-фаза. Начинается после внесения отходов в компостер. Микроорганизмы адаптируются к условиям, готовятся к размножению, расщепляя легкоусвояемые соединения (простые углеводы) и накапливая питательные вещества. Преобладают холодоустойчивые и влаголюбивые организмы.
2. Мезофильная фаза. Численность популяции микроорганизмов возрастает преимущественно за счет мезофильных организмов, адаптирующихся к пониженной температуре. Запасы простых веществ в компосте уменьшаются, и микроорганизмы начинают разлагать более сложные соединения: целлюлозу, гемицеллюлозу и белки. При этом выделяются органические кислоты, которые понижают рН среды, что служит индикатором окончания второй фазы.
3. Термофильная фаза. В процессе метаболизма микроорганизмов температура компоста повышается. Выше 40°C мезофильные микроорганизмы начинают замещаться термофильными, более устойчивыми к температуре. Свыше 55°C большинство патогенов погибает, но, если температура превысит 65°C, начнут гибнуть и аэробные термофилы. Высокая температура ускоряет распад наиболее сложных веществ – белков, жиров и сложных углеводов. Из-за истощения пищевых ресурсов обменные процессы идут на убыль, температура снижается, что сигнализирует об окончании третьей фазы.
4. Фаза созревания. Понижение температуры позволяет мезофилам снова доминировать в компосте. Оставшиеся органические вещества образуют комплексы, которые устойчивы к дальнейшему разложению. Это и есть гумус.

Наиболее важной фазой, определяющей протекание процесса компостирования, является третья фаза – термофильная. Во время ее протекания необходим контроль и управление температурой, влажностью и рН компостной смеси. При выходе значений параметров за нижние пределы, процесс компостирования замедляется или вовсе прекращается из-за гибели аэробных микроорганизмов. Наоборот, возможно размножение гнилостных бактерий.

Управление температурой смеси может осуществляться за счет изменения количества энергии, подаваемой в теплообменник (водяной, электрический и др.). Управление влажностью смеси осуществляется изменением подачи воды через специальные «душирующие» головки. Для синтеза системы управления необходима математическая модель, описывающая влияние управляющих воздействий, вносимых по каждому из каналов, на указанные параметры технологического процесса [2]. Исходя из объемов перерабатываемых отходов и возможностей соответствующих предприятий, могут использоваться различные варианты конструкций емкостей – бассейнов, а также варианты теплообменного оборудования. Большое разнообразие конструкторских решений при выборе оборудования не позволяет создавать и использовать унифицированные модели, поэтому необходимо разрабатывать модели для каждого отдельного случая. Приемлемым подходом в данной ситуации является определение передаточной функции объекта $W(s)$ по рассматриваемому каналу управления на основе переходной функции – $h(t)$. Для подобных объектов эта функция определяется достаточно просто экспериментальным способом при

подаче на вход единичного ступенчатого воздействия $1(t)$. Реакция объекта в виде изменения рассматриваемого параметра во времени t будет представлять функцию $h(t)$. Искомая передаточная функция $W(s)$ находится с помощью преобразования Лапласа – L от функции $h(t)$ из выражения

$$W(s) = sL[h(t)]. \quad (1)$$

Для получения результата на основе (1) могут применяться различные подходы и, в частности, с использованием специальных модулей пакета MATLAB.

Ключевой проблемой организации управления процессом утилизации является обеспечение равномерности поддержания основных параметров (температуры и влажности) в рабочем объеме бассейна выдержки. В противном случае можно получить снижение «КПД» процесса или локальные очаги загнивания сырья с их последующим разрастанием. Для управления состоянием неопределенности значений параметров в бассейне используются перемешивающие устройства, например, в виде набора шнеков. Длительное включение приводов (как правило, большой мощности), приводит к значительным затратам энергии, что снижает себестоимость получаемой продукции. В этой связи для управления, необходимо выбрать показатель состояния неопределенности, определить его максимальное значение, при достижении которого будет выдаваться сигнал на включение приводов и, наоборот. На основании анализа разработок, в качестве обобщенного критерия состояния неопределенности температурно-влажностного режима, была выбрана величина двухмерного комплексного энтропийного потенциала La_1 [3–5]

$$La_1 = c_1 L_{\Delta_1} + c_2 L_{\Delta_2} = c_1 \frac{K_{e1} \sigma_1}{X_{n1}} + c_2 \frac{K_{e2} \sigma_2}{X_{n2}}, \quad (2)$$

где c – весовой коэффициент, характеризующий значимость каждого параметра (x_1 – температуры и x_2 – влажности) для рассматриваемого процесса (например, можно считать $c_1=c_2=0,5$); L_{Δ} – величина комплексного энтропийного потенциала (КЭП), описывающая состояние неопределенности отдельного параметра; K_e – энтропийный коэффициент, характеризующий вариативные свойства закона распределения параметра в рабочем объеме; σ – величина его среднего квадратического отклонения и X_n – базовое значение. Величина La_1 позволяет оценить состояние неопределенности температурно-влажностного режима одним числом [5, 6], что удобно для организации контроля и управления включением приводов.

Использование предложенного подхода позволит осуществить эффективное управление процессом переработки отходов гидробионтов.

Литература

1. Байдамина Л.С. и др. Биотехнология морепродуктов. – М.: Мир, 2009. – 560 с.
2. Лазарев В.Л. Робастные системы управления в пищевой промышленности: учебное пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2003. – 150 с.
3. Кулаков В.Г., Лазарев В.Л., Федюлин В.А. Энтропийные модели в исследовании социальных систем // Вопросы статистики. – 2010. – № 10. – С. 47–50.
4. Лазарев В.Л. Исследование систем на основе энтропийных и информационных характеристик // Журнал технической физики. – 2010. – Т. 80. – № 2. – С. 1–7.
5. Lazarev V.L. Representative information models for monitoring and control in the conditions of uncertainty // Proceedings of the 18th International Conference on Soft Computing and Measurements. – 2015. – P. 54–57.
6. Лазарев В.Л. Совершенствование управления с использованием характеристик энтропийных потенциалов. Адаптация к специфике биотехнологической промышленности // Вестник Международной академии холода. – 2016. – № 4. – С. 68–73.

**Кузнецов Павел Александрович**

Год рождения: 1985

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики,
аспирантНаправление подготовки: 13.06.01 – Электро- и теплотехника

e-mail: klimatpiter@gmail.com

УДК 62-176.2

АККУМУЛЯЦИЯ ХОЛОДА**Кузнецов П.А.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Бараненко А.В.**

В работе проведен анализ доступных систем хранения холода и тепловой энергии, включая системы с использованием веществ с фазовым переходом. Одним из наиболее эффективных способов хранения холода и тепловой энергии являются системы с использованием веществ с фазовым переходом. Существует большое количество веществ с фазовым переходом, которые плавятся и затвердевают в широком диапазоне температур. Это позволяет находить им огромное число применений, в том числе аккумулярование холода в системах кондиционирования и охлаждения.

Ключевые слова: аккумулярование холода, вещества с фазовым переходом, хранение холода, кондиционирование, накопление энергии.

Сохранение энергии в подходящих формах является актуальной современной задачей. Накопление энергии помогает снижать дисбаланс между генерацией и потреблением энергии, улучшает надежность и производительность систем, играет важную роль в сохранении энергии.

Хранилища энергии выравнивают нагрузку, снижают капитальные затраты на строительство генерирующих установок, экономят энергию.

Основные способы накопления и хранения энергии.

Различные формы энергии, которые можно накапливать, включают механическую, электрическую и тепловую энергию.

1. Механическая энергия может сохраняться посредством гравитационной энергии, гидронасосов, энергии сжатого воздуха и маховиков. Накопление энергии осуществляется, когда доступна недорогая генерация – ночью или в выходные. Расходуется на компенсацию пиковой нагрузки или в штатном режиме. Основным недостатком данного метода является низкая энергоемкость хранилища.
2. Электрическая энергия сохраняется в аккумуляторных батареях. Наиболее распространенными видами являются свинцово-кислотные и никель-кадмиевые элементы. Батарея заряжается при подключении ее к источнику постоянного электрического тока. При разрядке накопленная химическая энергия преобразуется в электрическую энергию.
3. Тепловая энергия может храниться как изменения внутренней энергии материала в форме явной теплоты, скрытой теплоты, термохимического состава или комбинацией данных способов.

Рассмотрим более подробно способы хранения тепловой энергии (рис. 1):

1. хранилища, использующие явную теплоту. В таких хранилищах тепловая энергия сохраняется путем повышения температуры твердого тела или жидкости [1]. Система использует теплоемкость и изменение температуры материала в процессе зарядки и разрядки. Количество накопленного тепла зависит от удельной теплоемкости среды, изменения температуры и количества используемого материала. По совокупности характеристик вода является лучшей жидкостью для хранилищ, использующих явную

теплоту, так как она недорога, доступна и имеет высокую удельную теплоемкость. При температурах выше 100°C используются масла, растворы солей и жидкие металлы. При температурах ниже 0° используются незамерзающие жидкости;

2. хранилища, использующие скрытую теплоту. Данный метод основан на поглощении или высвобождении тепла, когда в материале для хранения происходит фазовый переход от твердого состояния к жидкому, от жидкого к газообразному или в других комбинациях;
3. термохимические хранилища. Данные системы накапливают энергию, поглощенную или высвободившуюся при разрушении или восстановлении молекулярных связей в полностью обратимой химической реакции [2]. Сохраняемое количество тепла зависит от массы материала, эндотермического тепла реакции и степени конверсии.

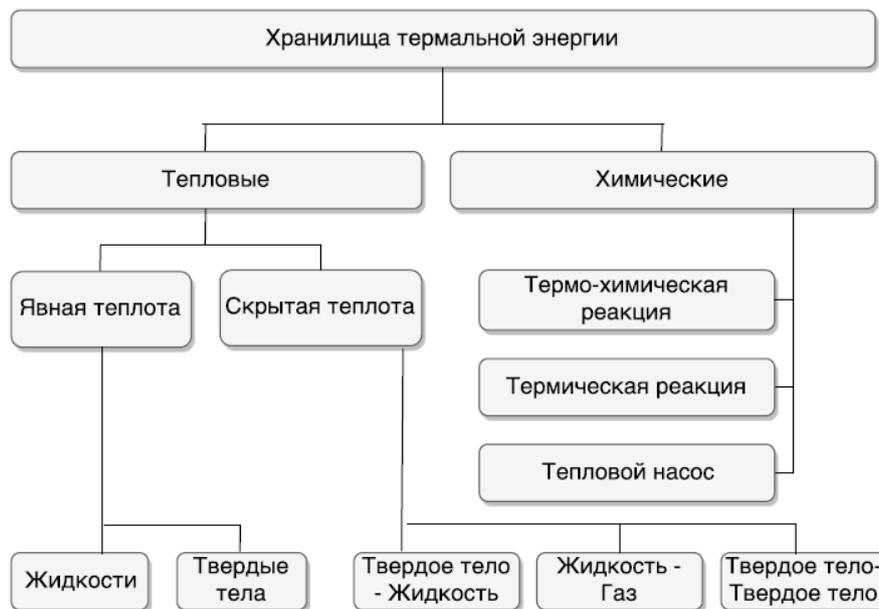


Рис. 1. Хранилища термальной энергии

Одной из разновидностей систем аккумуляции тепловой энергии является аккумуляция холода.

Рассмотрим системы аккумуляции холода на базе веществ с фазовым переходом (рис. 2).

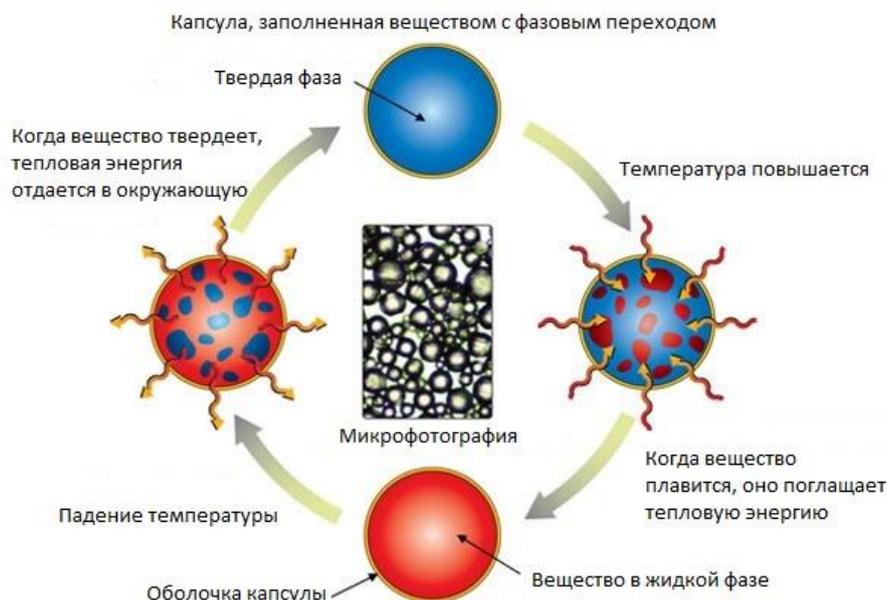


Рис. 2. Процесс фазового перехода вещества

Для технологий охлаждения накопление энергии холода очень актуально.

Наибольший интерес для аккумуляции холода представляют хранилища на базе веществ с фазовым переходом. Они обладают высокой плотностью хранения энергии, постоянной температурой разрядки, соответствующей температуре фазового перехода материала. Важную роль при использовании веществ с фазовым переходом играет изменение объема систем в процессе эксплуатации. Большие изменения в объеме делают систему сложной и не практичной. В связи с этим наибольшее распространение получили вещества с переходом жидкость–твердое тело. При этом объем изменяется в пределах 10% и менее.

Для максимальной эффективности применения аккумуляции холода необходимо вносить улучшения во все характеристики данного процесса.

Выводы

1. Необходимо заниматься поиском новых материалов, имеющих улучшенные термодинамические, кинетические и химические свойства [3], такие как:
 - температура плавления вещества должна находиться в диапазоне рабочей температуры;
 - высокая скрытая теплота плавления;
 - высокая теплопроводность;
 - высокая плотность;
 - низкое изменение объема во время смены фазы;
 - низкая степень охлаждения;
 - снижение коррозионных свойств по отношению к строительным материалам;
 - низкая дегградация вещества;
 - химическая стабильность;
 - нетоксичность и негорючесть;
 - доступность на рынке;
 - экономическая эффективность.

Для достижения прогресса в улучшении свойств рабочих веществ с фазовым переходом возможно применение различных методов, таких как:

- включение наноструктур в вещества для увеличения теплообмена в процессе циклического изменения фаз;
 - инкапсуляция (помещение в оболочку) веществ позволяет увеличить теплоотдачу и препятствует смешиванию веществ с теплоносителем;
 - использование микро- и наноинкапсулированных суспензий веществ. Добавление таких суспензий в другие материалы.
2. В доступной иностранной и российской научной литературе не обнаружены сведения, на основании которых можно было бы проектировать аккумуляторы холода с фазовым переходом, а также холодильные системы с аккумуляцией холода.

Теоретические и экспериментальные исследования, направленные на разработку эффективных аккумуляторов холода и холодильных систем с ними, представляют собой актуальную задачу для холодильной техники и энергетики.

Литература

1. Крылов В.И., Полянский А.Р., Синцов А.Л. Сезонный аккумулятор холода энергосберегающая технология для России // Безопасность в техносфере. – 2010. – № 22. – С. 16–20.
2. Mehling Н., Кабеса Л.Ф. Тепло и холод для хранения РСМ. – Спрингер, 2008.
3. Abhat, 1983; Cabeza et al., 2001; Castell et al., 2010; Farid and Khalaf, 1994.



Петров Евгений Тимофеевич

Год рождения: 1945

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики,
к.т.н., ст.н.с., доцент

e-mail: Petrov_ET@refropkb.ru



Паршин Валентин

Год рождения: 1993

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики,
студент группы № W4200

Направление подготовки: 23.04.03 – Эксплуатация транспортно-
технологических машин и комплексов

e-mail: valjok.kid@yandex.ru

УДК 621.56

**ОСОБЕННОСТИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КОМПРЕССОРНО-
КОНДЕНСАТОРНЫМ АГРЕГАТОМ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ
ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Петров Е.Т., Паршин В.

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с., доцент Петров Е.Т.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615876 «Повышение энергетической эффективности и экологической безопасности систем хладоснабжения и кондиционирования».

В работе выполнен анализ методов повышения эффективности систем холодоснабжения при переменных условиях эксплуатации. Работа выполнена на примере холодильной установки с винтовым маслозаполненным компрессором и конденсатором воздушного типа. Повышение эффективности базируется на изменении схем решений и методов управления компрессорно-конденсаторным агрегатом при переменных условиях эксплуатации (изменении внешних условий, холодопроизводительности, температуры конденсации).

Ключевые слова: компрессор, конденсатор, холодопроизводительность, маслоснабжение, эффективность, эксплуатация, экономайзер, управление.

Одной из основных проблем, связанных с повышением эффективности холодильного оборудования, является разработка методов оптимального адаптивного управления при переменных условиях эксплуатации. При этом основное внимание концентрируется на компрессорно-конденсаторном оборудовании, т.е. наиболее энергоемком оборудовании холодильных систем.

Задача рассмотрена на примере компрессорно-конденсаторного агрегата (ККА), состоящего из аммиачного маслозаполненного винтового компрессора и конденсатора воздушного охлаждения, охлаждение масла осуществляется с помощью термосифона. В этом случае при низкой температуре кипения (для расчета выбираем $t_0 = -30^\circ\text{C}$) использовались обычно двухступенчатые компрессоры. Использование ступеней с отдельными двигателями приводит к значительному повышению стоимости и сложности управления. В этой связи переход к однокорпусному исполнению с одним приводом напрашивался сам собой, причем это стало характерно как для поршневых, так и для винтовых компрессоров.

Высокий уровень требований по надежности компрессорного оборудования (при отсутствии постоянного присутствия персонала) приводит достаточно часто к

необходимости использования винтовых компрессоров, этому способствует повышение эффективности этих компрессоров при использовании современных методов регулирования. Использование холодильных циклов с экономайзером позволяет существенно повысить эффективность работы винтовых маслозаполненных компрессоров.

В этом случае холодильный цикл может соответствовать виду, представленному на рис. 1, а, т.е. рассматривается цикл с экономайзером, он дополняется процессами, связанными с охлаждением масла с помощью термосифона (рис. 1, б), при этом увеличивается расход хладагента через конденсатор. Температура масла, подаваемого в компрессор, в этом случае превышает температуру конденсации, охлаждающий эффект за счет масла снижается.

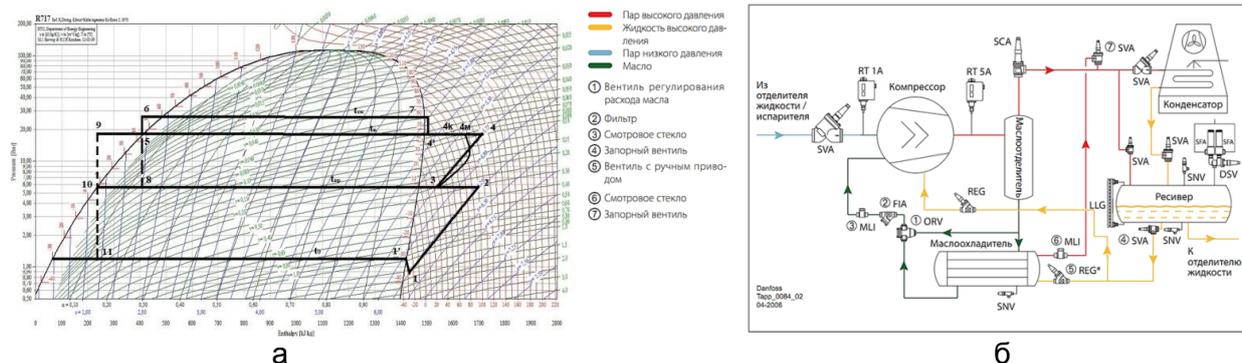


Рис. 1. Цикл двухступенчатого сжатия (а); охлаждение масла с помощью термосифона (б)

При отказе от стабилизации давления конденсации в процессе эксплуатации при использовании естественного холода, т.е. при $t_k = var$, появляются проблемы, связанные с управлением расхода и температуры масла, определением целесообразности дополнительного охлаждения паромасляной смеси в процессе сжатия за счет ввода жидкого хладагента через специальный порт при промежуточном давлении [1].

В работе выполнен анализ влияния удельного расхода масла на параметры компрессора, работающего по циклу с экономайзером. Оценка влияния расходов масла и жидкости была проведена на примере аммиачного винтового маслозаполненного компрессора с $Q_0 = 500$ кВт, $t_0 = -30^\circ\text{C}$.

Увеличение удельного расхода масла q_m при различных значениях температура пара после промежуточного порта (после смешения с парами из экономайзера) приводит к значительному снижению температуры паромасляной смеси на выходе из компрессора $t_{4м}$. Проведенный анализ позволил оценить минимально допустимое значение q_m , обеспечивающее требуемые расчетные значения (обычно $t_{4м} \leq 90^\circ\text{C}$). На рис. 2, а, представлены результаты расчета влияния q_m на эффективность охлаждения с экономайзером.

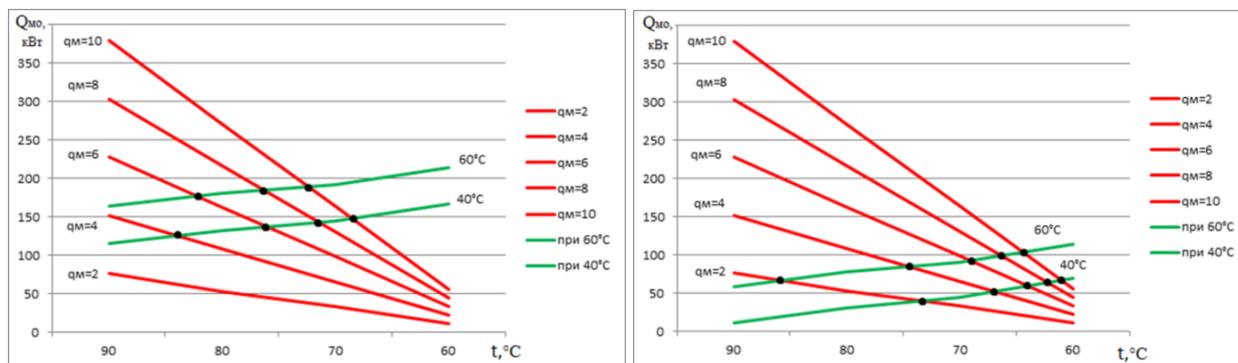


Рис. 2. Результаты расчета влияния q_m на эффективность охлаждения с экономайзером (а); влияние дополнительного охлаждения за счет впрыска жидкого хладагента (б)

Ввод жидкого аммиака в промежуточный порт позволяет интенсифицировать процесс охлаждения и использовать в процессе эксплуатации предельно допустимые минимальные

расходы масла. На рис. 2, б, иллюстрируется влияние дополнительного охлаждения за счет впрыска жидкого хладагента.

Минимальный расход масла определяется условием минимизации перетечек в зазорах, главным образом между статором и ротором. Предполагается, что исходный расход масла равномерно распределяется по периферийному зазору между статором и ротором, эпюра распределения скорости течения масла в зазорах имеет линейный характер. Максимальная осевая скорость движения масла в зазоре принимается равной осевой скорости перемещения контактной линии винтов. Расчет количества масла, необходимого для смазки винтового компрессора, приведен с помощью следующих соотношений.

$$Q_0 = G_a \times q_0 \times k_T = V_\partial \times \rho_B \times q_0 \times k_T = \lambda \times V_T \times \rho_B \times q_0 \times k_T;$$

$$V_T = \frac{Q_0}{\lambda \times \rho_B \times q_0 \times k_T}; D_{1e} = \sqrt{\frac{\pi \times V_T}{k_u \times k_l \times k_f \times z_1 \times u_1}};$$

$$L = 1,35 \times D_{1e}; C_o = L \times n_{1\tau}; C_{op} = \frac{C_o}{2}; n_{1\tau} = \frac{U_{1опт}}{\pi \times D_{1e}};$$

$$\partial_{pc} = 0,1 \div 0,2\% \text{ от } D_{1e}; f_{pc} = 2 \times \Pi \times D_{e1} \times \partial_{pc};$$

$$V_M = f_{pc} \times C_{op}; G_M = V_M \times \rho_M; q_M = \frac{G_M}{G_a}.$$

Высокое значение температуры масла, подаваемого в компрессор ограничивает его охлаждающие качества. Использование впрыска жидкого хладагента в парную полость при промежуточном давлении позволяет существенно снизить потери от перегрева, понизить температуру паромасляной смеси на выходе из компрессора. Результаты расчетов представлены на рис. 2, б. По результатам расчетов представляется целесообразным в процессе эксплуатации компрессора минимизировать расход масла с одновременным вводом жидкого хладагента в количестве, обеспечивающем расчетное значение температуры паромасляной смеси на выходе из компрессора и повышение эффективности холодильного цикла.

Очевидно, что регулирование параметров компрессора должно осуществляться с учетом эксплуатационных затрат на конденсаторное оборудование. Изменение расхода масла и жидкого хладагента влияет не только на характеристики компрессора, но и на характеристики конденсатора, поэтому корректное решение задачи оптимального управления ККА оказывается возможным только при совместном рассмотрении характеристик компрессора и конденсатора. Решение задачи оптимизации осуществляется с помощью математической модели, представляющей собой систему уравнений, учитывающей характерные изменения всех основных энергетических параметров системы в процессе эксплуатации. Математическое описание может быть представлено в сокращенном виде:

$$Q_K = Q_0 + N_e \times \dot{q}_{мех} \pm Q_{mo} \pm Q_{oc} = (G_a + \Delta G_\partial + \Delta G_{пр}) \times (i_{4k} - i_5);$$

$$N_{эл}^{KM} = \frac{N_s}{\dot{q}_e \times \dot{q}_{эд}}; \mathcal{E}_{KM} = N_{эл}^{KM} \times \tau \times C_{13}; \mathcal{E}_{BK} = N_{BK} \times \tau \times C_{13};$$

$$\min(\mathcal{E}_{KM} + \mathcal{E}_{KД})_j = \min \left[(N_{\partial j}^{KM} + N_{\partial j}^{KД}) \times \tau \times C_{13} \right] = f(t_K, q_M, q_{пр}, \Delta t_{пх}).$$

В результате использования представленной системы обеспечена возможность технико-экономической оптимизации системы с учетом переменных условий эксплуатации. Составленное математическое описание проверено на адекватность по параметрам одного из действующих объектов. В последующих работах предполагается представить подробные результаты численных оптимизационных исследований [2].

Литература

1. Руководство по проектированию промышленных холодильных систем. Danfos [Электронный ресурс]. – Режим доступа: heating.danfoss.ru/workarea/downloadasset.aspx?id=17179964029, своб.
2. Петров Е.Т., Круглов А.А., Рукобратский Н.И. Анализ методов снижения энергопотребления систем холодоснабжения предприятий в процессе круглогодичной эксплуатации // Вестник Международной академии холода. – 2015. – № 1. – С. 34–38.

**Салман Ахмед Саадаллах Салман**

Год рождения: 1976

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики,
аспирантНаправление подготовки: 13.06.01 – Электро- и теплотехника

e-mail: ahsalman1976@gmail.com

УДК 628.8+697.94

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ О КЛИМАТЕ ДЛЯ Г. БАГДАДА**Салман С.А.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Бараненко А.В.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе использован метод энергосберегающих режимов систем кондиционирования воздуха, разработанный профессором А.А. Рымкевичем и реализованный в виде соответствующего программного обеспечения, который позволяет организовать функционирование систем кондиционирования воздуха по энергосберегающим режимам на этапе эксплуатации. Используемая при этом информация о климате столицы Ирака (Багдада), основана на измерениях термодинамических параметров наружного воздуха в реальном времени. Для реализации метода энергосберегающих режимов на этапе проектирования систем кондиционирования воздуха необходима климатическая информация на основе статистических данных за длительный период времени.

Ключевые слова: энергосберегающие режимы, система кондиционирования воздуха, климатическая информация, термодинамические параметры наружного воздуха в режиме реального времени, этап проектирования.

Цель работы заключалась, во-первых, в обосновании требований к климатической информации для ее использования при математическом моделировании, а во-вторых, в предложении формы для представления такой климатической информации, которая соответствовала бы этим требованиям.

Необходимая информация о климате требуется для выбора установочной производительности по оборудованию подсистем систем кондиционирования воздуха (СКВ) (подсистем нагрева, охлаждения, увлажнения, первой и второй рециркуляции). Завышенная установочная производительность оборудования, как известно, приводит к необоснованному увеличению капитальных затрат, заниженная установочная производительность приводит к увеличению времени необеспеченности нормируемых параметров микроклимата в помещении [1].

Информация о климате, приведенная в [2], не удовлетворяет этому требованию из-за отсутствия данных о необеспеченности нормируемых параметров для значений расчетных энтальпий. Кроме того, для расчета производительности оборудования подсистемы увлажнения требуется информация о первой и второй рециркуляции воздуха.

Для оценки годовых эксплуатационных расходов потребляемой теплоты, холода, воздуха и воды в качестве расчетного периода времени можно выбрать не только год, но, при необходимости, другие расчетные периоды года: сезон, месяц, смену [1].

Информация о климате не должна ограничиваться только информацией о расчетных параметрах только для теплого и холодного периодов года, но также должна включать климатические данные за весь рассматриваемый расчетный период года.

Данные климата, приведенные в [2] о среднемесячных температурах воздуха и парциальных давлениях водяного пара, из-за отсутствия корреляционных связей между этими параметрами, не позволяют определить затраты на теплоту, холод, воздух и воду по месяцам года и за год в целом.

Таким образом, нормативная информация о представленном климате не обеспечивает решение вышеуказанных двух проблем.

Суть предлагаемой новой формы отчетности по климату заключается в следующем.

В качестве периода времени, в течение которого рассматривается информация о климате, принимается месяц. В зависимости от времени суток используется восемь смен: от 0.00 ч до 3.00 ч; от 3.00 ч до 6.00 ч; от 6.00 ч до 9.00 ч; от 9.00 ч до 12.00 ч; от 12.00 ч до 15.00 ч; от 15.00 ч до 18.00 ч; от 18.00 ч до 21.00 ч; от 21.00 ч до 0.00 ч.

Диапазон климатических параметров для каждого месяца делится на $I-d$ -диаграмме влажного воздуха с интервалами по температуре $\Delta t=5^\circ\text{C}$ и по содержанию влаги $\Delta d=1 \text{ г/кг}$ на элементарные участки с координатами t_{cp} , d_{cp} (таблица). Для каждого такого элементарного участка указано общее время появления температуры и влажности наружного воздуха в часах. Климатическая информация для изменения каждого месяца является исходной и представлена в виде 36 таблиц (12 месяцев \times 8 смен), в которых столбцы представляют собой средние значения интервалов влажности d_{cp} , а строчки представляют собой средние значения температурных интервалов t_{cp} (таблица).

Таблица. Исходная информация о климате за смену месяца

Среднее значение температуры t_{cp} в каждом из интервалов, $^\circ\text{C}$	АВГУСТ	Среднее значение влагосодержания d_{cp} в каждом из интервалов, г/кг										
	8 смена (0.00-21.00) ч	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5
19,72								0,2				
22,5	0,2					4,3	3,3					
25,28						2,3	21,8	4,6				
28,06						0,2	60,1	27,6	6,1		0,2	
30,83					0,5	10,5	92,4	21,6	16,5	0,7		
33,61					0,2	14,5	44,4	45,7	14,7	0,7		
36,39			0,7			10,7	29,4	37,9	1	0,2		0,2
39,17						44,3	13,8	17,3	1,6			0,2
41,94					0,5	75	14,9	0,8	0,3	0,2		
44,72					1,7	31,8	4,2		1	0,3		
47,5					0,5	2,7						

На основе этих начальных таблиц создается информация о климате за месяц в целом, за сезон, а также за год в целом. Таким образом, полная информация о климате представлена в виде 96 таблиц.

На $I-d$ -диаграмме климатическая информация для выбранного расчетного периода года представлена точками с координатами d_{cp} , t_{cp} . На рисунке информация в этой форме представлена за год для г. Багдада¹.

¹ Багдад Широта = 33,23 N, Долгота = 44,23 E. Период регистрации данных = с 1967 по 1996 год

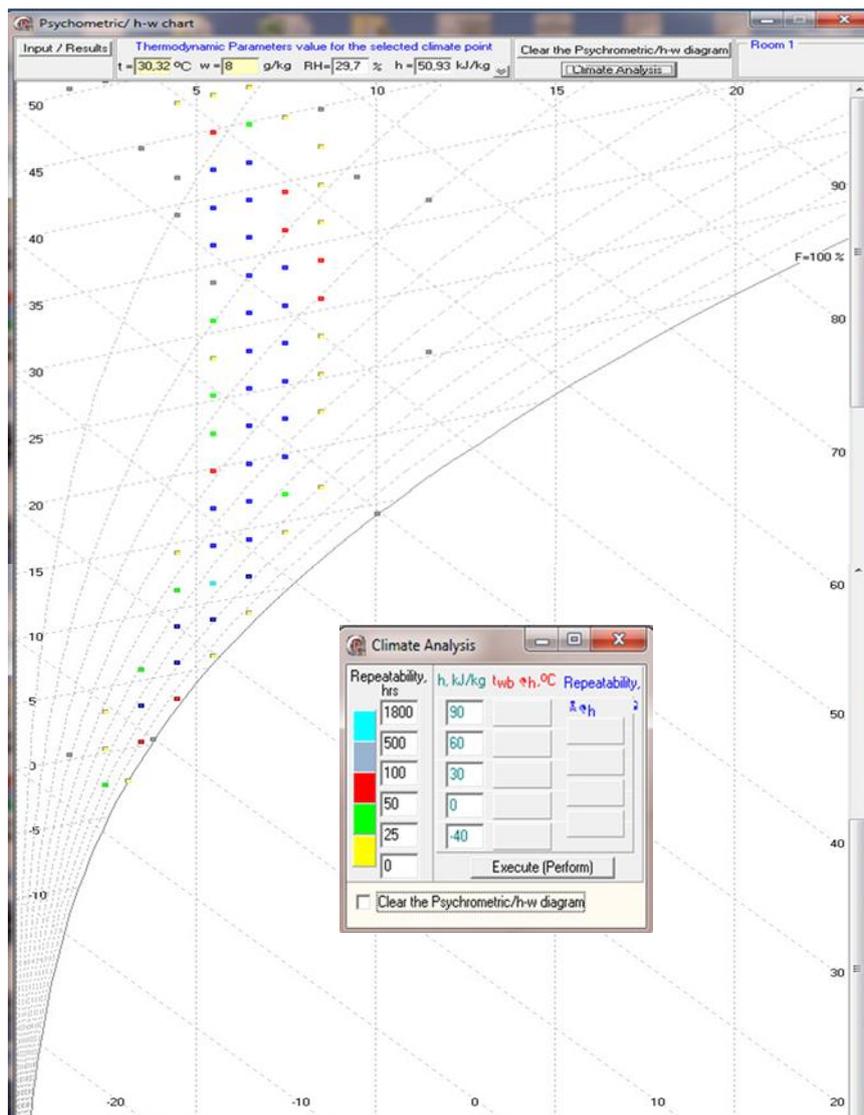


Рисунок. Фрагмент *I-d* диаграмм для климата в г.Багдаде в течение года

Метод энергосберегающих режимов с вышеописанной формой информации о климате и соответствующим программным обеспечением в совокупности позволяют автоматически перевести климатическую информацию из табличного варианта в электронную форму. Наконец, следует подчеркнуть, что основная цель в этой работе состоит в том, чтобы показать, какие возможности могут быть предоставлены разработчику-проектировщику при использовании предлагаемой формы информации о климате [3, 4].

Литература

1. Коченков Н.В. Кобышева Н.В, Ключева М.В. Энергосберегающие режимы в СКВ и характеристика климата – взаимосвязанные задачи // Инженерные системы. – 2006. – № 3. – С. 48–52.
2. Коченков Н.В. Руководство к практическим занятиям и лабораторным работам по дисциплине «Системы кондиционирования». Ч.1. Порядок работы с компьютерной программой: учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 55 с.
3. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общей вентиляции и кондиционирования воздуха. – СПб., 2003. – 272 с.
4. World Meteorological Organization [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.wmo.int/pages/index_ru.html, своб.



Тазитдинов Рамиль Рашитович

Год рождения: 1992

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики,
аспирант

Направление подготовки: 13.06.01 – Электро- и теплотехника
e-mail: t.r_92@mail.ru



Круглов Алексей Александрович

Год рождения: 1974

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики,
к.т.н., доцент

e-mail: al-x-kru@yandex.ru



Юнусов Муродуллохон

Год рождения: 1993

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики,
студент группы № W4102

Направление подготовки: 16.04.03 – Холодильная, криогенная техника
и системы жизнеобеспечения
e-mail: murod-93@mail.ru

УДК 621.56/.59

**ОБЗОР СПОСОБОВ РАСЧЕТА ПРОЦЕССА ЗАМОРАЖИВАНИЯ КАПЛИ
В ВАКУУМЕ**

Тазитдинов Р.Р., Круглов А.А., Юнусов М.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе рассмотрены модели расчета процесса охлаждения и кристаллизации капли воды в вакуумной среде с целью применения в математической модели вакуумно-испарительной установки для получения бинарного льда методом диспергирования воды. Недостатки существующих моделей показывают актуальность задачи разработки математической модели кристаллизации капли в вакууме. В модели установки по производству бинарного льда могут быть учтены влияние процессов конвективного теплообмена в капле, изменение свойств воды и льда в процессе охлаждения и кристаллизации, и взаимодействие капель в полете.

Ключевые слова: бинарный лед, жидкий лед, хладоноситель, вакуумно-испарительная установка, кристаллизация капли в вакууме, математическая модель.

Введение. Применение бинарного льда в качестве хладоносителя с каждым годом растет как за рубежом, так и в России. Это объясняется его энергоэффективностью, экологичностью, возможностью аккумулирования энергии и способностью к перекачиванию с помощью обычных насосов.

В разрабатываемой вакуумно-испарительной установке для получения бинарного льда [1] методом диспергирования воды в баке-кристаллизаторе осуществляется процесс

испарения (с отводом теплоты) с поверхности капля при поддержании давления ниже тройной точки воды (611 Па) и кристаллизация.

Для повышения качества проектирования установки, необходимо разработать математическую модель. В данной работе рассмотрены три модели расчета процессов охлаждения и кристаллизации капли в вакуумной среде.

1. Модель Маринюка. Б.Т. Маринюком [2] при описании процессов принимались следующие допущения: начальная температура равна нулю; теплофизические свойства постоянны; фронт кристаллизации представляет собой сферу с переменным радиусом и температурой стабильного равновесия между жидкой и твердой фазами воды; температура в капле распределяется стационарно; удельная скорость откачки вакуумного насоса S^* постоянна.

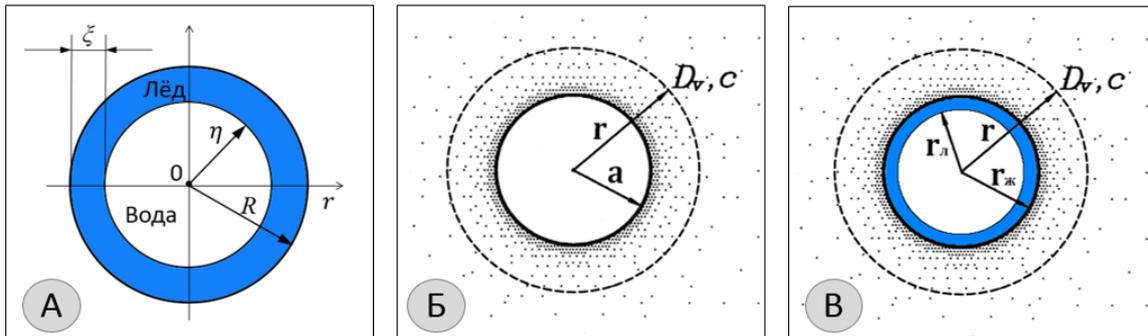


Рисунок. Модель охлаждения и замерзания капли в вакууме: модель Б.Т. Маринюка (А); модель Н.Т. Shin, Y.P. Lee (Б); модель X. Zhang, Z. Han, Z. Li (В)

Фронт промерзания капли в сферической системе координат (рисунок, А) распространяется от поверхности к центру капли по координате r . Соответственно, толщина слоя льда в капле ξ меняется со временем τ . Радиус границы фазового превращения обозначен символом η ; R – радиус капли.

Граничные условия «лед – пар» и «лед – вода»:

$$-\lambda_l \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R} = S^* L^* p''; \lambda_l \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=\eta} = L \frac{\partial \eta}{\partial \tau} \rho_l,$$

где λ_l – коэффициент теплопроводности льда, Вт/(м·К); S^* – эффективная скорость откачки пара на единицу площади сечения вакуумной полости, м³/(с·м²); L^* – теплота парообразования, Дж/кг; p'' – упругость насыщенных паров воды, Па; L – теплота фазового перехода воды в лед, Дж/кг; ρ_l – плотность льда, кг/м³.

Б.Т. Маринюком получено уравнение, решение которого позволяет определить изменение времени замерзания τ капли радиусом R в вакууме:

$$\frac{L \rho_l}{R \tau (R - \eta)} \left(\frac{\eta^4}{3R} + \frac{R^2 \eta}{6} - \frac{\eta^3}{2} \right) = \frac{S^* L^* \mu}{R_r} \left(35 - \frac{8940}{T_\phi - \frac{L \rho_l}{\lambda_l R \tau} \left(\frac{\eta^3}{3} + \frac{R^3}{6} - \frac{R \eta^2}{2} \right)} \right),$$

где μ – молекулярная масса воды, г/моль; R_r – универсальная газовая постоянная; T_ϕ – температура фазового перехода воды, К; T_n – начальная температура капли, К.

Недостатком данной модели является отсутствие учета массопереноса в капле, конвективного теплообмена, процесса охлаждения капли до температуры замерзания; эта модель не позволяет выполнять расчеты для капель диаметром менее 1 мм.

2. Модель Shin и Lee. Разработанная Н.Т. Shin, Y.P. Lee [3] модель позволяет определить изменение температуры (охлаждение) и массы (массоперенос) капли с течением времени при вакуумном испарении (рисунок, Б). При описании процессов приняты следующие допущения: форма капли представляет собой сферу из чистой воды; давление и температура среды постоянны; температура в капле подчиняется закону стационарного распределения; теплофизические свойства воды постоянны.

Предполагая, что испарение с поверхности капли может быть описано процессом диффузии, а окружающий каплю водяной пар – это идеальный газ, то скорость изменения массы находится из выражения:

$$\dot{m} = -4\pi a D_v \frac{M}{R_\Gamma} \left(\frac{P_a}{T_a} - \frac{P_\infty}{T_\infty} \right);$$

где a – радиус капли, м; D_v – коэффициент диффузии, м²/с; M – молекулярная масса, кг/моль; $P_a, T_a, P_\infty, T_\infty$ – температура и давление воды и водяного пара, $r = a$ и ∞ .

Уравнение изменения температуры поверхности капли:

$$\delta T_k = - \frac{12}{\rho_{ж} C_{ж} D_k^2} \left[\frac{L_{п} D_v M}{R_\Gamma} \left(\frac{P_a}{T_a} - \frac{P_\infty}{T_\infty} \right) - \lambda_{п} (T_\infty - T_a) \right] \delta t,$$

где $\rho_{ж}$ – плотность воды, кг/м³; $C_{ж}$ – теплоемкость воды, Дж/(кг·К); D_k – диаметр капли, м; $L_{п}$ – скрытая теплота парообразования, Дж/кг; $\lambda_{п}$ – теплопроводность водяного пара, Вт/(м·К).

Недостатком модели является отсутствие расчета процесса кристаллизации капли и конвективного теплообмена внутри нее.

3. Модель Zhang, Nan и Li. Модель X. Zhang, Z. Nan, Z. Li [4] позволяет определить влияние размера и температуры капель, давления в баке-кристаллизаторе на процесс их кристаллизации в вакууме (рисунок, В). При описании процессов принимались следующие допущения (в дополнение к допущениям модели Shin и Lee): испарение и сублимация происходят только на поверхности капли; внутреннее напряжение и изменение фазы не влияет на стабильность ледяной оболочки и разрушение ее не рассматривается; процесс кристаллизации происходит снаружи внутрь; теплота фазового перехода при испарении, кристаллизации и сублимации принимается заданной.

С учетом уравнения Герца–Кнудсена Шраге скорость испарения капли на границе жидкость – пар:

$$\dot{m}_{ж,п} = \frac{1}{\sqrt{2\pi R_\Gamma}} \frac{2\sigma_{ж,п}}{2-\sigma_{ж,п}} \left(\frac{P_a(T_a)}{\sqrt{T_a}} - \frac{P_\infty}{\sqrt{T_\infty}} \right),$$

где $\sigma_{ж,п}$ – коэффициент испарения капель.

Из уравнения массового баланса для жидкой капли изменение радиуса:

$$\frac{dr_{ж}}{dt} = - \frac{1}{\rho_{ж}} \frac{1}{\sqrt{2\pi R_\Gamma}} \frac{2\sigma_{ж,п}}{2-\sigma_{ж,п}} \left(\frac{P_a(T_a)}{\sqrt{T_a}} - \frac{P_\infty}{\sqrt{T_\infty}} \right).$$

Из энергетического баланса капли изменение температуры:

$$\frac{dT_{ж}}{dt} = \frac{3[k_{ж,п}(T_{ж}-T_\infty) - L_{ж,п}\dot{m}_{ж,п}]}{\rho_{ж} C_{ж} r_{ж}},$$

где $k_{ж,п}$ – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К); $L_{ж,п}$ – скрытая теплота парообразования жидкости, Дж/кг; $r_{ж}$ – радиус капли, м.

Тепломассовый баланс капли при температуре ниже точки замерзания в процессе мгновенной кристаллизации:

$$m_{ж} h_{ж}(T_1) + m_{л} h_{л}(T_1) = (m_{ж} + m_{л}) h_{ж}(T_2),$$

$$c_{ж}(m_{ж} + m_{л})(T_1 - T_2) = m_{л} L_{ж,л}.$$

Для процесса сублимации по модели Герца–Кнудсена Шраге:

$$\dot{m}_{л,п} = \frac{1}{\sqrt{2\pi R_\Gamma}} \frac{2\sigma_{л,п}}{2-\sigma_{л,п}} \left(\frac{P_a(T_{a,л})}{\sqrt{T_{a,л}}} - \frac{P_\infty}{\sqrt{T_\infty}} \right).$$

Изменение массы капли:

$$m_k = \frac{4}{3} \pi r_{ж}^3 \rho_{ж} + \frac{4}{3} \pi (r_l^3 - r_{ж}^3) \rho_l.$$

Изменение массы жидкости при замерзании капли:

$$m_{ж,л} = \frac{r_l^2 k_{л,п} (T_\infty - T_l) + r_l^2 L_{л,п} \dot{m}_{л,п}}{r_{ж}^2 L_{ж,л}}.$$

После полной кристаллизации капли изменение радиуса:

$$\frac{dr_l}{dt} = - \frac{1}{\rho_l} \frac{1}{\sqrt{2\pi R}} \frac{2\sigma_{л,п}}{2-\sigma_{л,п}} \left(\frac{P_a(T_{a,л})}{\sqrt{T_{a,л}}} - \frac{P_\infty}{\sqrt{T_\infty}} \right).$$

Изменение температуры замерзшей капли:

$$\frac{dT_{\text{л}}}{dt} = \frac{3[k_{\text{л,п}}(T_{\text{л}} - T_{\infty}) - L_{\text{л,п}}m_{\text{л,п}}]}{\rho_{\text{л}}C_{\text{л}}r_{\text{л}}},$$

где $k_{\text{л,п}}$ – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К); $L_{\text{л,п}}$ – скрытая теплота сублимации льда, Дж/кг; $r_{\text{л}}$ – радиус замерзшей капли, м.

Недостатком модели является отсутствие учета конвективного теплообмена внутри капли и длительности процесса кристаллизации капли в момент достижения температуры замерзания.

Выводы. Рассмотренные модели имеют много допущений, которые не позволяют более точно описать процессы, происходящие при охлаждении и кристаллизации падающей в вакууме капли. Для получения модели установки по производству бинарного льда, необходимо дополнить существующие математические модели, учесть влияние процессов конвективного теплообмена в капле, изменение свойств воды и льда в процессе охлаждения и кристаллизации и взаимодействия капель в полете.

Литература

1. Круглов А.А., Тазитдинов Р.Р. Описание расчетной модели установки для получения «бинарного льда» методом вакуумно-выпарной кристаллизации // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. – 2016. – № 3. – С. 26–35.
2. Маринюк Б.Т. Расчеты теплообмена в аппаратах и системах низкотемпературной техники. – М.: Машиностроение, 2015. – 272 с.
3. Shin H.T., Lee Y.P., Jurng J. Spherical-shaped ice particle production by spraying water in a vacuum chamber // Applied Thermal Engineering. – 2000. – V. 20. – P. 439–454.
4. Zhang X., Han Z., Li Z. Analysis on IPF influencing factors for vacuum binary ice making method // J. Thermal Sciences. – 2013. – V. 67. – P. 210–216.



Филатов Александр Сергеевич

Год рождения: 1991

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики,
аспирант

Направление подготовки: 03.06.01 – Физика и астрономия

e-mail: filatov_alex037@mail.ru



Крупененков Николай Федорович

Год рождения: 1953

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики,
к.т.н., доцент

e-mail: krupenenkov@mail.ru

УДК 621.56

**СРАВНЕНИЕ И АНАЛИЗ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХОЛОДИЛЬНОГО
АГЕНТА – ИЗОБУТАН (R600A)**

Филатов А.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Крупененков Н.Ф.

В работе приведены результаты сравнения теплофизических свойств изобутана с основными природными и синтетическими холодильными агентами, представленными на современном рынке холодильной техники. Выполнен анализ свойств изобутана, представленных в различных источниках, а также данные, подтверждающие тенденцию укрепления позиций изобутана на рынке рабочих веществ.

Ключевые слова: изобутан, рабочее вещество, холодильная система, теплофизические свойства, природный холодильный агент.

Рабочие вещества холодильных систем прошли долгий путь в истории холодильной техники. Работа холодильной системы невозможна без рабочего вещества. В начале становления холодильной техники, с середины XVIII века, в качестве рабочих веществ использовали на ранних этапах воду, воздух, диэтиловый эфир, аммиак, двуокись углерода и др.

После «революции» в 1930 году в холодильной промышленности произошел переворот и на смену пришли синтетические холодильные агенты. После того как был синтезирован первый фреон, начали появляться различные виды, удовлетворяющие требованиям тех или иных систем. Следующей ступенью стало производство смесевых холодильных агентов.

Синтетические холодильные агенты, завоевав рынок, начали бурно развиваться, и объем их производства стал быстро расти, что стало одной из причин интереса со стороны ученых экологов [1]. К 80-м годам XX века началось изучение вопросов влияния хлорфторуглеродов (ХФУ) и гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) на окружающую среду. Это привело к подписанию ряда законов. В марте 1985 года в Вене принята Конвенция по охране озонового, в 1987 году в Монреале подписан «Протокол по веществам, разрушающим озоновый слой», в декабре 1997 в Киото принят Киотский протокол, зафиксировавший список парниковых газов, производство ХФУ-хладагентов запрещено с 1 января 1996 года, производство ГХФУ-хладагентов прекращается с 1 января 2020 года. Производство ГФУ-

хладагентов, неразрушающих озоновый слой Земли, но являющихся опасными парниковыми газами, планируется значительно сократить в 2030 году.

Использование легковоспламеняющихся хладагентов в бытовых герметичных системах было прекращено после появления и широкого распространения ХФУ-хладагентов в связи с тем, что они имеют низкую стоимость, нетоксичны и не воспламеняемы. Однако, как было сказано выше, ХФУ угрожают тонкому озоновому слою Земли. В связи с этим природные холодильные агенты, в частности, углеводороды, начали прочно занимать свою нишу в холодильной отрасли. Подтверждением тому являются данные, приведенные в [2], для Европы. Как видно из рис. 1 на фоне стабильного снижения производства бытовых холодильников, использующих синтетические холодильные агенты, количество оборудования с применением изобутана, ежегодно, с конца XX века, растет.

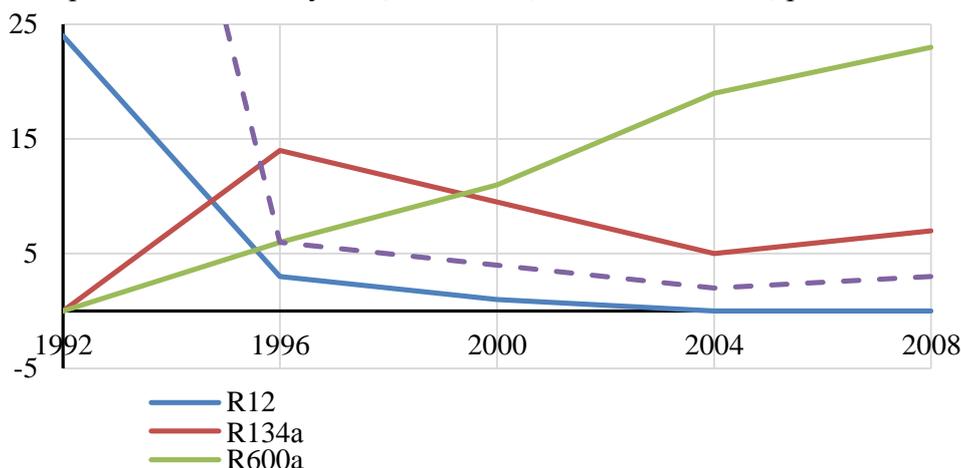


Рис. 1. Ежегодное производство бытовых холодильников в миллионах единиц и потребление холодильных агентов в эквиваленте CO_2 , а также удельное потребление энергии бытовыми холодильниками [2]

Температура кипения изобутана при атмосферном давлении составляет около -12°C . В связи с этим область применения данного натурального холодильного агента ограничивается среднетемпературными холодильными системами, в частности – это бытовые и торговые холодильники.

Критическая температура изобутана $134,7^\circ\text{C}$. Практически одинакова с критической температурой аммиака, но критическое давление заметно ниже у изобутана, оно составляет 3,64 МПа (табл. 1), в то время как у аммиака этот показатель 11,33 МПа.

Таблица 1. Теплофизические характеристики природных холодильных агентов [3]

Вещество	Обозначение хладагента	Химическая формула	M , кг/моль	$T_{\text{н.к.}}$, К	$T_{\text{кр.}}$, К	$P_{\text{кр.}}$, МПа
Этан	R170	C_2H_6	30,07	184,55	305,33	4,871
Пропан	R290	C_3H_8	44,10	230,77	369,85	4,248
Н-бутан	R600	C_4H_{10}	58,12	272,27	425,16	3,796
Изобутан	R600a	C_4H_{10}	58,12	261,21	407,85	3,640
Циклопропан	RC270	C_3H_6	42,08	240,35	397,95	5,579
Пропилен	R1270	C_3H_6	42,08	225,17	364,9	4,613
Аммиак	R717	NH_3	17,0304	239,82	405,367	11,336
Диоксид углерода	R744	CO_2	44,011	194,75	304,13	7,377
Воздух	R729	–	28,96	78,57	132,52	3,79

К сожалению, нижний предел воспламеняемости изобутана имеет достаточно низкое значение в сравнении с пропаном или аммиаком, но при этом диапазон пределов

воспламеняемости меньше, чем у веществ, приведенных для сравнения (табл. 2). Однако так как в приведенной выше области применения изобутана объемы заправки зачастую незначительны и отсутствует риск достижения температуры самовоспламенения, то показатели воспламеняемости не должны вызывать большой настороженности.

Таблица 2. Характеристики пожаро- и взрывоопасности пропана, изобутана, аммиака и хладагента R152a [3]

Показатель	Хладагент			
	R290	R600a	R152a	R717
Нижний предел горючести в смеси с воздухом, % об.	2,1	1,3	3,9	15,0
Верхний предел горючести в смеси с воздухом, % об.	9,5	8,5	16,9	28,0
Температура самовоспламенения, °С	466	455	–	651
Энергия воспламенения, Дж	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	0,22	0,68

Неоспоримым преимуществом природных холодильных агентов, в частности, изобутана, является уменьшенный объем заправки холодильной системы в сравнении с синтетическими холодильными агентами. На рис. 2 приведено сравнение удельной холодопроизводительности пропана, изобутана и фреона R134a. Как видно из графика на рис. 2, удельная холодопроизводительность изобутана выше удельной холодопроизводительности фреона R134a, более чем на 45%. При использовании изобутана объем заправки системы можно снизить почти на 50% в сравнении с R134a согласно [4].

Рыночная стоимость изобутана на сегодняшний день ниже стоимости пропана на 40% и фреона R134a на 44%, этот факт делает изобутан еще более привлекательным для применения в холодильных системах.

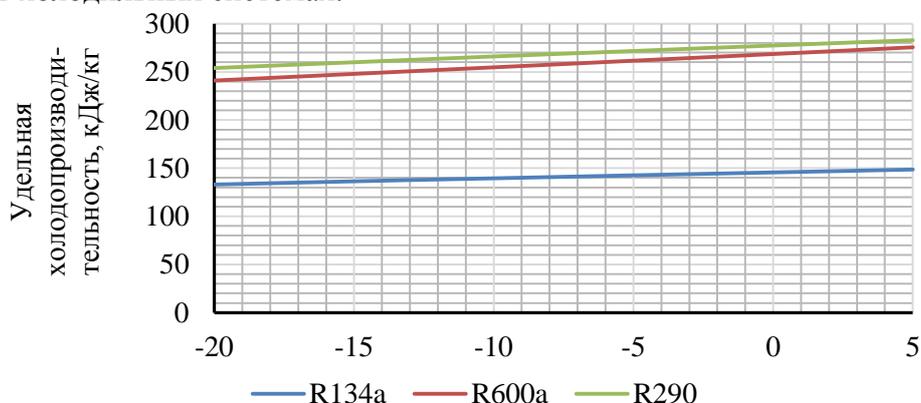


Рис. 2. Удельная холодопроизводительность холодильных агентов при различных температурах кипения

Ввиду малой плотности пара изобутана объемный расход компрессора будет на 80% выше, чем у R134a, но из-за более низкого давления нагнетания электропотребление двигателя компрессора будет ниже порядка на 7% [5], чем у аналогичного компрессора на фреоне R134a (рис. 3).

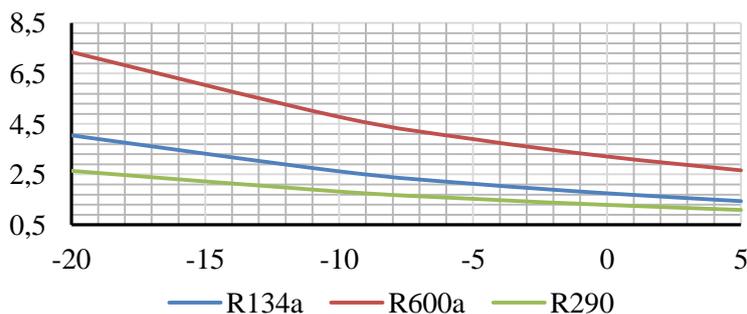


Рис. 3. Объемный расход компрессора (при $Q_0=1000$ Вт, сжатие-адиабатное)

Данные по теплофизическим свойствам изобутана достаточно разобщены и имеют расхождения. Например, при сравнении теплопроводности жидкости и пара на линиях насыщения, сравнивая данные двух источников, можно заметить, что для жидкости расхождение порядка 12% (рис. 4). Для практического использования данные расхождения большого значения не имеют, но при математическом анализе и проведении экспериментов это может привести к ложным выводам.

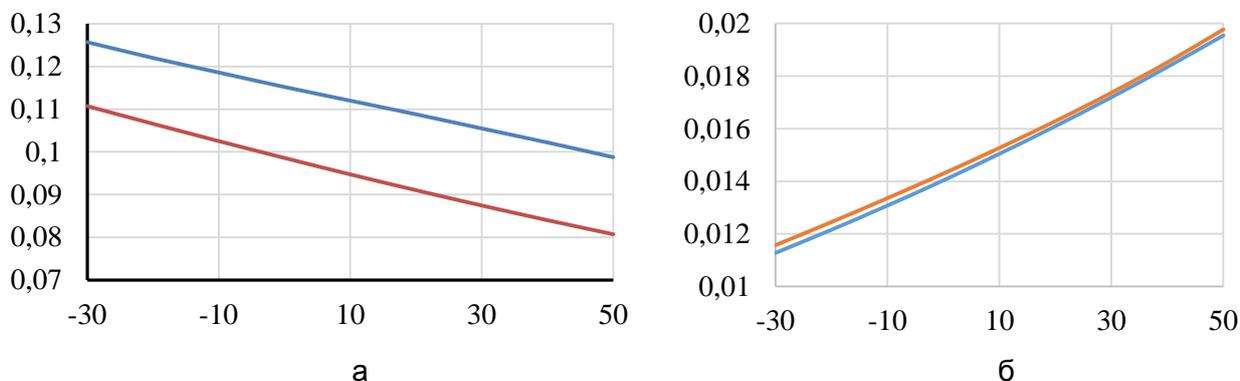


Рис. 4. Теплопроводность жидкости (а) и пара (б) изобутана на линии насыщения

В современных реалиях мировая общественность взяла курс на повышение экологичности всех сфер жизни и производства, в соответствии с принимаемыми законодательными актами несложно рассмотреть направленность на снижение в обращении опасных для природы веществ в низкотемпературной технике. Эта тенденция ставит перед специалистами холодильной отрасли задачи по переходу на рабочие вещества, оказывающие минимальное воздействие на природу, и как следствие, адаптацию холодильных систем к применению данных веществ. Одно из самых популярных на сегодняшний день решений – это природные холодильные агенты. К сожалению, не всегда применение данных веществ является тривиальной задачей, но на сегодняшний день уже разработаны и разрабатываются решения, позволяющие без проблем использовать природные холодильные агенты. К данным решениям относятся разработки новейших более чувствительных газоанализаторов, применение в системах современных компонентов автоматики, а также сокращение уровня заправки холодильных систем с помощью применения более эффективных теплообменных аппаратов, ярким примером которых являются микроканальные теплообменники.

Литература

1. Цветков О.Б., Бараненко А.В., Лаптев Ю.А., Сапожников С.З., Ховалыг Д.М., Пятаков Г.Л. Озонабезопасные хладагенты // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». – 2014. – № 3. – С. 98.
2. Kaueld M. Availability of low GWP alternatives to HFCs Feasibility of an early phase-out of HFCs by 2020 // Environmental Investigation Agency, Inc – 2012. – 56 p.
3. Цветков О.Б. Холодильные агенты: Монография. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2002. – 216 с.
4. Almeida I.M.G., Barbosa C.R.F., Fontes F.A.O. Thermodynamic assessment of hydrocarbons application in household refrigerator // Engenharia Térmica (Thermal Engineering). – 2010. – V. 9. – № 01. – P. 19–27.
5. Rasti M. Energy efficiency enhancement of a domestic refrigerator using R436A and R600a as alternative refrigerants to R134a // International journal of thermal sciences. – 2013. – V. 74. – P. 86–94.



Шакиров Ян Альбертович

Год рождения: 1989

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики,
студент группы № W4202

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

e-mail: ya.yashakirr@yandex.ru



Сидоренков Петр Михайлович

Год рождения: 1972

Университет ИТМО, факультет низкотемпературной энергетики,
кафедра холодильной техники и возобновляемой энергетики,
студент группы № W4202

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

e-mail: spm72@list.ru

УДК 628.8 + 697.9

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

Шакиров Я.А., Сидоренков П.М.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 617028 «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии углеводородной энергетики и низкотемпературных систем».

В работе рассмотрен вопрос использования информации о климате при компьютерном моделировании процессов тепловлажностной обработки воздуха в системах кондиционирования. В качестве расчетного периода времени предложено рассматривать год, сезон года, месяц, а также 8-ми часовые смены указанных периодов. Предложена форма представления информации о климате, которая из табличного варианта преобразуется в формализованный электронный вид, пригодный для его использования при компьютерном моделировании.

Ключевые слова: система кондиционирования воздуха, *I-d*-диаграмма влажного воздуха, расчетный период времени, процесс тепловлажностной обработки воздуха, математическое и компьютерное моделирование.

Для компьютерного моделирования процессов тепловлажностной обработки воздуха в системе кондиционирования воздуха (СКВ) требуется информация о климате. В [1, 2] проанализированы недостатки используемой в настоящее время информации о климате. В [1, 3] предложена форма представления информации о климате, суть которой сводится к следующему.

В качестве минимального по продолжительности расчетного периода времени, за который представляется информация о климате, принята 8-ми часовая смена месяца. В зависимости от времени суток различают три смены: I-я смена – с 8.00 до 16.00 ч; II-я смена – с 16.00 до 24.00 ч; III-я смена – с 0.00 до 8.00 ч.

Область параметров климата за каждую смену месяца делится на *I-d*-диаграмме с интервалами по температуре $\Delta t=2^{\circ}\text{C}$ и по влагосодержанию $\Delta d=1\text{ г/кг}$ на элементарные площадки с координатами $t_{\text{ср}}$, $d_{\text{ср}}$. Для каждой такой элементарной площадки указывается суммарное время повторяемости значений температуры и влагосодержания наружного воздуха в часах. В таблице приведена такая информация за август для г. Санкт-Петербурга.

Таблица. Представления информации о климате (за месяц) в виде t_{cp} -таблицы

Август		Среднее значение влагосодержания d_{cp} в каждом из интервалов, г/кг										
		3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5
Среднее значение температуры t_{cp} в каждом из интервалов, °С	5		2	1								
	7		1	6	2							
	9		2	7	16	3						
	11	1	1	10	19	32	6					
	13		2	8	15	32	48	10				
	15		2	7	12	22	45	55	19			
	17		1	3	8	17	25	34	35	19		
	19			2	6	10	17	20	20	16	8	
	21			1	2	6	9	11	11	10	5	2
	23			1	2	3	6	7	6	5	3	
	25				1	1	4	3	3	3	2	1
	27					1	1	1	1	1	1	
	29							1				

Информация о климате за смены каждого месяца является исходной и представляется в виде 36 таблиц (12 месяцев \times 3 смены), в которых столбцами являются средние значения интервалов по влагосодержанию d_{cp} , а строками – средние значения температурных интервалов t_{cp} . На основе этих исходных таблиц компонуется информация о климате за месяц в целом (таблица); за смены сезона (смены года) и за сезон (год) в целом. Таким образом, полная информация о климате представляется в виде 68 таблиц.

Для автоматических расчетов при компьютерном моделировании информация о климате из табличного варианта переводится в электронный вид. Так, на рис. 1 показано как информация, приведенная ранее в табличном варианте, представляется на I - d -диаграмме точками с координатами t_{cpi} , d_{cpi} .

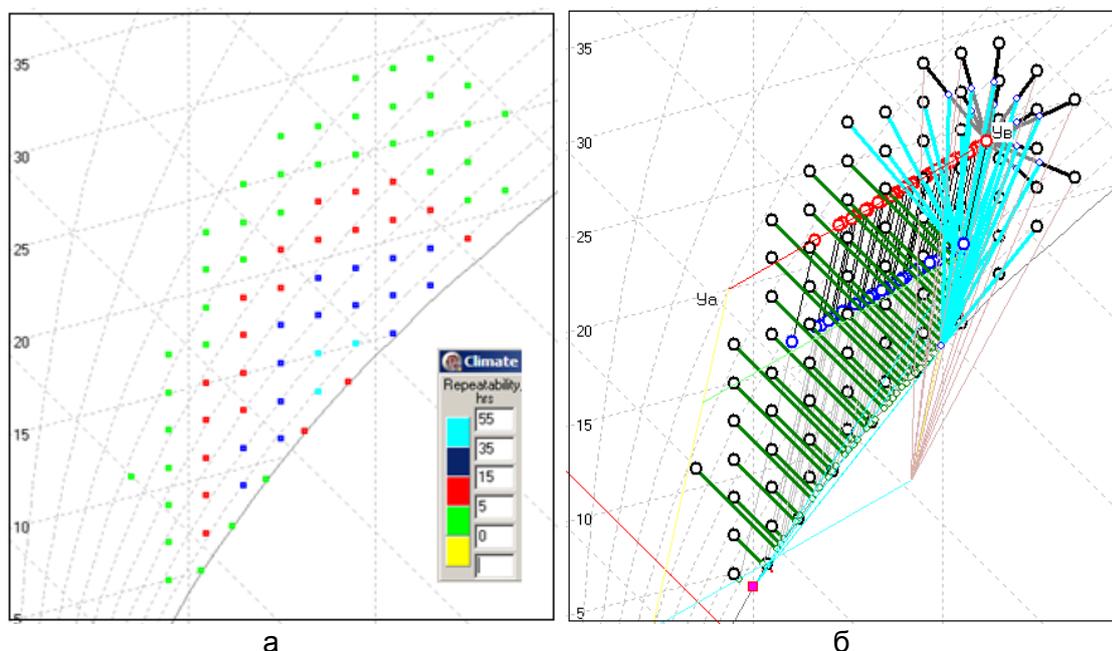


Рис. 1. Информация на I - d -диаграмме о климате за август для г. Санкт-Петербурга (а); процессы тепловлажностной обработки воздуха для массива точек климата за август для г. Санкт-Петербурга (б)

На рис. 1, а, точки показаны разным цветом, в зависимости от суммарного времени повторяемости параметров климата в этой точке за рассматриваемый расчетный период

времени. Так, в интервале до 5 ч точки выделены зеленым цветом; от 5 до 15 ч – красным; от 15 до 35 ч – темно-синим; от 35 до 55 ч – голубым. Расцветивание точек позволяет наглядно показать плотность распределения суммарного времени повторяемости климата в этих точках.

При использовании в компьютерной программе такой формы информации о климате происходит перебор точек, при этом для каждой из них определяются оптимальные с точки зрения расходов потребляемых технологических ресурсов (теплоты, холода, воды, воздуха) процессы тепловлажностной обработки воздуха. Эти процессы в графическом виде выводятся на *I-d*-диаграмму (рис. 1, б).

В отличие от рис. 1, а, здесь точки климата показаны в виде черных кружков. Линии зеленого цвета означают процессы адиабатного увлажнения воздуха; линии голубого цвета означают процессы политропного охлаждения; линии черного цвета означают использование рециркуляционного воздуха.

Результаты расчетов выводятся в виде таблицы (рис. 2). Информация в этой таблице обобщает аналогичную информацию по каждой точке климата.

Technological Parameters for climate points by zones												
Central HVAC System												
Zone	h	q_h^*	$q_{h\ steam}^*$	q_c^*	$m_{w\ +}^*$	$m_{w\ -}^*$	m_{OA}^*	m_{SA}^*	m_{AC}^*	m_{RA1}^*	m_{RA2}^*	q_{HS}^*
		$kW \cdot h/m^2$	$kW \cdot h/m^2$	$kW \cdot h/m^2$	kg/m^2	kg/m^2	kg/m^2				$kW \cdot h/m^2$	
Values for Technological Parameters by zones for the year (selected period of the year)												
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0,00040236	0	0	0	0	10,8	35,9949	10,8	0	0	25,1949
4	54	0,921375	0	0	0	0	1669,19	1924,48	1669,19	0	0	255,293
5(6)min	3	0	0	0,0114041	0	0	32,4	108,102	32,4	0	0	75,7021
5(6)max	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5(6)Rmin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8Rv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8Ra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8a-v	439	0	0	6,18262	-0,0009687	6786,53	15706,2	6786,53	0	0	0	8919,7
5(6)Rmax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8v	110	0	0	3,30794	0	0	2562,92	3922,08	2562,92	0	0	1359,16
8a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	62	0	0	1,44628	0,836909	-0,156797	2008,8	2209,46	2008,8	0	0	200,663
9R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10R	22	0	0	1,62012	0	-0,68717	237,6	785,935	394,669	157,069	0	391,266
11	53	0	0	2,17218	0	-1,63983	1167,84	1890,01	1167,84	0	0	722,173
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Values for Technological Parameters for the year (selected period of the year)												
744		0,921777		5,23858	10,3389	-2,48477	14476,1	26582,3	14633,1	157,069	11949,2	

Рис. 2. Результаты расчетов для массива точек климата за август для г. Санкт-Петербург

В качестве расчетного периода может выступать год, сезон, месяц, 8-ми часовые смены указанных временных периодов.

При управлении процессами тепло-влажностной обработки воздуха в период эксплуатации СКВ информация о климате используется в реальном масштабе времени. В этом случае процессы на *I-d*-диаграмме строятся каждый раз для одной только точки, и результаты расчета выводятся в отдельное для этого окно программы (подробнее об этом окне см. в [4]).

Рассмотренная форма представления информации о климате (в табличном и формализованном вариантах) подготовлена для четырех городов России: Архангельск, Санкт-Петербург, Москва, Ростов на Дону.

Литература

1. Сотников А.Г., Кобышева Н.В., Ключева М.В. Можно ли «энергосберегать» без единой методики расчета? (о систематизации методик по климатической основе и точности) // Труды VII съезда АВОК. – С. 30–33.
2. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. – СПб.: АВОК С-3, 2003. – 271 с.
3. Коченков Н.В., Кобышева Н.В., Ключева М.В. Энергосберегающие режимы в СКВ и характеристика климата – взаимосвязанные задачи // Инженерные системы. – 2006. – № 3. – С. 48–52.
4. Коченков Н.В. Руководство к практическим занятиям и лабораторным работам по дисциплине «Системы кондиционирования». Ч.1. Порядок работы с компьютерной программой: учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 56 с.



Копылова Татьяна Александровна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии,
студент группы № Т4230

Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология

e-mail: tanyska_as@mail.ru



Сучкова Елена Павловна

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

e-mail: silena@bk.ru

УДК 637.1

**РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННОГО ДЕСЕРТА
НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ**

Копылова Т.А., Сучкова Е.П.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Сучкова Е.П.

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

Обоснована технология молочного десерта на основе молочной сыворотки с добавлением амарантовой муки, черники, пектина и закваски. Молочный десерт обладает хорошими органолептическими характеристиками, продукт является функциональным за счет внесения амарантовой муки. Разработанный молочный десерт подходит всем категориям граждан для укрепления иммунитета и снятия усталости.

Ключевые слова: молочная сыворотка, молочный десерт, амарантовая мука, химический состав, разработка рецептур.

Рынок молочных десертов на сегодняшний день стремительно развивается. Определенные виды десертов отлично подходят для правильного питания и поддержания жизненного тонуса.

Молочные десерты пользуются популярностью, 49% граждан покупают десерты каждый день или 1–2 раза в неделю (рис. 1) [1].

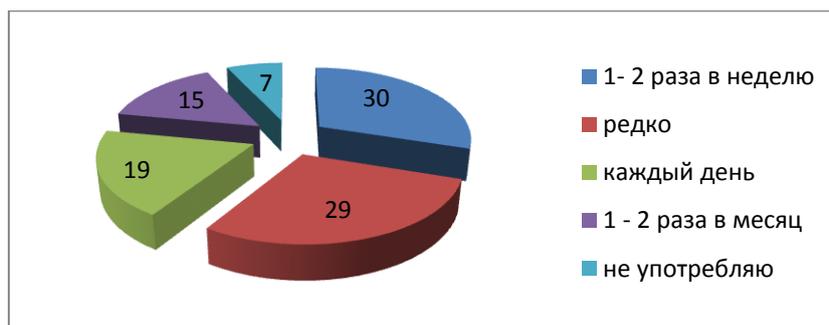


Рис. 1. Регулярность покупок молочных десертов, %

Для разработки молочного десерта изначально были подобраны компоненты, обеспечивающие его функциональность. В качестве основы десерта была выбрана молочная сыворотка, так как ее химический состав характеризуется богатством и разнообразием питательных веществ.

Одним из перспективных направлений в производстве обогащенных десертов – применение разнообразных добавок и наполнителей. Было решено ввести в рецептуру десерта муку. Изначально, на основании литературных данных, было выбрано три вида муки: амарантовая, овсяная и кукурузная. Был проведен сравнительный анализ химического состава муки разных видов (табл. 1) [2].

Таблица 1. Химический состав муки на 100 грамм

Компонент	Амарантовая мука	Овсяная мука	Кукурузная мука
Белки, г	13,56	14,66	5,59
Жиры, г	7,02	9,12	1,39
Углеводы, г	62,25	65,7	82,75
Клетчатка, г	6,7	6,5	1,9
Калорийность, ккал	371	404	375
Содержание минеральных веществ:			
Калий, мг	508	371	90
Кальций, мг	159	55	2
Магний, мг	248	144	18
Фосфор, мг	557	452	60
Железо, мг	7,61	4	0,91
Натрий, мг	4	19	1
Цинк, мг	2,87	3,2	0,37
Медь, мг	0,525	0,437	0,142
Селен, мкг	18,7	34	8
Марганец, мг	3,333	4,019	0,056

Установлено, что лучшие показатели по питательным веществам и минералам у амарантовой и овсяной муки. Проводилась серия экспериментов по введению в рецептуру данных ингредиентов. Органолептическая оценка образцов помогла установить, что наиболее приятным по вкусу, запаху и консистенции является образец с амарантовой мукой (рис. 2).

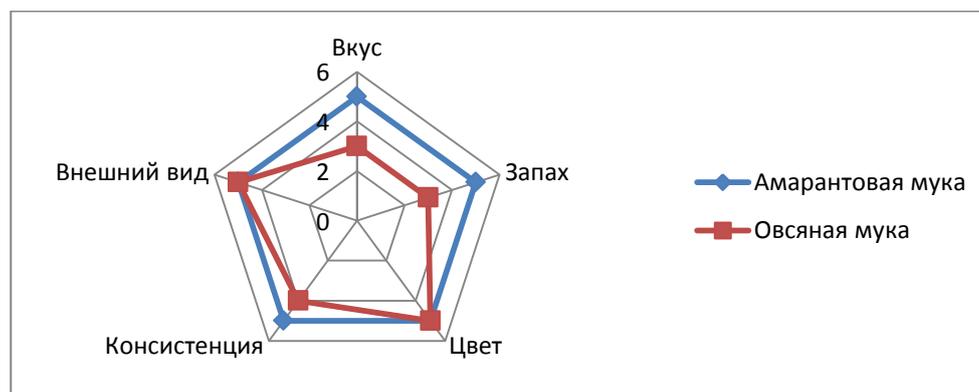


Рис. 2. Профилограмма органолептических показателей образцов

Амарантовая мука содержит сложную клетчатку, которая практически не усваивается организмом и выводит из него все токсичные элементы, помогает в лечении расстройств пищеварительного тракта. Отличительной особенностью амарантовой муки является высокое качество белка, концентрация которого составляет 17% сухой массы. Отличительная особенность муки из амаранта – низкое содержание клейковины, т.е. ее можно употреблять в пищу людям, страдающим аллергическими реакциями на глютен. Благодаря высокому содержанию железа, амарантовую муку можно использовать в профилактике и лечении железодефицитной анемии. Позволяет повысить иммунитет, нормализует уровень сахара в крови [3].

Плоды и ягоды оказывают положительное воздействие на обмен веществ, регулируют процесс пищеварения. В качестве ягодного наполнителя использовали чернику. При употреблении черники улучшается внешний вид кожи, уменьшаются отеки, судороги и тяжесть в венах.

Экспериментальным путем были подобраны оптимальные концентрации компонентов, входящих в рецептуру молочного десерта (табл. 2).

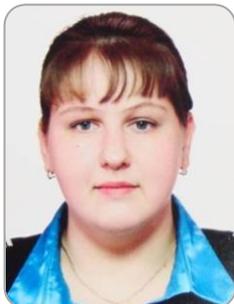
Таблица 2. Рецептура десерта на основе молочной сыворотки

Наименование ингредиента	Норма расхода, кг
Молочная сыворотка, ГОСТ Р 53438-2009	60,6
Сливки, ГОСТ Р 53435-2009	18
Сахар, ГОСТ 33222-2015	3
Пектин, ГОСТ 29186-91	0,4
Амарантовая мука	5
Черника, ГОСТ Р 54696-2011	10
Закваска, ТУ 9229-006-90682813-15	3
Итого:	100

Десерт на основе молочной сыворотки полезен для здоровья. Подойдет людям подверженным стрессам, с хронической усталостью, проблемами с желудочно-кишечным трактом.

Литература

1. За рамками удовольствия. «Продвижение продовольствия. Prod&Prod» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/tech/economics/za-ramkami-udovolstviya-prodvizhenie-prodovolstviya-prod-prod.html>, своб.
2. Мука амарантовая [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.patee.ru/cookingpedia/foods/flour/amaranth-flour/>, своб.
3. Чиркова Т.В. Амарант – культура XXI века // Соровский образовательный журнал. 1999. – № 10. – С. 22–27.

**Курганова Екатерина Владимировна**

Год рождения: 1993

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, аспирантНаправление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология
и биотехнологии

e-mail: katia280693@yandex.ru

**Арсеньева Тамара Павловна**Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии,

д.т.н., профессор

e-mail: tamara-arseneva@mail.ru

УДК 663.674/637.146

**ПОДБОР ЗАКВАСОЧНОЙ МИКРОФЛОРЫ ДЛЯ НИЗКОЖИРНОГО
ФЕРМЕНТИРОВАННОГО ЗАМОРОЖЕННОГО ЩЕРБЕТА****Курганова Е.В.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Арсеньева Т.П.**

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

Цель работы – разработка рецептуры и технологии замороженного ферментированного десерта по типу щербет, с использованием фруктовых компонентов и заменителей сахара природного происхождения для здорового питания. В процессе работы экспериментальные исследования проводили в несколько этапов в соответствии со следующими задачами: определяли вид, органолептические и физико-химические показатели, концентрацию наполнителей, осуществляли подбор подсластителя, структурообразующих компонентов, заквасочной микрофлоры. Разработка состава щербета позволит расширить ассортимент замороженных десертов для диабетического питания и обеспечить рационализацию использования сырьевых источников пищевой промышленности за счет сырья вторичного происхождения.

Ключевые слова: замороженный кисломолочный десерт, щербет, заквасочные культуры.

Согласно Распоряжению Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 г. № 1873-р «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года», одной из приоритетных задач внутренней политики государства является развитие производства продуктов массового потребления, обогащенных витаминами и минеральными веществами, продуктов функционального назначения, диетических, лечебно-профилактических продуктов.

В настоящее время мороженое пользуется высоким потребительским спросом практически во всех странах мира, в том числе в России, что объясняется не только его высокими потребительскими свойствами, но и пищевой, и биологической ценностью [1–10].

К сожалению, большинство из представленных на рынке замороженных десертов не обладают функциональной направленностью, и для людей, страдающих диабетом I и II типа, отсутствует промышленное производство данных продуктов.

Наряду с мороженым – любимым продуктом детей и взрослых, востребован щербет на молочной основе. В связи с этим разработка состава и технологии ферментированного щербета для здорового питания является перспективным и актуальным.

Целью работы являлся подбор заквасочной микрофлоры для ферментированного низкожирного замороженного щербета. В связи с поставленной целью были решены следующие задачи: осуществлен подбор молочных компонентов, подбор состава бактериальной закваски, определено ее влияние на качественные показатели смеси, определено влияние заменителей сахара на процесс сквашивания.

В табл. 1 представлены сравнительные характеристики физико-химических показателей опытного щербета с мороженым по ГОСТ 31457-2012 и щербета по ГОСТ 32256-2013.

Таблица 1. Физико-химические показатели щербета

Мороженое	Массовая доля, %, не менее			Кислотность, °Т, не более
	молочного жира	сахарозы	сухих веществ (без учета стабилизатора)	
Молочное с плодами и ягодами	2,8	16,0	29	50
Щербет	4,0	21,0	30	70
Разрабатываемый ферментированный щербет	не более 1,5	0	32	80

К достоинству данного вида щербета можно отнести низкое содержание жира, отсутствие сахара и повышенное содержание кальция и белка, а также использование натуральных наполнителей.

На начальном этапе по анализу литературных данных был определен состав ферментированного щербета. В состав входит: обезжиренное молоко, пахта, сывороточный белковый концентрат, закваска, стабилизатор-эмульгатор, заменители сахара. Количество компонентов определяли расчетным методом, основываясь на количестве сухих веществ. Для повышения биологической ценности данного вида замороженного щербета проводили ферментацию.

При выборе ягод основывались на доступности и ценовой стоимости. Из ягод выбрали клубнику, вишню и бруснику, которые можно использовать как в натуральном, так и в замороженном виде независимо от сезонности. Из фруктов выбрали банан и киви. Из клубники, вишни и брусники готовили ягодный микс, из банана и киви – фруктовый микс. По органолептическим показателям установили соотношение между вишней, клубникой и брусникой – 1:2:2, фруктов – киви и банана – 1:2.

Далее определяли дозу внесения подобранных композиций с молочной основой ягод и фруктов. Концентрацию ягодного микса варьировали от 20% до 45% от смеси щербета, с шагом 5%. Опытные образцы подвергали фризерованию до температуры от –5 до –6°С во фризери периодического действия без принудительной подачи воздуха. В готовых образцах определяли органолептические показатели, большее внимание уделяли консистенции готового продукта. По совокупности органолептической оценки оптимальными являются образцы с концентрацией ягодного и фруктового миксов 25 и 30% соответственно.

На следующем этапе осуществляли выбор сахарозаменителя. На основе изучения литературных источников выбраны стевиозид и сироп топинамбура, так как при профилактике и лечении сахарного диабета первого и второго типа рекомендуется применять стевиозид и топинамбур. Стевиозид считается безвредным натуральным подсластителем низкой энергетической ценности, нетоксичным, не обладающим мутагенным, канцерогенным действием, устойчивым к нагреванию, длительному хранению, воздействию кислот и щелочей, не требующим большой дозировки, безвреден при

длительном употреблении. Сироп топинамбура обладает сахароснижающей способностью, снижает давление, повышает гемоглобин, благотворно влияет на поджелудочную железу.

Исследование влияния концентрации стевиозида на вкус, которую варьировали в пределах от 0,04% до 0,065%, с шагом 0,005%, представлено на рис. 1.

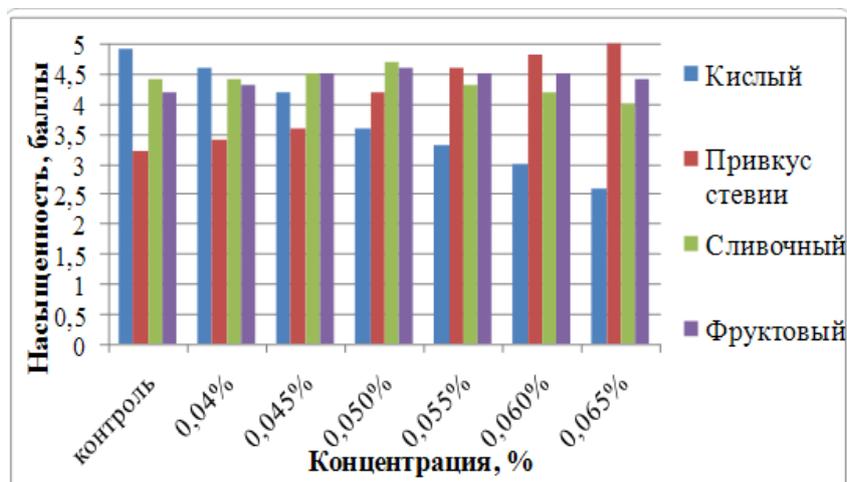


Рис. 1. Влияние концентрации стевиозида на вкус в баллах

Наивысшие баллы по вкусу получил опытный образец с концентрацией стевии 0,050%.

В виду того, что в образцах с концентрацией стевии более 0,050% преобладает специфический вкус, осуществляли подбор концентрации сиропа топинамбура. В приготовленных образцах концентрацию сиропа варьировали в пределах от 5% до 12,5% с шагом 2,5%, данные экспериментальных исследований образцов представлены на рис. 2.

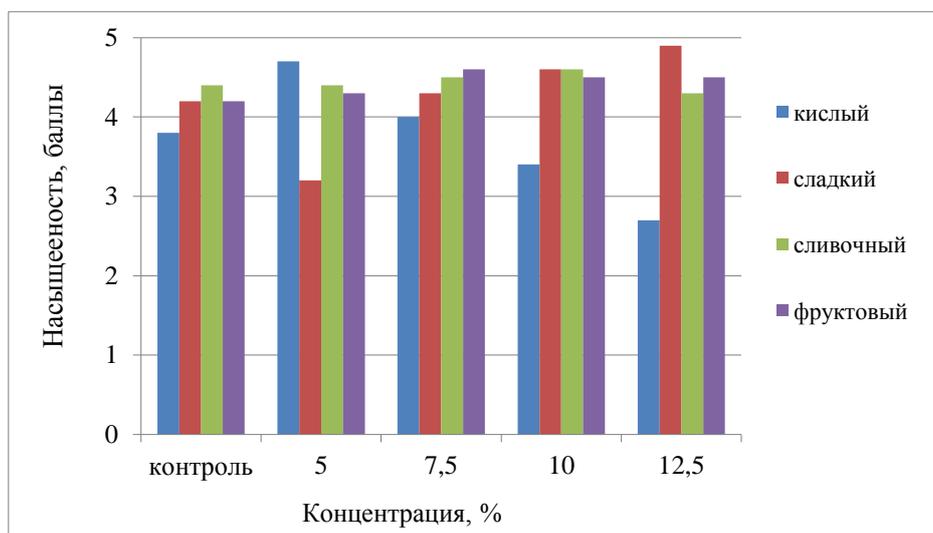


Рис. 2. Органолептическая оценка образцов с различной дозой сиропа топинамбура

Как видно из рис. 2 наивысшую балльную оценку получил образец с концентрацией сиропа топинамбура 7,5%.

На следующем этапе осуществляли подбор заквасочной микрофлоры. Для сравнения была произведена параллельная выработка ферментированного щербета с использованием трех видов заквасок. Смеси заквашивали заквасками в количестве 3%. В образец 1 вносили *L.Bulgaricus* и *Str.termophilus* (вязкий) (1:1), во второй – *L.Bulgaricus* и *Str.termophilus* (невязкий) (1:1) при температуре $38\pm 2^\circ\text{C}$ и продолжительности сквашивания 5 ч. Третий образец заквашивали *Str.lactis*, *Str.cremoris* и *Str.diacetilactis* (1:1:2) при температуре $26\pm 2^\circ\text{C}$ 8 ч. В образцах исследовали динамику кислотонакопления, представленную в табл. 2.

Таблица 2. Изучение нарастание кислотности смеси для щербета

Исследуемый показатель	Вид заквашивающей микрофлоры	Продолжительность сквашивания, ч								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Титруемая кислотность, °Т	L.Bulgaricus и Str.termophilus (вязкий) (1:1)	22	32	38	45	53	82	–	–	–
	L.Bulgaricus и Str.termophilus (невязкий) (1:1)	21	30	37	42	55	85	–	–	–
	Str.lactis, Str.cremoris и Str.diacetilactis (1:1:2)	20	28	32	39	43	50	58	70	82
Активная кислотность рН	L.Bulgaricus и Str.termophilus (вязкий) (1:1)	6,64	6,32	6,01	5,45	5,06	4,77	–	–	–
	L.Bulgaricus и Str.termophilus (невязкий) (1:1)	6,65	6,34	6,02	5,51	4,01	4,72	–	–	–
	Str.lactis, Str.cremoris и Str.diacetilactis (1:1:2)	6,71	6,57	6,27	6,01	5,97	5,80	5,70	5,30	4,84

Выбор заквасочной микрофлоры также проводился с учетом органолептических показателей, представленных на рис. 3.

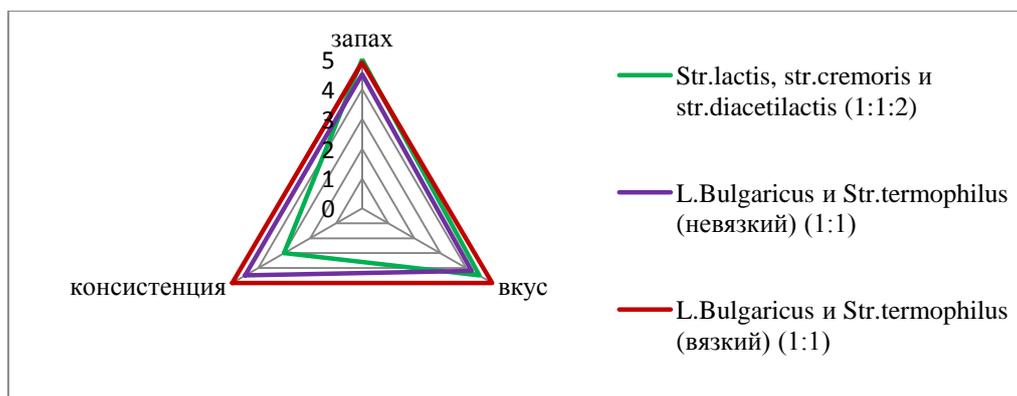


Рис. 3. Органолептическая оценка образцов заквашенной смеси

Образец, заквашенный невязким стрептококком по консистенции и излишне кислому вкусу, получил низкие оценки. Образец с ароматобразующими стрептококками получил низкую оценку по консистенции, вследствие образования крупинчатой консистенции.

Исходя из этого, в дальнейшем необходимо использовать закваску для йогурта.

Замена сахара также может влиять на процесс сквашивания. Для этого проводили оценку нарастания кислотности в процессе сквашивания. Данные представлены на рис. 4.

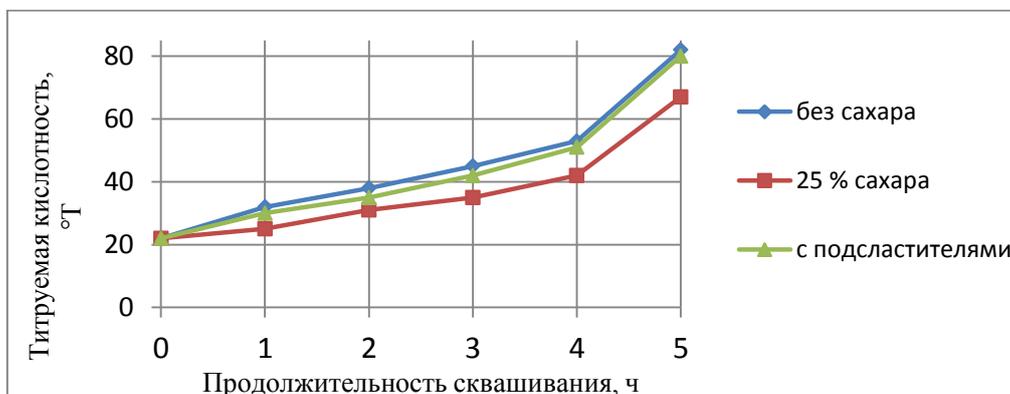


Рис. 4. Влияние сахара и подсластителя на процесс сквашивания смеси закваской для йогурта

Исследования показали, что содержание сахара в смеси замедляет развитие молочнокислых бактерий, что приводит к увеличению сквашивания. При этом наличие сахара дает излишне сладкий вкус, а кисломолочный вкус при этом мало ощущается. По этой причине рекомендовано вносить заменители сахара.

По результатам работы сделаны следующие выводы: при подборе ингредиентов, вносимых в качестве наполнителя: вишни, клубники, брусники в соотношении 1:2:2, киви и банан в соотношении 1:2 была получена наивысшая балльная оценка по органолептическим показателям. Установленная доза внесения наполнителей: ягодного – 30% и фруктового – 25% от смеси щербета позволила получить продукт с высокими потребительскими свойствами. По органолептическим показателям из рассматриваемых трех заквасок выбрана закваска для йогурта – *L.Bulgaricus* и *Str.termophilus* 1:1. Заменители сахара оказывают положительное влияние на процесс сквашивания, уменьшая его продолжительность.

Литература

1. Арсеньева Т.П. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 4. Мороженое. – СПб.: ГИОРД, 2002. – 184 с.
2. Патент РФ 2294647, МИК А23G009/32. Мороженое йогуртовое / О.И. Топал, Г.В. Борисова // Заявл. 30.07.2008, опубл. 10.30.2007.
3. Патент РФ № 2091036, МИК А23G9/04. Способ получения мороженого / А.И. Калмыкова, В.И. Байбаков и др. // Заявл. 20.04.1995, опубл. 27.09.1997.
4. Патент РФ № 2176887, МИК А23G9/02. Мороженое с функциональными свойствами / В.Б. Перфильев, С.А. Фильчакова // Заявл. 29.12.1999, опубл. 20.12.2000.
5. Бондаренко В.М., Грачева Н.М. Препараты пробиотики, пребиотики и синбиотики в терапии и профилактике кишечных дисбактериозов // Фарматека. – 2003. – № 7. – С. 56.
6. Nutami R., Aslimak S., Andiyana Y. Is ice cream contain dadih potential functional food? // CISAK – is the flagship conference of the Indonesian Students Association of Korea. – 2013. – № 6. – P. 76.
7. Мельникова Е.И., Мурадова О.А. Синбиотическое мороженое // Молочная промышленность. – 2012. – № 11. – С. 74.
8. Оленев Ю.А., Творогова А.А. Справочник по производству мороженого. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 798 с.
9. Курганова Е.В., Арсеньева Т.П. Подбор вида и дозы стабилизатора для ферментированного замороженного щербета // Вестник Международной академии холода. – 2017. – № 3. – С. 10–15.
10. Курганова Е.В., Арсеньева Т.П. Подбор компонентов для ферментированного щербета для здорового питания // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. – 2017. – Т. 3. – С. 252–255.



Муста Оглы Наргуль

Год рождения: 1992

Университет ИТМО, факультет пищевой биотехнологии и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
аспирант

Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология
и биотехнологии

e-mail: nargul_m@mail.ru



Шарова Наталья Юрьевна

Год рождения: 1967

Университет ИТМО, факультет пищевой биотехнологии и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
д.т.н., профессор

e-mail: natalya_sharova1@mail.ru

УДК 577.152.54:661.746.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ФИТАЗЫ – ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
МЕТАБОЛИТА МИКРОБНОГО СИНТЕЗА ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ**

Муста Оглы Н.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Шарова Н.Ю.

В работе исследовалась активность фермента фитазы, синтезируемого штаммом *Aspergillus niger* Л-4 на сахарозоминаральной среде. Также определены наиболее оптимальные условия культивирования штамма, при которых синтезируется наибольшее количество фермента, с возможностью дальнейшего получения фитазы в качестве дополнительного целевого метаболита микробного синтеза.

Ключевые слова: *Aspergillus niger* Л-4, сахарозоминаральной среда, грибная фитаза, основная ферментация, глубинное культивирование.

Человеческому организму необходимо много различных минеральных веществ, важных и для развития, и для предупреждения различных заболеваний. Эти питательные вещества организм не вырабатывает, и их необходимо получать из своего питания. Нехватка питательных веществ возникает, если организм не получает эти вещества в необходимом количестве, или их усвоению препятствуют различные факторы. Одним из таких факторов может быть повышенное содержание фитиновой кислоты в человеческом организме. Недостаток минеральных веществ может привести к различным проблемам со здоровьем и негативно отражаться на пищеварении, коже, привести к замедлению или неполноценному росту костей и т.д.

В сбалансированном питании у здоровых людей фитиновая кислота почти не приводит к дефициту макро- и микроэлементов. В связи с этим не совсем правильно говорить, что продукты, содержащие фитиновую кислоту, вредны для здоровья, так как польза от этих продуктов выше возможных негативных последствий во много раз. Одним из путей решения проблемы дефицита фосфора является применение специфических ферментов фитаз микробного синтеза, способных расщеплять фитаты до легко усвояемых остатков фосфорной кислоты и мио-инозитола [1].

Цели работы: исследование активности фитазы, синтезируемой штаммом *Aspergillus niger* Л-4 на сахарозоминаральной среде; определение наиболее оптимальных условий культивирования штамма, способствующих высокому уровню биосинтеза фермента, с

возможностью дальнейшего выделения фитазы как дополнительного целевого продукта микробного синтеза.

Объект исследования – штамм микромицета *Aspergillus niger* Л-4, селекционированный в ФГБНУ ВНИИПД для ферментации мелассы [2].

Ферментацию проводили периодическим способом по технологии концентрированных сред в условиях шейкера-инкубатора Multitron (INFORS, Швейцария) в колбах вместимостью 750 см³.

Состав приготовленной среды для ферментации, г/дм³: углеводный субстрат – 150; нитрат аммония (NH₄NO₃) – 2,5; сульфат магния семиводный (MgSO₄·7H₂O) – 0,25; фосфат калия однозамещенный (KH₂PO₄) – 0,16; pH 6,5.

Процесс проводили при температуре (36±1)°С – на стадии получения посевного мицелия, при температуре от (29±1)°С до (34±1)°С – на стадии ферментации. Возраст посевного материала был равен 24, 36 и 48 ч. Количество мицелия к объему исходной питательной среды составляло 15% и 20%.

Фитазную активность оценивали колориметрическим методом при длине волны от 400 до 415 нм в модификации. Модификация обусловлена тем, что значение pH исследуемых нативных растворов находится в диапазоне от 1,7 до 2,4, который ниже уровня pH-оптимума проявления фитазной активности микромицета. Ранее проведенные исследования показали, что при таких значениях pH активность фитазы составляет 0,5–0,8 ед/см³ [3]. Для определения фитазной активности в условиях, оптимальных для проявления действия фермента, растворы подщелачивали раствором гидроксида натрия (0,1 М) до pH=(5,5±0,1).

В промежуточных итогах данной работы следует отметить: наибольшая фитазная активность независимо от возраста посевного мицелия определена при температуре культивирования продуцента 29°С. Различия выявлены в количестве посевного мицелия, способствовавшего повышению активности фермента, вносимого на стадии ферментации. Установлен необходимый объем 24-часового и 36-часового вносимого посевного мицелия в количестве 15% от объема исходной питательной среды в ферментационную среду для достижения повышенной активности фитазы, а 48-часовой посевной мицелий – в количестве 20% от объема исходной питательной среды (таблица). Это может быть обусловлено физиологическими особенностями продуцента. Наибольшее количество синтезированной грибом кислоты, наоборот, происходило при повышенных температурах (32°С и 34°С). Это по-видимому, обусловлено тем, что при повышении температуры ферментации активизируются биохимические процессы, направленные на биосинтез основного метаболита – лимонной кислоты.

Активность фитазы в нативных растворах составляла от 15,63 до 68,75 ед/см³. В мицелии же при таком pH интрацеллюлярная активность фермента составляла от 10,2 до 60,5 ед/г мицелиальной массы. По данным этой работы наилучшим условием для культивирования штамма *Aspergillus niger* Л-4 на сахарозоминаеральной среде являются температура 29°С и количество посевного мицелия 15% от объема исходной питательной среды.

Таблица. Результаты ферментации сахарозоминаеральной среды (основная ферментация, конец процесса 120 ч; усредненные данные)

Условия культивирования			Основные показатели				
Возраст посевного мицелия, ч	Температура, °С	Объем посевного мицелия, % к объему исходной питательной среды	Количество общей кислоты, г/колба	Фитазная активность			
				нативный раствор		мицелиальная масса	
				ед/см ³	ед/мг белка	ед/г	ед/мг белка
24	29	15	6,65	68,75	14,35	55,60	17,05
		20	5,30	15,63	2,46	12,30	2,48

Условия культивирования			Основные показатели					
Возраст посевного мицелия, ч	Температура, °С	Объем посевного мицелия, % к объему исходной питательной среды	Количество общей кислоты, г/колба	Фитазная активность				
				нативный раствор		мицелиальная масса		
				ед/см ³	ед/мг белка	ед/г	ед/мг белка	
	32	15	7,60	40,62	10,13	31,90	10,19	
		20	7,95	31,25	8,12	28,70	10,07	
	34	15	7,09	15,62	5,37	10,20	5,23	
		20	7,40	25,10	11,01	15,10	13,02	
	36	29	15	4,83	62,50	20,42	60,50	21,15
			20	4,95	46,88	14,74	43,40	16,31
32		15	5,76	40,63	7,74	36,60	7,38	
		20	7,30	50,0	24,27	44,0	23,78	
34		15	7,08	35,70	16,23	30,70	14,98	
		20	7,71	30,50	8,82	28,0	9,12	
48	29	15	5,96	31,25	13,71	27,0	12,5	
		20	5,96	68,75	30,02	60,50	30,87	
	32	15	6,85	25,0	6,70	20,20	5,74	
		20	7,80	43,75	8,84	40,10	9,66	
	34	15	7,35	15,60	6,61	12,90	6,39	
		20	7,39	18,90	5,02	17,0	6,01	

Для увеличения активности фитазы при продуктивном биосинтезе лимонной кислоты необходимо подобрать состав питательной среды и режимы ферментации. Исследования следует продолжить в данном направлении [4].

Литература

1. Способ получения лимонной кислоты и комплекса кислотостабильных амилолитических ферментов: пат. 2294371 Рос. Федерация: МПК С 12 Р 7/48 В 01 D 61/14/ Шарова Н.Ю.; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербург Государственное учреждение Всероссийский научно - исследовательский институт пищевых ароматизаторов, кислот и красителей РАСХН; заявл.11.05.01; опубл. 10.08.04.
2. Шарова Н.Ю., Сафронова В.И. Генетическая паспортизация штамма *Aspergillus niger* Л-4 – промышленного продуцента лимонной кислоты с помощью геномного AFLP-фингерпринтинга // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – № 2. – С. 204–212.
3. Способ получения лимонной кислоты, альфа-амилазы и глюкоамилазы: пат. 2366712 Рос. Федерация: МПК С 12 Р 7/48 С 12 N 9/34/ Шарова Н.Ю., Позднякова Т.А., Выборнова Т.В., Кулев Д.Х.; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербург Государственное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых ароматизаторов, кислот и красителей РАСХН; заявл.06.07.07; опубл. 10.09.09.
4. Муста Оглы Н.М., Шарова Н.Ю. Фитаза микромицета *Aspergillus niger* – потенциальный пищевой микроингредиент // Сборник докладов VII международной конференции «КАЗАХСТАН-ХОЛОД-2016». – 2016. – С. 51–59.

**Пак Виолетта Игоревна**

Год рождения: 1993

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, аспирантНаправление подготовки: 19.00.00 – Промышленная экология
и биотехнология

e-mail: waveball@mail.ru

**Сучкова Елена Павловна**Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, к.т.н., доцент

e-mail: silena07@bk.ru

УДК 637.07

**НАПИТОК НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ С ЗЕРНОВЫМ
КОМПОНЕНТОМ****Пак В.И., Сучкова Е.П.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Сучкова Е.П.**

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

В работе рассмотрено применение ячменя в качестве злакового наполнителя напитка, полученного различными способами с целью обогащения продукта полезными компонентами. Проведены исследования напитка с мукой из пророщенного и непророщенного зерна ячменя на содержание сухих веществ, и установлены температурные режимы обработки зернового компонента на основании органолептической оценки напитка.

Ключевые слова: молочная сыворотка, проращивание зерна ячменя, сухие вещества, тепловая обработка, органолептические свойства.

Безалкогольные напитки являются распространенным и популярным продуктом как среди молодежи, так и среди взрослых людей. Учитывая ритм жизни большинства людей в наше время, можно заметить наличие несбалансированного питания, сопровождающегося перекусами, различными способами утолить жажду или легкое чувство голода. Такой рацион ведет к отсутствию незаменимых веществ в организме. По этой причине все большее значение приобретает производство пищевых продуктов с лечебно-профилактическими и хорошими органолептическими свойствами.

Выяснено, что растительное сырье достаточно хорошо сочетается с вторичными продуктами молочного производства, в частности, с молочной сывороткой. Напитки со злаками хорошо утоляют жажду, эффективно побеждают легкий голод благодаря свойствам углеводов поддерживать необходимый уровень глюкозы в крови в течение длительного времени так, что чувство сытости сохраняется долго. Молочные напитки со злаками обладают полезными свойствами сырья, из которого они состоят [1].

Цель исследования заключалась в подборе наиболее эффективного использования зернового компонента как добавки для напитка на основе молочной сыворотки.

Приготовление зернового компонента для напитка на основе молочной сыворотки представлено несколькими способами: измельчение пророщенного и непророщенного зерна в муку, термическая обработка, перемешивание с сухими компонентами: сахаром и стабилизатором. В качестве зернового компонента был взят ячмень. Известно, что накопление максимального количества ферментов происходит во время проращивания зерна. В результате действия ферментов зерна начинается процесс расщепления сложных веществ, отложенных в эндосперме с образованием более простых. Крахмал превращается в мальтозу, которая с легкостью усваивается организмом и несет в себе источник энергии для интенсивного роста и развития клеток. Жиры зерна расщепляются до жирных кислот, которые также являются источником энергии, и более того, участвуют в восстановлении и строении клеточных мембран. Белки в момент прорастания расщепляются до аминокислот, многие из которых являются незаменимыми.

Активация ферментов и расщепление резервных веществ эндосперма ячменя становятся возможными лишь при наличии в зерне свободной воды. Искусственное насыщение ячменя водой осуществляется в целях активизации ферментных систем, способствующих проращиванию, за счет увеличения содержания влаги до 43–48%. Как только зерно погружается в воду, создается разность концентраций воды внутри и снаружи зерна. Кроме того, зародыш зерна поглощает воды больше, чем другие его части. Это происходит благодаря большей проницаемости кончика зерна, где находится зародыш, и наличию в его составе значительного количества белковых веществ, обладающих гидрофильными свойствами (способностью удерживать воду). Вследствие поглощения воды и осмотического давления внутри клеток, обусловленного растворимыми межклеточными веществами, коллоиды набухают, что выражается в увеличении объема зерна на 45%. В процессе замачивания в зерне происходит глубокая перестройка всего ферментативного комплекса. Изменяется также состояние белковых веществ, в зерне уменьшается содержание нерастворимых соединений, а растворимых – увеличивается. Следовательно, должен наблюдаться большой переход полезных компонентов в напиток при использовании замачиваемого и проращиваемого зерна [2].

Для исследования степени перехода сухих веществ из зерновой массы в молочную сыворотку были подготовлены два образца: образец 1 – мука из пророщенного зерна ячменя, образец 2 – мука из непророщенного зерна ячменя.

Для прорастания зерна необходимы три условия: влага, известный минимум тепла и доступ кислорода. На основе литературных источников образец 1 приготавливался в следующих условиях: замачивание зерна ячменя проводилось в соотношении зерна и воды 1:2 соответственно, при температуре $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 30 ч со сменой воды каждые 7 ч. Далее зерно помещалось на влажную марлю в стеклянную тару с крышкой в темное место на 18 ч. Один раз в сутки крышка снималась, проводилось проветривание в течение 20 мин. Для наиболее полного использования пищевых веществ, которые содержатся в зерне, его подвергают механической обработке: измельчению и отделению мучнистого ядра от оболочек. В табл. 1 приведены результаты определения количества сухих веществ, перешедших в водный раствор в зависимости от условий подготовки зерна.

Анализируя результаты можно заключить, что большая массовая доля сухих веществ переходит в раствор в образце с мукой из пророщенного зерна, поэтому для дальнейших исследований были рассмотрены варианты с мукой из пророщенного ячменя.

Таблица 1. Массовая доля сухих веществ зерновой культуры в напитке в зависимости от условий подготовки зерна

Образец	Сухие вещества, %
Образец 1	11,47
Образец 2	10,05

Однако использование муки в термически необработанном виде дало низкие органолептические показатели напитка, представленные в табл. 2 (образец 1.3), поэтому следующим этапом является отработка параметров термической обработки муки. Тепловая обработка способствует формированию хороших органолептических показателей. На основании литературных источников были подобраны следующие режимы обработки:

№ 1 – при температуре 100–130°C в течение 180 с;

№ 2 – при температуре 130–150°C в течение 90 с.

Термически обработанные образцы для исследований были подготовлены по рецептуре: 100 см³ творожной сыворотки, 8,25 г муки, 5 г сахара, 0,25 г стабилизатора. Органолептические показатели напитков приведены в табл. 2.

Таблица 2. Органолептические показатели напитка с ячменной и пшеничной мукой

Образец	Вкус		Цвет		Запах		Консистенция	
	Характеристика	Балл	Характеристика	Балл	Характеристика	Балл	Характеристика	Балл
Образец 1.1	Сладковатый	4	Коричневый	5	Кисло-молочный	4	Однородная	5
Образец 1.2	Сладковатый	4	Коричневый	5	Выраженный кисло-молочный	5	Однородная	5
Образец 1.3	Привкус горечи	3	Светло-коричневый	4	Кисло-молочный с травяным запахом	3	Однородная	5

По вкусу и запаху лучшие органолептические показатели были отмечены в образце с ячменной мукой из пророщенного зерна, обработанные с применением режима № 2.

Таким образом, в качестве зернового компонента для напитка выбрана ячменная мука из пророщенного зерна, обеспечивающего большее количество экстрактивных веществ, тепловая обработка для придания хороших органолептических показателей при температуре 130–150°C в течение 90 с.

Выработанный на основе молочной сыворотки напиток с использованием злаковой добавки обладает полезными и хорошими органолептическими свойствами.

Литература

1. Шилов В., Рахманов С. Наука и инновации // Функциональные продукты питания. – 2009. – № 6. – С. 76.
2. Кретович В.Л. Биохимия зерна. – М.: Наука, 1981. – 150 с.



Фомина Анастасия Валерьевна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет прикладной биотехнологии и инженерии, кафедра прикладной биотехнологии, студент группы № Т4127

Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения

e-mail: nastekin95@gmail.com



Сучкова Елена Павловна

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

e-mail: silena07@bk.ru

УДК 637.146

**РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА
С РАСТИТЕЛЬНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ**

Фомина А.В., Сучкова Е.П.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Сучкова Е.П.

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

В работе рассмотрены вопросы, посвященные проблематике использования стабилизационных систем при изготовлении кисломолочного пудинга. Был проведен анализ литературных источников по освещению современных тенденций в разработке молочных десертов, проведен патентный поиск, направленный на изыскание различных изобретений, сопряженных с тематикой выбранной темы.

Ключевые слова: молочный десерт, пудинг, хитозан, стабилизационные системы, растительные компоненты.

В настоящее время все больше возрастает популярность молочных десертов, к которым относятся пудинги, суфле, напитки, муссы и т.д. Они могут быть приготовлены на основе сливок, молока и белковой основе, а также на воде. Также их можно отнести к продуктам функционального и лечебно-профилактического питания, диетического, детского питания и продуктов массового потребления. Все чаще можно встретить молочные десерты с наполнителями, однослойные и многослойные. Растущий интерес к здоровому образу жизни позволил развивать такое направление в производстве молочных десертов, как использование пробиотиков, пищевых волокон и нутрицевтиков.

Основными рецептурными компонентами молочных десертов являются: молоко и молочные продукты, яичные продукты, мука, функциональные наполнители, вкусо-ароматические ингредиенты, а также пищевые добавки-структурообразователи. Соответственно, данная продукция является источником биологически активных веществ и функциональных ингредиентов – полноценных белков, растворимых углеводов, незаменимых аминокислот, фосфолипидов, минеральных веществ, пектиновых веществ, органических кислот, витаминов.

Особое внимание стоит уделить такому виду молочного десерта, как пудинг. Он представляет собой продукт с желеобразной консистенцией, сладким вкусом с выраженным привкусом и запахом наполнителя, с содержанием влаги от 73 до 76%. Данный продукт может вырабатываться не только из молокосодержащего сырья и продуктов переработки молока, но и из мясного и рыбного сырья.

Часто в состав пудинга могут добавляться различные пробиотики для повышения функциональности продукта. В Российской Федерации производство различных видов пробиотических препаратов увеличивается ежегодно на 5–30%. Европейские страны и в первую очередь Великобритания и Германия являются в настоящее время крупнейшими производителями пробиотиков (45% объема мирового рынка). В азиатском регионе наиболее значительным производителем пробиотических, и в первую очередь инновационных препаратов является Япония. Так, в результате внедрения новых научных и биотехнологических концепций были развернуты производства новых видов пробиотических продуктов, которые рекомендуются при лечении различных аллергических и воспалительных заболеваний, а также для снижения кровяного давления. В структуре мирового рынка пробиотических продукты питания занимают до 56%, пищевые добавки – 37%, а фармацевтические препараты – 7% [1].

Основной проблемой при производстве пудингов является правильный подбор стабилизационных систем. В молочной промышленности используют натуральные стабилизаторы, модифицированные натуральные или полусинтетические, а также синтетические камеди. В данной работе рассматривались наиболее часто применяемые структурообразователи в производстве молочных десертов.

В качестве стабилизатора используются пектины, которые получают путем экстрагирования и гидролиза из продуктов сокового производства и свекловичного. В молочной промышленности наибольшую популярность получили пектины, полученные из цитрусовых плодов. Данные вещества являются полисахаридами, а ведущую роль в химическом отношении играет галактуроновая кислота. Они могут быть низкоэтерифицированными и высокоэтерифицированными. Классификация основана на процентном соотношении замены эфира метила группы галактуроновой кислоты, соответственно, и будет различен механизм образования геля. Кроме того, данные полисахариды имеют способность выводить из организма радионуклиды, токсичные вещества и вредные метаболиты, путем образования нерастворимых комплексов. Кроме того, пектины в условиях неблагоприятной экологической обстановки способны снижать аллергическое воздействие на организм [2].

Такая стабилизационная система как желатин представляет собой денатурированный сухой порошок, а в химическом отношении является белком, получаемым термической денатурацией коллагена. Желатин образует эластичные гели благодаря содержанию особого триплета аминокислот gly-X-Y (X и Y могут быть любой аминокислотой, но чаще выступают пролин и 4-гидроксипролин, а они имеют пятичленную кольцевую структуру). В качестве стабилизатора желатин используется для предотвращения синерезиса, получения однородной и гладкой структуры. Помимо стабилизационных свойств, он является прекрасным пенообразователем, что активно используется в производстве зефира, где пенообразование сочетается с пленкообразующими свойствами желатина. Он эффективно повышает стабильность пены, а также увеличивает вязкость и сокращает время, необходимое для взбивания крема. Также он обладает эмульгирующими свойствами, которые используются в молочных продуктах в качестве замены эмульгирующих свойств белков молока, которые теряются при термической денатурации.

И еще одним видом стабилизационных систем является использование крахмала и каррагинана при одновременном сочетании. Каррагинан получают из бурых и красных морских водорослей, а крахмал синтезируется растениями в хлоропластах. Крахмал является вспомогательным веществом в виде помощника для действия других

структурообразователей. Указанная система действует в паре следующим образом: крахмал вызывает аппетит у организма к продукту, а каррагинан обеспечивает необходимую консистенцию в зависимости от его вида и концентрации. Также было обнаружено, что каррагинан защищает гранулы крахмала от разрушения. Присутствие крахмала, молочных белков в смеси непосредственно влияет на гелеобразование каррагинана. Скорость синерезиса увеличивается за счет уменьшения концентрации каррагинана; это увеличение типично при низких концентрациях данного структурообразователя. Стабилизационные свойства крахмала выражены в увеличении вязкости за счет минимизации гравитационных эффектов для выталкивания частиц из суспензии. Каррагинан же образует коллоидную сеть, которая поддерживает твердые частицы, в результате чего они остаются во взвешенном состоянии, и предотвращается их осаждение [3].

Определенный интерес представляет такое вещество, как хитозан (гидрохлорид хитозония). Его источник, находящийся в природе – хитин, который, как известно, входит в состав панцирей ракообразных, насекомых, а также может быть в составе грибов. Он является прекрасным загустителем, пленкообразователем, сорбентом. Но главным минусом является то, что он дает горький привкус при внесении в смесь, поэтому он и не нашел широкого применения в молочной промышленности. В связи с этим необходимо проводить всесторонние исследования, направленные не только на улучшение органолептических свойств при применении хитозана, но и на изучение его влияния на сопутствующие компоненты, присутствующие в рецептуре.

В мире существуют разные подходы к разработке молочных десертов. Был проведен патентный поиск, в ходе которого авторами были выбраны наиболее интересные изобретения, разработанные в различных странах. Также данный обзор помог сделать краткий вывод о том, в каком направлении в стране развивается производство рассматриваемой группы продуктов.

Для аналитического обзора патентного поиска первой страной был выбран Китай, в которой наибольший интерес вызвали два изобретения: CN106858348 «Strawberry milk pudding and preparation method thereof» и CN106616365 «Milk pudding with purple sweet potato and preparation method thereof». Ингредиенты, которые входят в состав первого изобретения: молоко, клубника, цельное сухое молоко, эмульгатор, изюм, сливки, агар, крахмал корня лотоса, эссенция, белый гранулированный сахар и загуститель. Все сырьевые материалы смешивают, а из клубники выделяют мякоть для создания пудинговой жидкости. Полученные субстанции смешивают, гомогенизируют, стерилизуют и подвергают гелевому охлаждению.

Во втором изобретении используются: молоко, фиолетовый сладкий картофель, питьевая вода, изюм, крем, агар, крахмал корня лотоса, эссенция, белый гранулированный сахар, загуститель. Все ингредиенты смешиваются; выделяется мякоть картофеля, которую затем переводят в состояние жидкости, в которую добавляют подготовленные материалы. Вся смесь подвергается гомогенизации, стерилизации, а на конечном этапе добавляется охлаждающий и консервирующий гель. В результате получается молочный пудинг с функциональными свойствами, которые обусловлены антоцианином, полисахаридами и флавоноидными веществами фиолетового сладкого картофеля.

Второй страной была выбрана Российская Федерация, в которой можно выделить следующие патенты: RU0002615441 «Способ получения белково-растительного продукта» и RU000262116 «Молочный пудинг». В первом изобретении целью было обозначено создание пудинга, который обладал бы лечебно-профилактическими свойствами, пониженной калорийностью и высокой биологической ценностью. В состав входят: белковая основа (смесь сухого обезжиренного молока, полученное при использовании низкотемпературной сушки, восстановленное питьевой водой, также сюда входят обезжиренное соевое молоко и микропартикулят сывороточных белков), наполнитель (амарантовая мука, корица, мед, яблоки, подвергнутые термической обработке, загуститель). Наполнитель подвергается

тепловой обработке, который затем вносится в белковую основу. Далее смесь подвергается нагреву и стерилизации. Добавляется структурообразователь, проводится процесс гомогенизации, затем охлаждение, фасовка и экспозиция.

Ингредиентный состав второго изобретения: наполнитель (экстракт бересты), изолят соевого белка, полисахариды (йота-каррагинан, гуаран, камедь рожкового дерева либо низкоэтерифицированный пектин), молочная сыворотка, подсластитель (фруктоза, стевииозид). Данные компоненты позволяют создать однофазную и однородную систему вязкой консистенции, у которой отсутствует расслоение на фазы при $4\pm 2^\circ\text{C}$ в течение 72 ч. Для начала необходимо осуществить набухание полисахарида с последующим нагреванием до полного растворения. Параллельно сыворотку очищают от казеиновой пыли и жира, соединяют с изолятом и оставляют в покое для набухания. Далее смеси соединяют, вводят наполнитель и подсластитель. Все перемешивают, пастеризуют, охлаждают и фасуют.

По результатам аналитического обзора патентов можно сделать вывод о том, что в Китае делается акцент на расширение ассортиментной линии молочных десертов, причем в рецептуре используются оригинальные нетрадиционные компоненты. В Российской Федерации же ведутся исследования по применению стабилизаторов, а также использованию побочных продуктов переработки молока. Конечно же, это малая часть того, какие исследования ведутся по всему миру, поскольку молочные десерты набирают популярность ввиду своей ориентированности на широкую целевую аудиторию, что позволяет сделать их не только прекрасным десертным продуктом, но и обладающим функциональными свойствами. В дальнейшем авторами планируется разработка кисломолочного пудинга, в котором будут использоваться не только различные стабилизационные системы (в том числе хитозан, которому необходимо уделить большое внимание), но и вторичные продукты переработки, что позволит не только привнести в продукт новые свойства, но и сделать его экономически выгодным для производства.

Литература

1. Забокрицкий Н.А. Краткий обзор современного состояния рынка фармакологических препаратов (отечественных и импортных) на основе пробиотических бактерий // Журнал научных статей здоровье и образование в XXI веке. – 2015. – Т. 17. – № 4. – С. 3–15.
2. Огнева О.А., Пономаренко Л.В., Коваленко М.П. Пектин как полифункциональная добавка при производстве молочных продуктов // Молодой ученый. – 2015. – № 15. – С. 144–147.
3. Tasneem M., Ahmad A., Siddique F., Farooq U. Stabilizers: indispensable substances in dairy products of high rheology // Critical reviews in food science and nutrition. – 2014. – V. 54(7). – P. 869–879.



Шалкарова Алтынай Кайратовна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов, студент группы № Т4113

Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология

e-mail: altinay_705@mail.ru



Евелева Вера Васильевна

Год рождения: 1953

Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – Филиал Федерального бюджетного научного учреждения

«Федеральный центр пищевых систем имени В.М. Горбатова» РАН

e-mail: v.eveleva@yandex.ru

УДК 663.05: 661.733

**ПОЛУЧЕНИЕ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ ПРИ ФЕРМЕНТАЦИИ СОЕВОЙ
МЕЛАССЫ**

Шалкарова А.К. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Евелева В.В. (Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – Филиал Федерального бюджетного научного учреждения «Федеральный центр пищевых систем имени В.М. Горбатова» РАН)

В работе рассмотрен анализ состояния вопроса получения молочной кислоты путем микробиологического синтеза на основе соевой мелассы с использованием в качестве продуцента лактобактерий. Подчеркнута актуальность использования пищевой молочной кислоты.

Ключевые слова: молочная кислота, соя, соевая меласса, биосинтез, лактобактерии.

Пищевая молочная кислота, выполняющая функции регулятора кислотности, применяется в производстве кондитерских изделий, безалкогольных напитков, пива и кваса, хлеба, консервированных овощей, дрожжей и других пищевых продуктов. Мировое потребление молочной кислоты в последние годы стремительно растет за счет использования ее в таких перспективных отраслях промышленности, как косметическая, производство биоразлагаемых пластиков и пищевых добавок [1], что обуславливает развитие исследований научно-прикладного характера по созданию новых технологий ее производства. Их создание предполагает наряду с поиском и подбором новых штаммов продуцентов, способных осуществлять интенсивную и наиболее полную конверсию углеводов в молочную кислоту, расширение сырьевой базы с целью замены дорогостоящих источников сахаров более дешевыми [2, 3]. В связи с этим изучение проблемы получения пищевой молочной кислоты ферментацией пищевого сырья является актуальным.

Цель работы – анализ состояния вопроса получения молочной кислоты путем микробиологического синтеза на основе соевой мелассы с использованием в качестве продуцента лактобактерий.

Для ферментативного получения молочной кислоты в большинстве стран используют побочные продукты переработки растительного сырья, ежегодно возобновляемого в больших количествах. Это позволяет решить проблему расширения сырьевой базы с целью замены дорогостоящих и дефицитных источников углеводов более дешевым и доступным сырьем [4].

Одним из наиболее перспективных видов растительного сырья, характеризующегося высоким содержанием биологически активных веществ, является соя. Производство данной культуры в Российской Федерации составляет 740 тыс. тон в год. При реализации технологий переработки сои образуются отходы, в частности, соевая меласса. Так, при получении концентрата белка сои выделением безазотистых экстрактивных веществ из 1 т обезжиренных соевых бобов образуется в среднем 260 кг соевой мелассы [4]. Получаемый побочный продукт процесса экстракции и концентрирования белка сои (соевая меласса) – тяжелый коричневый сироп. Соевая меласса содержит углеводы, белки, фосфолипиды и минеральные компоненты. Из них 75–80% составляет углеводы. Кроме того, этот побочный продукт содержит олигосахариды и различные азотистые и минеральные компоненты [5]. Использование биотрансформации углеводовсодержащих компонентов соевой мелассы в молочную кислоту позволит повысить экономическую ценность соевой мелассы.

При производстве молочной кислоты применяют различные виды молочнокислых бактерий, трансформирующих углеводы (глюкозу, мальтозу, сахарозу, лактозу). Считается установленным, что при сбраживании мальтозы наибольший выход молочной кислоты достигается при использовании штамма *Lactobacillus casei*.

В данной работе в качестве продуцента использовался бактериальный штамм *Lactobacillus casei* – мезофильные грамположительные палочки с прямоугольными концами (0,7–1,1)×(2–4) мкм, располагающиеся чаще всего цепочками, с оптимальными параметрами культивирования при температуре (28–32)°С и pH 5,5 [6].

Литература

1. Перспективы развития мирового рынка молочной кислоты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.abercade.ru/research/analysis/7626.html>, своб.
2. Zhong Xu, Ping Yang, Xue-xin Yang, Yo-li Zhang. Исследование возможности сбраживания стеблей сои для производства L-молочной кислоты // HarbinUniv.Commer. Natur. Sci. Ed. – 2004. – V. 20. – N5. – P. 586–589.
3. Волкова Г.С., Куксова Е.В. Создание и использование новых видов биоконсервантов для хранения овощного сырья // Материалы междунауч. науч.-практ. конф. – 2012. – Ч. 2. – С. 57–60.
4. Исследование процессов ферментации отходов переработки сельскохозяйственного сырья с помощью кислотообразующих бактерий для получения молочной кислоты и ее производных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/issledovanie-protsessov-fermentatsii-otkhodov-pererabotki-selskokhozyaistvennogo-syrya-s-pom>, своб.
5. Смирнова В.Д., Киселева Р.Ю., Шакир И.В., Панфилов В.И. Биотехнологический путь переработки отходов производства соевого белка // Экология и промышленность в России. – 2010. – № 8. – С. 10–15.
6. Квасников Е.И., Нестеренко О.А. Молочнокислые бактерии и пути их использования. – М.: Наука, 1975. – 390 с.



Мамедов Эдгар Рамазан оглы

Год рождения: 1991

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья,
аспирант

Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология
и биотехнологии

e-mail: mamedovs1612@gmail.com



Солодченко Евгения Григорьевна

Год рождения: 1991

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности,
аспирант

Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология
и биотехнологии

e-mail: mamedovs1612@gmail.com



Федоров Александр Валентинович

Год рождения: 1958

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья,
д.т.н.

e-mail: alval58@yandex.ru

УДК 663.833

**ОСОБЕННОСТИ ПОМУТНЕНИЙ, ФАКТОРЫ И УСЛОВИЯ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ
В ЛИКЕРОВОДОЧНЫХ НАПИТКАХ**

Мамедов Э.Р., Солодченко Е.Г., Федоров А.В.

Научный руководитель – д.т.н. Федоров А.В.

В работе выполнен обзор различных видов помутнений, возникающих при производстве и в процессе хранения ликероводочных изделий. Приведены особенности этих помутнений и причины их образования. Рассмотрены условия и методы предотвращения и устранения кассов, исходя из природы их возникновения.

Ключевые слова: помутнения напитков, оксидазный касс, коллоидные помутнения, качество ликероводочных изделий, побурение алкогольных напитков.

В настоящее время ассортимент ликероводочных изделий на рынке алкогольных напитков разнообразен в связи с различными видами растительного сырья, используемого для их производства. К таким компонентам относятся травы, корни, плоды, ягоды и т.д., а они, в свою очередь, обладают высоким уровнем пищевой ценности. Приготовление ликероводочных напитков осуществляется путем водной или водно-спиртовой экстракции растительного сырья. Однако для получения высококачественного напитка с длительным сохранением прозрачности необходимо удаление избыточного количества высокомолекулярных соединений, к которым относятся белковые, фенольные, а также пектиновые вещества. Такие соединения снижают коллоидную стойкость не только готовых изделий, но и их полуфабрикатов (спиртованных морсов, соков, экстрактов) [1–3].

При производстве напитков из плодово-ягодных сырьевых компонентов образуются взвеси, называемые кассами. При исследовании причин помутнений напитков, а также

способов удаления этих помутнений особое внимание, прежде всего, уделяется их классификации. Ликероводочные изделия из плодово-ягодного сырья склонны к образованию металлических, коллоидных, а также биохимических кассов. Все они имеют различную природу образования и особенности, в связи с чем целью настоящего исследования явилось изучение данных факторов при производстве ликероводочной продукции.

Приготовление напитков выполняется в металлических резервуарах, также как и их хранение. Как известно, ионы металлов (железа, меди), содержащихся на поверхностях технологического оборудования, переходят в напиток и, тем самым, обогащают его. Помимо перехода ионов с поверхностей, можно отметить и возможность попадания частиц металлов из сырья, однако риск пагубного воздействия в данном случае невелик ввиду низкой концентрации этих ионов. Дополнительно усугубить ситуацию, связанную с загрязнением полуфабриката железом, способен используемый спирт-ректификат, являющийся одной из основных составляющих алкогольного напитка. Это связано с образованием нерастворимых соединений при взаимодействии полифенолов спиртованных морсов и трехвалентного железа.

Металлические помутнения сопровождаются изменением цвета ликероводочных изделий и их полуфабрикатов, поскольку образующиеся соединения имеют различные оттенки. Результатом взаимодействия ионов железа с антоцианами является образование помутнений фиолетово-синего цвета, с танидами – темного цвета (черный касс), с фосфатами – светлого цвета (белый касс). Однако в целях предотвращения металлических помутнений стоит учитывать воздействие на их возникновения таких параметров как уровень кислотности и температура среды, степень аэрации напитка, а также содержания органических кислот, сернистого ангидрида и других компонентов, влияющих на взаимодействие ионов железа с фенольными соединениями.

Помимо частиц железа металлические помутнения вызывают медные частицы, однако они отличаются нестабильностью и не представляют серьезных проблем для производителей. Дополнительно следует отметить, что используемые на предприятиях методы деметаллизации обеспечивают удаление как соединений железа, так и меди.

Наиболее распространенными и сложными с точки зрения осветления напитков являются коллоидные помутнения. Эти виды помутнений в большей степени связаны с особенностями используемого сырья. В частности, это касается плодово-ягодного сырья, в связи с наличием в его составе высокомолекулярных соединений, таких как полисахариды, пектиновые и белковые полимеры, а также полифенольные соединения. Помутнения полифенольной, полисахаридной и липидной природы называют обратимыми, поскольку они возникают при охлаждении до 0°C и исчезают при температуре 20°C.

Основные сложности возникают с необратимыми (окислительными) помутнениями, подразделяющимися на белковые и комплексные, содержащие в себе и белковые, и полисахаридные, и полифенольные компоненты. Поскольку, как уже было сказано, все эти органические соединения переходят в жидкую фазу из исходного плодово-ягодного сырья, данные помутнения неизбежно образуются и требуют комплекса мер для их устранения.

Из особенностей полисахаридных помутнений можно выделить комплексобразующие свойства пектинов, образующих коллоидные помутнения типа полисахарид-полифенол. Белковые помутнения, в свою очередь, возникают при воздействии на низкомолекулярные белки, имеющие низкую изоэлектрическую точку, компонентов и факторов среды: ионов металлов, кислотности, близкой к изоэлектрической точке, и других.

Также коллоидные помутнения образуются при взаимодействии фенольных соединений с белками и некоторыми полимерами, которые используют в качестве стабилизаторов структуры ликероводочных изделий.

Другим видом помутнений являются биохимические оксидазные кассы (ферментативный и неферментативный). Ферментативный оксидазный касс образуется при

заражении плодово-ягодного сырья патогенными микроорганизмами. Такие ферменты как лакказа и оксидаза, выделяемые микроорганизмами, воздействуют на фенольные соединения растительного сырья, и это приводит к физико-химическому изменению напитков. Например, патогенный гриб *Botrytis cinerea*, заражающий плоды серой плесневидной гнилью, вырабатывает такие ферменты как полифенолоксидаза или оксидаза, которые воздействуют на полифенолы растений. Результатом таких взаимодействий является побурение напитков, возникающее при окислении полифенолоксидазой ортодифенольных групп сначала в хиноны, а затем в флавофены и меланины. Последние выпадают в осадок бурого цвета, что и является причиной изменения цвета напитков. Из известных методов предотвращения образования оксидазных кассов можно выделить сульфитирование, а также присутствие витамина С, поскольку он обладает антиоксидантной активностью. Инактивировать ферменты можно при повышении температуры, что, в свою очередь, повлечет за собой устранение помутнений.

Неферментативный оксидазный касс, также относящийся к биохимическим оксидажным кассам, возникает при окислении фенольных соединений, таких как фенолоксилоты, антоцианы, катехины и т.п. с дальнейшим взаимодействием с белковыми соединениями, а наличие ионов железа и меди катализируют эти процессы. С целью недопущения возникновения этих оксидажных кассов необходимо устранять присутствующие в напитках белки путем использования стабилизаторов.

Приведенные выше виды помутнений встречаются повсеместно и требуют дополнительных мероприятий для их устранения. В таблице систематизированы сведения о помутнениях и методы их предотвращения/устранения.

Таблица. Характеристика и методы борьбы с помутнениями в ликероводочных изделиях

Вид помутнений	Компоненты помутнений	Методы предотвращения / устранения
Металлические	Ионы железа, меди	Деметаллизация
Коллоидные	Полифенольные, полисахаридные, белковые соединения и их комплексы	Нагревание (для обратимых помутнений), использование стабилизаторов
Ферментативные оксидазные кассы	Ферменты (лакказа, полифенолоксидаза, оксидаза)	Сульфитирование, обогащение витамином С, нагревание
Неферментативные оксидазные кассы	Комплексы полифенолов и белковых веществ	Использование стабилизаторов

Исследования существующих видов помутнений, образующихся при производстве и хранении ликероводочных напитков, необходимо производить для улучшения качества напитков в части их осветления. В настоящее время учеными и изобретателями выполнено достаточно большое количество исследований и патентов, что дает возможность обеспечить надлежащие органолептические и структурные показатели изделий.

Литература

1. Сергеева И.Ю. Классификация компонентов помутнений напитков из растительного сырья // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 42. – № 3. – С. 70–76.
2. Бурачевский И.И. Проблема стабильности и качества ликероводочных изделий // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2001. – № 2. – С. 11–12.
3. Валушко Г.Г. Технология виноградных вин. – Симферополь: Таврида, 2001. – 624 с.

**Харба Разан**

Год рождения: 1989

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья,
студент группы № Т4217Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания
из растительного сырья
e-mail: razan.harbah@mail.ru**Иванова Вера Анатольевна**

Год рождения: 1983

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья,
аспирантНаправление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология
и биотехнологии
e-mail: vera_ershova@mail.ru**Меледина Татьяна Викторовна**

Год рождения: 1948

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья,
д.т.н., профессор

e-mail: tvmeledina@corp.ifmo.ru

УДК 663.12**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ И ЕГО ВЗАИМОСВЯЗЬ С ПАРАМЕТРАМИ
КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* В ПРОСТОЙ
ПЕРИОДИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ****Харба Р., Иванова В.А.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Меледина Т.В.**

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

В работе рассмотрены пути интенсификации процесса накопления биомассы дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* путем внесения в синтетическую питательную среду добавок биотина и витамина D. Эффективность проводимых процессов культивирования чистой культуры дрожжей оценивали, рассчитывая экономический коэффициент и скорость размножения дрожжей через 6 ч и 24 ч культивирования.

Ключевые слова: дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, биотин, витамин D, экономический коэффициент, скорость размножения дрожжей.

Для осуществления любого биотехнологического процесса необходим посевной материал, который накапливается в ходе последовательных стадий процесса получения чистой культуры. Для достижения максимальной эффективности этого процесса, т.е. максимальной интенсивности размножения клеток, обеспечивающей высокий выход биомассы, необходимо обеспечить оксидативный метаболизм дрожжей и оптимальные физико-химические условия их выращивания.

В связи с этим на интенсивность размножения и выход биомассы будет влиять сбалансированность всех компонентов питательной среды, и, прежде всего, наличие факторов роста, источников углеродного и азотного питания, макроэлементов (P, K, Mg) и микроэлементов (Cu, Fe, Mn, Zn).

Одним из факторов роста, потребность в котором характерна для всех дрожжей рода *Saccharomyces*, это – биотин. Недостаток биотина в среде культивирования влечет за собой нарушение всех видов обмена: белкового, жирового, углеводного, а также синтеза нуклеиновых кислот [1]. Обычно для возмещения недостатка биотина в сложные питательные среды его вносят из расчета от 0,1 до 0,25 мг из расчета на прирост 100 г абсолютно сухой биомассы дрожжей [2].

Помимо сбалансированной по составу питательной среды и наличия в среде растворенного кислорода для повышения эффективности процесса размножения дрожжей могут использоваться различные стимуляторы роста, которые можно разделить на физические, химические и биологические [1]. В данной работе в качестве химического стимулятора роста был использован витамин D, предшественник которого, эргостерол, составляет основную массу стерина в дрожжах.

Известно, что биосинтез стерина тесно связан с ростом и размножением дрожжей и непосредственно влияет на прирост биомассы. При этом с одной стороны, этот процесс стимулируется присутствием в среде биотина и растворенного кислорода, а с другой стороны, альтернативным источником стерина для дрожжевой клетки может быть внеклеточный витамин D. Взаимосвязь данных процессов с энергетическим и конструктивным метаболизмом дрожжей до сих пор изучена мало.

Таким образом, изучение возможного влияния на эффективность накопления биомассы биотина и витамина D имеет большое значение, как с научной, так и с практической точки зрения.

В данной работе дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* штамм WB-06 культивировали в простой периодической культуре без дополнительной аэрации. Температура культивирования 30°C.

Для культивирования использовали модифицированную синтетическую стерильную среду следующего состава на 1 дм³: 20 г глюкозы, 2 г лимонной кислоты, 1,0 г (NH₄)₂SO₄, 2,2 г Na₂HPO₄, 0,6 г KCl, 0,5 г MgSO₄·7H₂O, 0,1 г CaCl₂·6H₂O, 0,5 г H₃BO₃, 0,4 г ZnSO₄·7H₂O, 0,2 г FeCl₃·6H₂O, 0,2 г MnSO₄·5H₂O, 0,1 г KI, 0,1 г CuSO₄·5H₂O, 0,3 г фолиевой кислоты и 0,6 г пантотената кальция [3].

Засев питательной среды: 30 ± 5 млн клеток/см³.

Биотин вносили из расчета 0,1 мг/100 г абсолютно сухой биомассы дрожжей (АСБ). Витамин D из расчета 200 мг /100 г АСБ.

В работе были рассмотрены следующие варианты культивирования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* (штамм WB-06) в простой периодической культуре:

№1 – культивирование в среде, без добавления биотина и витамина D;

№2 – культивирование в среде с добавлением биотина, без добавления витамина D;

№3 – культивирование в среде с добавлением витамина D, без добавления биотина.

Анализ проводили в начале культивирования и через 6, и 24 ч от начала культивирования. В ходе исследования определяли содержание сухих веществ в питательной среде (г/100 см³), а также накопление биомассы (г).

Накопление биомассы (содержание абсолютно сухих веществ биомассы – X, г) определяли весовым способом после высушивания суспензии промытых дрожжей до постоянного веса при 105°C.

Содержание сухих веществ в питательной среде (S, г/100 см³) определяли с помощью рефрактометра Index instrument PTR46.

Эффективность процесса оценивали по экономическому коэффициенту [4], рассчитанному по формуле:

$$Y = \left(\frac{\Delta X}{\Delta S} \right) \times 100\%, \quad (1)$$

где ΔX – прирост биомассы, г; ΔS – расход сухих веществ среды, г.

Также оценивали удельную скорость размножения дрожжей [4], которую рассчитывали по формуле:

$$\mu = \ln \frac{x}{x_0} \times \tau^{-1}, \quad (2)$$

где x_0 – содержание АСБ в момент засева, г; x – содержание АСБ через время τ , г; τ – длительность процесса культивирования, ч.

Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица. Показатели процесса культивирования

№ вар.	τ , ч	S , г/100 см ³	X , г/100 см ³	ΔS , г	ΔX , г	Y , %	μ , ч ⁻¹
1	0	1,7	$15,9 \cdot 10^{-2}$				
2		1,7	$16,0 \cdot 10^{-2}$				
3		1,7	$15,9 \cdot 10^{-2}$				
1	6	0,9	$17,6 \cdot 10^{-2}$	0,8	$1,7 \cdot 10^{-2}$	2,1	$16,7 \cdot 10^{-3}$
2		0,9	$18,0 \cdot 10^{-2}$	0,8	$2,0 \cdot 10^{-2}$	2,5	$18,3 \cdot 10^{-3}$
3		0,8	$19,8 \cdot 10^{-2}$	0,9	$3,9 \cdot 10^{-2}$	4,3	$36,7 \cdot 10^{-3}$
1	24	0,7	$20,0 \cdot 10^{-2}$	1,0	$4,1 \cdot 10^{-2}$	4,1	$9,6 \cdot 10^{-3}$
2		0,8	$22,4 \cdot 10^{-2}$	0,9	$6,4 \cdot 10^{-2}$	7,1	$14,2 \cdot 10^{-3}$
3		0,5	$26,6 \cdot 10^{-2}$	1,2	$10,7 \cdot 10^{-2}$	8,9	$21,3 \cdot 10^{-3}$

Анализ полученных данных показал, что удельная скорость размножения дрожжей через 6 ч культивирования в среде с добавлением витамина D в 2 раза выше, чем в варианте с добавлением биотина, и в 2,2 раза выше, чем в среде без добавок. Экономический коэффициент через 24 ч культивирования при использовании добавки витамина D в 1,3 раза превышает экономический коэффициент процесса, протекающего в среде с добавлением биотина, и в 2,2 раза превышает значение этого показателя для культивирования в среде без добавок.

Таким образом, исследования показали, что внесение в питательную среду витамина D положительно сказывается на росте и размножении клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, что свидетельствует о его активном вовлечении в конструктивный и энергетический метаболизм клеток. Интересно, что предполагаемый биохимический путь потребления витамина D не подразумевает присутствия в среде растворенного кислорода, что открывает дополнительные преимущества использования данного ингредиента. А это, в свою очередь, требует проведения дополнительных исследований.

Литература

1. Меледина Т.В., Давыденко С.Г. Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. Морфология, химический состав, метаболизм: учеб. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 88 с.
2. Аннемюллер Г. Дрожжи в пивоварении. – СПб.: Профессия, 2015. – 428 с.
3. Mizunaga T., Kuraishi H., Aida K. Levels of biotin enzymes during unbalanced growth and death of biotin-deficient yeast cells // J. Gen. Appl. Microbiol. – 1973. – V. 19. – P. 1–9.
4. Меледина Т.В., Иванова В.А., Федоров А.В. Аппаратурно-методическая база экспериментов в области пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья. Учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2017. – 60 с.



Аксенова Ольга Игоревна

Год рождения: 1991

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра процессов и аппаратов пищевых производств, аспирант

Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология
и биотехнологии

e-mail: oks280491@yandex.ru



Кривоустов Виталий Владимирович

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра процессов и аппаратов пищевых производств,
студент группы № Т4245

Направление подготовки: 15.04.02 – Технологические машины
и оборудование

e-mail: vetbel94@gmail.com

УДК 664.696

ЭКСТРУЗИЯ ЗАКУСОЧНЫХ ПРОДУКТОВ: ОТ ТРАДИЦИОННЫХ РЕЦЕПТУР К БИОЛОГИЧЕСКИ ПОЛНОЦЕННЫМ РАСШИРЕННЫМ СНЕКАМ

Аксенова О.И., Кривоустов В.В.

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

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

В работе рассмотрено вызванное популяризацией здорового образа жизни изменение требований к физиологическим свойствам экструдированных закусочных продуктов, и соответствующая трансформация их рецептур. Показано, что рецептуры современных расширенных снеков достаточно разнообразны, за счет того, что экструзия позволяет легко корректировать традиционные рецептуры зерновых снеков, обогащая их ценными пищевыми веществами из побочных продуктов переработки различных производств.

Ключевые слова: экструзия, закусочные продукты, традиционные рецептуры, побочные продукты переработки, биологическая ценность, расширенные снеки.

Одна из ведущих тенденций развития рынка пищевых продуктов – это рост потребления «полезных» закусочных продуктов, которые отличаются легкостью и высокой биологической ценностью. Эта тенденция, с одной стороны, связана с популяризацией здорового образа жизни, а, с другой, с темпом жизни современного общества, который не оставляет людям достаточно времени на приготовление и потребление полноценных приемов пищи. Таким образом, энергетическая ценность закусочных продуктов постепенно сменяется требованиями к их биологической ценности. Производить биологически полноценные снеки с привлекательными для потребителя свойствами позволяет высокоэффективный процесс экструзии.

Экструзионная обработка пищевых продуктов применяется более 50 лет. На сегодняшний день ассортимент экструдированных продуктов питания насчитывает более 400 наименований, в том числе закусочные продукты.

Экструзия становится более популярной, в сравнении с традиционными методами производства закусочных продуктов, благодаря ее автоматизированному контролю, высокой производительности, непрерывности процесса, гибкости и адаптивности, энергетической эффективности и низкой стоимости.

Основная доля рынка экструдированных закусочных продуктов приходится на США, Азиатско-Тихоокеанский регион и Европу. Основными производителями экструдированных снеков выступают компании Nestle, Kellogg's, PepsiCo, Kraft Foods и другие.

Мера доходности инвестиций рынка (CARG) экструдированных снеков по отчетам аналитиков показывала 3% рост с 2009 по 2016 годы, достигнув значения 50 млрд долларов США в 2016 году. По прогнозам ведущего российского агентства IMARS Group рынок экструдированных снеков будет показывать дальнейший стабильный рост на 2,3% в течение 2017–2022 годов, и к 2022 году CARG достигнет 57 млрд долларов США [1].

Регулярное расширение ассортимента экструдированных снеков за счет введения новых вкусов, внедрения в рецептуру нетрадиционных ингредиентов, ставка на новые сенсорные ощущения потребителя производителями послужили основным катализатором роста рынка экструдированных закусочных продуктов. Такое разнообразие вкусов, форм и размеров изменили предпочтения потребителя, таким образом, экструдированные закусочные продукты стали потреблять люди, следящие за здоровым образом жизни (протеиновые и фруктовые батончики).

Основные типы экструдированных закусочных продуктов показаны на рисунке.



Рисунок. Основные типы экструдированных расширенных снеков

Ниже приведена условная сегментация рынка экструдированных закусочных продуктов в соответствии с основными типами товаров:

1. сладкие зерновые закусочные продукты – данная категория снеков рассчитана в основном на детей. По внешнему виду – это пористые «воздушные» мелкоштучные изделия разнообразных форм (звездочки, колечки, палочки, шарики) и цветов, обладающие чаще всего фруктовым, молочным, медовым или шоколадным вкусом. Основными рецептурными ингредиентами являются зерновые культуры (пшеница, рис, кукуруза) или их смесь, часто такие продукты дополнительно обогащаются витаминами;
2. закуски к пиву – является самым быстрорастущим направлением, что обусловлено постоянным ростом потребления слабоалкогольных напитков. По внешнему виду это так же пористые «воздушные» мелкоштучные изделия в основном в виде палочек или шариков (отсутствует разнообразие форм и размеров), обладающие ярко выраженным остро-соленым специфическим вкусом – с ароматом рыбы, копченого мяса, сыра, перца, национальных блюд (холодца и хрена, пиццы, баварских колбасок и т.д.). Рецептура таких снеков довольно разнообразна, основа представлена зерновыми культурами (рис, кукуруза) или картофелем, допускается добавление в рецептуру мясных или бобовых ингредиентов;
3. сухарики – сохраняют привычный вкус и рецептуру традиционных хлебных сухариков, однако отличаются более низким калоражем и характерной для экспандированных (расширенных) экструдатов текстурой;
4. закусочные продукты для спортивного питания (фруктовые и протеиновые батончики) – основным требованием к данной категории снеков является сбалансированный состав и

низкая калорийность. Является сравнительно новым, но активно развивающимся направлением. Основа рецептуры сладких снеков представлена жмыхом фруктов и овощей, орехами, допускается добавление зерновых; соленых – бобовые культуры, мясные ингредиенты.

Как было отмечено выше, экструдированные закусочные продукты состоят в основном из злаков, крахмалов, и (или) растительных и животных белков. Основная роль этих ингредиентов состоит в том, чтобы обеспечить требуемые структуру, текстуру, вкусовые ощущения и плотность.

Особенно актуальным в настоящее время является разработка рецептур снеков, обогащенных ценными питательными веществами, но имеющими небольшую стоимость, что достигается добавлением в рецептуру снеков побочных продуктов от переработки фруктов, ягод и овощей, в качестве источников минералов, витаминов и диетических волокон [2]. В ряде исследований в снеках, обогащенных пищевыми волокнами из овощных и фруктовых отходов, отмечалось более высокое содержание пищевых волокон, лучшее соотношение растворимых и не растворимых волокон, чем в снеках, обогащенных пищевыми волокнами из зерновых отрубей [3].

Таким образом, необходимо отметить, что рецептуры современных экструдированных снеков достаточно разнообразны, за счет того, что экструзия позволяет легко корректировать традиционные рецептуры зерновых закусочных продуктов, обогащая их ценными пищевыми веществами из сырья богатого белками и диетическими волокнами, в том числе из побочных продуктов переработки различных производств.

Удовлетворение постоянно меняющимся запросам рынка пищевой продукции требует непрерывного совершенствования технологии их производства и поиска помимо традиционных новых ингредиентов, в том числе из продуктов, сопутствующих переработке других видов пищевого сырья. Экструзионная обработка для получения закусочных продуктов как экологически безопасный, ресурсосберегающий и универсальный процесс, позволяющий получать хорошо усвояемые, термостерилизованные с улучшенными вкусовыми свойствами пищевые продукты, вызывает в этом смысле особенно пристальное внимание [4].

Экструзия на сегодняшний день – это один из наиболее эффективных способов для разработки продуктов со сбалансированными рецептурами. Она позволяет достаточно легко обогащать закусочные продукты белками, витаминами, пищевыми волокнами, поэтому представляется целесообразным решать с ее помощью проблемы, актуальные в настоящее время, – создавать закусочные продукты, лишенные недостатков традиционных закусочных продуктов, т.е. обеспечивать производство закусочных продуктов с регулируемой пищевой, биологической и энергетической ценностями [5].

Литература

1. Extruded Snack Food Market Report, Trends and Forecasts 2017–2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.expertmarketresearch.com/reports/extruded-snack-food-market/>, своб.
2. Aksenova O.I., Alexeev G.V., Krivopustov V.V., Iakovlev P.S. From traditional recipes to biologically complete food products: review on snacks extrusion // RJOAS: Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. – 2017. – № 12(72). – P. 349–353.
3. Alam M.S., Kaur J., Khaira H., Gupta K. Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: a review // Critical reviews in food science and nutrition. – 2016. – № 56. – P. 445–473.
4. Аксенова О.И., Куликова М.Г. Обоснование технологических решений при производстве продуктов питания повышенной биологической ценности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://apej.ru/article/08-06-17/>, своб.
5. Остриков А.Н., Василенко В.Н., Соколов И.Ю. Коэкструдированные продукты: новые подходы и перспективы. – М.: ДеЛи принт, 2009. – 232 с.

**Денисов Антон Александрович**

Год рождения: 1980

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра процессов и аппаратов пищевых производств,
студент группы № Х4235Направление подготовки: 15.04.02 – Технологические машины
и оборудование

e-mail: crazy_rifleman@mail.ru

**Верболоз Елена Игоревна**

Год рождения: 1962

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра процессов и аппаратов пищевых производств,
д.т.н., профессор

e-mail: elenaverboloz@mail.ru

УДК 621.928**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПО СОЗДАНИЮ ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ СЕПАРАЦИИ СЫПУЧИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПОСРЕДСТВОМ
ЛАЗЕРНОГО СОРТИРОВЩИКА****Денисов А.А., Верболоз Е.И.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Верболоз Е.И.**

В работе рассмотрено применение лазерного сортировщика при сепарации зеленого кофе сырца с целью улучшения качества очистки продукта, экономии производственных площадей. Также приведена машинно-аппаратурная схема предварительной очистки зеленого кофе на основе лазерного сортировщика.

Ключевые слова: сепарация, зеленый кофе, лазерный сортировщик, улучшенное качество очистки, технологическая линия предварительной сепарации.

Главным направлением увеличения производства продуктов питания является развитие прогрессивной технологии и высокоэффективных процессов, использование которых значительно повышает производительность труда, способствует экономии исходного сырья и энергетических ресурсов, а также сокращает негативное воздействие на окружающую среду [1–7].

Любой технологический процесс, несмотря на различие методов, представляет собой ряд взаимосвязанных типовых технологических стадий, протекающих в аппаратуре определенного класса. Процессы пищевой технологии достаточно сложны и обычно представляют собой сочетание тепловых, массообменных, биохимических и механических процессов.

Производственные технологические циклы большинства отраслей промышленности включают в себя процессы сепарирования твердых веществ и жидкостей. Не является исключением и кофейная промышленность.

В мировом рейтинге потребления кофе Россия находится в первой десятке стран. Согласно статистическим и аналитическим данным, таких рейтингов российскому рынку кофейной продукции удалось достичь всего лишь за 7–8 лет.

Чтобы привлечь потребителя, производители меняют технологические приемы производства кофе, акцентируя на этом внимание в своих рекламных кампаниях. В то же

время представители ученого сообщества не перестают работать над совершенствованием технологии производства кофейной продукции.

В связи с этим поиск путей повышения эффективности сепарации зерен кофе, без особого их удорожания, является актуальной задачей.

В настоящее время перспективным является использование различных оптических решений, нацеленных на точную сортировку и надежный выход продукта, отвечающих требованиям мелких, средних и крупных переработчиков, сортирующих различные зерна, например, обжаренные, частично/полностью промытые, высушенные на солнце, зеленые, зерна робуста, гриндерс или арабика.

В частности, лазерный сортировщик предназначен для анализа средствами машинного зрения и последующего разделения объектов по цвету, размерам, форме и иным характеристикам. Максимальная производительность в зависимости от ширины зоны анализа – от 3000 кг/ч до 10000 кг/ч. Эффективность сортировки кофе при производительности 3,2 т/ч – 93%, после повторной сортировки – 100%. Скорость транспортной ленты – 3 м/с. Программное обеспечение SEA распознает до 16 классов дефектов, при этом размер определяемого дефекта регулируется. Также система, на основании размера зоны дефекта, позволяет пользователю самостоятельно решать, является ли пятно на зерне дефектом или может считаться допустимым.

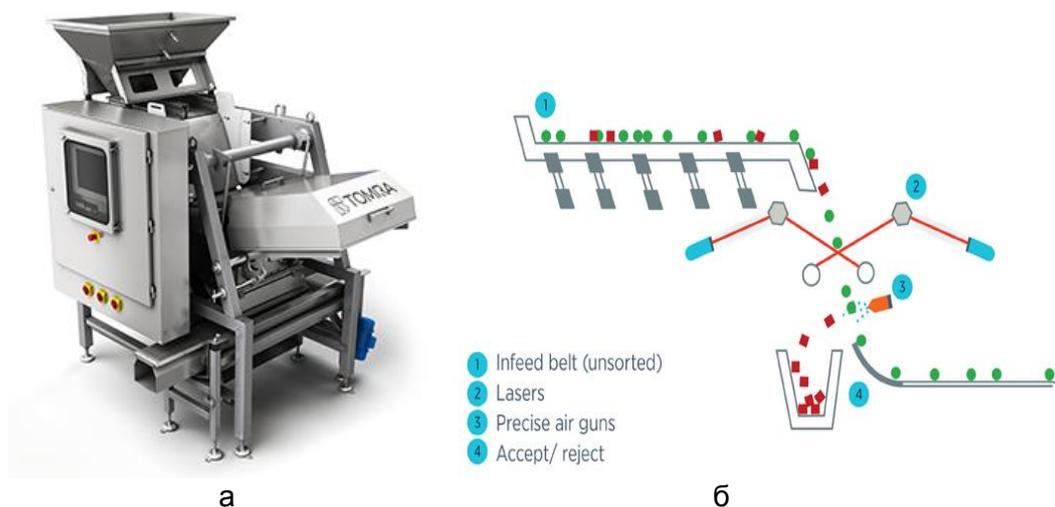


Рис. 1. Гравитационная установка Helius™ производства компании TOMRA (а); принцип работы гравитационной лазерной сепарационной установки TOMRA Helius: 1 – виброподача неочищенного продукта; 2 – лазеры; 3 – точные пневматические эжекторы (б)

Одним из устройств оптической сепарации является гравитационная оптическая установка Helius™, которая используется для сортировки самых разнообразных пищевых продуктов (рис. 1, а). Гравитационная установка Helius™ производства компании TOMRA (рис. 1, б), специально предназначенная для сортировки семян, риса, орехов, зерна и множества других видов сухой продукции, который позволяет убирать разнообразные инородные примеси (камни, палочки, металл, стекло и т.д.), а также дефекты, различающиеся по цвету.

Машинно-аппаратурная схема линии предварительной очистки зеленого кофе с использованием лазерного сортировщика представлена на рис. 2.

Подобная система на базе автоматических сортировочных машин, использующих различные способы разделения, действует в большинстве Европейских стран с начала 90-х годов XX века. Спрос на такие машины продолжает расти и сегодня. Исследования показывают, что в 2006 году было отмечено лишь 8 производителей оптических сепараторов, а уже в 2010 г. их количество возросло до 18. Однако на отечественный рынок развитые в Европе технологии начинают приходить только сейчас. Существуют исследования

производительности сепаратора, в которых говорится о соответствии одной подобной машины работе 150 рабочих. Данный аспект делает ручную сортировку практически нерентабельной даже в условиях дешевой рабочей силы.

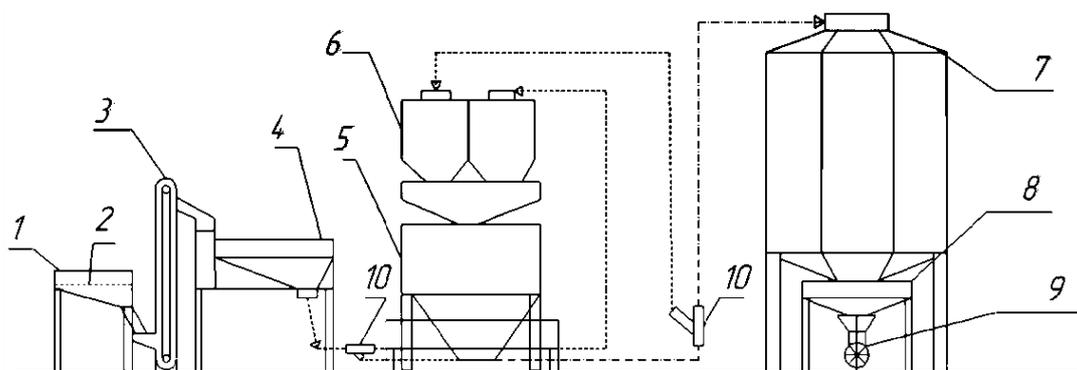


Рис. 2. Машинно-аппаратурная схема линии предварительной очистки зеленого кофе с использованием лазерного сортировщика: 1 – воронка для засыпки неочищенного зеленого кофе; 2 – стационарно установленные магниты; 3 – нория; 4 – виброционное сито; 5 – гравитационная, лазерная, сепарационная установка Tomra HELIUS; 6 – накопительные бункеры для первичной и повторной очистки; 7 – силос для зеленого очищенного кофе; 8 – воронка с весовыми тензOMETрическими датчиками; 9 – роторный дозатор; 10 – двухпутевой клапан

Применение таких систем для сортировки различного рода продуктов является перспективным решением, однако на данный момент они не нашли широкого распространения.

Поэтому на сегодняшний день является актуальным исследование и разработка технологической линии по предварительной очистке зеленого кофе сырца с последующей заменой применяемых на данный момент в производственном процессе элементов оборудования таких как магнитные, вибрационные, пневмо-вибрационные, на более эффективную схему сепарации на основе оптико-электронной системы, что должно привести к большой экономии площадей и энергоресурсов с повышением производительности и качества получаемого сырья. Это неизбежно повлечет за собой улучшение вкусовых характеристик итогового продукта.

Литература

1. Андреев А.Л. Автоматизированные видеоинформационные системы. – СПб.: НИУ ИТМО, 2011. – 120 с.
2. Грамматин А.П., Романова Г.Э., Балащенко О.Н. Расчет и автоматизация проектирования оптических систем. Учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 128 с.
3. Перетягин В.С. Исследование и разработка многокомпонентных устройств освещения для оптико-электронных систем цветового анализа объектов: дис. канд. техн. наук: 05.11.07. / Перетягин Владимир Сергеевич. – СПб., 2015. – 142 с.
4. ГОСТ Р 51074-2003. Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования. – Введен 01.07.2005. – М.: Стандартинформ, 2006. – 24 с.
5. ГОСТ Р 52088-2003. Кофе натуральный жареный. Общие технические условия. – Введен 01.07.2004. – М.: Стандартинформ, 2007. – 16 с.
6. ГОСТ Р 51450-99. Кофе зеленый (сырой). Виды дефектов. – Введен 01.01.2001. – М.: Стандартинформ, 2008. – 14 с.
7. Березин М.А., Истихин С.В., Кузнецов В.В. Практикум по расчетам технологического оборудования пищевых производств. – Саранск: ООО «Мордовия-Экспо», 2009. – 64 с.



Кулишов Борис Александрович

Год рождения: 1993

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра процессов и аппаратов пищевых производств,
аспирант

Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология
и биотехнологии

e-mail: kulishov.b@list.ru

УДК 664.65

**ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ВЫПЕЧКИ**

Кулишов Б.А.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Новоселов А.Г.

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

В работе рассмотрена методика проведения экспериментов по исследованию выпечки хлеба электроконтактным способом и результаты, полученные в ходе экспериментов. Уделено внимание особенностям процесса разделки, отличиям разделки перед электроконтактной выпечкой и трудности, связанные с данным фактором. Также указаны промежуточные результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: хлеб, тесто, электроконтактная выпечка, рецептура, упек.

Применение в современной пищевой промышленности энергосберегающих технологий обработки сырья позволяет уменьшить издержки производства, а использование нетрадиционных методик проведения процессов, с учетом их сферы применения и оптимального конструктивного исполнения, позволяет расширить ассортимент выпускаемой продукции, выпуская бескорковый хлеб, повысить питательную ценность целевого продукта, а также в перспективе решить некоторые технологические проблемы [1].

В хлебопекарной промышленности к нетрадиционным технологиям выпечки относится электроконтактная (ЭК) выпечка. Сущность электроконтактного способа выпечки состоит в пропускании через тесто переменного тока путем контакта теста с металлическими пластинами-электродами [2].

В Университете ИТМО на базе кафедры процессов и аппаратов пищевых производств и кафедры пищевой биотехнологии и продуктов из растительного сырья проводится исследование процесса ЭК-выпечки с целью получения хлеба-полуфабриката для производства декоративной панировочной крошки.

В ходе проведения экспериментов были систематизированы данные по следующим параметрам выпечки:

- длительность процесса;
- энергопотребление экспериментальной установки;
- упек хлеба в ходе выпечки.

Для опытов использовалась рецептура теста и режим замеса, указанные в работе [1]. В случае использования муки высшего сорта рецептура оставалась неизменной.

На рис. 1 приведено распределение длительности выпечки для серии опытов с 1-ой тестовой заготовкой при расстоянии между электродами 101 мм, с 2-мя тестовыми заготовками при расстоянии между электродами 101 мм, и с 2-мя тестовыми заготовками при расстоянии между электродами 90 мм при концентрациях соли 0,5%, 1,0% и 1,5% от массы муки. Все дальнейшие результаты приводятся для данной серии опытов. Как видно из

распределения, длительность напрямую связана с концентрацией соли – чем меньше концентрация, тем больше длительность. При уменьшении расстояния между электродами наблюдается некоторое снижение длительности выпечки.

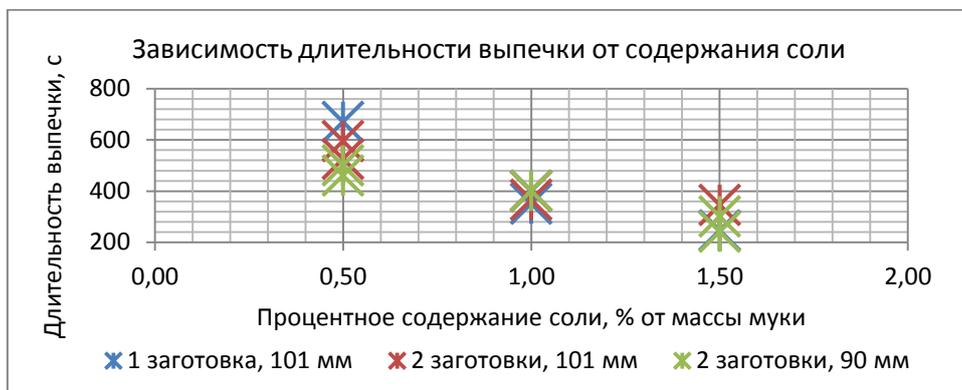


Рис. 1. Распределение длительности выпечки в зависимости от факторов эксперимента

На рис. 2 приведено распределение энергопотребления на процесс выпечки. По данным распределения, приведенным на диаграмме, нельзя однозначно судить о каких-либо корреляциях с концентрацией соли. Предполагается, что для выпечки необходимо какое-то определенное количество теплоты, и концентрация соли влияет лишь на скорость выпечки и максимальный ток.

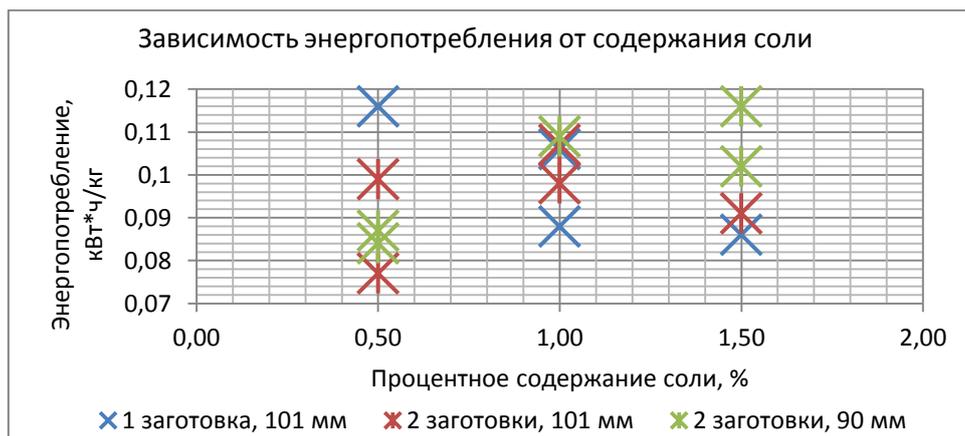


Рис. 2. Распределение энергопотребления на процесс выпечки в зависимости от факторов эксперимента

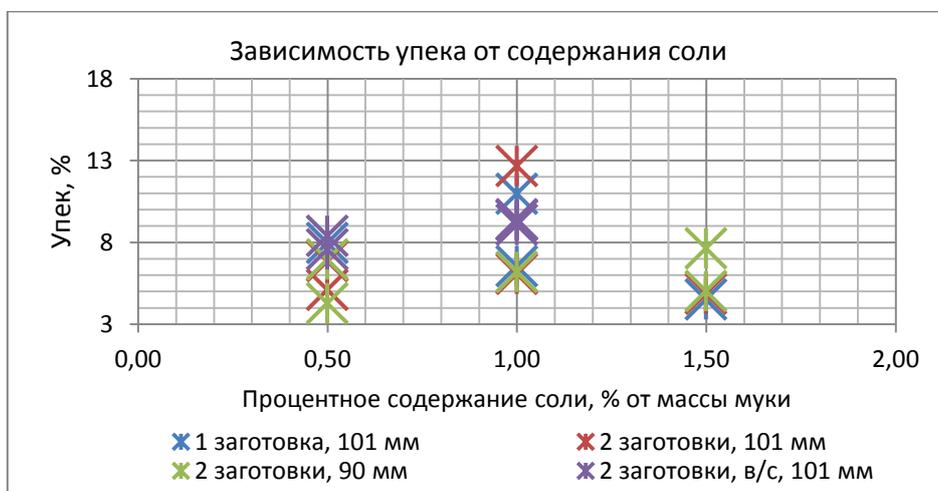


Рис. 3. Распределение упека в зависимости от факторов эксперимента

Также были сведены в один график данные по упеку опытов с мукой первого сорта и ряд опытов с мукой высшего сорта. На рис. 3 приведено распределение энергопотребления на процесс выпечки; в одной серии экспериментов использовалась мука высшего сорта. Как видно из распределения, упек варьируется в широком диапазоне от 4% до почти 13%. Средняя величина упека для ЭК-выпечки составляет 7,6%.

В ходе экспериментов также была выявлена некоторая проблема, связанная с формованием тестовых заготовок. Традиционный способ формования не всегда позволяет успешно провести процесс. Для ЭК-выпечки очень важен хороший контакт между электродами и тестовой заготовкой, а круглая тестовая заготовка имеет малую площадь контакта с плоским электродом. После нескольких неудачных опытов была выбрана следующая методика разделки теста: формируется круглая тестовая заготовка массы большей, чем необходимо, и от нее потом под линейку отрезается боковые стороны для формирования плоских вертикальных стенок. Далее заготовки укладываются в печь, и происходит процесс расстойки в расстойном шкафу. Несмотря на стабильные результаты выпечки, данный способ отличается сложностью и трудоемкостью. В дальнейшем планируется усовершенствование этапа разделки.

Литература

1. Кулишов Б.А., Новоселов А.Г., Иващенко С.Ю., Еськов В.А. Перспективы применения электроконтактного способа выпечки хлеба // Ползуновский вестник. – 2017. – № 2. – С. 14–18.
2. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: учебник. – 9-е изд.; перераб. и доп. / Под общ. ред. Л.И. Пучковой. – СПб.: Профессия, 2005. – 416 с.



Темершин Дмитрий Дмитриевич

Год рождения: 1993

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра процессов и аппаратов пищевых производств,
аспирант

Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология
и биотехнологии

e-mail: dima-lestreyd@mail.ru

УДК 663.44

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛОДОВЫХ СУСПЕНЗИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПИВНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Темершин Д.Д.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Новоселов А.Г.

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

В работе проведен аналитический обзор работ, посвященных исследованию реологических свойств пивного сусла на различных стадиях производства.

Ключевые слова: пивное сусло, динамическая вязкость, затирание, охмеление, брожение, кривая жидкости.

На сегодняшний день, несмотря на определенные ограничения со стороны государства, пивная промышленность все же вышла из кризисного состояния, которое в 2010 г. было весьма критичным. Также стоит отметить, что появление малых пивоварен, а также домашнего пивоварения играет положительную роль в привлечении новых потребителей данного продукта. Основное преимущество малых пивоварен – возможность создавать продукт по собственному рецепту, который может содержать несколько видов солода или несоложенного сырья, хмеля, а также различную плотность. Знание физико-химических свойств пищевых жидкостей является важным фактором при подборе технологического оборудования. Если говорить о физических параметрах, то такие параметры как вязкость, плотность, касательные напряжения, градиент скорости играют важную роль при транспортировке сырья или же при осуществлении различных гидромеханических процессов. Производство пива является одним из сложных производств так как содержит в себе, механические, гидромеханические, тепло-массообменные и биотехнологические процессы, поэтому постоянный контроль физико-химических характеристик во время всего производственного этапа является важным фактором, обеспечивающим высокое качество готового продукта.

Цель работы – аналитический обзор работ, посвященных определению реологических свойств пивного сусла.

В работе [1] исследовались реологические свойства пивного сусла после затирания и охмеления. Материалом для исследования было пивное светлое сусло гидромодулем 1:4. Диапазон температурных измерений варьировался 0 до 45°C. Измерение вязкости происходило при повышении градиента скорости от 0 до 100 с⁻¹ с шагом в 10 с⁻¹. По полученным данным были построены кривые течения жидкости, зависимости вязкости от градиента скорости. Из проанализированных данных было видно, что сусло после затирания ведет себя как ньютоновская жидкость, однако сусло после охмеления проявляет неньютоновское поведение при низких температурах. Такое явление можно объяснить тем,

что при низкой температуре и градиенте скорости частички хмеля способны к агломерации и поэтому повышают вязкость жидкости.

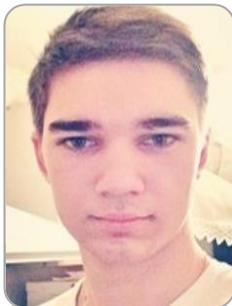
В работе [2] изучалось изменение вязкости сусла на стадии брожения. Также материалом для исследования было пивное сусло гидромодулем 1:4. Отбор проб осуществлялся на протяжении нескольких дней. Температурная зависимость динамической вязкости имела линейную форму для всех измерений.

В работе [3] были проведены исследования, связанная с определением вязкости сусла на стадии затирания. Отбор пробы осуществлялся на каждой температурной паузе. Для измерения вязкости осуществлялся. Измерения вязкости происходили в вискозиметре роторного типа при скорости сдвига 34 с^{-1} . Из проанализированных данных можно сделать вывод, что в температурных пределах вязкость сусла постоянно менялась – это связано с активностью ферментов, переносом большого количества сырья в сусло, а также постоянного взаимодействия с ионами воды.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что некоторые вопросы в реологии пивных сусел на сегодняшний день объяснены детально, однако, стоит заметить, что такие исследования проводились только для сусла из солода с одинаковым гидромодулем, поэтому исследования реологии сусел для различных сортов пива является актуальной задачей на сегодняшний день.

Литература

1. Travneck P., Los J., Junga P. Comprassion of rheological properties of hopped wort and malt wort // *Acta Universitates Agriculturae et Silviculturae Mendeliane Brunensis*. – 2015. – V. 63(1). – P. 131–136.
2. Hlavac P. Changes in malt wort dynamic viscosity during fermentation // *Journal of processing and energy in agriculture*. – 2007. – V. 14. – P. 15–18.
3. Severa L., Los J., Nedomova S., Buchar J. On the rheological profile of malt wort during processing of substance for lager beer // *Journal of food physics*. – 2009. – V. 22. – P. 5–16.

**Шуваев Евгений Викторович**

Год рождения: 1996

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра процессов и аппаратов пищевых производств,
студент группы № Т4137Направление подготовки: 15.04.02 – Технологические машины
и оборудование

e-mail: sheka95@mail.ru

**Темершин Дмитрий Дмитриевич**

Год рождения: 1993

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра процессов и аппаратов пищевых производств,
аспирантНаправление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология
и биотехнологии

e-mail: dima-lestreyd@mail.ru

УДК 663.4**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПИВОВАРЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПУТИ
ПОВЫШЕНИЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ МИНИ-ПИВОВАРЕН****Шуваев Е.В., Темершин Д.Д.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Гуляева Ю.Н.**

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

В работе рассмотрена история развития пивного рынка России, существующие на данный момент проблемы, а также пути повышения рентабельности мини-пивоварен с помощью современных технологий в пищевой инженерии.

Ключевые слова: пивоварение, малые пивоварни, крафтовое пиво, рентабельность, культивирование.

Пиво – это слабоалкогольный напиток, получаемый спиртовым брожением солодового сусла (зачастую на основе ячменя) при помощи пивных дрожжей с добавлением хмеля. На сегодняшний день российский рынок в своем большинстве принадлежит таким иностранным компаниям как: Балтика, Хейнекен, Сан Инбев, Эфес. Российское же пивоварение представляет Василеостровская, Московская и Волковская пивоварни. Производство пива является сложным с точки зрения технологии, так как содержит в себе механические, тепло-массообменные и биотехнологические процессы. Для того чтобы напиток соответствовал стандартам качества для своего сорта, пивоварам нужно учитывать множество нюансов и тщательно подбирать ингредиенты. Приготовление пива состоит из следующих этапов: дробления солода, его затирания с водой, фильтрования, кипячения с хмелем, осветления с последующим охлаждением и аэрированием, брожения и дображивания, фильтрования, пастеризации и карбонизации [1].

Цель работы – обзор состояния пивного рынка в Российской Федерации в целом, а также путей повышения рентабельности мини-пивоварен.

В Российской Федерации спрос на пиво начал повышаться с середины 1990-х годов. На тот момент рынок принадлежал российским компаниям, которые имели свою сферу влияния только в определенном регионе. К началу 2000-х годов иностранные компании начали скупать пивоварни и модернизировать их под современные требования пивоварения, именно с этого времени начался постепенный переход контроля пивного рынка от российских компаний к иностранным [2]. К

2006 году иностранные компании занимали уже занимают 80% рынка и демонстрировали высокий уровень продаж. Успехом такой популярности являлось не только применение современных технологий в пивоварении, но и продуманная маркетинговая компания в СМИ, позволяющая для каждой возрастной группы населения предложить свой вид напитка (темное, светлое, крепкое, безалкогольное пиво). Однако период 2006–2010 стал весьма тяжелым для пивоваренной отрасли. Основными причинами резкого спада производительности являются как экономические факторы, а именно девальвация рубля, так и определенные действия со стороны государства: запрет на рекламу по телевидению, приравнивание пива к алкогольному напитку, запрет на продажу после 22:00, введение пива в систему ЕГАИС. Примерное с 2010 года пивной промышленности все же удалось с каждым годом поднимать свои показатели, однако, достичь уровня производительности, который был в 2006 году до сих пор является трудной задачей. Несмотря на напряженное положение среди больших пивоваренных производств, малое пивоварение, а также домашнее пивоварение начало постепенно набирать свою популярность. Причиной такой заинтересованности у потребителей является интерес к «крафтовому пиву», т.е. к пиву, которое сварено по собственным рецептам. Развитие малого пивоварения также можно заметить не только по большому количеству малых пивоварен или ресторанов-пивоварен, а также по наличию магазинов для домашнего пивоварения, организаций, проводящих мастер-классы, различных выставок и конференций, где пивовары могут обмениваться своим опытом [2].

При создании малых пивоварен, одним из важных факторов при проектировании является площадь, которая будет занимать вся линия. Ее необоснованное увеличение влечет за собой удорожание проекта как на этапе создания, так и на этапе эксплуатации. Одним из решений по уменьшению площади занимаемой линией, а также снижению ее стоимости является создание аппаратов, позволяющих совмещать несколько однотипных операций. Примером таких аппаратов являются суловарочные аппараты, которые позволяют в себе проводить и процесс затириания, а также процесс кипячения с хмелем. Возможность замены механического перемешивания на циркуляционное позволяет из аппарата убрать мотор-редуктор с мешалкой, возлагая функцию перемешивания на насос. Такое конструктивное решение уменьшает металлоемкость аппарата, а также упрощает процесс мойки. Оптимальным конструктивным решением является совмещение конструкции фильтр-чана и вирпула, что в конечном итоге позволяет сделать цех для производства суслу всего из двух емкостей. Одной из важных задач с точки зрения процессов и аппаратов является интенсификация процессов охлаждения и аэрирования пивного суслу перед брожением, а именно возможность отказа от компрессора, при этом насыщение кислородом проводить с помощью физических законов. Второй задачей является создание собственных аппаратов для культивирования чистой культуры пивных дрожжей, так как на сегодняшний день подавляющее количество пивоварен используют сухие дрожжи, по этой причине иностранные аппараты по культивированию чистой культуры пивных дрожжей являются весьма дорогими.

В качестве вывода отмечено, что набирающие популярность мини-пивоварни испытывают потребность в создании высокотехнологичного оборудования, позволяющего снизить трудовые и финансовые затраты.

В настоящее время на кафедре процессов и аппаратов пищевых производств Университета ИТМО ведутся работы по созданию аппаратов по культивированию чистой культуры пивных дрожжей для мини-пивоварен [3].

Литература

1. Кунце В. Технология солода и пива. – СПб.: Профессия, 2001. – С. 201–394.
2. Колтыкова Е. Рынок пива в России: объем производства снижается не первый год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.indexbox.ru>, своб.
3. Тишин В.Б., Новоселова А.Г., Анисимов С.А. Культивирование хлебопекарных дрожжей в высококонцентрированной среде // Межвузовский сборник научных трудов «машины, агрегаты, процессы и аппараты пищевой технологии». – 1990. – С. 22–27.

**Артамонов Павел Евгеньевич**

Год рождения: 1987

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности,
студент группы № Т4250Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

e-mail: 3174116@gmail.com

**Ульянов Николай Борисович**

Год рождения: 1941

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности,
к.т.н., доцент

e-mail: nbulianov@corp.ifmo.ru

УДК 67.08**ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВТОРИЧНЫМИ МАТЕРИАЛЬНЫМИ
РЕСУРСАМИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА ПРОМЫШЛЕННОГО СИМБИОЗА
НА ТЕРРИТОРИИ СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ****Артамонов П.Е., Ульянов Н.Б.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Ульянов Н.Б.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе приведен ход аналитических исследований предпосылок необходимости перехода к обращению со вторичными материальными ресурсами согласно принципа промышленного симбиоза как неотъемлемого компонента устойчивого развития.

Ключевые слова: промышленный симбиоз, устойчивое развитие, вторичные материальные ресурсы.

Во многих странах мира промышленный симбиоз признан экологическим драйвером устойчивого развития. Реализация принципов такого симбиоза способствует внедрению экологических инноваций, сбережению дефицитных материалов, эффективному использованию ресурсов и созданию рабочих мест [1–5].

Термин «Промышленный симбиоз» использовался совместно с «Промышленная экология» в трудах по экономической географии с 1940-х годов. Все авторы многочисленных исследований и статей в этих областях сходятся в едином мнении, что его основной принцип – применение отходов и недоиспользованных энергетических и материальных ресурсов предприятия в качестве сырья на предприятии другой отрасли.

Одним из ярчайших примеров является национальная программа промышленного симбиоза (NISP), представленная компанией International Synergies в Великобритании в 2005 года. «За семь лет к программе присоединилось более 15 000 компаний. Общий объем их совместных продаж превысил 1,7 млрд евро, расходы сократились более чем на 1,2 млрд евро, выбросы парниковых газов – на 39 млн т, а количество материалов, не попавших на свалку, составило 45 млн т. Программа также позволила сохранить и создать более 10 000 рабочих мест», – сообщает Питер Лэйборн, исполнительный директор International Synergies Limited.

На сегодняшний день успешный опыт NISP учитывается при реализации промышленных проектов различного масштаба по всему миру. Исключением не стала и Российская Федерация. В марте 2014 года была запущена законсервированная годом ранее

горно-обогатительная градообразующая фабрика в Кемеровской области. Вернуть рабочие места более 400 специалистам помогла инициатива представителей Хакасии с развитой промышленностью по добыче железной руды, но не имеющей обогатительного производства.

Промышленный симбиоз позволяет получить значительные экономические, экологические и социальные преимущества, а для его широкого распространения не требуются ни международные соглашения, ни значительные вложения со стороны правительства. Однако самое большое препятствие для масштабного внедрения – недостаточное межотраслевое взаимодействие, сковывающее систему и ведущее к ее разрушению.

Одной из основных экологических проблем хозяйственной и производственной деятельности человечества являются отходы производства и потребления. Даже развитые страны не являются примером рационального использования отходов, в частности, пластмасс. Так, мораторий Китая на ввоз отходов спровоцировал европейскую комиссию разработать «стратегию пластмасс в циркуляционной экономике».

Кроме того, тренд промышленной экологии – переход к циркуляционной экономике. Со времен промышленной революции сформировалась и доминирует линейная модель экономики «take, make, waste». Суть циркуляционной экономики – в современных условиях нарастающего дефицита сырьевых и энергетических ресурсов переход к модели «take, make, reuse». Промышленный симбиоз – тождественное и, вместе с тем, обязательное явление циркуляционной экономики.

Также промышленный симбиоз позволит обустроить экоиндустриальные парки, потребность в которых возникла уже повсеместно, с максимальной экологической, экономической и социальной выгодой.

Благодаря промышленному симбиозу появляется возможность реализовывать территориальные схемы обращения с отходами в соответствии с установленными для них критериями в совокупности со Стратегией развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года.

Таким образом, сложившаяся в мире экологическая ситуация располагает к активному внедрению принципа промышленного симбиоза. В качестве успешно реализованного проекта можно привести в пример белорусское государственное учреждение «Оператор вторичных материальных ресурсов». В программе задействовано более 400 компаний, и принять участие в системе рециклинга может любое зарегистрированное юридическое лицо. Также следует обратить внимание на опыт Национального объединения организаций операторов в области обращения с отходами и зарубежные практики обращения с ВМР.

Литература

1. Лейборн П. Взаимная выгода [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.unido-russia.ru/pdf/unido13.pdf>, своб.
2. Китай запрещает ввоз 24 видов твердых отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://russian.people.com.cn/n3/2017/0721/c31521-9244771.html>, своб.
3. Speech by Vice-President Jyrki Katainen at the press conference on the European Strategy for Plastics in the Circular Economy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://europa.eu/rapid/press-release_SPEECH-18-321_en.htm, своб.
4. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник СПбГУ. Экономика. – 2017. – Т. 33. – Вып. 2. – С. 244–268.
5. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/Proekt_Strategii_PPO_predlozheniya.pdf, своб.

**Булочникова Татьяна Александровна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности,
студент группы № Т4252Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

e-mail: Bulochnikova.tatyana95@mail.ru

**Сергиенко Ольга Ивановна**

Год рождения: 1957

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности,
к.т.н., доцент

e-mail: oisergienko@ya.ru

УДК 504.064**РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ АНАЛИЗА НЕСООТВЕТСТВИЙ, ВЫЯВЛЕННЫХ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА****Булочникова Т.А., Сергиенко О.И.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Сергиенко О.И.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе представлена разработанная процедура анализа несоответствий, выявленных по время экологического аудита, на предприятии по выпуску продукции народного потребления. Данный вид анализа позволит наиболее точно определить области для совершенствования во время планирования улучшения экологического менеджмента.

Ключевые слова: экологический аудит, экологический отчет, система экологического менеджмента, несоответствия, анализ.

Согласно ГОСТу Р ИСО 14050-99, экологический аудит – это систематический документально оформленный процесс проверки объективно получаемых и оцениваемых аудиторских данных для определения соответствия или несоответствия критериям аудита определенных видов экологической деятельности [1].

Экологический аудит по существу является инструментом экологического менеджмента для оценки воздействия определенных видов деятельности на окружающую среду в соответствии с установленными критериями или стандартами. В зависимости от типов стандартов и направленности аудита существуют различные виды экологического аудита. В настоящее время организации всех видов признают важность экологических вопросов и признают, что их экологические показатели будут тщательно изучаться широким кругом заинтересованных сторон. Экологический аудит используется для:

- исследование;
- понимание;
- идентификация.

Они используются для улучшения существующей деятельности человека с целью снижения негативного воздействия этой деятельности на окружающую среду.

Экологический аудитор изучает воздействие организации на окружающую среду систематическим и документированным образом и готовит доклад об экологическом аудите. Существует много причин для проведения экологического аудита, которые включают в себя такие вопросы, как экологическое законодательство и давление со стороны клиентов. Экологический аудит включает [2]:

1. аудиторский осмотр объекта хозяйственной и иной деятельности;
2. проверка достоверности предоставленной документации и отчетности в области охраны окружающей среды;
3. оценка соответствия технологического процесса экологическим требованиям;
4. оценка производственного контроля в области охраны окружающей среды;
5. выявление возможностей для повышения эффективности управления;
6. определение издержек и выгод при реализации рекомендаций.

Результаты проведения экологического аудита содержат выводы о соответствии осуществляемой субъектами хозяйственной и иной деятельности в области охраны окружающей среды, использования природных ресурсов и обеспечения экологической безопасности требованиям законодательства Российской Федерации, а также рекомендации по совершенствованию управления в области охраны окружающей среды, использования природных ресурсов и обеспечению экологической безопасности субъектами хозяйственной и иной деятельности.

Результаты экологического аудита оформляются в виде следующих документов:

- аудиторский отчет – документ, содержащий выявленные нарушения, а также рекомендации по их легитимному устранению;
- аудиторское заключение – документ, содержащий выраженное в установленной форме мнение аудиторской организации о соответствии (несоответствии) деятельности субъекта аудита требованиям законодательства.

В отчете экологического аудита содержатся мотивированные рекомендации в отношении необходимости внесения поправок в существующую системы экологического менеджмента.

В настоящей работе был предложен анализ несоответствий требованиям стандарта ISO 14001 на примере завода по производству продукции народного потребления. Аудиторский отчет состоит из оценки соответствия каждому разделу стандарта. Данная оценка имеет следующий вид (табл. 1).

Таблица 1. Оценка соответствия разделам стандарта

Номер элемента	Описание	Всего	Результат
1.1	Область применения		
1.2	Экологическая политика	4	4
1.3.1	Экологические аспекты	24	20
1.3.2	Законодательные требования	20	15
1.3.3	Цели, задачи	52	43
1.4.1	Роли и ответственности	12	9

Такой вид визуализации результата экологического аудита позволяет оценить выполняемость требований, однако не дает полного понимания областей несоответствия. В связи с этим предлагается также проведение оценки соответствия согласно циклу Деминга (PDCA):

1. в виде общего результата. Данный вид оценки позволяет определить проблемные стороны в области экологического мониторинга согласно стадиям «PLAN», «DO», «CHECK», «ACT» (табл. 2);

Таблица 2. Оценка соответствия циклу PDCA

PDCA	Результат
PLAN	3,25
DO	2,63
CHECK	2,96
ACT	3,30

2. в виде оценки каждого требования стандарта (рисунок):

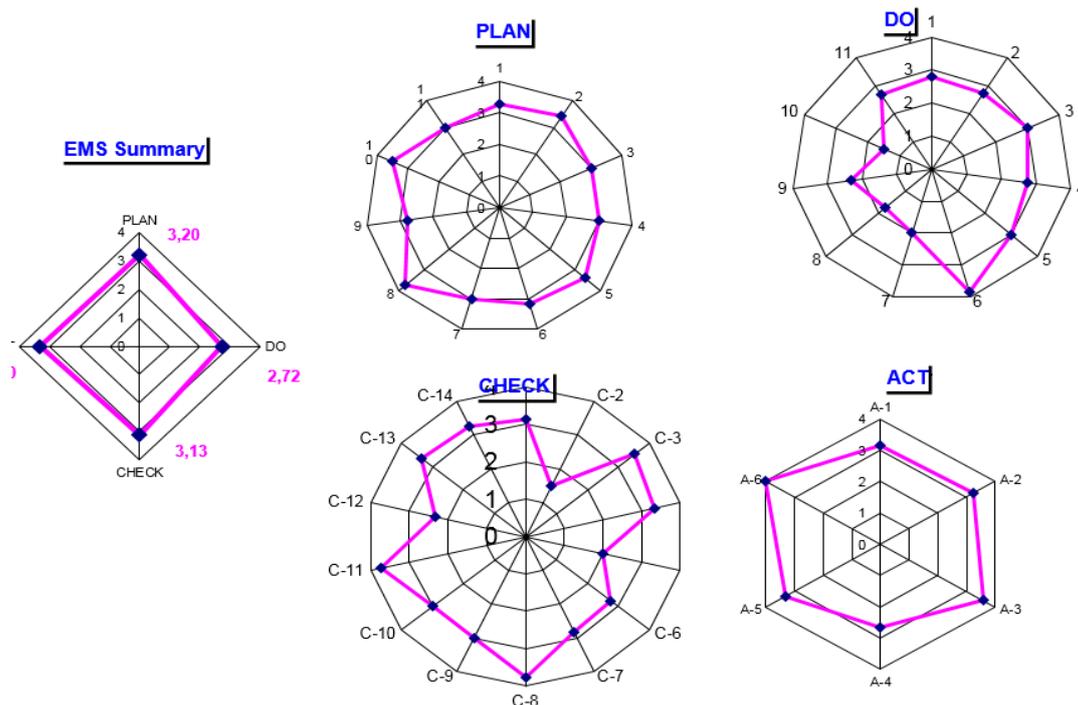


Рисунок. Радар несоответствий

Показанный вид оценки называется «радаром несоответствий». Он позволяет наиболее точно определить слабые стороны компании, а также сформировать корректирующие и предупреждающие действия для ее улучшения. Анализ несоответствий позволяет компании следовать принципу постоянного улучшения и равномерно развиваться на всех этапах цикла PDCA. Таким образом, наиболее точно видна цель при планировании улучшения в области экологического менеджмента, что позволяет в первую очередь улучшить результаты по отставаниям.

Литература

- Сергиенко О.И. Предварительный экологический аудит и MIPS-анализ // Повышение эко-эффективности на Северо-Западе России. – 2007. – № 3. – С. 10–17.
- Environmental Auditing & Environmental Management Systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.environment.gov.za/sites/default/files/docs/series14_environmental_auditing.pdf, своб.



Грецова Мария Андреевна

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4252

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: mariadushko.94@gmail.com



Сергиенко Ольга Ивановна

Год рождения: 1957

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: oisergienko@ya.ru

УДК 338.28

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ

Грецова М.А., Сергиенко О.И.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

Экологическая оценка продукции на основе оценки жизненного цикла играет немаловажную роль в снижении антропогенного воздействия на окружающую среду. Причиной экологического кризиса является хозяйственная деятельность человека, а именно производство различной продукции. Чтобы уменьшить негативное влияние продукции на окружающую среду, необходима ее экологическая оценка, позволяющая фиксировать и характеризовать различные экологические аспекты продукции.

Ключевые слова: оценка жизненного цикла, производство, картонная упаковка, пищевые продукты, окружающая среда, вторичные ресурсы.

В настоящей работе проанализировано производство картонной упаковки для пищевых продуктов из вторичных ресурсов, определены входные потоки и выходные воздействия, которые используются для оценки экологического жизненного цикла. В качестве объекта исследования выбрано производство пищевой упаковки «Pure-Pak» для молока и соков на основе картона, произведенного из вторсырья. Актуальность темы подтверждается тем, что на сегодняшний день не существует ни одного справочного пособия с актуальными данными по показателям входных и выходных процессов производства пищевой упаковки. В Европейском справочном документе по НДТ – BREF FDM 08/2006 и Best Available Techniques (BAT) Reference Document in The Food, Drink and Milk Industries данный вопрос не рассматривается, хотя производство бумаги и картона вынесено в отдельный раздел [1–3]. Аналогично, разработчики российских информационно-технических справочников не включили упаковку в создаваемые документы [4].

Оценка жизненного цикла (ОЖЦ) в данной работе применялась для выявления экологических аспектов продукции в жизненном цикле.

Цель исследования – определение воздействия картонной упаковки из вторичных ресурсов «Pure-Pak» на окружающую среду в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ Р ИСО 14041-2000 [5].

Границы исследования: процесс переработки сырья в картонную упаковку (по технологии сырьем является ламинированный картон из вторичных ресурсов); процесс транспортировки упаковки до потребителя.

Функциональная единица (ФЕ) – одна упаковка «Pure-Pak» объемом 1 л.

Фаза оценки воздействий при проведении ОЖЦ направлена на оценивание значимости потенциальных воздействий на окружающую среду по результатам инвентаризационного анализа жизненного цикла. В широком смысле этот процесс включает в себя увязывание между собой инвентаризационных данных с конкретными воздействиями на окружающую среду и попытку осмыслить эти воздействия.

Расчет показателей категорий воздействия выходных потоков в жизненном цикле упаковки «Pure-Pak» произведен с помощью методики расчета выбросов от котельной, выбросов от передвижных источников загрязнения атмосферы и инвентаризации парниковых газов. Расчет выполнен на основе программного обеспечения LCA tools [5].

На основании исходных данных и выполненных расчетов определены категории воздействия и показатели категорий выходных потоков.

На стадии производства осуществляется воздействие по следующим категориям: глобальное потепление – 38,8%, образование фотохимического смога – 28,87%, эвтрофикация – 32,19%. Другими категориями воздействия (вклад менее 1%) можно пренебречь (рис. 1, а).

На стадии транспортировки осуществляется воздействие по следующим категориям: глобальное потепление – 63,28%, образование фотохимического смога – 5,97%, эвтрофикация – 30,61%. Другими категориями воздействия (вклад менее 1%) можно пренебречь (рис. 1, б).

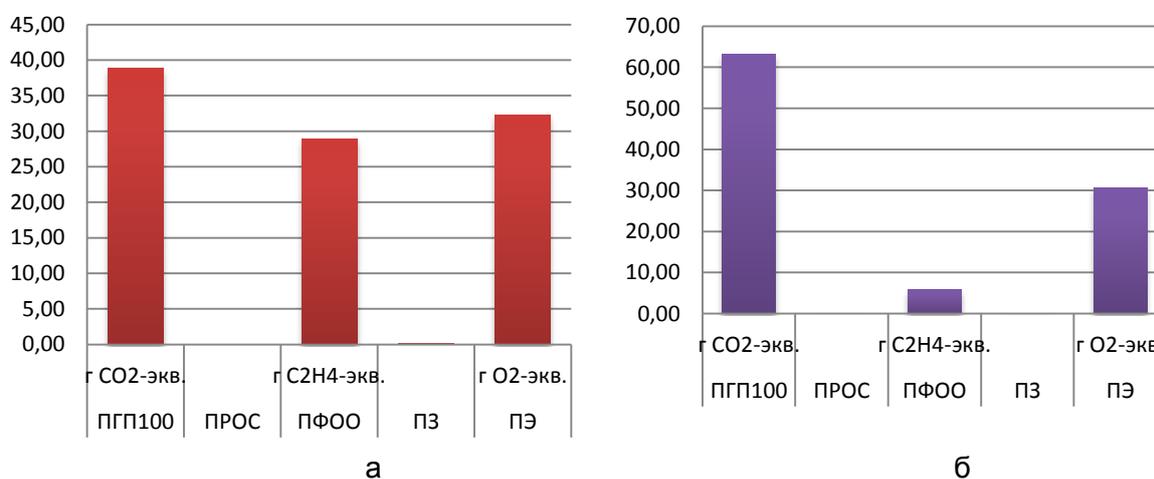


Рис. 1. Расчет показателей категорий воздействия, в %: процесс производства (а) и процесс транспортировки (б)

MIPS (Material Input Service unit) – показатель, характеризующий материальный вход на единицу продукции или услуги. MIPS служит для оценки воздействия на окружающую среду материального входа, необходимого для производства продукции или услуги, так как он показывает суммарное количество материальных ресурсов, используемых для получения этого продукта или услуги.

Результаты расчетов MI-чисел по видам потребляемых ресурсов для упаковки «Pure-Pak» представлены на рис. 2. Как видно потреблением воздуха и биотических ресурсов можно пренебречь (менее 1%). Доля абиотических ресурсов составляет 1,92%, доля воды – 96,96%.

Основной вклад в структуру потребления водных ресурсов вносят: ламинированный картон – 98,427%, УФ краска – 0,945%, другими материальными потоками (вклад менее 0,9%) можно пренебречь.

Основной вклад в структуру потребления абиотических ресурсов вносят: ламинированный картон – 98,530%, УФ краска – 0,880%. Другими материальными потоками (вклад менее 0,8%) можно пренебречь.



Рис. 2. Структура полного материального потока процесса производства упаковки «Pure-Pak»

Экологический рюкзак рассчитывается как разница между общим материальным входом минус полезный вес упаковки «Pure-Pak». Экологический рюкзак упаковки «Pure-Pak» составляет 2,190 кг/ФЕ при полезном весе упаковки (ФЕ) 0,045 кг.

Результаты, полученные в рамках проведенного исследования, можно использовать для разработки рекомендаций при составлении методики экологической маркировки и декларирования картонной упаковки «Pure-Pak» для пищевых продуктов, в качестве индикаторов экологической эффективности для системы экологического менеджмента, а также для включения в информационно-технический справочник по пищевым продуктам.

Литература

1. Сергиенко О.И., Суворова Ю.С. Технологический бенчмаркинг для идентификации наилучших доступных технологий: сравнительный анализ европейского и российского опыта // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». – 2015. – № 3. – С. 414–428.
2. BREF FDM 08.2006. Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries. – European Commission. – 2006.
3. Best Available Techniques (BAT) Reference Document in The Food, Drink and Milk Industries. – 2017.
4. Бюро наилучших доступных технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.burondt.ru/>, своб.
5. ГОСТ Р ИСО 14041-2000. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Определение цели, области исследования и инвентаризационный анализ. – Введен 01.07.2001. – М.: ИПК Инд-во стандартов, 2000. – 20 с.

**Громова Кристина Александровна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4250

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

e-mail: kristina.g.a@bk.ru

**Юльметова Ралия Фагимовна**

Год рождения: 1957

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.хим.н., доцент

e-mail: liya974@mail.ru

УДК 504.03

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПОВ
ОБРАТНОЙ ЛОГИСТИКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ****Громова К.А., Юльметова Р.Ф.****Научный руководитель – к.хим.н., доцент Юльметова Р.Ф.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрена ситуация обращения с твердыми бытовыми (коммунальными) отходами, их логистика для повторной переработки. Также более подробно рассмотрена часть эколого-экономической оценки данных мероприятий. Разработана система оценки рентабельности мероприятий по обратной транспортировке продуктов предприятия после утраты ими своих потребительских свойств и последующей переработкой в продукцию.

Ключевые слова: твердые бытовые (коммунальные) отходы, обратная логистика, способы переработки, переработка вторсырья, эколого-экономическая оценка.

Обратная логистика (Reverse Logistics) – это часть процесса управления цепочкой поставок. Иначе ее называют «управление возвратами». Управление возвратами включает в себя все виды деятельности, связанные с движением товара обратно на склад поставщика или продавца, логистикой, контролем, и аннулированием возврата. Обратная логистика выполняет традиционные для логистики функции транспортировки и управления запасами, но в данном случае центральным процессом является получение продукта обратно от клиента, а не на продвижении продукта к клиенту. Компании чаще говорят о затратах, связанных с управлением возвратами, нежели на преимуществах от него. Однако для достижения успеха необходимо понимание тех выгод, которые способна принести эффективная обратная логистика, и способность ею управлять [1].

Одной из современных проблем цепи поставок в России является ее ориентированность только на «прямые» потоки товаров и услуг. Большинство компаний при проектировании цепочки поставок используют традиционную модель воспроизводства, рассматривая движение потока товаров от производителей до личного потребления покупателем полностью, без остатка [2, С. 8–9]. Однако на практике необходимость осуществить возврат продукции встречается очень часто в любой из сфер деятельности. Так, в производственных

отраслях может осуществляться возврат материалов, переработка отходов, в торговле – проданной продукции надлежащего и ненадлежащего качества, в финансовой сфере – объектов залога, по которым заемщик перестал выполнять свои обязательства. В итоге при проектировании цепи поставок изначально могут быть упущены участники, занимающиеся управлением возвратным потоком, и не сформированы механизмы управления им. При отсутствии в компании системы управления возвратными потоками объекты реверсивной логистики, с одной стороны, могут учитываться по цене «хороших» товарно-материальных ценностей и при списании значительно занижать финансовые показатели, а с другой – требовать значительные затраты на восстановление стоимости, которые при этом зачастую не отслеживаются и не сопоставляются с альтернативными издержками.

В данном случае возникает проблема расчета стоимости единицы возвратного потока: стоимость объекта прямого потока – конкретное значение, стоимость объекта возвратного потока может составлять от нуля до полной стоимости в зависимости от разных факторов. В этой связи при принятии управленческого решения относительно объекта возвратного потока важно учитывать полезность объекта, степень его дефектности, а также возможные затраты на услуги третьих лиц в процессе восстановления стоимости и другие показатели для минимизации затрат на обслуживание возвратного потока и максимизации прибыли компании [3].

В условиях логистического эффекта выручка от продаж, получаемая организацией (экономической системой), остается неизменной, так как логистическая оптимизация не предусматривает изменения объема продаж в натуральном выражении и цены. Цена на товар в течение периода может меняться, но по причинам, напрямую не связанным с организацией товародвижения. Таким образом, выручка от продаж может быть определена по формуле:

$$V = C \cdot N,$$

где C – средняя цена в рассматриваемом периоде; N – объем продаж в натуральном выражении.

Тогда рентабельность

$$R = (V - C_{\text{пр}} / C_{\text{пр}}) \cdot 100\%,$$

где V – выручка от продаж, полученная предприятием (экономической системой) за рассматриваемый период; $C_{\text{пр}}$ – себестоимость реализуемой продукции по проектному варианту функционирования системы (после логистической оптимизации).

Себестоимость реализуемой продукции после логистической оптимизации будет отличаться от базового варианта на величину изменения логистических затрат.

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{баз}} - \Delta Z_{\text{л}},$$

где $C_{\text{баз}}$ – себестоимость реализуемой продукции по базовому варианту функционирования логистической системы организации (до оптимизации); $\Delta Z_{\text{л}}$ – изменение общей величины логистических затрат вследствие процессов товародвижения;

$$\Delta Z_{\text{л}} = Z_{\text{баз}} - Z_{\text{пр}}.$$

Для того чтобы определить эти данные, необходимо рассчитать $C1$ – расходы на доставку партии продукции и $C2$ – расходы на хранение продукции.

$$q_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{Q2C1}{C2}}$$

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{баз}} - \Delta Z_{\text{л}}$$

$$\Delta Z_{\text{л}} = Z_{\text{баз}} - Z_{\text{пр}}.$$

Определим рентабельность базовую:

$$R = (V - C_{\text{бз}} / C_{\text{бз}}) \cdot 100\%.$$

Определим рентабельность проектную:

$$R = (V - C_{\text{пр}} / C_{\text{пр}}) \cdot 100\%.$$

С помощью представленных выше формул можно рассчитать экономическую рентабельность применения обратных поставок. Что, в свою очередь, позволит рассчитать экологическую эффективность проекта [4, 5].

Литература

1. Справочник эколога [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.profiz.ru/eco/5_2015/ТКО, своб.
2. Никаноров А.М., Хоружая Т.А. Экология. – М.: Изд-во Приор, 1999. – 304 с.
3. Переработка мусора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ztbo.ru/o-tbo>, своб.
4. Саморегулируемая организация «Ассоциация Рециклинга Отходов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosaro.ru/focus/decisions/p209>, своб.
5. ПЗП Вторсырье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.505-17-84.ru/tm.php>, своб.



Денисенкова Анастасия Дмитриевна

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии, студент группы № Т4250

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

e-mail: a.denisenkova@bk.ru



Ульянов Николай Борисович

Год рождения: 1941

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности,
к.т.н., доцент

e-mail: nbulianov@corp.ifmo.ru

УДК 502.3/.7

ПРИМЕНЕНИЕ НАИЛУЧШЕЙ ДОСТУПНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА ЗЕЛЕНОГОРСКА

Денисенкова А.Д.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе проведен анализ наилучших доступных технологий, применимых при реконструкции очистных сооружений города Зеленогорска.

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, внедрение наилучших доступных технологий, реконструкция очистных сооружений.

С принятием Федерального закона № 219 от 21.07.2014 года «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации», в российском законодательстве появилась новая юридическая конструкция – «наилучшая доступная технология» (НДТ).

Наилучшая доступная технология – это технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения [1].

В рамках реформ, определенных в данном законе, субъектам хозяйственной деятельности необходимо оперативно внедрять на производстве НДТ. От скорости внедрения, эффективности замены устаревших ресурсоемких производств и технологий на современные будет зависеть и размер платы за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС), и объемы господдержки механизмов экономического стимулирования.

Так, с 2019 года проектирование новых предприятий будет происходить только на основе НДТ, а с 2020 года объекты 1 категории будут обязаны получить комплексное экологическое разрешение. Таким образом, актуальность внедрения НДТ на очистных сооружениях (ОС) города Зеленогорска обусловлена выполнением природоохранного законодательства Российской Федерации.

Наилучшие доступные технологии описаны в Информационно-технических справочниках (ИТС), которые разработаны в результате анализа технологических, технических и управленческих решений. Применительно к ОС используется ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов». Стоит отметить, что при составлении справочника использовались принципы и положения Директивы ЕЭС «Об очистке городских стоков (91/271/ЕЕС)» и Рекомендации 28Е/5 «Очистка городских сточных вод», а также принципов справочников Европейского союза по НДТ «Обработка/обращение со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности» № 2016/902 от 30.05.2016; «Отходоперерабатывающая промышленность» [2], но ИТС, описывающий технологии при очистке сточных вод городских поселений, впервые появился именно в России.

В работе авторы сосредоточились на разделе справочника № 5, где виды технологий сведены в общие таблицы по стадиям, на которых вводится НДТ. Задачей было выделить наиболее применимые технологии на объекте исследования.

Объектом исследования стали канализационные очистные сооружения (КОС) г. Зеленогорска. Они принимают сточные воды от жилых кварталов, учреждений отдыха, г. Зеленогорска и поселка Ушково. По городской сети сток поступает на ОС по береговому коллектору, проложенному вдоль побережья Финского залива, который присоединен к приемному резервуару главной насосной станции. Из приемного резервуара сточные воды фекальными насосами по двум напорным трубопроводам подаются в камеру гашения напора ОС и проходят три основных технологических комплекса очистки:

- механическая очистка;
- биологическая очистка;
- обработка осадка.

Комплекс механической очистки включает в себя: грубые решетки на главной насосной станции и перед песколовками, песколовки, песковые площадки, первичные радиальные отстойники, насосную станцию сырого осадка.

Комплекс биологической очистки состоит из аэротенка-вытеснителя, вторичных радиальных отстойников, насосно-воздуходувной станции и насосной станции активного ила. Для обработки избыточного ила и сырого осадка построены илоуплотнители, насосная станция ила и технической воды, иловые площадки [3].

В рамках реконструкции подразумевается, что производительность ОС повысится до 15 тыс. м³/сут.

Исходя из собранных данных, были выделены следующие НДТ, которые возможно использовать для улучшения качества очистки сточных вод:

1. НДТ 1. В части планирования инвестиций и выдачи заданий на проектирование, на модернизацию и развитие существующих ОС ГСВ. Технологии позволяют определить перспективные расходы на основании фактических данных по динамике удельного водоотведения и численности населения поселения;
2. НДТ 2. В части контроля формирования состава сточных вод, не относящихся к жилому сектору. Это проверка реализации годовичного плана контроля загрязненности сточных вод абонентов; работа по недопущению сброса в централизованную систему водоотведения незагрязненных вод; направление на очистку не менее 70% годового объема ПСВ; разделение потока сточных вод на загрязненную и условно чистую части, со сбросом условно чистой без очистки;
3. НДТ 3. В части контроля поступающих на очистные сооружения сточных вод и сброса очищенных сточных вод: наличие в эксплуатации приборов измерения расхода поступающих сточных вод; наличие и соблюдение программы производственного контроля качества вод; выполнение отбора проб в соответствии с аттестованными методиками; использование для пробоотбора автоматических

- пробоотборников в режиме накопительной суточной пробы; выполнение анализов проб сточных вод в организации, имеющей соответственные аттестаты; надлежащая фиксация, хранение и анализ информации о количестве и качестве поступающих сточных вод;
4. НДТ 4. В части механической очистки: удаление грубодисперсных примесей до основных технологических стадий очистки; отмывка отбросов от взвешенных веществ; осветление сточных вод в пределах, не ухудшающих удаление азота и фосфора при последующей биологической очистке; обеззараживание очищенных вод с использованием ультрафиолетового (УФ) излучения, либо гипохлоритом натрия или иными хлорреагентами;
 5. НДТ 5. В части поверхностного стока: предварительная механическая очистка поверхностного стока от крупных механических примесей и мусора методом процеживания; разделение потока на загрязненные и условно чистые части со сбросом последней в водные объекты; очистка стока от тяжелых минеральных примесей в проточных песколовоках; аккумуляирование и усреднение загрязненной части поступающего расхода; механическая очистка от взвешенных веществ и нефтепродуктов методом отстаивания; обеззараживание очищенных вод УФ-излучением;
 6. НДТ 8. В части биологической очистки: биологическая очистка с удалением азота и химическим удалением фосфора;
 7. НДТ 10. В части сокращения осадка: сгущение и подсушка на иловых площадках с применением флокулянта;
 8. НДТ 12. В части обработки осадка вод является недопущение рециркуляции загрязняющих веществ в возвратных потоках от сооружений обработки осадка на сооружениях биологической очистки, как с помощью применяемых технологий обработки осадка, так и с использованием технологий локальной очистки возвратных илов;
 9. НДТ 13. В части управления процессом и качеством очистки: наличие и использование технологического регламента, наличие квалифицированного персонала; исполнение программы производственного контроля; анализ результатов производственного контроля;
 10. НДТ 14. В части правления энергоносителями: применение автоматического управления подачей воздуха в сооружениях биологической очистки и управления расходом реагентов; применение ресурсосберегающих технологий, позволяющих удалять фосфор преимущественно за счет биологических процессов; использование систем автоматического управления расходом реагентов;
 11. НДТ 15. В части предотвращения загрязнений воздушной среды: недопущение возникновения застойных зон, где может загнить осадок; перекрытие открытых поверхностей очистных сооружений; наличие и выполнение программы контроля загрязнений воздушной среды;
 12. НДТ 16. В части предотвращения загрязнения почв: промежуточное хранение обезвоженных осадков в специально подготовленных площадках; сбор и очистка ливневых сточных вод, образующихся на площадке ОС в местах хранения осадка и отходов [3].

Стоит отметить, что выбор НДТ основывался на размере, технологических и пространственных возможностях КОС, возможностях водного объекта, а также требований к соблюдению пунктов НДТ.

Таким образом, был проведен анализ описанных в ИТС 10-2015 НДТ и выделены технологий, потенциально осуществимые при реконструкции очистных сооружений г. Зеленогорска.

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ (ред. от 29.12.2014) «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. ИТС 10-2015. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. – Введен 01.07.2016. – М.: Бюро НДТ, 2015. – 129 с.
3. Отведение и очистка сточных вод Санкт-Петербурга / Под общ. ред. Ф.В. Кармазинова. – СПб.: Новый журнал, 2002. – 684 с.



Дикарева Ольга Андреевна

Год рождения: 1993

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4250

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

e-mail: dikareva_93@mail.ru



Ульянов Николай Борисович

Год рождения: 1941

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: nbulianov@corp.ifmo.ru

УДК 67.08

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ
ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ РОССИИ И ГЕРМАНИИ**

Дикарева О.А., Ульянов Н.Б.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе проведено сравнение методов утилизации коммунальных отходов России и Германии, описаны различия и недостатки в системе управления отходами на государственном уровне. Также была описана эффективность от сжигания коммунальных отходов в Берлине и Москве.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, сортировка, переработка, сжигание, полигон.

Сравнение систем обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) России и Германии необходимо начать с государственного регулирования данного вопроса.

Основной принцип Германии в области управления отходами гласит: производитель несет ответственность за продукт, когда тот становится отходом. Данный принцип касается упаковочных материалов, отработанного электрического и электронного оборудования, транспортных средств, продукции химической промышленности. Ответственность за управление отходами и охрану окружающей среды распределяется между национальным правительством, федеральными и местными органами власти. Министерство охраны окружающей среды расставляет приоритеты, участвует в принятии законов, осуществляет надзор за стратегическим планированием, информацией и связями с общественностью и определяет требования к отходам. Каждый федеральный штат принимает собственный акт об обращении с отходами и разрабатывает план по их управлению, которые не должны противоречить федеральному законодательству.

В отношении отходов, образующихся в домашних хозяйствах, Закон об утилизации отходов возлагает ответственность на местные органы, что выражается в сборе и транспортировке отходов, в принятии мер по содействию предотвращения и восстановления отходов, а также планирование, строительство и эксплуатация объектов по удалению отходов [1].

Систему управления отходами в России и полномочия уровней власти в данной области можно представить в виде табл. 1.

Таблица 1. Полномочия уровней власти в сфере обращения с отходами

	Федеральный уровень	Субъект федерации	Местное самоуправление	Собственники отходов
Нормативы	+	+		
Лимиты	+			
Учет и контроль	+	+		
Классификация отходов	+			
Образование отходов			+	+
Определение состава отходов			+	
Сбор			+	+
Транспортировка			+	+
Вторичное использование, переработка			+	+
Захоронение, утилизация			+	+
Контроль оборота отходов	+	+		

Как видно из табл. 1, все, что непосредственно относится к производственной деятельности и осуществляется на местах, является полномочиями органов местного самоуправления и обязанностью собственников. Все, касаемое нормативной документации и контроля, является полномочиями государственных органов власти. Иначе говоря, муниципалитет, осуществляя производственную деятельность по обращению с отходами, не вправе ее регулировать [2].

Государство определяет нормы, выдает лимиты и контролирует этот процесс с целью сбора средств в бюджет. Таким образом, получается, что государство изначально, выстроив схему сбора денег, де-факто не заинтересовано в снижении количества образования отходов и вторичного использования отходов (как следствие снижения доходов в бюджет). Данная политика привела к тому, что собственники не заинтересованы во вторичном использовании отходов.

Из табл. 2 видно, что общее количество образовавшихся ТКО в России и Германии незначительно различается, но при этом соотношение способов их переработки отличается кардинально.

Таблица 2. Способы утилизации ТКО

	Россия	Германия
Площадь территории	17,1 млн км ²	357 тыс. км ²
Численность населения	146,8 млн чел.	82,1 млн чел.
Количество ТКО за 2016 год	52,4 млн т/год	51,4 млн т/год
Сжигание	2,40%	26%
Вторичная переработка	9%	68%
Другие методы (в том числе вывоз на полигон)	88,70%	6%

В Германии первой стадией переработки является сортировка отходов в местах их образования, чем занимаются обыкновенные жители. К сортировке отходов немцы приучены уже много лет, что во многом облегчает дальнейшую их переработку. В России же пока контейнеры для сортировки отходов можно встретить лишь в местах большого скопления людей, таких как: аэропорты, вокзалы, торговые центры, так как менталитет наших соотечественников является самым сложным препятствием на пути к развитию полноценной мусороперерабатывающей инфраструктуры.

Разница в количестве сжигаемых ТКО начинается с общего числа мусоросжигающих заводов (МСЗ). В России действует 6 МСЗ, в то время, как в Германии 51 (по данным 2015 г.).

Так, на МСЗ в Берлине при сжигании 500 тыс. т отходов предприятие производит более миллиона тонн пара, подаваемого на ближайшую электростанцию, которого достаточно для обеспечения электричеством 12% домохозяйств. МСЗ Москвы №2 и №4 подают в городские сети 20 млн кВт·ч электроэнергии, а среднее потребление электроэнергии в московском регионе за 2015 год составило более 88 млрд кВт·ч. Таким образом, можно сделать вывод, что МСЗ как источник электроэнергии является неэффективным. К 2021 году планируется построить и ввести в эксплуатацию еще 5 МСЗ (4 в Подмосковье и 1 в Казани), но этого не будет достаточно для немецкого уровня сжигания.

Основная же масса ТКО Германии подвергается вторичной переработке различными методами. Повторная переработка отходов в процентном соотношении выглядит следующим образом: 47% – бумага и картон, 2% – металлические включения, 11% – древесина, 1% – текстиль, 1% – пластик, 16% – стекло, 22% – смешанные отходы [3]. В России вторичной переработке подвергаются в основном только три вида отходов: бумага (бугорчатая прокладка, теплоизоляционные материалы, туалетная бумага), металл (дорожные покрытия) и пластмасса (стройматериалы, синтетические волокна).

После 2020 года страны ЕС планируют отказаться от полигонов в качестве мест ликвидации отходов. Уже сегодня в Германии лишь небольшая часть отходов вывозится, а власти занимаются восстановлением закрытых полигонов. В России полигоны являются основным способом ликвидации всех видов отходов, некоторые из них закрывают в силу истечения срока эксплуатации, но большинство функционирует, так как другие методы утилизации находятся на низком уровне развития.

Подводя итог, нужно сказать, что основное отличие в системах управления отходами Германии и России заключается в федеральном экологическом законодательстве, на основании которого выстроена вся система, а также ответственное поведение самого населения и экономических субъектов в отношении отходов.

Литература

1. European Environment Agency (EEA). Municipal waste management in Germany [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eea.europa.eu/>, своб.
2. Система управления отходами в России. Анализ, проблемы, решение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.solidwaste.ru/publ/view/344.html>, своб.
3. BDE Bundesverband der Deutschen Entsorgungs. Unternehmen, Umsätze und Konjunktur [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bde.de/themen/bde-research/unternehmen-umsaetze-und-konjunktur/>, своб.

**Добрынина Василиса Константиновна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4252

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: vasilisa26.04@gmail.com**Павлова Анастасия Сергеевна**

Год рождения: 1987

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.э.н., ст. преподаватель

e-mail: nastya.vasilyeva@gmail.com

УДК 620-97**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПЕРЕХОДНОЙ ИНЖЕНЕРИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПАНИИ****Добрынина В.К., Павлова А.С.****Научный руководитель – к.э.н., ст. преподаватель Павлова А.С.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрена ситуация в области энергосбережения и энергоэффективности в России. Представлен метод переходной инженерии и его описание. Более подробно описано пошаговое применение метода для повышения энергетической эффективности предприятия.

Ключевые слова: энергетика, энергосбережение, энергетическая эффективность, переходная инженерия, предприятие, операционная среда, «триггерные» события, метод обратного прогнозирования.

Энергетика – крупнейшая отрасль Российской экономики. По данным на 2016 год суммарная выработка электроэнергии составила 1071,8 млрд кВт·ч, электропотребление – 1054,5 млрд кВт·ч. В процентном отношении потребление первичных энергетических ресурсов распределяется следующим образом: на природный газ приходится 53,2%, на нефть – 21,9%, на уголь – 13,4%, на гидроэнергию – 5,9%, на ядерную энергию – 5,6%. Несмотря на такие высокие показатели выработки, Россия как современное и развитое государство обязано задуматься о количествах потребляемой энергии и о снижении затрат энергии [1].

Впервые об энергосбережении и энергоэффективности в России на уровне законодательства заговорили в 2008 году, когда был принят Указ Президента от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики». Указом была поставлена цель – к 2020 году энергоёмкость ВВП должна быть снижена на 40% от ее уровня на 2007 год.

Хоть закон 2009 года и стал отправной точкой в создании энергоэффективных систем на уровне государства, он нуждался в более точных программах и целях. После вышедшего Федерального закона «Об энергосбережении» последовали и другие. В 2011 году вышла государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической

эффективности на период до 2020 года». Главная цель программы – повышение энергоэффективности и показателей энергосбережения, а также модернизация технологий и производств, рациональное использование природных ресурсов.

В настоящее время Министерство энергетики РФ передает функции регулирования программы по энергосбережению Министерству экономики. Планируется перезапуск всех процессов и их модернизация, так называемая программа «Энергосбережение 2.0», которая бы учитывала опыт и ошибки существующей политики и заставила ее работать в условиях рынка.

В нынешней ситуации имеет смысл обратить внимание на экологически чистую энергетику и примеры ее выработки и использования иностранными государствами. Например, в Германии 30% процентов электроэнергии производится ветрогенераторами, солнечными батареями и биомассой. В таких странах как Англия, Новая Зеландия, США и др. набирает популярность метод инженерии перехода (Transition engineering). Переходная инженерия – это профессиональная инженерная дисциплина, которая касается применения научных принципов в области проектирования, инноваций и адаптации инженерных систем. Основная задача – создать или модифицировать систему так, чтобы она отвечала потребностям сегодняшнего дня, не ставя под угрозу существующие экологические, социальные и экономические системы, от которых зависят нужды будущих поколений. Переходная инженерия – это, прежде всего, область, которая дает инженерам инструменты, необходимые для решения проблемы устойчивости при проектировании и управлении инженерными системами. Основная задача области в первую очередь – переход на более экологичные и чистые виды топлива, в последующем – еще большая модификация системы и продукта [2, 3].

Появление переходного инжиниринга связано с двумя основными проблемами:

- рост выбросов углекислого газа в атмосферу Земли;
- снижение темпов добычи нефти («пик нефти»).

Метод инженерии перехода состоит из 7 шагов, они включают:

1. описание истории предприятия;
2. описание и оценка текущей ситуации на предприятии;
3. прогнозы состояния операционной среды в будущем;
4. применение концепции разрыва пути. Инновативность метода проявляется именно на четвертом шаге, когда инженер откладывает в сторону предположения о состоянии окружающей среды и экономике, и операционная среда рассматривается на конечной точке отсчета времени. Обычно анализ проводится с эгалитарной (egalitarian) точки зрения: рассматривается долгосрочный период (более 50 лет) и наиболее пессимистичный вариант развития [4];
5. обратное прогнозирование. Метод обратного прогнозирования определяет траектории, с помощью которых может быть достигнуто желаемое будущее, а также шаги, которые для этого понадобятся; от формирования образа будущего данный метод позволяет перейти к определению и планированию конкретных действий и разработке стратегий, ведущих к этому желаемому результату;
6. анализ «триггерных» событий. Подход инженерии перехода утверждает, что, хотя существующие системы и не склонны к изменениям, изменения все-таки возможны, если применить нужный «триггер» (событие) в нужное время. «Триггеры» – события, которые действуют как «спусковой крючок» – могут быть либо катастрофическими событиями, такими как экономический крах, резкое ухудшение состояния окружающей среды, резкий дефицит энергоресурсов; либо внешними изменениями, такими как слияние компаний, новый закон или новый персонал. Например, событием-«триггером» для коренного изменения системы техники безопасности может быть серьезный пожар на производстве. Задача состоит в том, чтобы зная о достоинствах постепенных изменений, искусственно

инициировать «триггерное» событие, которое позволит организации выбраться из колеи и пойти не инерционным путем повышения энергоэффективности, а инновационным;

7. разработка проекта изменения системы. Завершающий шаг исследования – разработка проекта изменения текущей системы. При планировании будущих периодов предприятия берется во внимание весь проделанный анализ, чтобы наилучшим образом использовать имеющиеся ресурсы.

Ожидается, что благодаря изменению существующих производств и других инженерных систем, общество будет более устойчивым к пиковым событиям в области нефти и климата.

Литература

1. Сайт Министерства энергетики РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1161>, своб.
2. Professor Bernd Delakowitz, Energy quest [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bildungsportal.sachsen.de/opal/>, своб.
3. Некоммерческое общество инженеров по переходу [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://transitionengineering.co.nz/>, своб.
4. Zbicinski I., Stavenuiter J., Kozlowska B. and Hennie van de Coevering. Product Design and Life Cycle Assessment. – Baltic University Press, 2007. – 312 p.



Едигарева Алла Владимировна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

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



Юльметова Раля Фагимовна

Год рождения: 1957

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.хим.н., доцент

e-mail: liya974@mail.ru

УДК 338.439

**РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Едигарева А.В., Юльметова Р.Ф.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрена роль и цели экологического образования в реализации концепции устойчивого развития. Рассмотрено состояние развития экологического образования в Российской Федерации и проблемы развития экологического образования.

Ключевые слова: экологическое образование, устойчивое развитие, состояние развития экологического образования, проблемы развития экологического образования.

В современных условиях развития цивилизации экологические проблемы принимают всеобщий характер. Возрастает количество регионов с неблагоприятной экологической обстановкой. Региональные процессы, среди которых также экологические катастрофы, оказывают значительное воздействие на глобальную ситуацию в мире. Мировые, федеральные и региональные экологические проблемы находят отражение в содержании экологического образования, которое является обязательным условием преодоления негативных последствий антропогенного воздействия на окружающую среду (ОС), фактором формирования экологической культуры личности, а также играет немаловажную роль в реализации концепции устойчивого развития [1–4].

Главным направлением общего образования является подготовка подрастающего поколения к жизни с помощью смены ценностно-мотивационных установок личности: развитие экологической культуры, готовности личности к решению проблем природопользования с учетом рациональности, глобальности мышления при способности действовать локально, принимая на себя ответственность за последствия своих действий.

Становление образования, которое обеспечит возможности участия каждого человека в предупреждении и решении экономических, социальных, а, самое главное, экологических проблем является основной задачей, которая стоит перед мировым сообществом. Данная

задача была главной темой обсуждения на форуме ООН «Окружающая среда и развитие», который состоялся в 1992 г. в Рио-де-Жанейро. Одним из итоговых документов форума стала «Повестка дня на 21 век», которая представляла собой глобальный план действий по переходу к устойчивому развитию.

После международной конференции по ОС и развитию в Рио-де-Жанейро концепция экологического образования стала тесно связываться с устойчивым развитием. Образовалось и прочно вошло в международный обиход новое понятие «образование в целях устойчивого развития».

В широком смысле главная цель образования в рамках концепции устойчивого развития заключается в способствовании становлению всесторонне образованной социально активной личности, которая понимает новые явления и процессы общественной жизни, владеет системой взглядов, идейно-нравственных, культурных и этических принципов, норм поведения, которые обеспечивают готовность к социально-ответственной деятельности и непрерывному образованию в быстро меняющемся мире.

Экологическое образование в реализации концепции устойчивого развития призвано:

1. способствовать распространению знаний об ОС и ее состоянии;
2. предоставлять стандарты, критерии, рекомендации по принятию решений в сфере охраны окружающей среды (ООС) и комплексном решении экономических, социальных и экологических проблем;
3. выявлять способы развития экономики при сохранении ОС;
4. усиливать ценность экологических традиций и экологически рациональных видов хозяйственной деятельности для воспитания бережного отношения к природо-культурному наследию;
5. содействовать личностному росту, самореализации и саморазвитию;
6. обеспечивать возможности для развития:
 - бережного отношения к природе, культурным ценностям и людям;
 - активной гражданской позиции;
 - ценностной ориентации и эколого-гуманистической картины мира, которая основана на этике ответственности за состояние ОС и рациональном использовании природных ресурсов.

В Российской Федерации (РФ) в 2002 г. было законодательно отмечено всеобщее обязательное экологическое образование и воспитание подрастающего поколения, учащейся молодежи, а также экологическое просвещение всего населения.

Предпосылкой данному факту послужило вступление РФ в европейское образовательное пространство, а также подписание Болонского соглашения, которое вызвало необходимость значительных преобразований в системе образования.

В утвержденных 30 апреля 2012 года Д.А. Медведевым «Основах государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 г.» был поставлен ряд конкретных задач, которые непосредственно связаны с усовершенствованием экологического образования и просвещения, в том числе:

- обеспечение процесса, который направлен на воспитание и обучение в образовательных учреждениях на формирование экологически ответственного поведения, в том числе путем включения в федеральные государственные образовательные стандарты соответствующих требований к формированию основ экологической грамотности у обучающихся;
- развитие системы подготовки и повышения квалификации в области ООС и обеспечения экологической безопасности руководителей организаций и специалистов, которые ответственны за принятие решений при осуществлении любой деятельности, которая влияет или может оказать негативное влияние на ОС;
- введение вопросов формирования экологического образования, экологической культуры и воспитания в государственные, федеральные и региональные программы.

Если рассматривать вопрос о состоянии развития экологического образования в РФ, то можно заметить, что текущий низкий уровень организации экологического образования в стране, который не отвечает в полной мере остроте экологических проблем, не является последствием отсутствия или недостаточности законодательной базы. Скорее всего, это нехватка государственной политики в области экологического образования, воспитания и просвещения на федеральном уровне.

В частности, проект Национальной стратегии образования для устойчивого развития в РФ и План действий по формированию и развитию образования для устойчивого развития в РФ так и не нашли соответствующей поддержки со стороны исполнительной и законодательной властей страны и остались практически вне образовательного поля РФ.

Кроме того, к проблемам, которые сдерживают развитие экологического образования для устойчивого развития относят крайне низкое положение проблемы формирования экологического образования для устойчивого развития в обществе вообще и, в особенности по сравнению с обстановкой в странах Запада. Популяризация экологических инноваций образования для устойчивого развития главным образом происходит в высшей школе, при этом почти незначительно их присутствие в школьном образовании и других секторах.

Опираясь на вышесказанное, за последнее время, несмотря на определенные признанные успехи, продвижение экологического образования оказалось непростым, противоречивым процессом, который встречает организационные и административные преграды, а также трудности, которые связаны с поверхностным пониманием важности экологических знаний в обеспечении высокого качества жизни. Непосредственные экономические выгоды продолжают до сих пор быть в приоритете по сравнению с экологическими потребностями. По сей день сохраняется довольно невысокая осведомленность основной массы населения о состоянии ОС, низкая экологическая культура, из этого следует, что в нынешних реалиях базовые социальные институты не способны в полном объеме развить уровень экологической грамотности, который необходим для перехода к коэволюционному пути развития.

В целом на сегодняшний день в РФ состояние экологического образования мало соответствует интересам населения и абсолютно не отвечает мировым тенденциям в данной области. Экологическое образование в стране больше декларируется, чем реализуется. На данный момент экологическое образование в рамках концепции устойчивого развития в нашей стране реализуется в основном на энтузиазме, научном осмыслении и гражданской ответственности отдельных вузов, школ и работающих в них профессоров, преподавателей и учителей.

В заключении было отмечено, что экологическое образование в реализации концепции устойчивого развития надлежит развивать с учетом международных, национальных и региональных экологических и природо-ресурсных особенностей страны.

Литература

1. Декларация Рио-де-Жанейро по окружающей среде и развитию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/8308082>, своб.
2. Законодательное обеспечение экологического образования и формирование экологического сознания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecoindustry.ru/NEWS/view/7490.html>, своб.
3. Образование в интересах устойчивого развития: тезисы докладов и презентаций XV Междунар. конф., 27–28 июня 2009 г., Москва / отв. ред. В.А. Федоров. – СПб.: ООО «Открытый мир», 2009. – 386 с.
4. Национальная стратегия образования для устойчивого развития в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.unesco.org/fileadmin/DAM/env/esd/Implementation/NAP/RussianFederationNS.r.pdf>, своб.

**Завьялова Виктория Витальевна**

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4252

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: ilka94@rambler.ru**Динкелакер Наталья Владимировна**

Год рождения: 1975

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности
e-mail: nvdinkelaker@mail.ru**УДК 504****ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ
НА КОМПОНЕНТЫ ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮЖНОГО
ПОБЕРЕЖЬЯ НЕВСКОЙ ГУБЫ****Завьялова В.В., Динкелакер Н.В.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Петрова О.В.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В течение последних десятилетий территория природного заказника «Южное побережье Невской губы», подверглась множеству воздействий со стороны промышленных объектов. Воздействие от освоения прибрежных территорий является выраженным негативным воздействием для экосистемы Невской губы, происходящим на всех ее берегах. Основным источником негативного воздействия является прямое уничтожение местообитаний природных видов животных и растений в связи с изъятием под застройку, вызывающее также изменение экосистем прилегающих территорий. В первую очередь – это уничтожение местообитаний природных видов животных и растений, вызывающее необратимую смену природных видов на синантропные.

Ключевые слова: природный заказник, Невская губа, территория, миграция птиц.

Одной из наиболее ценных особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Невской Губы является заказник регионального значения «Южное побережье Невской Губы», и особенно его кластер «Кронштадская колония», являющаяся местом массового гнездования водоплавающих и околоводных птиц и местом массовой миграционной стоянки перелетных птиц, с большим количеством как редких, так и промысловых охотничьих видов. Кластер окружен портовыми комплексами, напрямую граничит с портом «Бронка» и портом г. Ломоносов. Негативное воздействие недавно построенного порта «Бронка» привело к значительному снижению числа птиц. При этом планируется дальнейшее расширение этого порта за счет сопредельной территории заказника, и, более того, соединение территорий данного порта и порта г. Ломоносов в единую промышленную зону. При этом заказник оказывается окружен урбанизированными территориями, и может утратить свою природоохранную ценность.

Большая часть территории заказника, примыкающей к акватории Невской губы, занята естественной растительностью. По берегам представлены тростниковые заросли, низинные болота. На литориновых террасах произрастают черноольховые леса, встречаются березовые леса, ивняки, а также различные луговые и дюнные сообщества. Сохранились участки старинных парков, смешанных и лиственных лесов с широколиственными породами (дуб, клен, липа). На мелководьях Невской губы представлены тростниковые и камышовые заросли, являющиеся местами массового гнездования, гнездовых колоний и крупных концентраций водоплавающих и околоводных птиц на миграционных стоянках. Особо ценными природными комплексами и объектами, расположенными на территории Невской губы и ее побережья, являются:

1. высокопродуктивные мелководья, сплавины, плавни;
2. приморские болота;
3. дюны;
4. исторические ландшафтные композиции парков;
5. тростниковые и камышовые сообщества;
6. черноольховые леса и заросли ив с болотным разнотравьем;
7. фрагменты старовозрастных лесов [1, 2].

В международной природоохранной деятельности давно признано первостепенное значение прибрежных мелководий для функционирования экосистем эстуариев. Мелководные биотопы, заросшие растительностью, играют ключевую роль в воспроизводстве водных биоресурсов, поддержании популяций водоплавающих птиц и в других важнейших процессах в эстуарных экосистемах. Кроме того, эти участки служат буферной зоной между наземными и водными экосистемами. Они существенно снижают неблагоприятное воздействие водоема на наземные экосистемы (в частности, в случае штормов и подъема уровня воды) и наоборот, препятствуют прямому негативному воздействию суши на водные экосистемы (в частности, выступая в роли биофильтра для загрязненных стоков с суши).

На основе исследований опубликованных данных по численности птиц [3, 4] и анализа состояния растительных комплексов на основе космических снимков с 1980 годов по 2017 г. [5] было исследована взаимосвязь орнитофауны с компонентами прибрежно-водных систем (рис. 1).

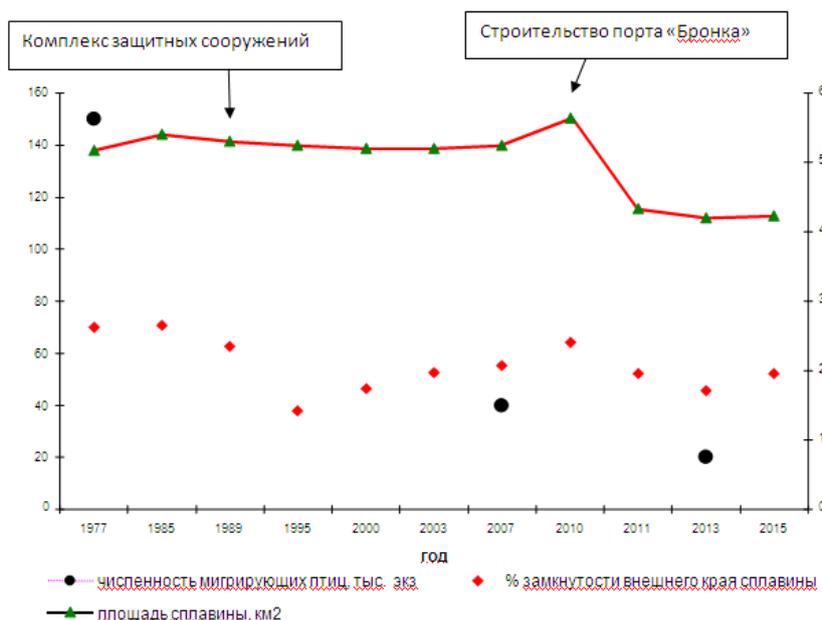


Рис. 1. Влияние развития крупных промышленных объектов в Невской губе Финского залива на состояние прибрежно-водных растительных комплексов и численность птиц в заказнике «Южное побережье Невской губы»

На основе анализа космических снимков в 1997–2015 гг. (рис. 2) показано, что в связи с антропогенными воздействиями промышленных объектов, компоненты прибрежно-водных экосистем, которые имеют ключевое значение для сохранения орнитофауны (краевые части зарослей), значительно сократились (более 20%). Планируемая дальнейшая застройка территории может привести к снижению природоохранной ценности кластера ввиду дополнительной потери более 40% ценных прибрежных биотопов как от прямого уничтожения, так и от дальнейшей деградации прилегающих участков.

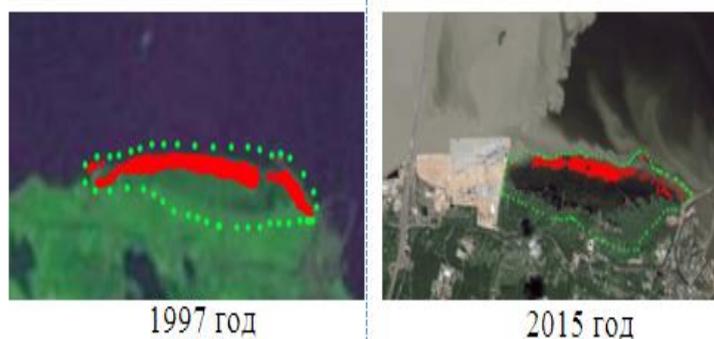


Рис. 2. Ожидаемое сокращение территории заказника

Литература

1. Ключевые орнитологические территории международного значения Европейской части России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geographyofrussia.com/klyuchevye-ornitologicheskie-territorii-mezhdunarodnogo-znacheniya-evropejskoj-chasti-rossii/>, своб.
2. Письмо Минприроды России от 15 июля 2013 г. № 15-47/13183 «О применении методик».
3. Материалы комплексного экологического обследования планируемой к организации особо охраняемой природной территории «Южное побережье Невской губы». – СПб, 2011.
4. Исследование кластера «Кронштадтская колония» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://earthexplorer.usgs.gov>, своб.
5. Исследование космических снимков заказника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://landsatlook.usgs.gov/viewer.html> (дата обращения: 20.03.2016).



Зуева Евгения Николаевна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: evgzue@yandex.ru



Павлова Анастасия Сергеевна

Год рождения: 1987

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.э.н., ст. преподаватель

e-mail: nastya.vasilyeva@gmail.com

УДК 628.17

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ**

Зуева Е.Н., Павлова А.С.

Научный руководитель – к.э.н., ст. преподаватель Павлова А.С.

В работе рассмотрен процесс водоподготовки на предприятиях по производству безалкогольных напитков, а также возможные пути сокращения водопотребления.

Ключевые слова: производство, рациональное использование водных ресурсов.

Значение и ценность воды сложно переоценить. Она обеспечивает жизнедеятельность всего человечества, является неотъемлемым атрибутом здоровья нации, а также способствует стабильности социально-экономического развития государства. Вода используется на производственные, хозяйственно-питьевые и противопожарные цели. Огромные объемы потребления воды в промышленности требуют особого внимания к вопросам ее экономии и рационального использования. Данный вопрос наиболее остро стоит перед предприятиями, где вода используется как основное сырье или основной ингредиент. В частности, предприятия по производству соков и безалкогольных напитков заинтересованы в стабильности водоснабжения, в высоком качестве ресурса, а также в сокращении потребления воды на единицу выпускаемой продукции. Ведущие компании по производству безалкогольных напитков, в том числе и предприятие N в г. Санкт-Петербурге (название засекречено положением о коммерческой тайне), серьезно относятся к вопросу ресурсосбережения и включают в свою политику пункты об эффективном использовании ресурсов, в том числе и воды, а также мероприятия по защите водных источников.

Детальное рассмотрение водопотребления на предприятии важно для дальнейшего понимания возможностей водосбережения. При производстве безалкогольных напитков вода расходуется непосредственно на производство напитков, а также на необходимые вспомогательные этапы производства (рис. 1).

Если принять за 100% поступающий на предприятие объем сырой воды, то дальнейшей обработке подвергается около 80% воды. Ключевой статьей водопотребления на предприятии по производству безалкогольных напитков является расход воды, составляющей основу напитков. Эта область производства требует около 60% поступающей на предприятие воды. Также значительная часть – более 15% – отводится на подготовку оборудования, обеспечивающую соответствие санитарным нормам. Подготовка оборудования производится с

помощью мойки «Clean-in-place (CIP)» – метода очистки внутренних поверхностей труб, емкостей, технологического оборудования, фильтров и связанной с ним арматурой без разборки. Кроме того, вода расходуется на обслуживание оборудования и обеспечение его нормального функционирования во время производства, а также на промывку угольных и песочных фильтров. Вода, обеспечивающая работу оборудования, а также вода с завершающих стадий CIP возвращается в цикл и проходит повторную обработку, таким образом, процент вторично используемой воды составляет около 9%.

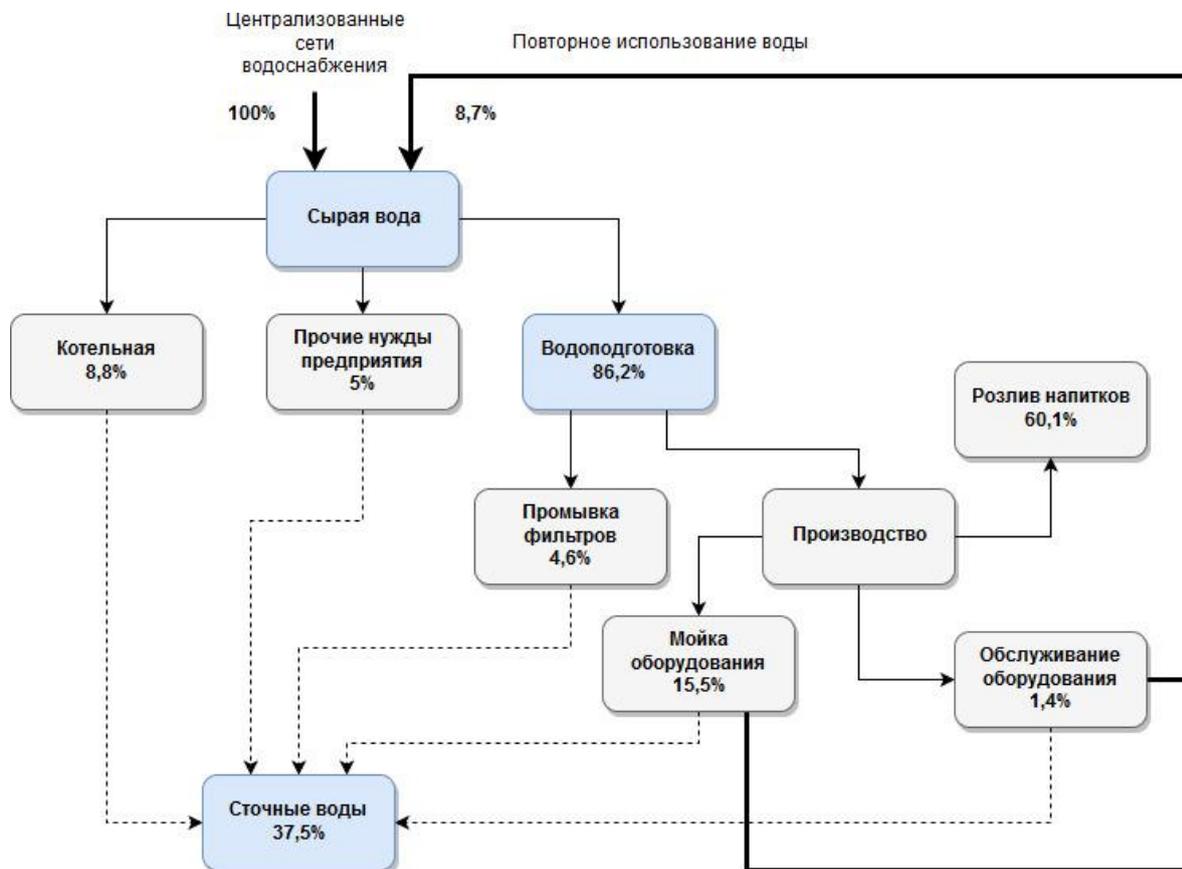


Рис. 1. Схема водопотребления воды на предприятии по производству безалкогольных напитков

Хотя ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» предоставляет в городское пользование воду, полностью соответствующую санитарно-гигиеническим требованиям к качеству питьевой воды [1], невозможно гарантировать сохранение качества воды на протяжении от станции водоочистки непосредственно до потребителя. Причиной этого является зачастую неудовлетворительное состояние водопроводных сетей города. Однако даже при соответствии воды законодательным нормам, ее качества может быть недостаточно для соответствия требованиям компании, которые зачастую являются более жесткими. Такая ситуация может быть объяснена тем, что компаниям важно обеспечить постоянство вкуса своего бренда в любой точке мира. Таким образом, вода, поступающая на производство безалкогольных напитков, в любом случае требует доочистки.

Следует отметить различие в технологии водоподготовки при производстве бутилированной воды и газированных напитков из-за особенностей производства питьевой воды, которая наиболее чувствительна к составу поступающей на ее производство воды. Именно поэтому единственная на рассматриваемом предприятии ККТ (критическая контрольная точка) находится на водоподготовке (рис. 2). Она связана с необходимой по технологической процедуре консервацией установки обратного осмоса формалином в перерывах между работами.

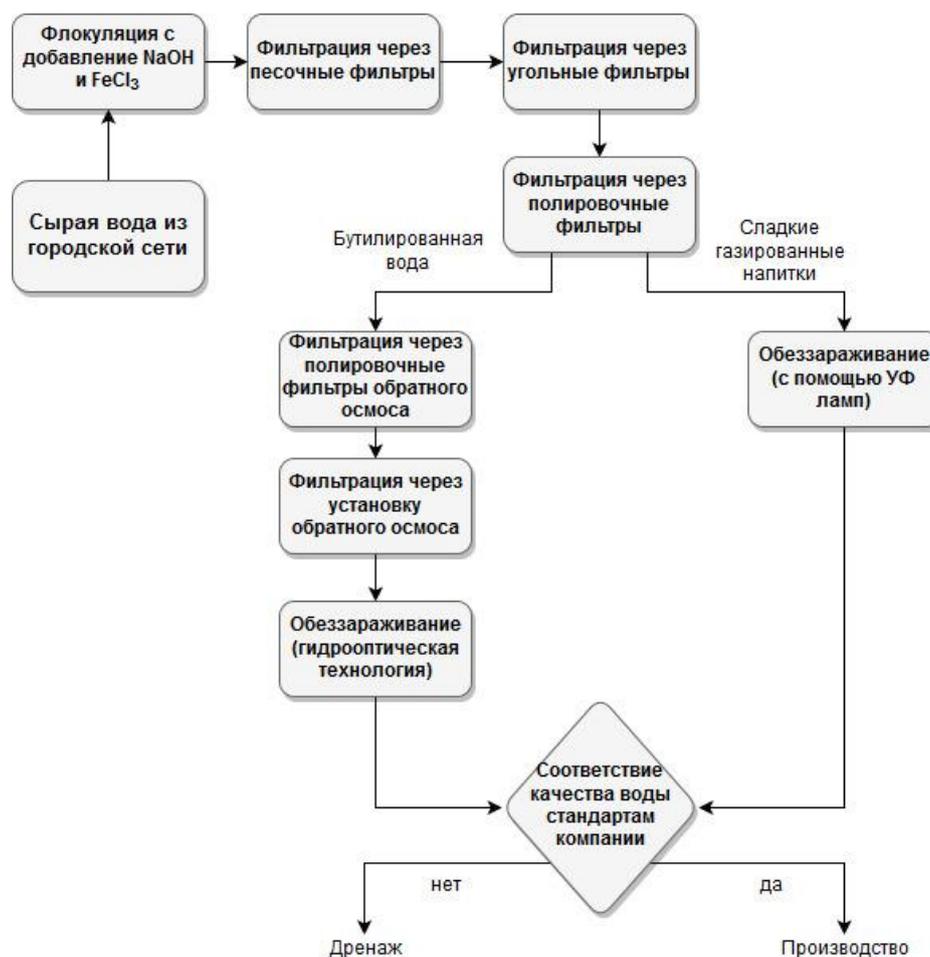


Рис. 2. Схема водоподготовки на предприятии по производству безалкогольных напитков

Таким образом, для производства сладких газированных напитков вода проходит обработку коагулянт (хлоридом железа) с дальнейшей доочисткой на угольных и песочных фильтрах с последующим обеззараживанием. При производстве бутилированной воды основой для напитка является вода, прошедшая дополнительную обработку на фильтрах обратного осмоса с дальнейшим обеззараживанием.

Наиболее эффективным методом ресурсосбережения, в частности воды, является ее максимальное повторное использование на предприятии [2]. В данном случае на повторную обработку поступает менее 10% воды, тогда как процент сбрасываемой в дренаж воды составляет более 30%. Поэтому основным направлением для снижения водопотребления представляется поиск максимального количества возможностей повторного использования воды.

Следует отметить, что на данном предприятии не предусмотрена повторная обработка промывных вод фильтров. Данная технология предполагает в большинстве случаев использование различных видов отстойников и песколовков для удаления осадка из промывных вод с его дальнейшим обезвоживанием [3]. Такая вторичная обработка является наиболее экологически и экономически эффективным способом очистки промывных вод.

Также из-за конструктивных особенностей большой вклад в увеличение водопотребления вносит установка обратного осмоса. Тонкопленочная мембрана, являющаяся основным очищающим элементом, который дает возможность получить на выходе воду высокой степени очистки, требует специального обслуживания. Результатом создания условий для безопасной работы, позволяющей избежать образования на мембранах осадков малорастворимых солей, является большой расход концентрата при малых

величинах выхода фильтрата [4]. Из-за такого соотношения состав концентрата будет близок по составу к воде, поступающей на установку. Близость состава концентрата к составу воды, поступающей на предприятие из централизованных систем водоснабжения, позволит направить концентрат в голову процесса на повторную обработку, что также позволит существенно сэкономить водопотребление.

В результате проведенного анализа водоотведения на предприятии по производству безалкогольных напитков идентифицированы следующие возможности для рационального использования водных ресурсов:

1. на стадии промывки фильтров необходимо разработать технологию возврата промывной воды в голову процесса с целью получения возможности повторного использования;
2. при использовании для очистки воды установки обратного осмоса также надлежит предусмотреть способ повторного использования концентрата после надлежащей очистки.

Литература

1. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Введен 01.01.2002. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 15 с.
2. Бойко Н.И., Одарюк В.А., Сафонов А.В. Основные направления безотходных и малоотходных технологий // Технологии гражданской безопасности. – 2015. – № 1(43). – С. 68–72.
3. Музыченко О.В., Корноухова И.Е. Обработка осадков промывных вод на станциях водоподготовки // Вологдинские чтения. – 2009. – № 76. – С. 81–82.
4. Первов А.Г., Андрианов А.П., Горбунова Т.П. Разработка мембранных технологий с уменьшенным расходом воды на собственные нужды // Водоснабжение и сан. техника. – 2010. – № 6. – С. 13–21.



Карпова Елена Сергеевна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: karpova.elena95@mail.ru



Лымарь Полина Игоревна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: pollymar@yandex.ru



Бартенева Татьяна Сергеевна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: tatyana.barteneva2017@yandex.ru



Сергиенко Ольга Ивановна

Год рождения: 1957

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: oisergienko@ya.ru

УДК 711-1

ПОЛИГОН ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ООО «НОВЫЙ СВЕТ – ЭКО»

Карпова Е.С., Лымарь П.И., Бартенева Т.С., Сергиенко О.И.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В рамках проекта «Энергетический менеджмент и ресурсная эффективность» группой студентов кафедры ПЭиБЖД была проведена экспресс-оценка системы менеджмента полигона «Новый Свет – ЭКО», обустроенного в 1999 году на месте бывшего хранилища животноводческих стоков. В настоящей работе приведены результаты экспресс-оценки по литературным данным и на основе интервью с руководителями предприятия.

Ключевые слова: полигон твердых бытовых отходов, твердые коммунальные отходы, сортировка мусора, захоронение отходов.

В ходе интервью были заданы следующие вопросы: какие технологии используются для предотвращения негативного воздействия на окружающую среду, как происходит прием

и учет твердых коммунальных отходов (ТКО), насколько эффективно осуществляется сортировка отходов, каковы перспективы дальнейшего использования полигона.

Наличие котлована, а также месторасположение и геологические характеристики (залежи синей глины) сыграло важную роль при выборе площадки для полигона. Была применена технология, изолирующая влияние отходов на почву и подземные воды. После всех согласований и заключений полигон начал принимать отходы в 2002 году.

В настоящее время на полигоне используется первая в России станция получения биогаза из свалочных масс. Система весового автоматизированного контроля отходов в тоннах была введена с 2004 года, что позволяет вести более точный учет поступления отходов. Для минимизации объема размещения на полигоне «Новый свет – ЭКО» в 2014 году была запущена станция сортировки [1].

Сортировка отходов состоит из нескольких этапов – подготовка первичного материала и отбор ценных фракций. На первом этапе происходит измельчение крупных фракций (таких, как мебель и пр.) и вскрытие пластиковых пакетов с коммунальными отходами, после чего происходит магнитная сепарация металлов. Следующим этапом удаляются органические вещества – пищевые отходы, листья и т.д. На сегодняшний день отбираются следующие фракции: металлы, объемный пластик (ПЭТ, канистры, флаконы моющих средств и т.д.), картон, бумага, алюминиевая банка – поскольку именно эти вторичные ресурсы наиболее востребованы на рынке.

Линия сортировки имеет мощность 72 тысячи т/год. Отходы поступают из Гатчинского района, Ломоносовского района, а также юго-запада Санкт-Петербурга. Линию обслуживает 3 человека – 2 водителя-погрузчика и начальник смены, организующий работу линии. Вес отходов после сортировки и отделения ценных фракций сокращается на 25–30%, объем – на 60%. В мусоре часто встречается бытовая техника, и особенно это происходит в период праздников, по-видимому, из-за того, что люди не имеют возможности сдать ее бесплатно. На полигоне есть три сортировочных комплекса, которые перерабатывают около 10% поступающих отходов. Наиболее проста в отборе и дальнейшей продаже – пластиковая бутылка, только за 2017 г. было отобрано 2500 тыс. т пластиковых бутылок. Весь отобранный материал упаковывается и вывозится на продажу для дальнейшей переработки. Оборудование подбиралось в течение четырех лет, с учетом европейского опыта. На полигоне работают 7 экологов, которые занимаются документацией, паспортизацией, общением с клиентами.

Прием ТКО на полигон осуществляется круглосуточно. Водитель мусоровоза обязан предъявить талон на размещение отходов, в котором указано, какая машина, из какой организации и какой объем мусора. Данная информация считывается в момент размещения автомобиля на весах и поступает в автоматизированную систему учета. Для вывоза отходов предприятия приобретают у перевозчика талоны заранее, исходя из определенного количества отходов в тоннах, которое предприятия определяют самостоятельно. Водитель получает направление и поступает на разгрузочную карту; при выезде обратно, он моет колеса на автоматизированной мойке с замкнутой водооборотной системой и снова взвешивается; система автоматически вычисляет вес мусора [2]. При помощи бульдозеров отходы разравниваются и уплотняются в слой высотой не более двух метров. При получении ТКО производится непрерывный радиационный контроль.

Полигон принимает твердые бытовые промышленные отходы, кроме отходов 1 и 2 класса. 1 класс – ртутные лампы, термометры (они обезвреживаются), 2 класс – аккумуляторы на электролитах, содержащих серную кислоту. Не принимаются химические (лакокрасочные) и жидкие отходы. Медицинские отходы группы В (марли и шприцы) принимают только после обезвреживания или обеззараживания. Отходы животноводства, включая солому и др. отходы от содержания животных, размещению не подлежат, так как они способствуют развитию патогенов.

Ежеквартально производят отбор проб воздуха для соблюдения требований охраны окружающей среды. Пробы отбираются также и для определения состава подземных вод из 12 скважин.

В 2016 г. в Ленинградской области насчитывалось 1200 несанкционированных свалок [3]. Избежать эту проблему можно в том случае, если образователь отходов будет оплачивать не перевозчику, а полигону. Такая система широко используется в европейских странах.

Упорядочение обращения с отходами во многом зависит не только от наличия современного инженерного обеспечения, но и от технологий сортировки и вторичной переработки отходов. Важным фактором успеха является наличие экологической службы с квалифицированными специалистами-экологами и налаженной системы непрерывного экологического мониторинга. По мнению руководства, следующим этапом должна стать разработка и внедрение системы экологического менеджмента.

Полигон ТБО «Новый Свет – Эко», оборудованный необходимой инфраструктурой, на сегодняшний день обеспечивает утилизацию отходов не только Гатчинского района, но и сопредельных районов Ленинградской области, что позволяет улучшать санитарно-гигиенические условия проживания населения, а также стабилизирует экологическую обстановку Ленинградской области в целом [4]. Однако его емкость практически исчерпана, технологический цикл эксплуатации полигона подходит к своему концу и требуется закрытие и рекультивация полигона. Возникает задача определения направлений его дальнейшего использования. При этом руководство рассматривает следующие основные альтернативы: увеличение эффективности сортировки фракций и, соответственно, продление срока службы полигона; рекультивация с обустройством зоны отдыха и рекультивация с обустройством экотехнопарка для переработки отходов. Все эти варианты рассмотрены авторами в качестве дальнейшей работы с точки зрения максимизации эколого-экономических результатов, внедрения наилучших доступных и перспективных технологий полигонного захоронения и сортировки отходов.

Литература

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gorod-plus.tv/day/5554.html>, своб.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://piter-news.net/other/2017/10/24/111722.html>, своб.
3. Vsev.net [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vsev.net/v-lenoblasti-naschitali-bolee-1200-nesankczionirovannykh-svalok.html>, своб.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ns-eco.ru/>, своб.

**Карпова Елена Сергеевна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: karpova.elena95@mail.ru**Агаханянц Полина Феликсовна**

Год рождения: 1972

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: agahanyants@atr-sz.ru

УДК 711-1

ОСОБЕННОСТИ ВЫВОЗА ОТХОДОВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**Карпова Е.С.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Агаханянц П.Ф.**

На сегодняшний день проблема вывоза мусора в Санкт-Петербурге заботит жителей города все больше. Настоящая система сбора несовершенна, требования СанПиНов часто оказываются не выполнимыми, отсутствуют эффективные механизмы государственного контроля над деятельностью в области обращения с твердыми коммунальными отходами, что и было рассмотрено в работе.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, вывоз мусора, Санкт-Петербург.

Санкт-Петербург – второй город по численности населения и площади в Российской Федерации является самым северным городом в мире с населением более 1 млн человек. Его площадь составляет 1 439 км², а численность населения 5,2 млн человек. В настоящее время в результате деятельности населения, организаций и предприятий Санкт-Петербурга ежегодно образуется 9,7 млн м³ или 1700 тыс. тонн твердых коммунальных отходов (ТКО). Согласно «СанПиН 42-128-4690-88. Санитарные правила содержания территорий населенных мест» требования к вывозу твердых бытовых отходов следующие:

- на территории домовладений должны быть выделены специальные площадки для размещения контейнеров с удобными подъездами для транспорта;
- при временном хранении отходов в дворовых сборниках должна быть исключена возможность их загнивания и разложения. В связи с этим срок хранения в холодное время года (при температуре –5°С и ниже) должен быть не более трех суток, в теплое время (при плюсовой температуре – свыше +5°С) не более одних суток (ежедневный вывоз);
- площадки для установки контейнеров должны быть удалены от жилых домов, детских учреждений, спортивных площадок и от мест отдыха населения на расстояние не менее 20 м, но не более 100 м;
- металлические сборники отходов в летний период необходимо промывать (при «несменяемой» системе – не реже одного раза в 10 дней, «сменяемой» – после опорожнения), деревянные сборники – дезинфицировать (после каждого опорожнения);
- в жилых домах, имеющих мусоропроводы, должны быть обеспечены условия для еженедельной чистки, дезинфекции и дезинсекции ствола мусоропровода, для чего стволы оборудуются соответствующими устройствами [1].

Отходы поступают в места сбора двумя путями: путем самостоятельного выноса пакетов с отходами населением и через мусоропроводную систему многоквартирных домов с этажностью более 5 этажей.

Контейнерные площадки могут быть по-разному организованы, среди них можно выделить: открытые и закрытые, поверхностные и заглубленные.

Также существуют различные типы контейнеров для сбора ТКО: сменяемые, несменяемые и заглубленные [2].

В настоящее время в Санкт-Петербурге достаточно большое количество частных организаций занимается вывозом ТКО. Двумя крупными перевозчиками вывозится 71% всего объема ТКО – это ОАО «Автопарк «Спецтранс № 1», обслуживающий в основном южную часть города, и ОАО «Автопарк «Спецтранс № 6», обслуживающий северную часть.

Вывоз отходов может быть произведен двумя путями:

1. двухступенчатая схема вывоза отходов: вывоз ТКО через пункты перегруза мусора, где происходит опорожнение сменяемых контейнеров, и погрузка в большегрузные мусоровозы;
2. прямой вывоз ТКО от мест сбора в места переработки и размещения. Как правило, для контейнеровозов применяется на территориях, удаленных не далее 6–7 км от мест размещения. Мусоровозы с прессованием ТКО направляются напрямую на полигоны или мусороперерабатывающие заводы независимо от расстояния.

На данный момент в Санкт-Петербурге применяется преимущественно двухэтапный вывоз. Помимо станций, действующих на официальной основе, в городе работают и другие станции, существующие полулегально. Основной проблемой в этом случае является плохое оснащение данных станций и случаи нарушения санитарно-гигиенических норм.

Преимущества двухэтапного вывоза состоят в сокращении транспортных расходов, выбросов в атмосферу от контейнеровозов и пр. Использование мусороперегрузочных станций позволяет:

- обеспечить уборку центра города до 9 часов утра, когда движение по городу затрудняется, меньшим числом машин;
- уменьшить издержки на транспортирование отходов, особенно крупногабаритных;
- использовать мусоровозы малых габаритов, необходимых для сбора мусора в стесненных условиях центра города и проезда через узкие арки, не нанося вреда дворовым проездам;
- сократить транспортную нагрузку на магистрали;
- повысить качество контроля над перемещениями отходов;
- обеспечить устойчивую работу системы в чрезвычайных ситуациях (снегопад и пр.) [3].

Тем не менее, данная система сбора ТКО имеет и свои недостатки: пункты перегруза незаконно осуществляют первичную сортировку ТКО. При этом, с одной стороны, не достигается удовлетворительного извлечения вторичного сырья, поскольку мусороперегрузочные пункты не оснащены соответствующим оборудованием, с другой стороны – снижение содержания вторичного сырья в отходах делает их переработку менее привлекательной для потенциального инвестора.

Несмотря на то, что данная система вывоза мусора имеет множество преимуществ, связанных с сокращением транспортных расходов, альтернативой ей может служить использование современных большегрузных мусоровозов.

Перегрузка ТКО из несменяемых наземных или заглубленных контейнеров в большегрузные мусоровозы с системой уплотнения с точки зрения затрат на транспортирование имеет явные преимущества. Этот способ позволяет организовать экономически обоснованную одноэтапную систему транспортирования и может быть выбран как предпочтительный на перспективу развития города.

При организации одноэтапного вывоза следует учитывать ограничения по въездам на дворовые территории в центральных районах. Размеры арочных въездов в исторически сложившейся застройке препятствуют проезду большегрузного транспорта. Для обеспечения одноэтапного вывоза в таких районах следует устанавливать несменяемые выкатные контейнеры, которые в оговоренный графиком момент сбора (не ранее чем за 1 ч) выкатываются из дворов в прилотовую полосу, а затем возвращаются на контейнерные площадки.

Еще одной проблемой настоящей системы вывоза ТКО в Санкт-Петербурге является большое количество перевозчиков отходов – после отмены лицензий на транспортировку отходов появилось множество организаций с малым количеством транспорта (1–3 машины). При этом техническое состояние и эстетический вид таких транспортных средств часто неудовлетворительные. Не все малые перевозчики довозят отходы до мест назначения, некоторые из них несанкционированно размещают ТКО в неположенных местах, а подтверждающие документы по размещению фальсифицируют [4].

Заключение. К сожалению, на данный момент в Санкт-Петербурге отсутствуют эффективные механизмы государственного контроля над деятельностью в области обращения с ТКО, в частности, отсутствуют механизмы учета и мониторинга транспортировки ТКО из мест их образования и сбора до мест их переработки и захоронения. Отсутствуют рычаги влияния на деятельность организаций-перевозчиков, так как оказываемые ими услуги признаны конкурентными и, следовательно, не подлежащими государственному регулированию.

Литература

1. СанПиН 42-128-4690-88. Санитарные правила содержания территорий населенных мест (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 05.08.1988 № 4690-88).
2. МДС 13-8.2000. Концепция обращения с твердыми бытовыми отходами в Российской Федерации; утв. Постановлением Коллегии Госстроя РФ от 22.12.1999 № 17.
3. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 29 мая 2012 года № 524 «О Программе «Региональная целевая программа по обращению с твердыми бытовыми отходами в Санкт-Петербурге на период 2012–2020 годов».
4. Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «О лицензировании отдельных видов деятельности».



Карпова Елена Сергеевна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

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

e-mail: karpova.elena95@mail.ru



Рахманов Юрий Алексеевич

Год рождения: 1941

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: rahmanovua2010@gmail.com

УДК 620.952

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
В ЭНЕРГЕТИКЕ**

Карпова Е.С.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В настоящее время проблемы нехватки источников энергии и наличия больших объемов отходов обостряются ежегодно. Получение энергии из отходов является одной из наиболее перспективных отраслей, так как позволяет решить несколько проблем одновременно. В работе рассмотрен опыт зарубежных стран в получении энергии из отходов от производства сахарного тростника, виноделия, риса, растительного масла, апельсинового сока, виски и возможность использования этого опыта в России.

Ключевые слова: биотопливо, альтернативные источники энергии, отходы сельского хозяйства, биоэтанол, биокеросин, биогаз, пеллеты.

На данный момент одной из лидирующих стран по производству и потреблению биотоплива является Бразилия, запустившая программу перевода транспортных средств на этанол, производящийся из сахарного тростника. Трудно переоценить экологический эффект перехода на спирт: воздух в бразильских мегаполисах стал значительно чище. Массовое внедрение спиртового топлива в рамках одной страны привело к появлению рынка экспорта: Бразилия импортирует этанол в Японию, США и Индию. Бразилии удалось создать огромный рынок рабочих мест, избавиться от нефтяной «зависимости», снизить нагрузку на окружающую среду, и самое главное – на практике доказать реальность перехода на возобновляемый вид топлива в рамках целого государства [1].

К 2006-му году 4,3 млн транспортных средств работают полностью на этаноле, остальные 17 млн используют в качестве топлива смесь спирта с бензином. 5 из 6 бразильских АЗС продают чистый этанол. Также данная программа обеспечила работой 10 млн граждан. И конечно же, Бразилия снизила степень своей «нефтяной зависимости» благодаря тому, что этанол заменил Бразилии 1,50 млрд баррелей нефти.

Тем не менее, есть и отрицательный аспект данных изменений. Для выращивания большего количества сахарного тростника необходимо освобождать новые площади, из-за чего идет уничтожение сельвы – девственных экваториальных лесов Бразилии, которые называют «легкими планеты». В подобных регионах сокращается поглощение углекислого газа и даже начинаются изменения климата [1]. Многие виды животных оказались под угрозой – замечено значительное сокращение численности обезьян-ревунов, гигантских муравьедов и несколько видов диких свиней. Бразильские ученые посетили несколько участков сохранившейся сельвы, и на многих участках было обнаружено меньше млекопитающих, чем предполагалось. В среднем на каждом участке ожидалось обнаружить около 18 особей, но в среднем их было не более 4–5 [2].

Недавно компания Amyris Biotechnologies открыла завод в Кампанис (Campanis) по переработке сахарного тростника в биотопливо, мощность которого составляет 10000 галлонов в год. На этом заводе используется другая технология, когда под действием специально выведенных микробов сахарный тростник будет преобразован в обычное дизельное биотопливо.

Бразилия не останавливается на производстве топлива и энергии из сахарного тростника. Также начинает работу завод по производству биотоплива из водорослей. Он будет расположен рядом с предприятием, производящим этанол из сахарного тростника, используя углекислый газ, выделяемый при производстве спирта, для ускорения процесса фотосинтеза в водорослях. Таким образом, будут решаться две проблемы одновременно: снижение выбросов углекислого газа и производство биотоплива из водорослей [3].

Франция также представляет интерес в сфере инновационных технологий производства электроэнергии. В рамках проекта «Лаборатория будущего» («Lab'Line for the future») Air France использовала биокерасин, созданный Концерном «Тоталь» и его партнером Amyris, для одного рейса в неделю между Тулузой и Парижем. В 2015 г. данный вид биотоплива получил сертификат Total Ecosolution, что является доказательством его экологической эффективности. В 2016 г. Биокеросин применялся на 23 рейсах Ницца-Париж во время Каннского кинофестиваля, и авиакомпания Cathay Pacific использует его для рейсов между Тулузой и Гонконгом в рамках доставки ей самолетов Airbus A350, заказанных французскому самолетостроителю [4].

Сегодня во Франции действует 24 завода по производству биоэтанола и три основные биогазовые установки: GAEC du Bois Joly, Abbaye de Tamié, Fier et No. По данным Intelligent Energy производственная мощность GAEC du Bois Joly составляет 67500 м³/год Abbaye de Tamié – 125 м³/день, Fier et No – 202149 м³/год. В стране используются технологии получения электроэнергии из отходов виноделия, ведь даже вышеперечисленные заводы находятся в основных районах виноделия.

Кроме сжигания отходов виноделия, производства из них пеллет и биоэтанола, существует технология их разложения с помощью грибов, которые без вспомогательных материалов разлагают биомассу на этанол и другие вещества, при этом выделяются ферменты, превращающие отходы в растворимые сахара, из которых возможно создание биотоплива и даже лекарств [2].

В Великобритании подобные технологии также не стоят на месте. Сотрудники Эдинбургского университета Напьера, взяв за основу изделия завода «Гленкинчи» (Восточный Лотиан), разработали метод получения биотоплива из двух главных побочных продуктов процесса перегонки виски – барды (жидкие отходы) и отходов зерна. Метод переработки основан на изобретенном 100 лет назад способе получения бутанола и ацетона путем ферментации сахара. А шотландские ученые применили этот метод к переработке отходов от производства виски. Итоговый бутанол на 30% эффективнее традиционных видов биотоплива на этиловом спирте.

На данный момент Китай является одним из мировых лидеров по производству этанола в мире, производя электроэнергию в основном из кукурузного крахмала. Также

популярностью пользуется производство пеллет и брикетов из рисовой шелухи, технология создания которых основывается на ее измельчении с последующим прессованием.

Несколько лет назад Китай стал четвертой страной в мире, имеющей собственные технологии производства авиационного биотоплива. Нефтеперерабатывающая компания Sinopet начала производить подобный вид топлива из пальмового масла и переработанного пищевого масла растительного происхождения. Первый полет с его использованием был проведен авиакомпанией China Eastern Airlines в 2013 году. На данный момент к 2020 году Китай намерен довести долю биотоплива в авиации до 12 млн т, единственной проблемой является его дороговизна [5].

Во время работы над работой была составлена таблица, отражающая различные виды топлива и страны-производители.

Таблица. Виды топлива и страны-производители

Вид получаемого топлива	Ресурс	Страна-производитель
Биотопливо	Сахарный тростник	Бразилия
	Водоросли	Бразилия
	Отходы виноделия	Франция
Биокеросин	Барда, зерно	Великобритания
	Кукурузный крахмал	Китай
	Растительное масло	Франция, Китай
Биогаз	Отходы виноделия	Франция
Пеллеты	Отходы виноделия	Франция
	Рисовая шелуха	Китай

Заключение

1. Использование альтернативных источников энергии может быть выгодно экономически;
2. по мере развития подобных технологий, получение энергии становится все более дешевым, хоть на сегодняшний день и уступает в цене традиционным методам;
3. вышеперечисленные технологии решают как минимум две остро стоящие проблемы: нехватка энергоресурсов и избыток отходов;
4. в России подобные технологии актуально и целесообразно использовать на пивоваренных заводах и в сельскохозяйственных районах;
5. развитие подобных французских технологий в России актуально в южных регионах виноделия;
6. на Дальнем Востоке и в приморских регионах РФ перспективно использование бразильских технологий получения энергии из водорослей.

Литература

1. Miguel Ángel Criado. Вырубка лесов в бассейне Амазонки приведет к сокращению урожая производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://inosmi.ru/world/20130515/208971210.html>, своб.
2. Nacho Doce. В Бразилии из-за вырубки сельвы стремительно сокращается число диких животных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ridus.ru/news/42541.html>, своб.
3. Батлева Е.А. Получение биотоплива из отходов производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rae.ru/forum2012/205/2782>, своб.
4. Биокеросин от «Тоталь» и Amyris, эффективная и экологичная разработка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.total.com/ru/my-delaem-energiyu-luchshe/proekty-vo-vsem-mire/biokerosin-ot-total-amyris-effektivnaya-i-ekologichnaya-razrabotka>, своб.
5. Биотопливо из водорослей в промышленных масштабах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eprussia.ru/epr/203/14285.htm>, своб.

**Лымарь Полина Игоревна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

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

e-mail: pollymar@yandex.ru

**Юльметова Ралия Фагимовна**

Год рождения: 1957

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.хим.н., доцент

e-mail: liya974@mail.ru

**Рахманов Юрий Алексеевич**

Год рождения: 1941

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: rahmanovua2010@gmail.com

УДК 67.06**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЛАКОКРАСОЧНЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ****Лымарь П.И., Юльметова Р.Ф., Рахманов Ю.А.****Научный руководитель – к.хим.н., доцент Юльметова Р.Ф.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрены некоторые методы очистки сточных вод лакокрасочных предприятий и утилизация их отходов. Рассмотрена эффективность очистки с помощью коагулянтов и флокулянтов, а также проблемы утилизации отходов и развитие экологической безопасности лакокрасочных материалов.

Ключевые слова: очистка сточных вод, водно-дисперсионные лакокрасочные материалы, утилизация отходов лакокрасочных материалов.

В последнее время активно развивается производство лакокрасочных материалов (ЛКМ) на водной основе (водоразбавляемые и воднодисперсионные) по сравнению с органоразбавляемыми лаками и красками, это в первую очередь связано с экологическими характеристиками и безопасностью применения. Главным преимуществом вододисперсионных ЛКМ (ВД-ЛКМ) является использование в составе воды вместо токсичных растворителей, что существенно уменьшает пожароопасность и токсичность.

Одной из значительных проблем производств, выпускающих ВД-ЛКМ, является очистка загрязненных сточных вод, образующихся, по большей части, на стадии промывки

оборудования, так как вода, потребляемая в производственном цикле, расходуется безвозвратно.

Состав таких вод является непостоянным и варьируется в широких пределах в зависимости от вида производимой в конкретный момент продукции (таблица). Помимо воды производственные стоки содержат многочисленные компоненты органической и неорганической природы, такие как дисперсии сополимеров с различным мономерным составом, диспергаторы, пигменты, наполнители, загустители, коалесценты, пластификаторы, антифризы и множество других добавок. Такие суспензии седиментационно устойчивы, поэтому отстаивание оказывается неэффективно. А длительное хранение сточной воды приводит к ее заражению микроорганизмами и делает невозможным ее повторное использование в производстве. Основные способы очистки сточных вод лакокрасочных предприятий (например, механический метод), не являются энергоэффективными, поэтому актуальной задачей лакокрасочных предприятий является выбор рациональных методов очистки стоков и их усовершенствование.

Таблица. Типовой состав сточных вод производства ВД-ЛКМ

Компонент-загрязнитель	Концентрация, г/л	ПДК, мг/л	Класс опасности	Состояние в воде
Стирол-акриловая дисперсия	57,95	0,01	3	не раств.
Диспергатор (полифосфат натрия)	5,5	3,5	3	раств.
Коалесцент (уайт-спирт, бутилдигликоляцетат)	7,75	–	4	раств.
Консервант (формальдегид)	0,5	0,05	2	раств.
Пенегаситель (минеральное масло)	5,5	–	3	не раств.
Диоксид титана	10,72	0,1	4	не раств.
Другие добавки (SiO ₂ ; Al ₂ O ₃ ; Fe ₂ O ₃ ; CaO; MgO и др.)	20,72	–	4	не раств.

Метод коагуляции с последующей фильтрацией. Сущность метода состоит в дестабилизации коллоидной суспензии коагулянтами. В загрязненную воду при перемешивании добавляется коагулянт, который подбирается в соответствии с приблизительным составом загрязненных вод. После чего происходит отстаивание и фильтрация. Данный метод является наиболее распространенным, а также экономически и технологически приемлемым для небольших промышленных предприятий [1]. Эффективно применять коагулянты FeCl₃ и полиалюминий хлорид. Однако данный метод, несмотря на высокую степень очистки, не позволяет использовать извлеченные загрязнения в качестве вторичного сырья.

Метод реагентной флотации. Метод проходит в две стадии. На первой стадии в сточную воду при перемешивании добавляется коагулянт, что вызывает образование комплексов в виде хлопьев, оседающих на дне. После добавляются флокулянты, которые за счет большой молекулярной массы образуют связи между комплексами, тем самым укрупняя их. Далее происходит сам процесс флотации, в котором вода аэрируется пузырьками воздуха, подаваемого под давлением. Пузырьки воздуха захватывая загрязнения, всплывают, после чего осадок удаляется. На второй стадии повторно добавляются реагенты, также к ним добавляется осадок, полученный на первой стадии. Крупные частицы осадка помогают осаждению новообразовавшихся комплексов. Процесс флотации повторяется. Чтобы полностью очистить стоки, их направляют на дальнейшую фильтрацию.

Данный метод позволяет: повысить эффективность системы фильтрации и увеличить срок службы фильтров; уменьшить расходы, трудоемкость и проблемы, связанные с удалением отходов. В качестве реагентов используются коагулянт и флокулянт. Очищенная вода соответствует нормам для сбора очищенных сточных вод в водоемы

рыбохозяйственного назначения [2]. Традиционные коагулянты: сернокислотный алюминий, хлорид алюминия, сульфат алюминия, алюмо- и железосодержащие отходы производства. Коагулянты современной разработки – полиоксихлориды алюминия (ПОХА), оксихлориды алюминия (ОХА) [3]. Все большую популярность получают современные флокулянты на основе полиакриламида и его сополимеров, разработанные во Франции.

Метод электрокоагуляции. Суть метода заключается в том, что заряд загрязненных частиц нейтрализуется под действием электрического поля, за счет чего происходит разделение твердой и жидкой фаз. Далее добавляется коагулянт ($Al_2(SO_4)_3$) и в результате гидролиза образуются хлопья гидроксидов алюминия, которые собирают на своей поверхности нерастворенные и растворенные лакокрасочные компоненты. После чего происходит механическое обезвоживание.

Данный метод применяется для сточных вод, содержащих коллоидные и взвешенные частицы. Дает возможность регулировать степень очистки стоков в зависимости от дисперсного состояния за счет изменения только одного параметра – плотности тока. Такие сточные воды могут содержать: масла и жиры, нефтепродукты, ионы тяжелых металлов, фенолы, ПАВ и красители, гуаши и акварели и другие. Метод электрокоагуляции эффективен для очистки стоков от нефтепродуктов, хрома, жиров и взвешенных частиц на 95%.

Утилизация лакокрасочных отходов. В результате деятельности лакокрасочного производства побочным эффектом становятся жидкие и твердые отходы, утилизация которых требует переработку или захоронение. Это одна из важнейших задач, стоящих перед лакокрасочными компаниями. Согласно требованиям законодательства в области экологии, должны утилизироваться все предметы и материалы, которые соприкасались с ЛКМ. Утилизация подразумевает: утилизацию самих лакокрасочных материалов; переработку загрязненной бумаги, ветоши и емкости, в которой хранились лакокрасочные материалы; утилизация неиспользованных на производстве лакокрасочных материалов, испорченных или с истекшим сроком годности.

Многие страны выделяют токсичные отходы в группы и категории для того, чтобы облегчить выполнение задач по их переработке и утилизации. Например, в США выделяют около 115 вредных веществ из которых 50% рекомендуется перерабатывать и повторно использовать в производстве, 26% подлежит захоронению, а 24% необходимо подвергать термической обработке [4]. Аналогичным образом поступили в Канаде, где выделяют 10 категорий токсичных веществ, и в Дании – 6 групп веществ.

Ужесточение требований к лакокрасочным материалам – инициатива объединения крупных производителей, которая на данный момент реализуется только в качестве добровольных инициатив, например, экологической добровольной сертификацией. Национальной маркировкой в России является «Листок жизни» [4]. На основе этой программы был разработан стандарт оценки жизненного цикла лакокрасочных материалов, который содержит требования к системе обращения с отходами, загрязненными сточными водами, использованию чистой воды и электроэнергии.

В России единственным предприятием, получившим «Листок жизни» является компания ЗАО «Акзо Нобель Декор». В ходе сертификации она показала выдающиеся результаты: достижение 99% очистки вод от промывки оборудования, постоянное повышение доли перерабатываемых отходов (в 2013 г. 57%, в 2014 г. 68%), низкое содержание летучих органических соединений в продукции, отсутствие ряда опасных компонентов в составе продукции (органические растворители, тяжелые металлы, формальдегид) и др.

Подводя итог вышесказанному, можно сказать, что решение проблемы защиты окружающей среды при производстве лакокрасочных материалов необходимо продолжать развивать: совершенствовать технологии и структуры производства – заменять или полностью исключать из рецептур красок токсичные виды сырья; использовать и разрабатывать высокоэффективные методы очистки, обезвреживания и утилизации отходов [5].

Литература

1. Doveloglou O., Philippopoulos C., Grigoropoulou H. Coagulation for treatment of paint industry wastewater // J. Environ. Sci. Heal. Part A. – 2002. – V. A37. – № 7. – P. 1361–1377.
2. Ксенофонов Б.С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. – М.: Новые технологии, 2010. – 272 с.
3. Яминский В.В., Пчелин В.А., Амелина Е.А., Щукин Е.Д. Коагуляционные контакты в дисперсионных системах. – М.: Химия, 1982. – 185 с.
4. Экологический союз [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecounion.ru/listok-zhizni/o-programme/programma-listok-zhizni/>, своб.
5. ЭСКО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://esco.co.ua/journal/industry/2013_2/art275.html, своб.

**Мнускина Ольга Романовна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4250

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

e-mail: mnuskina@mail.ru

**Вартминская Анастасия Олеговна**

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4250

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

e-mail: Angelssilvers@mail.ru

**Овсюк Елена Алексеевна**

Год рождения: 1973

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: ovsuk@mail.ru

УДК-664.959**ОЦЕНКА РЕСУРСНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНЫХ РЫБНЫХ РЕСУРСОВ****Мнускина О.Р., Вартминская А.О.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Овсюк Е.А.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

Самой распространенной технологией в России для переработки вторичных рыбных ресурсов до сих пор остается производство кормовой рыбной муки, в то время как большая часть отходов оказывается, в лучшем случае, как органическое удобрение с применением в сельском хозяйстве, а в худшем – на свалках промышленного мусора. Необходимость решения проблемы комплексного использования водных ресурсов очевидна. Предложена новая технология комплексной переработки отходов от разделки рыб, позволяющая получать минеральный преципитат, белковые препараты и жир.

Ключевые слова: рыбное сырье, переработка рыбного сырья, белковые препараты, гидролизат, концентрат, изолят.

Неполноценное использование отходов рыбоперерабатывающих производств является распространенной проблемой рыбной отрасли как в России, так и за рубежом [1]. Ежедневно в процессе переработки рыбных ресурсов образуются тонны отходов при производстве рыбного филе, фаршей, консервов и других видов рыбной продукции. Самой распространенной технологией в России для переработки вторичных рыбных ресурсов до

сих пор остается производство кормовой рыбной муки, в то время как большая часть отходов оказывается, в лучшем случае, как органическое удобрение с применением в сельском хозяйстве, а в худшем – на свалках промышленного мусора. Необходимость решения проблемы комплексного использования водных ресурсов очевидна. Это не только снизит затраты на производство традиционных видов рыбной продукции, но и позволит заметно расширить ассортимент.

Все то, что подлежит дальнейшей переработке, является вторичным сырьем. Состав такого сырья варьируется в зависимости от вида рыбы, из которого оно произведено, сезона и других факторов. В качестве сырья могут служить рыбные головы, части тканей рыбы, отделенные в ходе филетирования, кости, кожа, внутренние органы рыб. Головы и кости достаточно целесообразно перерабатывать по имеющейся технологии производства рыбной муки, в то время как мягкие ткани и внутренние органы, содержащие ценные липидную и белковую фракции, остаются крайне недоиспользованными.

Предложена новая технология комплексной переработки отходов от разделки рыб, позволяющая получать минеральный преципитат, белковые препараты и жир, основные свойства которых представлены в табл. 1–3.

Таблица 1. Физико-химические характеристики белкового раствора (используется для производства белковых препаратов)

Вид отхода	Влажность, %	Зола, %	N _{Общ} , %	N _{Амин} , %	Количество белка, %	Жирность, %
Треска	5,9	1,2	9,2	2,5	55,51	0,5
Скумбрия	6,2	1,1	8,5	2,6	51,85	4,2

Таблица 2. Физико-химические характеристики костного остатка

Вид отхода	Влажность, %	Зола, %	N _{Общ} , %	Кальций, % на сухое вещество	Магний, % на сухое вещество
Треска	57,40	39,44	0,23	4,38	0,81
Скумбрия	58,35	40,11	0,21	3,11	0,53

Таблица 3. Физико-химические характеристики полученного жира скумбрии

Количество неомыляемых веществ, %	Количество примесей нежирового характера, %	Кислотное число
1,35	0,16	0,5

Данная технология начинается на стадии разделки рыбного сырья в процессе производства различных рыбных продуктов. Предложено для эффективного использования сырья, липидную и белковую фракцию, образующуюся при разделке целой рыбы на филейную часть, кости, плавники, кожу, голову, внутренности, разделить, причем максимально сохраняя качество и выход обоих. Схема переработки вторичного рыбного после разделения на фракции представлена на рис. 1.

Процессы, позволяющие перерабатывать рыбные отходы по комбинированной технологии, проводились на опытно-промышленной установке ООО «КРИСТАЛ», состоящей из емкости для измельчения отходов, емкости для приготовления водно-солевого раствора, блока электролизеров, каждый из которых разделен на катодную и анодную камеру, реактора с мешалкой и нагревателя. Принципиальная схема использованного оборудования представлена на рис. 2.

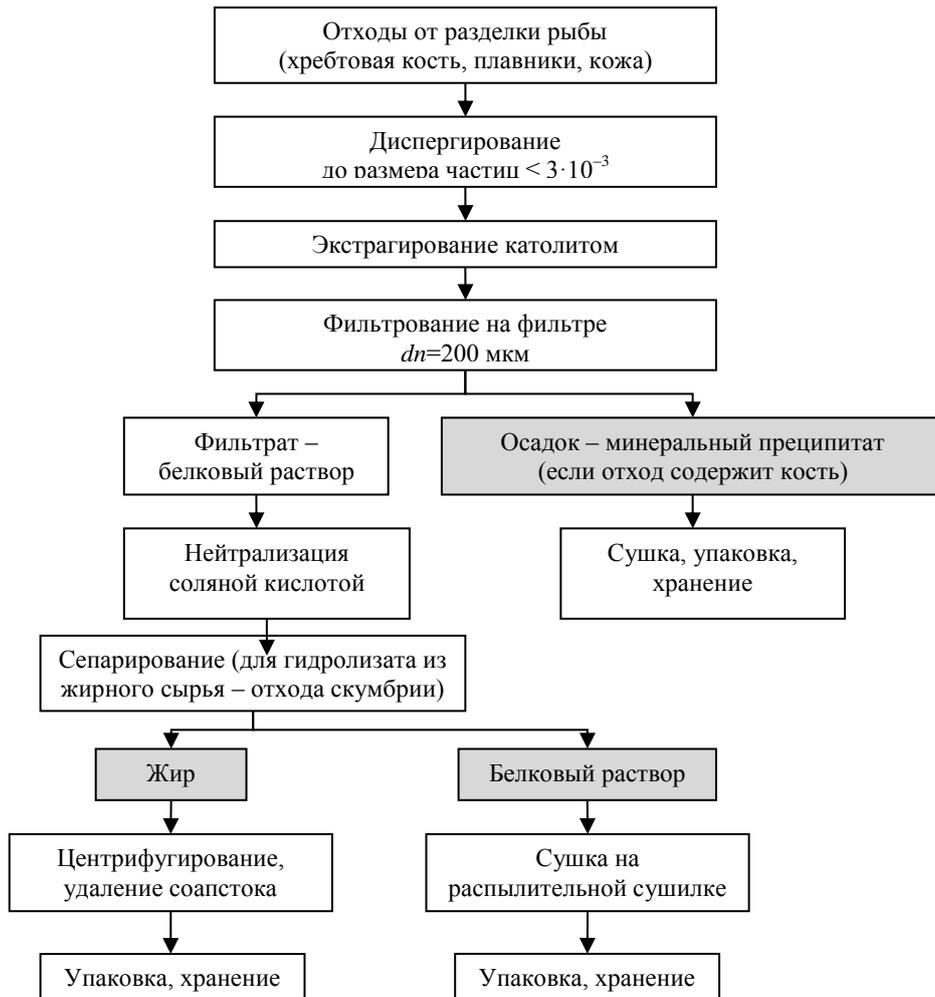


Рис. 1. Технологическая схема переработки отходов от разделки рыб

В результате комплексной переработки рыбных отходов могут быть получены три типа белковых препаратов, различающихся по форме выпуска, содержанию и функциональности белка в их составе (в порядке увеличения): гидролизат, концентрат и изолят.



Рис. 2. Принципиальная схема переработки рыбных отходов

Белковый гидролизат – раствор природно-сбалансированных аминокислот и биологически активных пептидов. Полупрозрачная жидкость от коричневатого до темно-вишневого цвета содержит все аминокислоты, входящие в белки тканей, которые при попадании в клетку используются как строительный материал для белковых молекул.

Рыбный белковый гидролизат (РБГ) – это продукты с большим содержанием свободных аминокислот и низших пептидов, обладающие хорошими функциональными и питательными свойствами [2]. В последние годы получены данные по биоактивным свойствам РБГ. Рыбные белковые гидролизаты широко используются в медицине, микробиологии, пищевой и комбикормовой промышленности.

Рыбные белковые концентраты (РБК) – продукты, получаемые в процессе гидролиза, прерванного на начальной стадии образования концентрированного пептидного раствора комбинированными способами. Отличается содержанием белка до 40%, представляет из себя порошок, растворимый в воде или жидкость, полученную сразу после гидролиза и стандартизованную (доводим концентрацию) до содержания белка не менее 40%.

Изоляты рыбного белка (ИРБ) обладают многими ценными функциональными свойствами: растворимостью в воде, эмульгирующей, пенообразующей, связующей способностями и другими. Именно они позволяют использовать ИРБ в процессе изготовления широкого диапазона пищевых продуктов. ИРБ может быть использован в качестве ингредиента для производства обогащенных и готовых к употреблению продуктов на основе рыбного фарша или сурими. Этот продукт является наиболее ценным из получаемых, так как востребован на рынке пищевых ингредиентов. С помощью белков различного происхождения производители пищевой продукции пищевые предприятия добиваются увеличения выхода продукции, при соблюдении требований к пищевой ценности продукции.

Выгодным отличием изолята рыбного белка (белок – 95%) является его низкая стоимость, при высоких потребительских характеристиках – водосвязывающей способности и биологической ценности. Аналоги рыбного изолята значительно дороже: молочный сывороточный белок (порошок) – 700 руб./кг; коллагеновый свиной белок (порошок) – 400 руб./кг.

Данная технология позволяет получать высококачественный рыбий жир с низкими перекисным и кислотными числами и высокий выход РБГ, что подразумевает комплексную переработку сырья и расширение области применения, а не утилизации, переработанных вторичных рыбных ресурсов [3].

Литература

1. Петрова И.Б., Клименко А.И. Комплексная переработка отходов рыбоперерабатывающих производств: обзор // Молодой ученый. – 2012. – № 9. – С. 61–63.
2. Максимова Е.М. Разработка технологии утилизации белковых отходов методом ферментативного гидролиза // Вестник МГТУ. – 2006. – Т. 9. – № 5. – С. 875–879.
3. Безуглова А.В., Касьянов Г.И., Палатина И.А. Технология производства паштетов и фаршей. Учебно-практическое пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: МарТ, Ростов н/Д: МарТ, 2004. – 304 с.

**Назарова Анастасия Владимировна**

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4252

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

e-mail: naz.nastasya@gmail.com

**Сергиенко Ольга Ивановна**

Год рождения: 1957

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

УДК 502.34

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К УСТАНОВЛЕНИЮ НОРМАТИВОВ ЗАПАХА
В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ****Назарова А.В., Сергиенко О.И.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Сергиенко О.И.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрены основные подходы к нормативам запаха за рубежом, обозначена проблема отсутствия достаточной законодательной базы по данной области в России. Изучено влияние и разное восприятие запаха человеком, приведены причины и источники появления запаха, методы их исследования и результаты исследования запаха методом ольфактометрии на предприятии по производству кондитерских изделий.

Ключевые слова: гедонический тон, неприятно-пахнущие вещества, норматив и контроль запаха, единица запаха, ольфактометрия.

Запахи играют ощутимую роль в общем загрязнении атмосферы. Появление запахов служит индикатором присутствия определенной концентрации неприятно-пахнущих веществ в атмосферном воздухе и является поводом для жалоб со стороны населения, даже если по данным загрязняющим веществам соблюдается установленная предельно-допустимая концентрация.

Одной из основных характеристик в описании запахов, а также в изучении их свойств, является интенсивность. При изучении интенсивности запаха определяющей является величина пороговой концентрации восприятия запаха, т.е. минимальная концентрация пахнущего вещества в воздухе, которую ощущают 50% испытуемых. Помимо интенсивности, важным критерием при оценке запаха является гедонический тон – субъективное восприятие приятности или неприятности запаха [1].

Показатели интенсивности и гедонического тона запаха взаимосвязаны. Гедонический тон характеризует запах как приятный, приемлемый, неприятный или непереносимый. Неприятные запахи, в свою очередь, подразделяются на резкие (раздражающие),

тошнотворные (зловонные) и промежуточные (неопределенные). Приятность запаха является важной составляющей обонятельного ощущения и отличается крайней переменчивостью.

Следует отметить, что в Российской Федерации отсутствует норматив содержания запаха ($\text{ЕЗ}/\text{м}^3$) в атмосферном воздухе и, соответственно, не существует утвержденных предельно-допустимых концентраций запаха. Однако некоторые шаги в этом направлении были предприняты. Комплексы работ по исследованию запахов проводятся АО «НИИ Атмосфера» в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 32673-2014 «Правила установления нормативов и контроля выбросов дурнопахнущих веществ в атмосферу». В ольфактометрической лаборатории проводятся стационарные исследования концентрации запаха с помощью ольфактометра ЕСОМА (Германия) в соответствии с европейским стандартом EN 13725, а также на основе прибора для полевых измерений Nasal Ranger (США).

Ольфактометрия – измерение отклика испытуемых на обонятельный стимул [2]. Ольфактометрия представляет собой метод измерения запаха по степени воздействия. С его помощью можно определить воздействие запаха на человека.

Европейский стандарт EN 13725 указывает на метод объективного определения концентрации запаха в пробе газа, используя динамическую ольфактометрию (рисунок) и скорость эмиссии запахов, исходящих от источников запаха. Применение данного стандарта обеспечивает единство оценки выбросов запахов в странах ЕС.

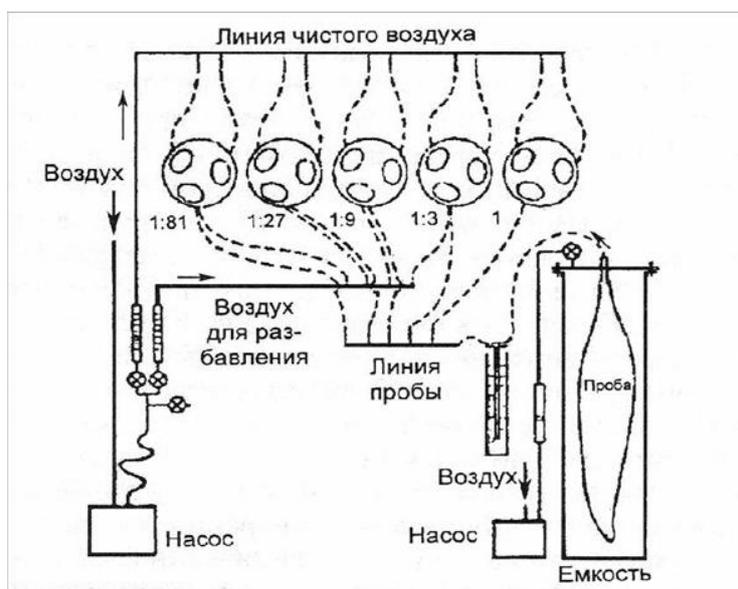


Рисунок. Динамический ольфактометр (изнутри) для измерений интенсивности запаха методом вынужденного выбора из треугольника [3]

Европейский стандарт применим к измерениям концентрации запаха чистых веществ, определенных или неопределенных смесей газообразных одорантов в воздухе или азоте, используя динамическую ольфактометрию с группой испытуемых выполняющих роль сенсора. Единицей измерения является Европейская единица запаха на кубический метр $\text{оу}_\text{Е}/\text{м}^3$. Концентрация запаха измеряется через определение фактора разбавления, необходимого для достижения порога обнаружения. Концентрация запаха при пороге обнаружения является по определению $1 \text{ оу}_\text{Е}/\text{м}^3$. Концентрация запаха выражается через величину, кратную порогу обнаружения. Диапазон измерений обычно составляет от $10^1 \text{ оу}_\text{Е}/\text{м}^3$ до $10^7 \text{ оу}_\text{Е}/\text{м}^3$, включая предварительное разбавление.

Европейская единица запаха [$\text{оу}_\text{Е}$] – это то количество одоранта (или одорантов), которое, будучи испаренным в 1 м^3 нейтрального газа при стандартных условиях, вызывает физиологический отклик группы испытуемых (порог обнаружения) эквивалентный тому, что вызывается одной Европейской опорной массой запаха (ЕОМЗ), испаренной в 1 м^3

нейтрального газа при стандартных условиях.

ЕОМЗ – принятое опорное значение для Европейской единицы запаха, равное определенной массе аттестованного стандартного образца. Одна ЕОМЗ эквивалентна 123 мкг н-бутанола.

В стандарте США ASTM E544-10 приведены следующие объяснения, почему н-бутанол выбран в качестве стандартного образца: он широко используется и доступен в чистом виде; нетоксичен в малых дозах; обладает хорошей стабильностью в воздухе и воде; у большинства людей его запах не вызывает неприязни при оценке порога запаха; его концентрацию в воздухе, вплоть до порога запаха, легко контролировать с помощью пламенно-ионизационного детектора без предварительного концентрирования.

При анализе результатов измерений концентрации запаха необходимо также опираться на опыт регулирования выбросов запаха в других странах, где нормирование запахов стало общеприменимой практикой. Как правило, в разных странах норматив запаха не является фиксированной на национальном уровне величиной и устанавливается в зависимости от разных причин. В первую очередь норматив зависит от источника и природы запаха. В Японии, например, приняты стандарты запаха для 22 конкретных пахучих соединений [4].

Вторым важным фактором является количество жалоб населения. В Калифорнии при обращении 10 или более лиц с жалобами в 90-дневный срок или менее принимаются меры по устранению запаха.

Запахи зависят и от особенностей конкретной территории: места компактного проживания населения, расположения зон отдыха, промышленных районов, сельской местности и т.д. Так, в Дании установлены нормативы запаха 17 ЕЗ для ферм, 1 ЕЗ в городской местности; в Южной Австралии – 2 ЕЗ в жилых зонах и до 10 ЕЗ в сельских районах [5].

В некоторых странах, например, в Индии, норматив запаха определяется в зависимости от плотности населения: чем больше плотность, тем строже норматив [6].

Согласно литературным данным, норматив запаха в атмосферном воздухе, установленный по результатам рассеивания выбросов запаха, обычно составляет 2–15 ЕЗ/м³ [4–6, 7, 8]. Как правило, на территории крупного города рекомендуемое значение норматива запаха устанавливают равным порядка 3–5 ЕЗ/м³.

В средствах массовой информации периодически появляются жалобы и просьбы о помощи со стороны населения для устранения неприятного запаха в районе их проживания. Основными источниками запаха в атмосферном воздухе являются полигоны твердых бытовых отходов, нерекультивированные полигоны с осадком сточных вод, а также промышленные предприятия по производству бытовой химии, животноводческие фермы, птицефабрики, перерабатывающие комбинаты и т.д. Первое место в России в списке предприятий, запахи которых раздражают население больше всего, по данным Росприроднадзора, занимают кондитерские фабрики. За ними следуют хлебопекарная промышленность, переработка рыбы, табачные и парфюмерные фабрики, предприятия топливно-энергетического комплекса.

В пищевой промышленности многие неприятно-пахнущие вещества имеют органическое происхождение, в то время как в других отраслях – это химические вещества, даже малые концентрации которых имеют характерный запах (монокарбоновые кислоты, масляная кислота, лактон, меркаптаны и пр.).

Для разрешения проблемы неприятных запахов, очевидно, необходимо нормировать запахи на уровне законодательных актов. При этом для определения нормативов запаха в атмосферном воздухе важно соблюдать баланс интересов как производственных предприятий, так и населения близлежащих жилых застроек. Разработка методологии и критериев оценки запахов является одной из актуальной задач в области охраны атмосферного воздуха в России.

В нашей стране вопросами контроля и учета запахов занимается научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха «НИИ Атмосфера». Данный институт разработал «Методическое пособие по инвентаризации, нормированию и контролю запаха». Аналогичные работы ведутся и в Институте экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина и в некоторых других организациях.

В основу данных исследований положен все тот же ольфактометрический метод, где главными «инструментами» анализа являются органы обоняния специально отобранных людей с особо чувствительными рецепторами.

Настоящая работа была посвящена исследованию неприятно-пахнущих веществ в атмосферном воздухе, образующихся вследствие деятельности кондитерской фабрики, методом ольфактометрии. Данное исследование проводилось с целью уменьшить влияние негативного воздействия запаха на население, проживающего вблизи от предприятия, из-за поступающих жалоб на неприятный запах.

В рамках исследования был произведен расчет рассеивания выбросов запаха в атмосферном воздухе в окрестностях предприятия. Расчетная концентрация запаха на границе СЗЗ в среднем составляет 21 ЕЗ/м^3 , на границе жилой зоны X – $3,3 \text{ ЕЗ/м}^3$ и Y – $6,1 \text{ ЕЗ/м}^3$. Также была установлена зависимость интенсивности запаха от его концентрации, согласно ей в области Y при неблагоприятных метеоусловиях большая часть населения почувствует слабый запах, а наиболее чувствительная часть населения – отчетливый запах. Население, проживающее в области X может почувствовать отчетливый запах, а наиболее чувствительная часть населения – сильный запах.

Литература

1. Цибульский В.В., Хитрина Н.Г., Яценко-Хмелевская М.А., Короленко Л.И. Подходы к нормированию запаха в атмосферном воздухе России на основе ольфактометрических измерений запаха в промышленных выбросах // Экологическая химия. – 2011 – № 1. – С. 1–10.
2. BS EN13725:2003. Air Quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.s-t-a.org/Files%20Public%20Area/MCERTS-MIDs/MID%20for%2013725%20Odour%20V1%20Jan%202013.pdf>, своб.
3. Майоров В.А. Запахи: их восприятие, воздействие, устранение. – М.: Мир, 2006. – 366 с.
4. Olfactory Measurement Method in Japan [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.env.go.jp/en/air/odor/olfactory_mm/index.html, своб.
5. AS/NZS 4323:3:2001. Stationary Source Emissions – Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://shop.standards.govt.nz/catalog/4323.3%3A2001%28AS%7CNZS%29/view>, своб.
6. Guidelines on odour pollution & its control. Central pollution control board [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.scribd.com/document/225026960/Guidelines-on-Odour-Pollution-and-Its-Control>, своб.
7. ASTM E679-9. Standard Practice for Determination of Odor and Taste Thresholds by a Forced-Choice Ascending Concentration Series Method of Limits [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.astm.org/Standards/E679.htm>, своб.
8. Technical framework. Assessment and management of odour from stationary sources in NSW [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.environment.nsw.gov.au/resources/air/20060440framework.pdf>, своб.

**Панова Александра Сергеевна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail:sahapanova@yandex.ru**Рахманов Юрий Алексеевич**

Год рождения: 1941

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: rahmanovua2010@gmail.com

УДК 628.385

**ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
С ПОЛУЧЕНИЕМ БИОГАЗА****Панова А.С., Рахманов Ю.А.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Рахманов Ю.А.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе проанализирована возможность использования биогазовой установки для очистки и обработки осадка сточных вод предприятий пищевой промышленности с выработкой биогаза.

Ключевые слова: пищевая промышленность, очистка сточных вод, биогаз, БГУ.

Сточные воды предприятий пищевой промышленности специфичны благодаря высокому содержанию органики. В соответствии с нормативными документами их состав обязан соответствовать действующим показателям предельно допустимым концентрациям (ПДК) для сброса в водные объекты. Для достижения этих показателей используют ряд базовых методов очистки: механический, биологический и физико-химический. Однако производственная практика показывает, что применение только одного метода не разрешит задачу ресурсоэффективной очистки.

Главнейшей характеристикой стоков пищевой промышленности является химическая природа органических загрязнителей. Они образуются в результате жизнедеятельности МКО, растений и животных. Основные показатели, представляющие степень загрязнения стоков пищевых предприятий отображены в табл.1 и характеризуются высокими концентрациями взвешенных частиц, ХПК, БПК, азота и фосфора, что позволяет использовать стоки для выработки биогаза [1].

Таблица 1. Основные показатели загрязнения сточных вод пищевых предприятий

Наименование отрасли	Значение показателей загрязнения, мг/дм ³					
	БПКп	ХПК	Взвешенны е вещества	N	P (в перер. на P ₂ O ₅)	pH
Мясоперераба- тывающая	800–1500	1600–2000	1500–2000	100–150	40,0–80,0	6,5–8,5

Наименование отрасли	Значение показателей загрязнения, мг/дм ³					
	БПКп	ХПК	Взвешенные вещества	N	P (в перер. на P ₂ O ₅)	pH
Молокоперерабатывающая	1200–2400	1500–3000	300–600	50–90	8,0–16,0	6,0–8,0
Рыбоперерабатывающая	590–1300	1080–2009	1300–1350	30–40	9,0–29,0	7,0–8,0
Хлебопекарная	400–450	550–680	100–150	40–60	5,0–10,0	6,0–8,0
Флодоовощная	150–1610	190–2010	160–2180	20–30	0,1–1,4	6,0–7,5
Пивоваренная	800–1000	1200–1500	500–600	24–34	4,5–7,5	7,0–7,5
Ликероводочная	50–55	90–120	500–250	15–20	2,0–4,0	8,0–10,0
Спиртовая	400–500	500–600	400–440	15–20	2,2–4,0	5,0–6,0

Целесообразность применения анаэробных процессов очистки к концентрированным стокам промышленных предприятий обусловлена способностью сообществ анаэробных микроорганизмов (археи родов *Methanosarcina*, *Methanosaeta*, *Methanomicrobium* и др.) производить биогаз (рис. 1) и снижать концентрацию субстратов до уровня, приемлемого для последующего применения аэробной очистки [2].

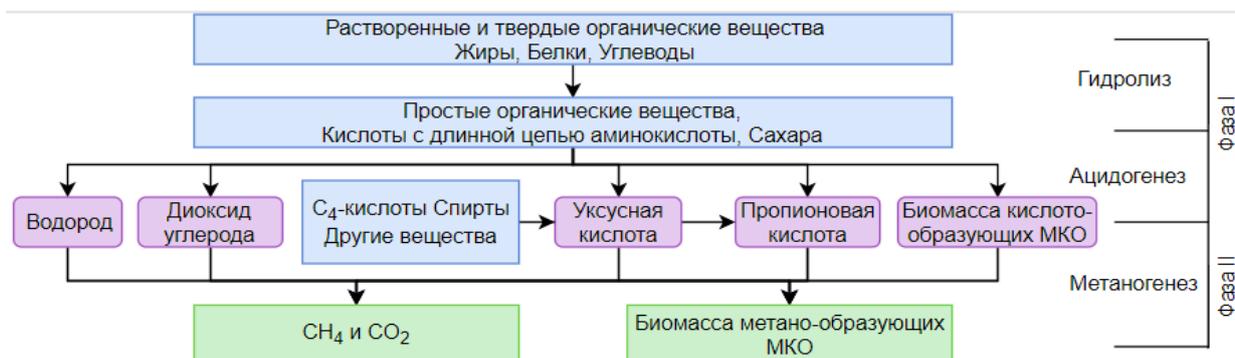


Рис. 1. Превращение органических веществ

Биогаз состоит из метана (55–85%) и углекислого газа (15–45%). Плохо растворим в воде, его теплота сгорания составляет от 21 до 27,2 МДж/м³.

За последние годы в мире широко распространились технологии, которые позволяют в большом количестве получать биогаз – биогазовые установки. Биогазовая установка (БГУ) – это сочетание оборудования по переработке органических отходов с выработкой энергоперспективных продуктов. Работу БГУ можно разделить на два технологических процесса:

- анаэробное сбраживание отходов в метантенке;
- сжигание биогаза в когенерационном блоке.

Традиционная схема переработки стоков представляет собой последовательные операции очистки различными методами (рис. 2, а). Если же в систему очистки добавить БГУ, то схема будет значительно упрощена (рис. 2, б).

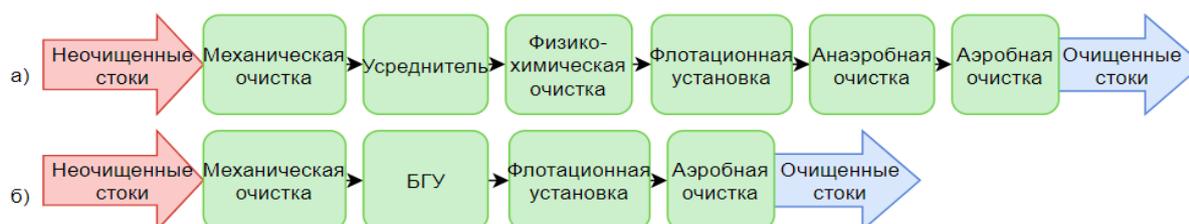


Рис. 2. Традиционная схема переработки пищевых сточных вод (а); схема переработки с включением биогазовой установки (б)

Неочищенные стоки после механической очистки, минуя физико-химическую очистку и флотацию, поступает сразу же в БГУ, куда отправляется обработанный осадок, полученный на стадии механической очистки. На следующем этапе стоки подвергаются флотации и отправляются на окончательную стадию аэробной биологической очистки.

На выходе БГУ получают два продукта: биогаз и сброженный субстрат; возможности их реализации показаны на рис. 3.

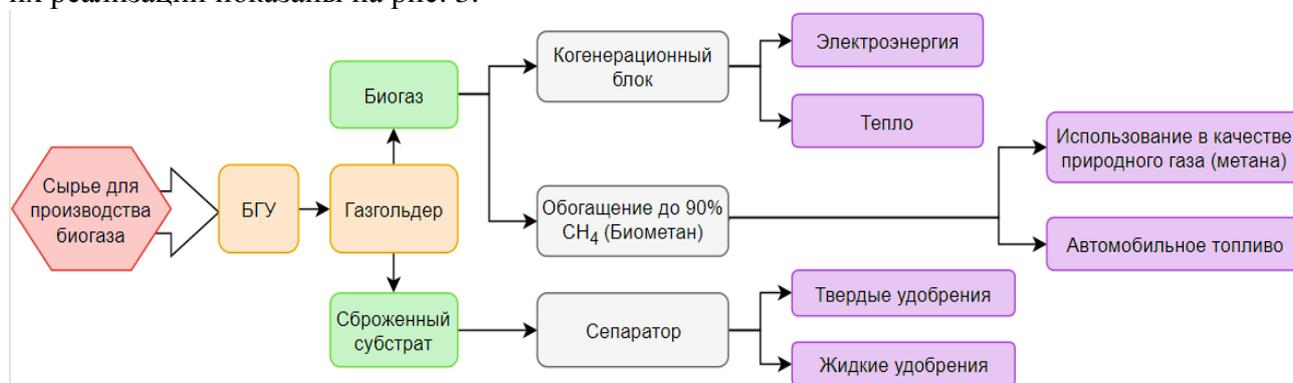


Рис. 3. Продукция БГУ и возможности ее реализации

Вырабатываемый биогаз накапливается в хранилище (газгольдере), откуда его поток идет в когенерационный блок, в котором теплоэлектрогенератор вырабатывает тепло и электричество.

Для работы в электрогенераторах не требуется очистка биогаза, в отличие от использования в качестве автомобильного топлива. После системы очистки биогаз становится полным аналогом природного, в котором 90% – CH_4 и 10% – CO_2 . Второй продукт очистки биогаза CO_2 можно использовать в различных промышленных отраслях.

На выходе БГУ помимо биогаза получают сброженный субстрат – готовые жидкие и твердые биоудобрения, использование которых может значительно повысить урожайность в сельском хозяйстве [3].

Следует выделить преимущества и недостатки внедрения БГУ (табл. 2).

Таблица 2. Преимущества и недостатки внедрения БГУ

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> – самообеспечение топливом и энергией; – почти бесплатное и в достаточном количестве исходное сырье (отходы); – интенсификация производства; – сокращение расходов хозяйства на очистку и утилизацию отходов; – повышение урожайности за счет применения биоудобрений 	<ul style="list-style-type: none"> – взрывоопасность биогаза; – достаточно высокие капитальные, но единовременные вложения; – часть производимой энергии будет расходоваться на собственные производственные нужды установок; – дополнительные транспортные расходы; – продолжительные сроки окупаемости

Также можно выделить экологический аспект применения БГУ – за счет снижения содержания органики в очищенных стоках, напрямую и косвенно сокращаются выбросы в атмосферу парниковых газов CH_4 и CO_2 .

Среди отечественных разработок ООО «ТрейдЭнергоСервис» предлагает установку БГУ-100. Конструктивно установка представляет собой анаэробный реактор из композиционных материалов. Производительность одного модуля БГУ представлена в табл. 3 [4].

Таблица 3. Выход продуктов переработки БГУ-100 (1 модуль)

Вид исходного сырья	Объем переработки, т/сут	Выход биогаза, м ³ /сут	Выход биоудобрений, кг/сут	Выработка электричества, кВт·ч/сут	Выработка тепла, кВт·ч/сут
Навоз КРС	5	100	750	240	800
Птичий помет	3	90	500	240	780
Сточные воды (в смеси с органико-содержащей биомассой)	до 5 до 2	До 130	500 500	До 280	До 900

Очистка органических стоков в БГУ обеспечивает избавление от их вредного воздействия на окружающую среду с понижением класса опасности с III-IV до IV-V.

Таким образом, очистка сточных вод пищевой промышленности и обработка осадков в БГУ позволяет получить: газ, электричество, тепло, топливо для транспорта и биоудобрения. И только применение комбинированных методов очистки дает возможность разработать и внедрить экологобезопасную и ресурсосберегающую технологию очистки сточных вод.

Литература

1. Особенности состава и современные способы очистки сточных вод пищевых предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bsc.by/story/osobennosti-sostava-i-sovremennye-sposoby-ochistki-stochnyh-vod-pishchevyh-predpriyatiy>, своб.
2. Очистка стоков промышленных предприятий. Технология и аппаратура искусственной биологической очистки сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sergey-osetrov.narod.ru/Documents/Waste_from_food_ind_plant_3.htm, своб.
3. Белгород. Биогаз и биогазовые станции. Анализ и реализованные проекты – Портал Энерго.ru – энергоэффективность и энергосбережение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/700>, своб.
4. Модульная биогазовая установка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tes73.ru/drugie-proekty-i-resheniya/modulnaya-biogazovaya-ustanovka>, своб.

**Разумова Дарья Владимировна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

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

e-mail: razumova3484@mail.ru

**Рахманов Юрий Алексеевич**

Год рождения: 1941

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: rahmanovua2010@gmail.com

УДК 665.65

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ
ПРОИЗВОДСТВА****Разумова Д.В., Рахманов Ю.А.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Рахманов Ю.А.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрены источники нефтесодержащих отходов, их состав, способы переработки. Также более подробно рассмотрена энергетическая утилизация нефтесодержащих отходов при пиролизе и сжигании на примере установок термической деструкции (УТД-2-200) и инсинераторе КТО-100.К40.П соответственно.

Ключевые слова: нефтеотходы, источники нефтепродуктов, состав нефтеотходов, способы их переработки, сжигание, пиролиз.

Нефтеотходы представляют собой в общем случае смесь, состоящую из жидких углеводородов и гетероатомных соединений, молекулярная масса, которых достигает 2000 и более, а также неуглеводородных гетероатомных соединений, смолы и асфальтены, а также грунт, песок и т.д.

По групповому составу основная масса компонентов нефти в отходах – это углеводороды, которые, в свою очередь, подразделяются на три класса: алканы, нафтенy (циклоалканы) и арены.

Ко второй группе относятся сера-, азот-, кислород- и металлосодержащие соединения.

Последняя группа представлена концентратом высокомолекулярных соединений, которые находятся в нефти в виде коллоидов [1].

К основным источникам загрязнения нефтью и нефтепродуктами относятся добывающие предприятия, системы перекачки и последующей транспортировки, нефтебазы, хранилища нефтепродуктов, железнодорожный транспорт, морские танкеры, автотранспорт и автозаправочные, нефтеперерабатывающие предприятия [2].

Так как хранение нефтеотходов вызывают сложные экологические проблемы, необходима их утилизация. В настоящее время существует несколько методов переработки

нефтяных шламов:

- термический метод (сжигание, сушка, пиролиз и термическая десорбция). Основным методом утилизации – сжигание. Условиями процесса являются $t=800-1200^{\circ}\text{C}$ и избыток кислорода. Для сжигания нефесодержащих отходов используются камерные, барботажные, шахтные, с кипящим слоем и вращающиеся печи. Недостаток способа – углеводороды, которые входят в состав нефтяного шлама, могут выделять вредные вещества, и требуют, в ряде случаев, очистки;
- химический метод. Метод основан на использовании растворителей, например, низкокипящие парафиновые углеводороды (н-гексан, ШФЛУ, газовый конденсат и др.). Нефтешлам с углеводородным растворителем подается на механический фильтр. Крупные твердые частицы (камни, гравий и др.) с отделившейся свободной водой попадают в накопитель. Вода уходит на очистные сооружения, а крупные твердые частицы используют в строительстве. К основным преимуществам метода можно отнести высокую эффективность процесса переработки и использование полученного порошкообразного материала в дорожном строительстве. Недостатки – применение специального оборудования и большого количества растворителей;
- биологический метод. Основан на применении специальных штаммов бактерий, биогенных добавок и подачи воздуха. Метод отличается простотой аппаратного оформления и низкой вредностью. Но при биоразложении – низкая производительность процесса и использование только при определенных температурах;
- физико-химические методы переработки. Перед переработкой разогревается нефтешлам. После он разделяется на части: нефть, вода и механические примеси и утилизируется каждый компонент. При разделении нефтешлам обрабатывается деэмульгатором. При данной переработке малые капитальные и эксплуатационные затраты гарантируют экологическую безопасность. Метод не применим для труднорасслаиваемых высоковязких нефтешламов;
- переработка нефтешлама центрифугированием. Разделение эмульсионного нефтешлама с помощью декантаторов и сепараторов. Компактность и возможная полная автоматизация, а также благоприятные санитарные условия – главные преимущества метода. Недостаток – затрудненность утилизации конечных продуктов [3].

Конкретнее остановимся на термической утилизации нефтесодержащих отходов. Рассмотрим установки термической деструкции УТД-2-200 (печь пиролиза) и инсинератор КТО-100.К40.П.

В основе производственного процесса установки УТД-2-200 лежит процесс пиролиза, т.е. термическое разложение исходного сырья без доступа кислорода при температуре 550°C с образованием пиролизного газа и твердого остатка.

Подогрев пиролизной камеры осуществляется дымовыми газами, образующимися при сжигании или оставшимся после конденсации пиролизным газом. Парогазовая смесь из пиролизной камеры поступает в теплообменник, где часть паров конденсируется. В газожидкостном сепараторе происходит разделение жидкой и газообразной фракций. Твердый остаток выгружается и транспортируется в бункеры-накопители. Он может использоваться в качестве адсорбента и твердого топлива (углерод, сера, зола).

К преимуществам УТД-2-200 относятся: непрерывный цикл переработки, низкая энергоемкость, одновременная подача сухого и жидкого сырья, загрузка исходного сырья на переработку без подготовительных работ, мобильность [4].

Основой технологии инсинерации является контролируемое сжигание отходов при температуре $900-1200^{\circ}\text{C}$.

После сжигания выгружается зольный осадок.

Основными преимуществами являются: автоматизированная подача отходов в камеру сжигания и выгрузки золы, сенсорная система управления, простая и понятная система обслуживания [5].

Подводя итог вышесказанному, можно сказать, что для переработки нефтешламов, нефтезагрязненных грунтов и твердой нефтезагрязненной фазы, которая образуется при переработке нефтешламов, более приемлемы термические методы утилизации (сжигание и пиролиз).

Литература

1. Тетельмин В.В., Язев В.А. Нефтегазовое дело. Полный курс. – Долгопрудный: Изд. Дом «Интеллект», 2009. – 800 с.
2. Барабанщиков Д.А., Сердюкова А.Ф. Экологические проблемы нефтяной промышленности России // Молодой ученый. – 2016. – № 26. – С. 727–731.
3. Ахметов А.Ф., Гайсина А.Р., Мустафин И.А. Методы утилизации нефтешламов различного происхождения // Нефтяное дело. – 2011. – Т. 9. – № 3. – С. 98–101.
4. Установка термической деструкции (УТД-2-200) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://i-pec.ru/equipments/ustanovka-termicheskoy-destrukcii-utd-2-200>, своб.
5. КТО-100.К40.П Инсинератор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://incinerator.ru/incinerators/incinerator-kto-100-k40-p>, своб.



Рахманов Юрий Алексеевич

Год рождения: 1941

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности,
к.т.н., доцент

e-mail: rahmanovua2010@gmail.com



Рожкова Карина Валерьевна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности,
студент группы № Т4152

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

e-mail: karina_rogkova@mail.ru

УДК 67.06

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОГАЗА

Рахманов Ю.А., Рожкова К.В.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрены преимущества получения и использования биогаза, его состав, основные структурные элементы биогазовой установки. Также более подробно рассмотрена схема получения биогаза с последующей выработкой энергии.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, биогаз, биогазовая установка, схема получения биогаза.

В настоящее время в связи со сложившейся экологической ситуацией все более актуально стоят вопросы развития возобновляемых источников энергии. Биогазовая установка, которая вырабатывает биогаз (биометан) на основе анаэробной биоконверсии (сбраживания) органических отходов, является неотъемлемой частью безотходного, более современного производства.

Биогаз – это горючая смесь газов, получаемая в ходе брожения биомассы (любых отходов, содержащих в себе органические вещества) посредством воздействия различных видов бактерий. Эти микроорганизмы метаболизируют углерод из органических субстратов в бескислородных условиях (анаэробно). Этот процесс, который называется гниением или бескислородным брожением, следует за цепью питания микроорганизмов. В процессе брожения из биологических отходов вырабатывается биогаз [1].

В современных условиях преимущество биогаза, по сравнению с другими видами возобновляемых источников энергии и традиционными энергоносителями, заключается в снижении количества отходов, доступности сырья, а также в полном отсутствии топливных затрат. Доступность сырья определяется территориально, поэтому биогазовые установки могут размещаться в любом районе и не требуют строительства дорогостоящих газопроводов и сетевой инфраструктуры.

Биогаз представляет собой продукт сбраживания органического сырья, который в дальнейшем можно использовать для получения энергии, для этих целей используют биогазовые установки [2].

Биогаз состоит из метана (55–75%) и углекислого газа (15–45%). Это основные свойства: плохо растворим в воде; теплота сгорания биогаза составляет от 21 до 27,2 МДж/м³.

При переработке 1 т отходов крупного рогатого скота, свиноводческих стоков (при влажности 85%) можно получить от 45 до 60 м³ биогаза, 1 т куриного помета (при влажности 75%) – до 100 м³ биогаза. По теплоте сгорания 1 м³ биогаза эквивалентен: 0,8 м³ природного газа, 0,7 кг мазута, 0,6 кг бензина, 1,5 кг дров (в абсолютно сухом состоянии) [3].

Существуют различные варианты технологических схем биогазовых станций – они зависят от типов и количества видов применяемых субстратов. Увеличения скорости и степени распада сырья в биореакторах, а следовательно, увеличения общего выхода биогаза позволяет добиться использование предварительной подготовки сырья. Если применяются несколько субстратов, отличающихся свойствами, например, жидких и твердых отходов, их накопление, предварительная подготовка (разделение на фракции, измельчение, подогрев, гомогенизация, биохимическая или биологическая обработка) проводится отдельно, после чего они либо смешиваются перед подачей в биореакторы, либо подаются отдельными потоками.

Основными структурными элементами схемы типичной биогазовой установки являются:

- система приема и предварительной подготовки субстратов;
- система транспортировки субстратов в пределах установки;
- биореакторы (ферментеры) с системой перемешивания;
- система обогрева биореакторов;
- система отвода и очистки биогаза от примесей сероводорода и влаги;
- накопительные емкости сброженной массы и биогаза;
- система программного контроля и автоматизации технологических процессов.

Технологические схемы биогазовых установок бывают различными в зависимости от вида и числа перерабатываемых субстратов, от вида и качества конечных целевых продуктов. Наиболее распространенными на сегодняшний день являются схемы с одноступенчатым сбраживанием нескольких видов субстратов, одним из которых обычно является навоз.

По мере развития биогазовых технологий применяемые технические решения усложняются в сторону двухступенчатых схем, это обосновано технологической необходимостью эффективной переработки отдельных видов субстратов и повышением общей эффективности использования рабочего объема биореакторов [4].

Схема получения биогаза с последующей выработкой энергии. Жидкие биологические отходы перекачиваются на биогазовую установку. Далее полученная биомасса поступает в реактор, где происходит его перемешивание. Процесс сбраживания отходов идет благодаря наличию в сырье и биореакторе анаэробных микроорганизмов. В биореактор микроорганизмы вводятся один раз при первом запуске. Дальше никаких добавок микроорганизмов и дополнительных затрат не требуется, идет постоянное возобновление. В навозе микробы присутствуют и попадают в него еще из кишечника животных. Эти микроорганизмы полезны и не приносят вреда человеку или животным. К тому же реактор – это герметичная система, поэтому реакторы, а точнее их назвать ферментерами, располагаются в непосредственной близости от фермы или производства.

На выходе из биореактора получают два продукта: биогаз и биоудобрения (компостируемый и жидкий субстрат).

Биогаз сохраняется в емкости для хранения газа – газгольдере. Из газгольдера идет непрерывная подача биогаза в теплоэлектрогенератор. Здесь уже производится тепло и электричество.

Переброшенная масса – это биоудобрения, готовые к использованию. Жидкие биоудобрения отделяются от твердых с помощью сепаратора и сохраняются в емкости для хранения биоудобрения [5].

На рисунке изображена схема производства биогаза.

Топливосжигающие устройства

Производство биогаза

Технологическая схема установки «Биогаз-301С»

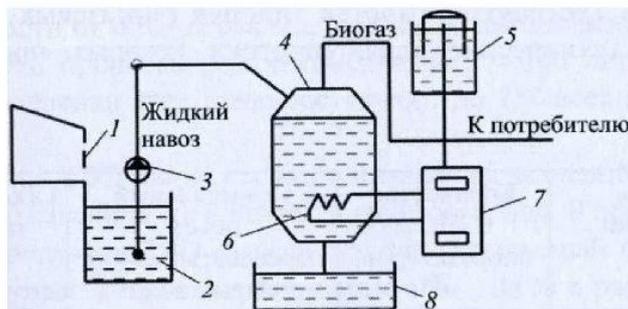


Рисунок. Технологическая схема производства биогаза: 1 – помещение свинофермы; 2 – сборник; 3 – насос; 4 – ферментер; 5 – газгольдер; 6 – теплообменник; 7 – котел; 8 – бункер

Подводя итог всему вышесказанному, можно сказать, что в настоящее время важно развивать использование возобновляемого сырья. Одно из наиболее перспективных направлений – это получение биогаза. Главные преимущества данного источника энергии: доступность сырья, отсутствие топливных затрат, возможность размещать биогазовые установки в любом районе, и при этом нет необходимости создавать отдельно сетевую инфраструктуру.

Литература

1. Малофеев В.М. Биотехнология и охрана окружающей среды. – М.: Арктос, 2012. – 432 с.
2. Кусина Е.А., Басыров И.Р., Ситдикова Р.Р. Применение анаэробной ферментации для получения биогаза и биоудобрений в сахарной промышленности // Вестник магистратуры. – 2016. – Т. 1. – № 2(53). – С. 46–47.
3. Стребков Д.С. Биогазовые установки. – М.: Юрист, 2012. – 543 с.
4. Биогаз. Технология производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://biokompleks.ru/technologies/biogaz/>, своб.
5. Толстых С.В., Васливанов А.А. Применение биогазовых технологий при утилизации органических отходов // Научно-технический сборник. – 2007. – Вып. 74. – С. 300–309.

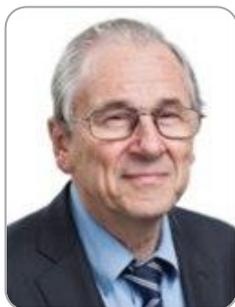
**Сатторова Нилуфар Ахмадовна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

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

e-mail: nilka_19_95@mail.ru

**Рахманов Юрий Алексеевич**

Год рождения: 1941

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: rahmanovua2010@gmail.com

УДК 665.6/7

**ВЛИЯНИЕ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА СОСТОЯНИЕ
КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ****Сатторова Н.А.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Рахманов Ю.А.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрено возрастающее пагубное воздействие антропогенного фактора на природную среду. Приведены данные статистики Российской Федерации и стран Зарубежья, поднят вопрос дефицита пресной воды. Кроме того, проведен анализ существующих методов щадящей добычи нефти и газа.

Ключевые слова: экология, окружающая среда, природоохранные мероприятия, нефтедобывающая промышленность, опасные выбросы, добыча нефти и газа.

Реалии современности диктуют правила отношения человека к природе. Охрана окружающей среды отходит на второй план, когда речь заходит о больших денежных суммах, связанных с добычей нефти и газа. Нефтедобывающие предприятия вместе с удовлетворением человеческих потребностей наносят непоправимый вред, который, так или иначе, отражается на здоровье самого человечества.

Важно отметить, что каким бы сильным не было воздействие нефтедобывающих предприятий, их деятельность невозможно остановить ввиду отсутствия альтернативы: нефть и газ – достояние человечества. Однако сам процесс добычи нефти пагубно отражается на компонентах природной среды. В последнее время обострен вопрос поисков новых технологий, способствующих устранению негативных последствий заполненных пустот после выкачивания нефти. Дело в том, что классический алгоритм подразумевает замещение добытой нефти водой. В свою очередь, можно наблюдать, как снижается уровень воды в местных реках, обусловленных нарушением баланса [1]. Вместе с поступающей водой в систему рек попадают вредоносные примеси, которые покрывают верхний слой непроницаемой пленкой.

Технология гидроразрыва на данный момент не считается опасной для человечества, но в значительной мере наносит вред природной среде. Метод заключается в искусственном создании трещин в земных пластах. Ученые на сегодняшний момент бьют тревогу, называя этот метод нечеловеческим и варварским. Однако жажда финансовой наживы не позволяет компаниям ждать естественного возобновления нефти.

До недавнего времени огромный и непоправимый вред атмосфере наносил сжигаемый на месте попутный газ. Его транспортировка предполагала крупные денежные затраты и трудоемкость процесса. Современные технологии позволили создать систему электростанций при крупных местах добычи нефти. Такой процесс предотвратил значительное количество атмосферных выбросов, превратив попутный газ в полезный ресурс.

К сожалению, на современном этапе развития нефтедобывающей промышленности не создано условий для полного отказа от использования метанола, который пагубно отражается как на природных ресурсах, так и человеческом здоровье. Технология представляет собой заполнение скважины дозированным метанолом для снижения гидратообразования и связывания молекул воды.

Неоспоримым остается тот факт, что пожары на местах добычи нефти наносят вред в катастрофических масштабах. Данный факт подтверждается отсутствием инновационной техники устранения пожара. На данный момент по-прежнему используется метод наклонного бурения, который требует больших энергозатрат, финансовых вложений и человеческих ресурсов.

Исследователь А.Ю. Левых считает, что пока не будет тотального контроля над обязательной консервацией скважин и введением штрафной системы за несоблюдение данного условия, природа, а вместе с ней человек не перестанут задыхаться [2].

Россия является активным участником в оказании помощи другим странам в плане развития сферы добычи нефти и газа, а также ее переработки. Она занимает лидирующие позиции с Саудовской Аравией. Однако по данным на апрель 2017 года США стремительно приблизилась, тем самым усложнив экологическую ситуацию в мире (таблица).

Таблица. Распределение стран лидеров по добыче нефти и газа на апрель 2017 года

Страны	Объем добычи нефти, млрд баррелей в год
Саудовская Аравия	4,22
Россия	3,94
США	3,65
Китай	1,53
Канада	1,41
Иран	1,31
ОАЭ	1,17
Ирак	1,09
Мексика	1,07
Кувейт	1,02

С повышением процента добычи нефти повышается процент разрушений природных компонентов [3]. К сожалению, вопрос загрязнений атмосферы, почвы и водной среды отходит на второй план, однако, в нашей стране активно проводятся мероприятия, способствующие распространению щадящих методов добычи природных ископаемых. Так, с 2015 года особое внимание обращено на утечку сероводорода и его пагубное влияние на птиц и дыхательную систему человека [2].

Одним из методов борьбы с негативными воздействиями на природу является модернизация бурения скважин. Как уже было сказано, что сланцевая нефть предполагает специфику ее добычи, то экологи всех стран озадачены вопросом снижения водных затрат и

применения химикатов, отравляющих почву. Таким образом, после длительных испытаний, канадские специалисты утвердили безводную систему бурения скважин (рисунок).

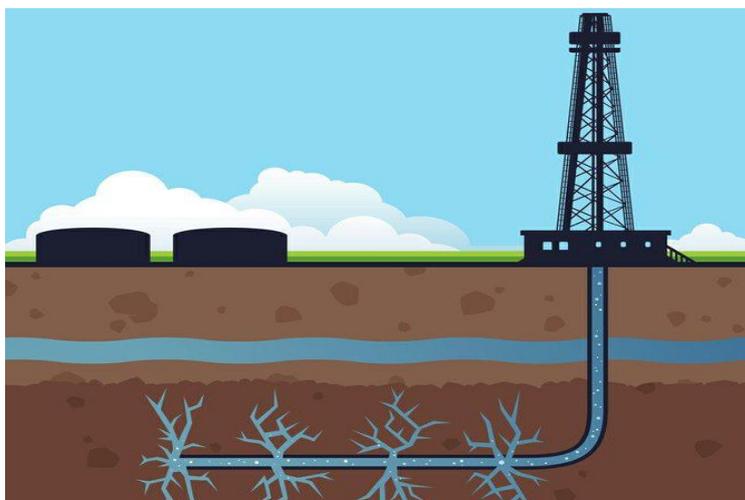


Рисунок. Технология безводного разрыва пласта

В основе метода заложен разрыв пласта без применения питьевой воды на основе сжиженного геолообразного пропана. В результате инженерам удалось добиться полного растворения пропана в недрах земли, что предотвратило выбросы опасных веществ в атмосферу [4, 5].

Однако данная технология имеет высокий уровень пожароопасности. В связи с этим исследования не остановились, и уже через два года появились разработки в области использования пены. Работник посредством специального аппарата наполняет трещину геолообразным веществом на основе азота или углекислого газа, после чего происходит процесс выталкивания углеводородов на поверхность.

Таким образом, оба метода существуют и удачно реализуются в практике нефтедобывающих компаний. Такие мероприятия увеличили качество забора нефти и снизили негативное влияние на окружающую среду. Однако самым главным поводом, который обусловил переход на природоохранные технологии, является дефицит пресной воды.

Подытоживая вышесказанное, приходим к выводу, что избежать негативного воздействия человека на окружающую среду полностью невозможно, поэтому необходим постоянный контроль и усиление защиты природы.

Литература

1. Шляпников Ю.В. Совершенствование технологий добычи нефти и ремонта скважин многопластовых месторождений на поздних стадиях разработки. – Уфа: Институт проблем транспорта энергоресурсов, 2014. – 104 с.
2. Левых А.Ю. Международный симпозиум «Охрана и рациональное использование природных ресурсов» // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. – 2016. – Т. 2. – № 3. – С. 121–124.
3. Солодовников А.Ю., Солодовников Д.А. К вопросу об экологических последствиях добычи сланцевой нефти // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. – 2017. – Т. 3. – № 1. – С. 6–19.
4. Statistical Review of World Energy 2015 / Centre for Energy Economics Research and Policy, Heriot-Watt University, 2015. – 43 p.
5. Devold H. Oil and gas production handbook. – Изд-во: ABB АТРА Oil and Gas, 2006–2009. – 115 p.



Сахнова Анна Алексеевна

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности,
студент группы № Т4152

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: anna.sahnova@mail.ru



Дидиков Александр Евгеньевич

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности,
к.т.н., доцент

e-mail: didikov@yandex.ru

УДК 65.014.12

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЯ**

Сахнова А.А., Дидиков А.Е.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрены актуальность, возможность и необходимость внедрения интеграции системы экологического менеджмента и менеджмента охраны труда, а также их способы интеграции, и ключевые этапы работы. Кроме того, приведены примеры того, как происходит интегрирование данных систем.

Ключевые слова: системы менеджмента, документооборот, система экологического менеджмента, учетная документация, интегрированная система менеджмента.

Для повышения эффективности деятельности предприятия регулярно проводятся изменения и внедряются новые технологии и методы. Но с появлением огромного количества новейших разработок не всегда можно получить желаемый результат. Интегрированная система менеджмента – это совокупность систем, которые функционируют как единое целое. Но перед тем как внедрять и использовать подобные усовершенствования, необходимо выяснить, будет ли их взаимное функционирование способствовать устойчивому развитию, повышению конкурентоспособности организации, а также повышению эффективности работы и экономии средств. Возможно, интегрированная система менеджмента на предприятии будет весьма кстати для более быстрой и слаженной работы и дальнейших улучшений. Это также актуально для более легкого и рационального управления и контроля разных систем менеджмента одновременно. Другое преимущество интегрированных систем менеджмента проявляется в уменьшении документооборота, что, в свою очередь, является важной и довольно объемной составляющей. А благодаря уменьшению использования ресурсов для дополнительных комплектов документов и экономии времени, положительный эффект будет явно прослеживаться. Одновременно с

этим происходит уменьшение затрат, что подтверждает и экономическую выгоду внедрения такой системы управления. Однако необходимо сначала убедиться, будет ли это новшество полезным для продуктивной работы организации. Некоторые компании не нуждаются в таком нововведении, так как для их работы не требуется ведение той или иной системы менеджмента, которая могла бы интегрироваться с теми, что уже функционируют. В другом случае, интегрирование систем менеджмента не представляется возможным из-за малого количества соответствий между собой из-за принципиального различия систем. Или же есть возможность объединить системы менеджмента, но они не приносят большой выгоды, тогда, возможно, целесообразнее оставить все как есть, и сделать акцент на каждую систему отдельно и более детально. В данном случае был рассмотрен пример интегрирования системы экологического менеджмента и системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья.

Для полноценного функционирования организации необходимо ведение системы менеджмента охраны труда и здоровья. Без введения основных государственных требований по охране труда предприятие не имеет права на существование. Как правило, работодатель должен предоставить безопасные условия труда для своих работников, которые отвечают государственным требованиям. При условии, что в организации работает более 50 человек, работодателю необходимо создать специальную службу охраны труда или открыть должность специалиста по охране труда (ч. 1 ст. 217 ТК РФ). Для грамотного управления и слаженной работы на предприятии вводится система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья является элементом управления, который обеспечивает безопасность трудовой деятельности сотрудников производства. Для полноценного контроля и регулирования данной системой управления часто используется национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 54934-2012, первоисточником которого является OHSAS 18001:2007. OHSAS 18001 (Occupational Health and Safety Assessment Specification) – международный стандарт, который затрагивает систему управления профессиональной безопасностью и защитой здоровья персонала, он также дает возможность компаниям грамотно управлять возможными рисками и систематически улучшаться в этой сфере управления. Если система управления охраной труда является обязательной частью управления на предприятии, то система экологического менеджмента не так популярна и используется не повсеместно. Конечно же, обязательные экологические требования, установленные законом для организаций, выполняются, но выделение отдельной системы управления экологическими аспектами предприятия не так популярно и не всегда рентабельно. Но для достижения таких целей, как преимущество на международном рынке, оптимизация энергетических затрат или использование новых методик и технологий, максимального уменьшения количества аварийных ситуаций и, как следствие, финансовых затрат, отводимых на проведение их ликвидации, а также предотвращение отрицательных последствий техногенных аварий, применяется система экологического менеджмента. Это часть системы менеджмента организации, которая используется для разработки и внедрения экологической политики и управления ее экологическими аспектами, основы которой заложены в ISO 14001:2015. В данный момент в России используется русифицированный аналог данного стандарта ГОСТ Р ИСО 14001-2016 Системы экологического менеджмента.

Для сертификации той или иной системы менеджмента организации необходимо проделать несколько этапов сложной работы от разработки документации до периодического мониторинга и внутреннего аудита. Чтобы понять, как упрощается процесс управления с помощью интегрированных систем, необходимо разобраться, каким образом возможно объединить данные системы и какие этапы работы могут быть упрощены, а также провести анализ результатов. В любой работе, какая бы не была сфера деятельности, необходимо наличие определенной документации, поэтому первым этапом исследования возможности интегрирования будет являться поиск перечня требуемой документации для обеих систем

менеджмента. После чего составляется сводная таблица данных о требуемой документации и проводится анализ, который помогает выявить какие документы можно объединить, избегая повторной работы и экономии времени и ресурсов, а какие документы можно дополнить для использования их и в той, и в другой системах управления. Приведенные перечни необходимой документации отражены в таблице.

Таблица. Документация для интегрированной системы менеджмента

Система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья	Система экологического менеджмента
<p>Распорядительная документация:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проектные решения, заключения экспертов, акты ввода в эксплуатацию; – политика в области охраны труда (ОТ); – положение о системе управления ОТ; – приказы; – коллективные договоры и соглашения по ОТ; – программы; – распоряжения; – положения; – должностные инструкции; – инструкции по ОТ; – инструкции о соблюдении противопожарного режима; – проект разработки знаков безопасности. <p>Отчетная документация:</p> <ul style="list-style-type: none"> – образцы актов проведения медицинского обследования работников; – формуляры учета данных о состоянии здоровья работников; – образцы актов проведения испытаний производственного оборудования, транспорта, подъемных устройств, оснастки, инструмента, средств подготовки инструмента; – процедуры текущего, реагирующего контроля, аудита и анализа функционирования системы управления ОТ высшим руководством; – формы официальной статистической отчетности; – образец журнала выполнения предписаний. <p>Учетная документация:</p>	<p>Документация экологической службы организации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – приказы руководителя предприятия: о создании экологической службы предприятия; о назначении руководителя экологической службы предприятия (эколога на предприятии) и утверждение Положения об экологической службе; – должностные инструкции сотрудников экологической службы предприятия (эколога предприятия); – документы, подтверждающие необходимую профессиональную подготовку или переподготовку сотрудников экологической службы предприятия (эколога предприятия). <p>Организационные документы производственного экологического контроля:</p> <ul style="list-style-type: none"> – планы мероприятий по охране окружающей среды; – инструкции по охране окружающей среды на предприятии. <p>Документы по:</p> <ul style="list-style-type: none"> – охране атмосферного воздуха (приказ о назначении ответственных за эксплуатацию газоочистных установок (ГОУ) и т.д.); – охране поверхностных вод и рационального водопользования (приказ о назначении лица, ответственного за эксплуатацию и обслуживание сетей водных коммуникаций и очистных сооружений и т.д.); – обращению с отходами (приказ о назначении лиц, допущенных к работе с опасными отходами и т.д.). <p>Рабочая документация производственного экологического контроля, которая зависит от деятельности предприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – в сфере охраны атмосферного воздуха (нормативные документы, первичная учетная документация, планы мероприятий, документация по охране атмосферного воздуха при эксплуатации автотранспортных средств); – для охраны поверхностных вод и рационального

Система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья	Система экологического менеджмента
<ul style="list-style-type: none"> – протоколы; – журналы: регистрации входящей документации; распоряжений по ОТ; регистрации вводного инструктажа; регистрации первичного, повторного, целевого, внепланового инструктажей; действующих инструкций по ОТ; выдачи инструкций; – перечни: основных вопросов инструктажа на рабочем месте; работ повышенной опасности; профессий и работ, для которых необходимо пройти медицинский осмотр; выдаваемой бесплатно спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты (СИЗ); – график проверки знаний по безопасным методам труда; – журнал регистрации: нарядов-допусков на работы повышенной опасности; несчастных случаев на производстве; инструктажа о противопожарной безопасности; – план противопожарных мероприятий и мероприятий по ОТ; – карточки выдачи СИЗ, смывающих и обеззараживающих средств; – результаты проведения специальной оценки условий труда. <p>Также необходимы федеральные законы, постановления, ГОСТы и СНИПы, типовые правила и инструкции [1].</p>	<ul style="list-style-type: none"> природопользования (лицензионные документы и договоры, нормативные документы, первичная учетная документация, план ликвидации аварий на случай загрязнения водного объекта); – в области охраны окружающей среды от негативного воздействия отходов (правоустанавливающие, лицензионные документы и договоры, нормативные документы, первичный учет); – государственная статистическая отчетность. Перечень отчетной документации содержит: – общероссийский классификатор управленческой документации (ОКУД) ОК 011-93, утв. Постановлением Госстандарта России от 30.12.93 № 299; – плата за негативное воздействие на окружающую среду (декларация плановых платежей за негативное воздействие на окружающую среду на текущий год, ежеквартальные Декларации о внесении платы за негативное воздействие на окружающую среду и т.д.); – государственный экологический контроль (журнал регистрации проверок контролирующими органами, акты проверок предприятия, протоколы об административных правонарушениях и др.); – нормативно-законодательная документация [2].

Анализируя некоторые блоки документации, проводим связь между некоторыми элементами, а затем выделяем те, которые можно объединить полностью, чтобы заместить один другим. После чего выделяются те блоки, которые можно объединить частично. После сравнения представленной выше таблицы делаем вывод, что некоторые виды документации схожи и есть смысл частично их объединить. Например, целесообразно объединение должностных инструкций для избегания повторения. Кроме того, есть возможность также объединить формы данных статистической отчетности, а также использовать журнал учета измерений дымности для проверки автомобилей дизельными двигателями (перечень экологической документации) для результатов проведения специальной оценки условий труда.

Кроме поиска требуемой на предприятии нормативной документации необходимо разобрать разделы стандартов, которые потенциально могут быть объединены. Такие разделы будут являться ключевыми для проведения интеграции. Ниже представлены пункты

стандарта OHSAS 18001:2007, которые могут быть рассмотрены для дальнейшего интегрирования:

- 4.4.1. Ресурсы, роли, ответственность, подотчетность и полномочия;
- 4.4.2. Компетентность персонала, его подготовка и осведомленность;
- 4.4.4. Документация;
- 4.4.7. Подготовленность к аварийным ситуациям и реагирование на них;
- 4.5.5. Внутренний аудит.

На примере п.4.4.4. Документация демонстрируется, что существует возможность дальнейшего объединения вышеприведенных разделов системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья с аналогичными разделами стандарта ISO 14001:2004. Интеграция других разделов стандартов происходит также, как и документация, а именно сначала выявляются элементы, которые могут полностью взаимозаменять друг друга, и тогда один из них исключается из системы. Далее будут выбраны те элементы, которые частично совпадают и их можно объединить, дополняя одно другим. После чего получаем один элемент, но расширенный, учитывающий все необходимые требования обоих стандартов. Таким образом, будет получена структурированная и полная интегрированная система, позволяющая уменьшить документооборот, сократить потребление ресурсов, экономить время, уменьшить количество рабочего персонала, занимающегося данными делами и получить экономический эффект. Для того чтобы продемонстрировать такие результаты наглядно, необходимы исследования для разработки дальнейшего проекта и попытки интегрирования систем менеджмента. В дальнейшем такой шаблон можно применять уже для конкретной организации и рассчитать выгоду от внедрения интегрированной системы менеджмента.

Литература

1. Путеводитель эколога, экологическая документация предприятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecoprofi.info/ru/ecoprofi/papers/ecoguide/28-enterprise>, своб.
2. Жилищно-коммунальное хозяйство РФ, документация системы управления охраной труда, предприятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xn--80almfnfiqx.xn--p1ai/gostot14.html>, своб.

**Сахнова Анна Алексеевна**

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

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

e-mail: anna.sahnova@mail.ru

**Рахманов Юрий Алексеевич**

Год рождения: 1941

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: rahmanovua2010@gmail.com

УДК 628.35

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ
СТОЧНЫХ ВОД ПИВОВАРЕННЫХ ЗАВОДОВ****Сахнова А.А., Рахманов Ю.А.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Рахманов Ю.А.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрен процесс очищения сточных вод на пивоваренных заводах, приведены примеры некоторых локальных очистных сооружений, рассмотрен пример наиболее рационального способа проведения очистки и схема очистного сооружения.

Ключевые слова: пивоваренные заводы, локальные очистные сооружения, активный ил, биогаз, методы очистки.

В России на пивоваренных производствах часто используемым способом сброса сточных вод является их отвод на городские или муниципальные очистные сооружения для дальнейшей очистки. Но требования к составу воды, которые предъявляют службы водоканала – довольно строгие. Также процесс очистки стоков на отдельных очистных сооружениях сторонних организаций обеспечивается за плату, поэтому относится к затратам производства. Для того чтобы улучшить экономические и экологические показатели производства для пивоваренных заводов, важен метод функционирования собственных сооружений очистки сточных вод. На очистных сооружениях сточные воды проходят предварительные стадии очистки: механическое удаление мусора, а затем усреднение и нейтрализация. После этого воду можно направлять в городскую канализацию.

Но такой очистки на предварительном этапе не всегда хватает для достижения необходимых санитарно-гигиенических показателей. В этой связи для пивоваренных производств актуальна организация очистных сооружений механо-биологического вида, которая помогает сократить объемы загрязненных вод, сбрасываемых в систему городской канализации [1].

Примером эффективного очистного сооружения для пивоваренного завода является проект, разработанной ENVIROCHEMIE в Германии. Это экологически и экономически

целесообразный проект очистных сооружений. При использовании комбинированного метода анаэробно-аэробной очистки сточных вод объем избыточного ила уменьшается на 70–75% по сравнению с традиционной аэробной очисткой. Такая технология помогает получить биогаз, который можно использовать как топливо на предприятии. Этапы технологии перечислены ниже:

1. предварительная механическая очистка. На этом этапе проводится задержка мусора на решетках, удаление песка и первичное отстаивание;
2. предварительная химико-физическая обработка (нейтрализация стоков и дозирование реагентов);
3. биологическая обработка сточных вод (предварительная анаэробная, аэробная обработка, предварительная анаэробная обработка, анаэробная-аэробная очистка, аэробная доочистка).

Кратко процесс очистки представлен на рисунке.

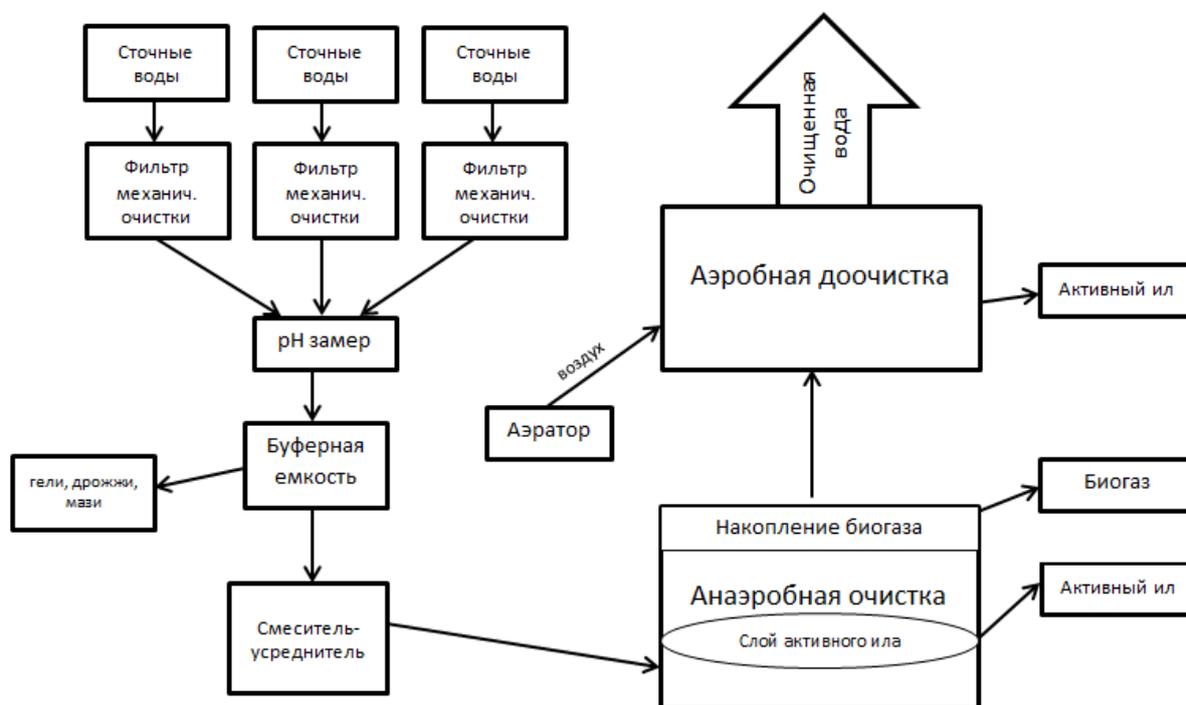


Рисунок. Принципиальная схема очистки комбинированной очистки

На первом этапе организуются мероприятия, которые сокращают количество сточных вод и долю загрязняющих веществ в них. Задача мероприятий на предприятии – уменьшение объемов сточных вод с высокой концентрацией загрязняющих веществ, что помогает упростить следующие стадии очищения и уменьшает экономические издержки. Следующим этапом будет предварительная анаэробная очистка, которая дополняется последующей аэробной стадией доочистки. В сравнении с традиционной для нашей страны аэробной очисткой сочетание двух процессов заметно сокращает затраты на эксплуатации очистных сооружений.

При сравнении аэробного и анаэробно-аэробного методов очистки сточных вод выясняется, что в первом случае при снижении химического потребления кислорода на 99,5% в сточных водах образуется $120 \text{ м}^3/\text{сут}$ избыточного активного ила с влажностью 98%, а во втором случае образуется $30 \text{ м}^3/\text{сут}$ избыточного активного ила с такой же влажностью. А это значит, что снижаются издержки для переработки ила. В то же время в процессе очистки можно получить биогаз, который целесообразно использовать в качестве топлива на производстве [2]. Сточные воды подаются в метанреактор, далее они распределяются через систему трубопроводов на дне реактора. Поток воды направлен снизу-вверх, поэтому сточная вода проходит через слой активного ила и очищается без дополнительных реагентов.

Там установлена специальная технология, обеспечивающая разделение на три фазы, за счет этого вымывание ила из реактора не допускается. Благодаря такой технологии происходит одновременное удаление биогаза и его отдельное накапливание. В процессе анаэробной очистки активный ил формируется в определенной структуре. Образуются гранулы ила, обладающие высокой концентрацией биомассы и активностью и большей механической стабильностью. Для обезвоживания активного ила применяется термическая сушка. Чтобы получить незагнивающее минеральное удобрение, термической сушкой проводится центрифугирование. Такой ил имеет некоторые преимущества по содержанию в нем полезных элементов, поэтому из него вырабатывается безвредное вещество, которое применяется в качестве кормовой добавки или минерального удобрения.

Такая система позволяет сгладить смену фаз образования биогаза и обеспечить относительно постоянную его подачу. Далее биогаз подается на утилизацию или на биогазовую установку для последующего повторного использования. Обычно биогазовая установка занимает небольшую территорию, за счет чего происходит экономия площади на предприятии. Энергию биогаза получают из метана. Объем газов зависит от температуры и давления. Благодаря высоким температурам происходит расширение газа, а калорийность снижается вместе с объемом.

Далее следует завершающая стадия в виде аэробной доочистки в аэротенке. Он имеет два каскада, туда поступает мелкопузырчатый воздух из аэратора. После двух стадий очистки вода уже соответствует требованиям для дальнейшего сброса в рыбохозяйственный водоем. Первичный осадок и избыточный активный ил (аэробный и анаэробный) накапливают в специальных контейнерах, а оставшейся осадок отправляют на центрифугирование. Сухой активный ил в дальнейшем может использоваться в сельском хозяйстве в качестве органического удобрения. А биогаз, который образуется в метанреакторе, подается на биоустановку. На очистных сооружениях установлена система вытяжной вентиляции, и отходящий воздух очищается на биологическом фильтре.

После изучения данного проекта для очистки воды на пивоваренных заводах, сделан вывод, что предварительная анаэробная очистка сточных вод имеет следующие преимущества: уменьшение химического потребления кислорода на 80%, снижение эксплуатационных издержек, небольшие и удобные габариты сооружений, сравнительно небольшое количество избыточного ила, получение биогаза, легкость и простота в обслуживании. Потому целесообразно использовать системы очистки со схожей схемой. Такие очистные сооружения с добавлением анаэробного метода является лучшей альтернативой аэробному методу очистки сточных вод для компаний, которые сбрасывают сточные воды в городскую канализацию. В процессе очистки снижается потребность в площадях (примерно в 3–5 раз) под очистные сооружения, образуется меньшее количество избыточного активного ила, поэтому можно избежать больших расходов по его удалению, биогаз, образующийся в процессе очистки, может использоваться на предприятии, следовательно, потребности в электроэнергии меньше в 3–4 раза.

Литература

1. Очистные сооружения пивоваренных заводов, предприятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vo-da.ru/articles/ochistnye-sooruzeniya-pivzavodov/metodyi-ochistki>, своб.
2. Бирзуль А.Н., Абрамец В.С. Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения. – Хабаровск: ДВГУПС, 2013. – 97 с.



Семьина Галина Алексеевна

Год рождения: 1993

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности,
аспирант

Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология
и биотехнологии

e-mail: semyinabgalina@gmail.com

УДК 630.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПИЩЕВЫХ СВОЙСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ ЭКОКОНТРОЛЯ ПРОДУКЦИИ ИЗ ЛЕСНЫХ ПИЩЕВЫХ РЕСУРСОВ

Семьина Г.А.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрена проблема угрозы снижения продуктивности лесных пищевых ресурсов как в связи с изменением местообитаний и общим сокращением площадей, так и со значительным распространением техногенных загрязнений в лесных экосистемах. Цель работы состояла в выработке системы экологически безопасного использования лесных пищевых продуктов в пищевой промышленности на Северо-Западе России, включающую регулирование на стадиях планирования мест заготовки и способов хранения.

Ключевые слова: лесные недревесные ресурсы, пищевая промышленность, система экологического контроля качества, пищевая ценность продуктов, накопление загрязняющих веществ.

В настоящее время большое значение приобрели пищевые продукты леса, техническое и лекарственное сырье, кормовые травы, продукты пчеловодства и другая продукция, получаемая при «побочном пользовании» лесом.

К пищевым лесным (недревесным) ресурсам, заготовка которых осуществляется в соответствии с Лесным кодексом РФ, относятся дикорастущие плоды, ягоды, орехи, грибы, семена, березовый сок и подобные лесные ресурсы. Использование недревесных ресурсов леса повышает экономический потенциал лесной отрасли и обеспечивает население экологически чистой продукцией. Их используют в медицине, пищевой промышленности, при ведении сельского хозяйства, в химической промышленности, стройиндустрии и других отраслях. Недревесные ресурсы леса разнообразны по видовому составу и характеру применения. Основные направления использования [1]:

- заготовка недревесного сырья (береста, пни, кора и пр.);
- заготовка пищевых ресурсов и лекарственных растений (дикорастущие плоды, ягоды, грибы, и др.);
- ведение сельского хозяйства (сенокошение, выращивание с/х культур и др.);
- выращивание лесных плодовых, ягодных, декоративных и лекарственных растений.

В Российской Федерации долгое время основными заготовителями недревесной продукции леса были потребительская кооперация и пищевая промышленность. С 1966 года этим начали заниматься и предприятия лесного хозяйства. Большую ценность для увеличения пищевых ресурсов страны представляют семена и плоды кедровой сосны, грецкого ореха, лещины, фисташки, миндаля, каштана, плоды яблони, груши, алычи, малины, клюквы, брусники, черники, земляники, а также грибы [2]. Но, вместе с тем, в

период 1922–2014 гг. наблюдается ощутимый спад в заготовке дикорастущих плодов и ягод.

Сейчас в пищевой промышленности много внимания уделяется использованию лесных пищевых ресурсов в различных направлениях пищевых производств, так как это улучшает не только их пищевую ценность, но еще и потребительскую привлекательность – к примеру, рядовой покупатель отдаст свое предпочтение йогурту с черникой, чем таковому продукту без ничего. Объем применения лесных ресурсов и продуктов из них ежегодно растет при использовании, как в пищевой промышленности, так и просто гражданами. Однако за последние 20 лет произошла значительная трансформация лесных сообществ на большей части Северо-Запада России под влиянием урбанизации, развитием инфраструктуры и интенсификации лесной промышленности. При этом лесные и пищевые ресурсы оказываются под угрозой снижения их продуктивности, как в связи с изменением местообитаний и общим сокращением площадей, так и со значительным распространением техногенных загрязнений в лесных экосистемах [3]. В связи с этим для формирования устойчивых и экологически безопасных лесных пищевых продуктов необходима выработка современных методических подходов к организации и планированию процессов заготовки, хранения и переработки лесных пищевых продуктов с учетом актуальных экологических рисков и различий в устойчивости экосистем к экологической нагрузке.

Цель работы состояла в выработке системы экологически безопасного использования лесных пищевых продуктов в пищевой промышленности на Северо-Западе России, включающую регулирование на стадиях планирования мест заготовки и способов хранения.

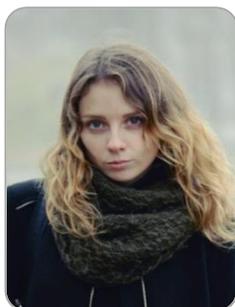
Для достижения цели необходимо было решить ряд задач, а именно:

1. исследовать современное состояние заготовки лесных пищевых продуктов на Северо-Западе России;
2. провести анализ динамики за последнее время;
3. исследовать пищевые свойства лесных пищевых продуктов (грибы, ягоды) в различных экосистемах и условиях (при разной химической антропогенной нагрузке);
4. изучить механизмы накопления загрязнителей (тяжелые металлы, нефтепродукты, бенз- α -пирен) и пищевую ценность лесных пищевых продуктов (содержание белков, жиров, углеводов, витаминов, биологически активных продуктов вторичного метаболизма);
5. сформировать базу данных по пищевой ценности различных видов растений и грибов, отнесенных к лесным пищевым продуктам в разных биотопах (многообразие видов болот, лесов);
6. сформировать базу данных по накоплению многочисленных техногенных загрязнителей лесных пищевых ресурсов в урбанизированных районах;
7. исследовать влияния различных способов хранения, заготовки и переработки разнообразных видов растений и грибов, отнесенных к лесным пищевым продуктам;
8. разработать систему экологического контроля качества растительного сырья и продуктов;
9. разработать линию продуктов, соответствующих разным задачам, на основе растительных белковых носителей и специфических наполнителей из лесных пищевых ресурсов.

Сведения о зависимости комплекса ценных пищевых свойств различных видов растений и грибов, отнесенных к лесным пищевым продуктам, в разных экосистемах исследованы фрагментарно, современные исследования немногочисленны. В то же время в связи со значительной трансформацией лесных экосистем Северо-Запада России этот комплекс свойств также неизбежно изменяется. Полученные в ходе работы результаты позволяют оценить масштабы, характер и значимость этих изменений для формирования пищевых свойств и экологической безопасности растений и грибов, отнесенных к лесным пищевым ресурсам в различных лесных экосистемах с разной степенью химической антропогенной нагрузки. Также была разработана линия продуктов на основе растительных белковых носителей и специфически наполнителей и лесных пищевых ресурсов.

Литература

1. Большаков Б.М. Состояние и перспективы использования недревесных ресурсов леса// Состояние и перспективы использования недревесных ресурсов леса // Сб. ст. Международной научно-практической конференции. – 2014. – С. 7–12.
2. Лекции по дисциплине «Недревесные ресурсы леса» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://usov.omgau.ru/npl/lec1.pdf>, своб.
3. Телишевский Д.А. Комплексное использование недревесной продукции леса. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Леси, пром-сть, 1986. – 261 с.

**Серова Виктория Владимировна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологииe-mail: www.viktoria95@mail.ru**Павлова Анастасия Сергеевна**

Год рождения: 1987

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.э.н., ст. преподаватель

e-mail: nasty.vasilyeva@gmail.com

УДК 628

**ЗАЩИТА ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ****Серова В.В.****Научный руководитель – к.э.н. Павлова А.С.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрен вопрос о сохранении источника водоснабжения. Особое внимание уделяется видам источников водоснабжения, требованиям к воде, используемой для производства безалкогольных напитков, элементам водоподготовки, а также мерам по защите водного источника.

Ключевые слова: источник водоснабжения, контроль источника воды, качество воды, водопользование, загрязнение воды, защита источника водоснабжения.

Выбор источника является одной из наиболее ответственных задач при устройстве системы водоснабжения, так как он определяет в значительной степени характер самой системы, наличие в ее составе тех или иных сооружений, а следовательно, стоимость и строительства, и эксплуатации. Ведь именно от того, какая вода поступает на предприятия пищевой промышленности, зависит качество готовой продукции.

К целям сохранения источника водоснабжения можно отнести:

- обеспечение контроля источника воды на том же уровне, как и для других ингредиентов, чтобы гарантировать качество готовой продукции, ее стабильность и непрерывные поставки на заводы в количестве, обеспечивающем производство продукции в текущий момент и в будущем, включает улучшение и поддержание стабильности местных ресурсов воды в местах расположения заводов;
- обеспечение точной идентификации, оценки и уменьшения рисков для источников водоснабжения, которые используют заводы. Это включает в себя, но не ограничивается, экологическими, социальными, политическими, экономическими и законодательными рисками, защиту репутации и торговых марок и максимальное увеличение ценности бизнеса;
- установка практического подхода, при котором завод может соблюдать и поддерживать права людей, коммерческих организаций и других заинтересованных сторон в отношении

водопользования, поддерживать баланс окружающей среды и выполнять требования законодательства.

Источник водоснабжения должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать получение из него необходимых количеств воды с учетом роста водопотребления на перспективу развития объекта;
- обеспечивать бесперебойность снабжения водой потребителей;
- давать воду такого качества, которое в наибольшей степени отвечает нуждам потребителей или позволяет достичь требуемого качества путем простой и дешевой ее очистки;
- обеспечивать возможность подачи воды объекту с наименьшей затратой средств;
- обладать такой мощностью, чтобы отбор воды из него не нарушал сложившуюся экологическую систему.

Правильное решение вопроса о выборе источника водоснабжения для каждого данного объекта требует тщательного изучения и анализа водных ресурсов района, в котором расположен объект. Практически все используемые для целей водоснабжения природные источники воды могут быть отнесены к трем основным группам: поверхностные источники (моря, водотоки, водоемы, болота и т.д.), подземные источники (бассейны подземных вод, водоносные горизонты) и искусственные источники [1].

Защиту источников водоснабжения невозможно рассматривать без плана. План защиты источников водоснабжения – план контроля, разработанный для идентификации и уменьшения рисков. План обычно включает следующие основные элементы: команду по управлению водными ресурсами, ответственную за защиту источников водоснабжения, записи по обучению, оценку потенциальных рисков для источников водоснабжения, оценку потенциальных рисков для источников водоснабжения, план по привлечению заинтересованных лиц и другую информацию.

Оценка потенциальных рисков для источников водоснабжения – это формальная идентификация и оценка социальных, экологических, экономических, законодательных и политических рисков для всех источников воды, используемой в производстве. Отчет об оценке проводится только квалифицированным специалистом в области источников водоснабжения [2].

Защиту водного источника водоснабжения невозможно рассматривать без оценки и управление водоразделом. Данная оценка включает в себя:

- гидрологические и гидравлические характеристики систем поверхностных вод;
- биологическое состояние природных водных систем;
- гидрогеологические характеристики систем подземных вод, геохимию, зоны, вносящие вклад в формирование горизонта и санитарно-защитные зоны;
- водный баланс;
- общий план и долгосрочное планирование общественного сектора местного и регионального водного ресурса;
- местные и региональные права водопользования и политику по водным ресурсам/управлению водоразделами;
- типы источников потенциального загрязнения в пределах водораздела и (или) бассейна подземных вод с водоносных горизонтов, потенциальные загрязняющие вещества и лучшие практики управления для уменьшения вероятности высвобождения загрязнителя из этих источников;
- защиту водораздела и бассейна подземных вод с водоносных горизонтов;
- планирование системы защиты источника водоснабжения предприятия для обеспечения его стабильности, краткосрочных и долгосрочных поставок, выявление социальных, политических и законодательных рисков, связанных с поставками воды на завод.

Также необходимо учитывать работу с муниципальным или внешним поставщиком услуг по водоснабжению в отношении источника водоснабжения, подготовки воды и

распределения воды. Очень важно оценить факторы, влияющие на стоимость воды (муниципальная вода и (или) собственный источник). При разработке плана по защите водного источника особое внимание уделяется взаимодействию с заинтересованными лицами, общественностью, поставщиком воды и государственными органами.

Вопросы, связанные с защитой источников водоснабжения должны быть включены при оценке экологических аспектов предприятия, при выявлении критических контрольных точек, касающихся качества и систем пищевой безопасности для каждого предприятия.

Очень важно проводить оценку потенциальных рисков для источника водоснабжения, которая включает в себя требования, применимые для всех предприятий и специфические требования, зависящие от месторасположения источника водоснабжения завода, в качестве которого может быть внешний поставщик услуг по водоснабжению, и (или) вода может поставляться непосредственно из природного источника. Оценку необходимо проводить для всех источников водоснабжения для производства. Для каждого завода оценка должна включать следующие аспекты:

- описание источника воды для производства, включая типы подачи воды (например, внешний поставщик услуг по водоснабжению, подземные воды с водоносных горизонтов, поверхностные или океанические воды). Необходимо включить техническое описание системы водоснабжения от источника(ов) водоснабжения до системы водоподготовки предприятия;
- обзор и оценку общедоступной информации, касающейся источника водоснабжения в пределах местного водораздела и бассейна подземных вод с водоносных горизонтов, зон пополнения подземных вод с водоносных горизонтов и межбассейновых транспортировок из других водоразделов;
- карту или карты, отражающие границы местного водораздела и систему поверхностных вод;
- карту или карты местных ресурсов и бассейнов подземных вод с водоносных горизонтов;
- базовое описание местных гидрогеологических характеристик и ресурсов подземных вод с водоносных горизонтов;
- обзор общедоступных данных по качеству воды и результатов по качеству воды;
- обзор прошлых событий, которые повлияли на доступность воды в этой зоне;
- концептуальную геологическую модель для водораздела и бассейна подземных вод с водоносных горизонтов;
- список органов управления запасами водных ресурсов, их политику, требования и порядок планирования, деятельность по обеспечению выполнения требований.
- если предприятие и местное сообщество используют разные источники воды, предприятие должно провести базовую оценку стабильности источника, который использует местное сообщество;
- оценку, влияет ли потребление воды предприятием на качество и количество воды, доступной для людей местного сообщества. Это требование установлено в соответствии с политикой Компании в отношении требований к воде;
- перечень заинтересованных сторон.

Каждое предприятие должно разработать план по защите источников водоснабжения, включающий следующие элементы: функции и ответственность членов команды по управлению водными ресурсами, расписание обучения, оценка рисков для источников водоснабжения, проведенная специалистом в области водных ресурсов и план контроля [3, 4].

План контроля обязательно должен включать полный список и оценку рисков для гарантии необходимого объема свежей воды высокого качества без угрозы бренду и репутации Компании. При оценке необходимо определить корневые причины каждого риска, оценить вероятность возникновения рисков и идентификацию условий, при которых появляются эти риски. Также в плане контроля должны быть отображены действия,

направленные на снижение неблагоприятных воздействий, на качество и доступность воды для местного населения, связанные с использованием заводом воды, а также действия, которые завод будет предпринимать при оценке рисков для местного населения, связанных с источником воды.

Также компании необходимо разработать план мониторинга и снижения рисков, который включает описание действий по снижению выявленных рисков. Этот план включает в себя цели и задачи по снижению рисков, действия по снижению рисков, список людей, ответственных за каждое действие, и график выполнения поставленных задач. Еще одним важным планом при разработке программы по защите источника водоснабжения является план привлечения заинтересованных лиц, который включает действия по уменьшению возможных рисков с помощью поддержания взаимоотношений с заинтересованными сторонами и вовлечение их в поддержание стабильности источника водоснабжения завода и интересов организации, выполнение всех поставленных задач и составление планов.

Литература

1. Саргин Ю.Н., Друскин Л.И., Покровская И.Б. и др. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 2. Водопровод и канализация / Под ред. И.Г. Староверова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 247 с.
2. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. Учебник для вузов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1974. – 480 с.
3. Coca-Cola HBC Russia «Политика в области охраны окружающей среды» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.coca-colahellenic.com/ru/about-us/policies/> (дата обращения: 07.12.2017).
4. Coca-Cola HBC Russia «Политика в области сохранения водных ресурсов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.coca-colahellenic.com/ru/about-us/policies/> (дата обращения: 15.12.2017).

**Соболева Полина Валерьевна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: p.soboleva.itmo@gmail.com**Никитенко Полина Сергеевна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: nikitpolina@yandex.ru**Сергиенко Ольга Ивановна**

Год рождения: 1957

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: oisergienko@corp.ifmo.ru

УДК 504.064**ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОЙ ИНТЕНСИВНОЙ НЕДЕЛИ, ПОСВЯЩЕННОЙ ВОПРОСАМ РЕСУРСНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА****Соболева П.В., Никитенко П.С., Сергиенко О.И.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Сергиенко О.И.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрен метод оценки системы экологического менеджмента и ресурсоэффективности. Была проведена экспресс-оценка эффективности системы экологического менеджмента на заводе ОАО «Балтика» в Санкт-Петербурге. Работа выполнялась в рамках международной интенсивной недели на тему «Ресурсная эффективность и энергетический менеджмент».

Ключевые слова: ресурсоэффективность, экологический менеджмент, энергетический менеджмент, устойчивое развитие.

С 18 по 21 сентября 2017 года в Университете ИТМО прошла международная интенсивная неделя на тему «Ресурсная эффективность и энергетический менеджмент», организованная кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, при участии Университета прикладных наук Циттау/Герлиц, Германия. Целью краткосрочной программы являлось обучение будущих специалистов в области ресурсной эффективности и энергетического менеджмента. При освоении программы студенты получили знания и навыки для разработки системы энергетического менеджмента, повышения ресурсной и

энергетической эффективности производства, а также применения наилучших производственных практик и технологий применительно к обращению с промышленными и коммунальными отходами с утилизацией энергии. Помимо инженерных знаний интенсивная обучающая программа позволила студентам ознакомиться с российской деловой средой, посетить ведущие предприятия Санкт-Петербурга.

Прослушав лекции, студенты посетили ОАО «Балтика» и ООО «Кока-Кола», с целью проведения экологического аудита в данных компаниях. Полученные результаты были проанализированы для составления комплексной оценки предприятий.

В качестве оценочного метода использовалась модель экспресс-оценки системы менеджмента, предложенная немецкими коллегами, которая предполагает изучение экологических аспектов работы предприятия (рисунок). Участники интенсивной недели разделились для детального рассмотрения вопросов. В конце недели проводилось обсуждение результатов в группах.

Рассматриваемые аспекты		Стадии внедрения практик энергетического и экологического менеджмента				
		Редкие попытки	Проявление инициативы	Определение целей	Управление процессом	Системный подход
1.	Энергия и влияние на климат				+	
2.	Ресурсоэффективность					+
3.	Транспортировка и логистика				+	
4.	обращение с химическими веществами и управление отходами			+		
5.	Использование водных ресурсов, очистка сточных вод	+	+			

Рисунок. Метод оценки системы энергетического менеджмента и ресурсоэффективности

Одной из основных целей проведения экологического и энергетического аудита была оценка ресурсоэффективности ООО «Балтика». Источниками информации являлись интервью руководителя экологической службы, анализ годовых отчетов [1] и интернет-сайта компании, экскурсия на производство. Во время экскурсии обсуждались вопросы достижения целей устойчивого развития, применение принципов ресурсоэффективности, переработки упаковочных материалов, кампании и проекты Carlsberg Group.

Участники интенсивной недели старались выяснить, какие меры принимаются в данный момент и что планируется сделать в ближайшее время. Далее представлены полученные результаты.

ООО «Балтика» поддерживает акцию «Час Земли», самую масштабную экологическую акцию в мире, которую проводит Всемирный фонд дикой природы (WWF). ООО «Балтика» выключает свет на один час на своих производственных площадках и призывает сотрудников и партнеров присоединиться к этой важной социальной инициативе по предотвращению изменения климата.

В 2016 году совместно с организацией «Бизнес за социальную ответственность» (BSR) была проведена оценка значимости аспектов и рисков в области устойчивого развития, их влияние на бизнес компании. Были определены четыре приоритетных направления, которые наиболее важны для бизнеса и заинтересованных сторон – энергия и углеродный след, водные ресурсы, ответственное потребление, охрана труда и безопасность. Сосредоточив усилия на четырех приоритетах, ООО «Балтика» стремится добиться положительных изменений на этих направлениях. Тем самым она участвует в решении проблемы изменения климата, обеспечения доступности водных ресурсов, продвижения здорового образа жизни, улучшения безопасности на рабочем месте.

Для каждой из стратегических целей также разработаны целевые показатели. Стремление компании внести вклад в развитие общества соответствует глобальным инициативам, таким как Парижское соглашение по климату и глобальные цели ООН по устойчивому развитию [2, 3].

ООО «Балтика» внедряет стандарты ISO, в частности, ГОСТ Р ИСО 14001 [4], который устанавливает критерии для системы экологического менеджмента (СЭМ). Стандарт может быть использован организациями для повышения эффективности использования ресурсов, снижению потерь и издержек. Внедрение стандарта ГОСТ Р ИСО 14001 является добровольным. Однако организации отвечают за установление своих целей, их отслеживание и достижение путем мониторинга и измерений. Внедряя данный стандарт «Балтика» улучшает экологические показатели, соблюдая законодательство РФ.

В целях сокращения воздействия на окружающую среду, работа в области экологически рациональной упаковки выделена в качестве одного из приоритетов корпоративной социальной ответственности ООО «Балтики» и Carlsberg Group. Корпоративная стратегия в области управления отходами состоит из четырех ключевых подходов, включающих в себя сокращение веса упаковки, увеличение повторного использования упаковочных материалов, призыв потребителей к разделному сбору видов упаковки, увеличение объема переработанных материалов, переосмысление отношения к упаковке и отходам.

ООО «Балтика» активно сотрудничает с поставщиками по вопросам уменьшения веса и толщины упаковки. В производстве собственных и закупаемых преформ используются энергосберегающие добавки, которые снижают потребление электроэнергии при выдуве ПЭТ-бутылок на 15%. С 2013 года «Балтика» совместно с тарными операторами реализует проект «Принеси пользу своему городу», который призван развивать систему раздельного сбора отходов. На данный момент проект реализуется в 12 городах, установлено почти 2000 специальных контейнеров для раздельного сбора. Отходы упаковки, собранные в контейнеры, затем направляются на переработку и повторное использование.

ООО «Балтика» на практике реализует принцип расширенной ответственности производителя в обращении с отходами. Компания начала системно работать в этом направлении с 2009 года, когда были выявлены возможности вторичного использования материалов. В зависимости от видов отходов и перерабатывающих технологий были определены способы создания новых видов упаковки. С тех пор ООО «Балтика» непрерывно оптимизирует свою деятельность, уменьшая образование отходов и увеличивая долю повторно используемых и перерабатываемых материалов.

Основным отходом, образующимся в процессе пивоварения, является пивная дробина. ООО «Балтика» перерабатывает сырую дробину в сухой продукт, который затем применяется как кормовая добавка в молочном и мясном животноводстве. Другие биологические отходы (отработанные дрожжи, зерновые отходы) направляются организациям для использования в качестве корма для животных. Компания развивает проекты по сбору отходов упаковки.

На основании проведенной экспресс-оценки отношение компании к вопросам ресурсоэффективности можно определить как систематический процесс, поскольку оно отвечает следующим критериям: успешная интеграция в систему менеджмента компании, постоянный контроль и мониторинг, а также направленность на долгосрочные цели и задачи.

Литература

1. Годовые отчеты ООО «Балтика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://corporate.baltika.ru/m/2515/>, своб.
2. Парижское соглашение в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_russian_.pdf, своб.
3. Цели в области устойчивого развития ООН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/>, своб.
4. ГОСТ Р ИСО 14001-2016. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200134681>, своб.

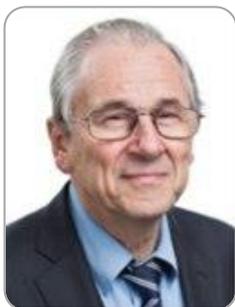


Соболева Полина Валерьевна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: p.soboleva.itmo@gmail.com



Рахманов Юрий Алексеевич

Год рождения: 1941

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: rahmanovua2010@gmail.com

УДК 504.06

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ В СТРОИТЕЛЬНОМ СЕКТОРЕ ЗА СЧЕТ РАЗРАБОТКИ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ И ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Соболева П.В., Рахманов Ю.А.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрены методы и технологии повышения энергетической и ресурсной эффективности в строительном секторе. Освещена технология ECO-SANDWICH и проект CERNEUS. Сделаны выводы об основополагающих принципах энергоэффективного строительства.

Ключевые слова: энергоэффективность, строительные отходы, переработка материалов, пассивное строительство.

Одним из актуальных направлений мирового развития является рост уровня жизни населения. В настоящее время проблема энергоэффективности становится весьма важной, ввиду роста стоимости энергоресурсов и повышения негативного воздействия на окружающую среду. Проблеме энерго- и ресурсоэффективности в строительстве уделяется большое внимание в развитых странах.

Среди отраслей промышленности, обладающих значительным потенциалом к энергосбережению, строительство является одним из основных потребителей энергетических ресурсов, как на этапе строительства, так и при производстве строительных материалов. Рациональное использование энергоресурсов рассматривается на всех этапах потребления.

В связи с развитием технологий в строительной сфере появилось направление, известное как «зеленое строительство», которое основывается на тенденциях мировой строительной практики энергоэффективного строительства. Зеленое строительство – это подход к строительству и эксплуатации зданий, целью которого является максимальное сокращение уровня потребления материальных и энергетических ресурсов на протяжении всего жизненного цикла здания, экологическая безопасность и повышение качества объектов недвижимости [1].

В энергоэффективных зданиях реализуется совокупность функционально-планировочных, конструктивных и инженерных решений, направленных на применение возобновляемых источников энергии и снижение потребления энергоресурсов.

В 1991 году в Германии было сформулировано понятие «пассивное строительство». Концепция технологии «пассивный» дом состоит в том, что усиленная герметизация и теплоизоляция конструкций, использование возобновляемой энергии, проектирование вентиляции с рекуперацией тепла позволяет в разы повысить его энергоэффективность. Расход тепловой энергии за год не должен превышать $10 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$.

Помимо следования федеральным законам, строительство зданий должно осуществляться согласно требованиям к тепловой защите зданий. Соответствующие нормы и правила отражены в своде правил 50.13330.2012 (СП «Тепловая защита зданий») [2]. В СП определены классы энергетической эффективности зданий, показатели тепловой защиты здания, а также нормируемые значения сопротивления передаче ограждающих конструкций.

Высокая скорость застройки городов всегда влечет за собой увеличение сноса построек, строительные отходы наращивают свой объем.

Утилизация строительных отходов в России развита лучше, чем переработка, несмотря на то, что данное сырье без проблем может идти на изготовление новых материалов. Строительные отходы включают в себя: металл, оставшийся после сноса сооружений здания под снос, бетон, железобетонные блоки, битое и цельное стекло. Следует отметить, что бетон и кирпич не нуждаются в переработке, а это значительно экономит средства на транспортировке [3].

В настоящее время проводятся исследования в области применения переработанного бетона и кирпича в качестве замены наполнителя для производства бетона. На основе проведенных испытаний переработанного наполнителя, коэффициент замещения природного агрегата на 50% был определен как оптимальный. Исследования привели к разработке энерго- и ресурсосберегающего строительного продукта ECO-SANDWICH (Хорватия) [4].

ECO-SANDWICH представляет собой вентилируемую сборную бетонную панель со встроенной изоляцией из стекловолокна. Производство высококачественного строительного продукта может повысить ценность строительных отходов и способствовать развитию принципов циркулярной экономики, способствующей устойчивому экономическому росту и позволяет создавать новые рабочие места.

Внутренний (самонесущий) слой выполнен из крошки дробленого переработанного бетона, а внешний фасадный слой выполнен из дробленого кирпича, переработанного во вторичный щебень. ES® представляет собой возможное технологическое решение для быстрого строительства зданий с очень низким энергопотреблением или пассивных домов в больших масштабах, что снижает негативное воздействие на окружающую среду. Коэффициент замены первичного крупного наполнителя 50% был выбран оптимальным для панелей ES [5] (рисунок).



Рисунок. Панели ECO-SANDWICH

Использование энергии является одной из основных проблем, поскольку она, как правило, является одним из самых важных ресурсов, используемых в зданиях в течение всего жизненного цикла.

Жизненный цикл в основном делится на следующие стадии: производство строительных материалов (включая все процессы от добычи сырья до момента, когда материал готов покинуть завод), строительство, эксплуатацию, техническое обслуживание и снос объектов. Многочисленные исследования показывают, что на эксплуатацию здания приходится основная часть использования энергии. В большинстве случаев использование энергии на стадии строительства составляет лишь около 10–15% [5].

В Швеции по проекту CERNEUS было проведено исследование потенциала переработки и использования материалов и ресурсов для строительства низкоэнергетического жилья ($45 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$) [4].

В рассматриваемом доме 20 квартир, площадью 120 м^2 . Здание было построено осенью 2000 года в Гетеборге, Швеция. Энергия, ежегодно необходимая для эксплуатации здания (отопление, горячее водоснабжение, бытовая электроэнергия и электричество для вентиляторов и насосов) оценивается в $45 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Уровень потребляемой энергии был снижен, в основном, за счет тепловой изоляции; слой минеральной ваты $215 \text{ мм}+220 \text{ мм}$ пенополистирола для стен, слой минеральной ваты $450 \text{ мм}+30 \text{ мм}$ пенополистирола на крыше и 250 мм пенополистирола под фундаментной плитой, а также хорошо изолированные окна ($0,85 \text{ Вт}/\text{м}^2\cdot\text{К}$).

Кроме того, солнечные коллекторы на крыше используются для производства горячей воды, покрывается 50% годовой потребности.

Система механической вентиляции включает теплообменный аппарат с системой воздух-воздух, КПД около 86%. Еще одна важная часть энергосбережения – чрезвычайно герметичная оболочка здания, скорость изменения воздуха оценивается в пределах 0,025.

Все результаты представлены на м^2 жилой площади средней квартиры. Потребность в энергии для производства и эксплуатации здания и потенциал рециркуляции материалов представлены в таблице (все данные приводятся на квадратный метр жилой площади).

Таблица. Потребность в энергии для производства и эксплуатации и потенциал рециркуляции материалов

Процесс	МДж/м ²	кВт·ч/м ²
Производство, всего, 50 лет	7 033	1 954
Производство материалов	5 526	1 535
Потери	473	131
Транспортировка на строительную площадку	158	44
Техобслуживание	832	231
Транспортировка материалов сноса	44	12
Эксплуатация, 50 лет	8 205	2 279
Отопление помещений/в год	18	5
Горячее водоснабжение/в год	45	13
Бытовая электроэнергия/в год	84	23
Электроэнергия (насосы и вентиляция)/в год	17	5
Потенциал рециркуляции (при переработке/сжигании), всего	2 645	735
Потенциал рециркуляции (при повторном использовании), всего	2 954	821

Доля внутренней энергии составила значительную часть, 40%, от общего использования энергии в течение предполагаемого срока службы здания 50 лет.

Отсюда следует, что очень важно обращать внимание на энергоемкость материалов, включать аспекты переработки на этапе проектирования новых зданий, а также не следует пренебрегать важностью технического обслуживания (его значение будет увеличиваться с увеличением срока службы здания). Важнейшей мерой для содействия будущей переработки материалов является использование материалов, подлежащих вторичной переработке, и предотвращение использования химически опасных соединений, провоцирующих перекрестное загрязнение.

Необходимо подчеркнуть, что при выборе проектных решений нужно учитывать, что суммарные удельные энергозатраты на строительство здания, в том числе на добычу и переработку сырья, производство строительных материалов и изделий-полуфабрикатов, строительно-монтажные работы, транспорт, оборудование здания и пр., могут существенно превышать удельные эксплуатационные энергозатраты на отопление здания за весь расчетный срок службы дома и затраты на дальнейшую утилизацию здания сводят на нет понятие энергоэффективности. Организация жизненного цикла здания как жизненного цикла сложной системы представляет собой целенаправленное упорядоченное взаимодействие взаимосвязанных элементов (подсистем здания) и внешней среды для достижения цели – высокой энергетической эффективности.

Переработка отходов производства и строительства способна снижать потребление природных ресурсов, а также способствует экономии на приобретении и производстве новых материалов.

Применение принципов системного подхода является важным направлением развития архитектурно-строительной науки. Важна не только организация проектирования и эксплуатации, но и организация строительного производства, производства строительных материалов, ремонтных работ, реконструкции, демонтажа здания и утилизации строительных материалов, т.е. организация всего жизненного цикла здания как системы.

Литература

1. Вернеке Д. Энергоэффективное строительство – это мировая тенденция // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2008. – № 10. – С. 26–27.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: docs.cntd.ru/document/1200095525, своб.
3. Особенности переработки строительных материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vtorothodi.ru/utilizaciya/stroitelnye-otxody-klassifikaciya>, своб.
4. Banjad Pećur I. Construction and demolition waste as a resource for sustainable, very low-energy buildings // International HISER Conference on Advances in Recycling and Management of Construction and Demolition Waste. – 2017.
5. Alagusic M., Milovanovic B., Banjad Pecur I. Recycled aggregate concrete – sustainable use of construction and demolition waste and reduction of energy consumption // Advances in Cement and Concrete Technology in Africa Proceedings 2nd International Conference. – 2016. – P. 253–262.



Соколовская Ксения Владимировна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4250

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: sokolovskaja.kseniya@yandex.ru



Дидиков Александр Евгеньевич

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: didikov@yandex.ru

УДК 665

РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Соколовская К.В., Дидиков А.Е.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрены основные аспекты экологического мониторинга на предприятиях нефтегазовой промышленности, а также приведены варианты информационных технологий – разработок крупной нефтегазовой компании, их роль в деятельности нефтегазовой отрасли промышленности.

Ключевые слова: экологическая безопасность, информационные технологии, нефтегазовая промышленность.

В условиях стремительного научно-технического прогресса и бурного роста промышленного производства, а также усложнения техногенных систем, их негативного влияния на окружающую среду особое внимание уделяется информационным технологиям, которые применяются в целях экологического мониторинга окружающей среды на предприятиях нефтегазовой отрасли.

Главным принципом решения проблем, связанных с негативным воздействием на нефтегазовых предприятиях является обеспечение экологической безопасности. Это означает, что при усовершенствовании существующих и создании новых техногенных объектов на всех этапах его жизненного цикла, включая проектирование, сооружение и эксплуатацию, должны учитываться требования и критерии, позволяющие обеспечить максимальную совместимость данного объекта и окружающей природной среды, чтобы сохранить экологическое равновесие [1].

Нефтегазовая отрасль является базовой в экономике страны. Она оказывает значительное воздействие на окружающую среду. Одни из наиболее существенных нарушений происходят за счет буровых скважин, при помощи которых осуществляются поиск, разведка и эксплуатация нефтегазовых месторождений. При бурении и эксплуатации скважин происходит нарушение и загрязнение ландшафтов, прилегающих к буровым площадкам. Поэтому необходимо проведение исследований с целью нахождения экологического равновесия, поддерживаемого на должном уровне, дающем максимальный

эколого-социально-экономический эффект при освоении участков недр, содержащих углеводороды. Важным инструментом в обеспечении экологической безопасности производственной деятельности является экологический мониторинг.

Согласно ФЗ № 331 «Государственный экологический мониторинг» от 21.11.2011 г. Экологический мониторинг осуществляется посредством создания и обеспечения функционирования наблюдательных сетей и информационных ресурсов [2]. Система экологического мониторинга имеет собственную структуру, соответствующую цели экологического мониторинга. Система включает следующие подсистемы [3]: подсистему ПДМН (подсистема получения данных мониторинговых наблюдений); подсистему сбора и обработки данных мониторинговых наблюдений; подсистему хранения и представления данных мониторинговых наблюдений.

- Подсистема ПДМН обеспечивает осуществление наблюдений и измерений частных показателей состояния атмосферного воздуха, водных объектов (включая подземные водные объекты), земель и почв, растительности и ландшафтов в зонах потенциального негативного воздействия производственных объектов в зонах наблюдений.
- Подсистема сбора и обработки данных мониторинговых наблюдений (информационно-управляющая подсистема осуществляет решение следующих задач экологического мониторинга: сбор данных мониторинговых наблюдений; обработка данных мониторинговых наблюдений; формирование (расчет) индексов загрязнений различных компонентов природной среды, и т.д.
- Подсистема хранения и представления данных мониторинговых наблюдений (подсистема передачи данных) предназначена для ведения баз данных наблюдений, архива наблюдений (включая отчеты, аэро-, фотоснимки и др.) и отчетных материалов (справки, аналитические записки и т.п.) [3].

В целях экологического мониторинга и контроля на предприятиях нефтегазовой промышленности активно производится внедрение инновационных технологий, которые помогают производить сбор данных, осуществлять их обработку, анализировать и предупреждать возникновение возможных негативных последствий для окружающей среды. Примерами таких технологий могут служить:

- информационная управляющая система «Азимут»;
- «Цифровое месторождение».

«Азимут» – это информационно-управляющая система (ИУС) промышленно-экологической безопасности, охраны труда и гражданской защиты, позволяющая интегрировать всю накопленную информацию в сфере промышленной безопасности, автоматизировать и стандартизировать управленческую отчетность, повысить контроль за соблюдением требований безопасности, оперативно оповещать о происшествиях и принятых мерах, а также оказывать помощь в проведении расследований, ориентируя их на выявление ключевых причин происшествий [4].

Посредством данной разработки можно осуществлять онлайн-мониторинг и получать оперативную информацию о происшествиях на объектах. Эта система позволяет повышать прозрачность регистрируемых инцидентов, определять и анализировать предпосылки их возникновения и принимать своевременные меры по их предотвращению. Система автоматически распространяет информацию о происшествиях и принятых мерах по всем необходимым адресам [4, 5]. ИУС «Азимут» реализует взаимодействие с системой получения информации о порывах трубопроводов и системой учета отказов нефтеперерабатывающих заводов.

К преимуществам данной разработки можно отнести: сокращение времени на сбор, обработку и передачу информации для принятия управленческих решений, на повышение эффективности использования финансовых, людских и материально-технических ресурсов при решении вопросов промышленной и экологической безопасности и охраны труда. Программа позволяет вести он-лайн мониторинг всего, что происходит в дочерних зависимых обществах, получать оперативные оповещения о происшествиях. Введение новых

высоких стандартов требует соответствующей подготовки персонала. Весь процесс разработки, внедрения и функционирования системы влечет за собой значительные экономические затраты на обучение персонала – это недостаток системы.

«Цифровое месторождение» – это программное обеспечение, включающее набор приложений, которые позволяют описывать поведение месторождения на компьютере. Приложения действуют, как работающая в режиме реального времени система контроля за разработкой месторождения, которая используется на протяжении всего цикла эксплуатации. Проект реализован на «молодых» месторождениях с высокой степенью автоматизации производства [5].

Суть функционирования «Цифрового месторождения» заключается в использовании оптоволоконных датчиков температуры и давления по всему месторождению (преимущественно под землей), которые подключаются к станциям слежения на поверхности. Затем данные передаются в офисы компании и загружаются в компьютерные модели оптимизации, которые позволяют инженерам видеть в режиме реального времени то, как нефть движется по месторождению. Эти подземные датчики также действуют в качестве системы заблаговременного предупреждения, что позволяет инженерам узнавать о потенциальных проблемах еще на раннем этапе их возникновения, оценивая влияющие факторы. Работа на месторождениях может выполняться без участия людей, причем инженеры могут управлять ими где бы они ни находились. Благодаря отслеживанию непрерывно поступающего потока информации, инженеры могут оперативно принимать меры для оптимизации добычи и работы. Раньше это отнимало несколько недель, а теперь – всего лишь несколько часов.

Концепция «Цифрового месторождения» объединяет несколько основных «цифровых» подходов: использование уточняемых геолого-технических и инженерных моделей, оперативное управление производством, интеграцию с финансово-экономическими показателями, накопление знаний и опыта и создание единой базы данных и, конечно же, коллективную работу и совместное принятие решений [5]. В основе концепции «Цифрового месторождения» лежит модель цикла непрерывных улучшений (или «цикл Деминга»). Цикл непрерывных улучшений – инструмент для автоматизации процесса совершенствования процессов в организации. Он состоит из четырех частей (планируй, делай, анализируй, корректируй), которые позволяют оптимизировать процесс и фиксировать достигнутые результаты как основу для последующего совершенствования [5].

Обе информационные системы направлены на мониторинг окружающей среды на территории нефтегазодобывающего комплекса, однако функционал у разработок разный. ИУС «Азимут» можно назвать аналитической системой, она осуществляет сбор информации, ее систематизацию, интеграцию показателей всех компонентов предприятия на каждом из объектов. Главной целью этой системы является анализ и прогноз возникновения возможных негативных последствий для окружающей среды. Постоянный учет происшествий на предприятии, введение полной отчетности, а также он-лайн мониторинг помогают спрогнозировать возможные промышленные инциденты, а также своевременно принять меры по их предотвращению. Прогрессирующие нефтегазодобывающие компании включают в себя дочерние предприятия, данная система в свою очередь молниеносно фиксирует все происшествия на объектах в любой из дочерних компаний. Таким образом, специалисты имеют возможность оперативно выявить предпосылки, приведшие к негативным последствиям. Предположим, что происшествие произошло на объекте в г. Ханты-Мансийск, внесено и зарегистрировано в ИУС «Азимут», «отработано» и найдена причина аварии, спустя некоторое время подобное происшествие произошло в г. Ноябрьск, оно будет «отработано» гораздо быстрее, так как вся информация содержится в системе, тем самым доля негативных последствий для окружающей среды может быть значительно ниже. ИУС «Азимут» – система, которой возможно управлять, она способна уведомлять специалистов о произошедшей аварии, передавая в систему лишь основную информацию об

инциденте, далее при изучении аварии, более подробные сведения вносятся в систему вручную.

Проект «Цифровое месторождение» отвечает больше за техническую часть, где все данные также анализируются, накапливаются и систематизируются. Месторождения повсеместно могут быть оборудованы датчиками, с помощью которых в случае аварии, сбоя или какого-либо инцидента, информация оперативно поступает на компьютер, автоматически срабатывают системы защиты, предотвращая или локализуя последствия аварии. Например, разработанная в рамках проекта информационная система помогает в режиме реального времени отслеживать отклонения в работе скважины с помощью цветowych индикаторов. Если показатели той или иной скважины выходят за пределы установленного диапазона, оператору на электронную почту моментально приходит автоматическое уведомление. Кроме того, скважины оборудуются системой удаленного мониторинга и постоянного контроля по закачке химических реагентов, а также внедряется визуально наглядная система мониторинга добычи по всем скважинам.

В проекте «Цифровое месторождение» система полностью автоматизирована, при возникновении аварии, она способна ликвидировать или локализовать, например, возникший пожар, автоматически. Особенно это актуально, если месторождение находится в экстремальных условиях (северные районы), оперативное автоматическое срабатывание защитных систем будет способствовать наименьшему масштабу распространения негативных последствий.

Роль информационных технологий в нефтегазодобывающем комплексе велика: начиная с методов исследования (аэрофотосъемка, данные дистанционного зондирования и т.д.), заканчивая глобальными научными разработками крупнейших компаний, приведенных в качестве примера выше. При оценке чрезвычайных ситуаций информационная подготовка занимает 30–60% времени, а информационные системы гораздо быстрее могут предоставить информацию и обеспечить поиск эффективных методов урегулирования.

Рассмотренные выше разработки перспективны в целях обеспечения экологической безопасности. Проект «Цифровое месторождение» охватывает все стороны деятельности на предприятиях нефтегазовой отрасли. Систематизация, компьютеризация всех данных в одну систему, в режиме он-лайн позволяет прогнозировать чрезвычайные последствия, наносящие урон экологии, например, прорыв трубопровода при транспортировке. Проект «Цифровое месторождение» помогает лучше выявлять аномалии и отклонения от рабочих диапазонов на ранних этапах и предотвращать их. Системы визуализации, работающие по принципу светофора, позволяют операторам сосредоточиться на проблемных скважинах, тем самым предотвратить возможные аварии, к которым могут привести дефекты. Также это позволяет сократить риски в области промышленной безопасности и охраны труда. Автоматизация позволила выполнять операции по оптимизации добычи в режиме удаленного доступа. Уменьшилось количество спускоподъемных операций с ЭЦН (Электрический центробежный насос), а количество выездов на скважины сократилось с 40 до 7–8 в месяц.

Литература

1. Крапивин В.Ф. и др. Информационные системы экологического мониторинга // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов: обзорная информация. – 2010.
2. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 31.12.2017) «Об охране окружающей среды».
3. Стандарт организации. Охрана окружающей среды на предприятиях ПАО «Газпром». Экологический мониторинг. Общие требования СТО Газпром 2-1.19-415-2010.
4. Обзор в области устойчивого развития ОАО «Газпром нефть» за 2007–2009 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gazprom-neft.ru/annual-reports/2009/Gazprom-Neft_CSR_Report_2007-2009_rus.pdf, своб.
5. Газпром нефть Обмен данными [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gazprom-neft.ru/files/journal/SNp117.pdf>, своб.



Солодченко Евгения Григорьевна

Год рождения: 1991

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, аспирант

Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология и биотехнологии

e-mail: mamedovs1612@gmail.com



Мамедов Эдгар Рамазан оглы

Год рождения: 1991

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, аспирант

Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология и биотехнологии

e-mail: mamedovs1612@gmail.com



Ишевский Александр Леонидович

Год рождения: 1953

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, д.т.н., профессор

e-mail: ishev.53@mail.ru

УДК 615.322:667

**АНАЛИЗ РЫНКА НАТУРАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ
АНТОЦИАНОВ**

Солодченко Е.Г., Мамедов Э.Р., Ишевский А.Л.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Ишевский АЛ.

В работе рассмотрены основные тенденции использования пищевых добавок и ингредиентов на мировом рынке. Рассмотрена структура мирового потребления пищевых красителей по отраслям промышленности. Указаны преимущества красящих добавок из растительного сырья и мировые производители натуральных пищевых красителей. Приведена характеристика некоторых позиций из ассортимента пищевых красителей различных производителей, полученных из природных продуктов. **Ключевые слова:** натуральные пищевые красители, антоциановые красители, антоциан, рынок красителей.

Производство продуктов питания в настоящее время сопровождается включением в их состав различных вкусоароматических и других добавок с целью улучшения структурных и органолептических показателей готовой продукции. Согласно исследованиям компании Leatherhead, структурированы значения потребления пищевых ингредиентов на 2013 год (рисунок) [1–3].

Как видно из рисунка, наибольшее распространение получил такой вид добавок как ароматизаторы, а наименьший из выделенных добавок – красители.

Тем не менее, оценка продуктов питания потребителями остается строгой: начиная с внешнего вида, заканчивая составом. Конкуренция между производителями пищевой продукции порождает расширение ассортимента товаров с уникальными внешними особенностями, тем самым привлекая потребителей. Известно, что внешний вид любого

изделия может варьироваться как за счет изменения упаковки, так и за счет цвета самого изделия, что достигается путем использования красителей.

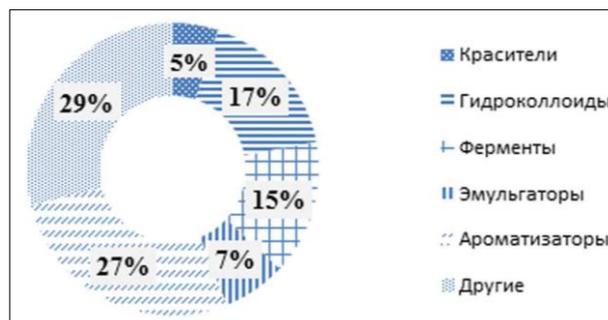


Рисунок. Структура потребления пищевых ингредиентов по видам (исследовательская компания Leatherhead)

Согласно исследованиям организации Chr. Hansen A/S (Дания), красный цвет является наиболее привлекательным и востребованным как в индустрии напитков, так и при производстве кондитерских изделий и мороженого. Для придания красного цвета пищевым продуктам ввиду своей стабильности чаще всего используют карминовые красители, однако из-за того, что он производится из самок насекомого *Dactylopius Coccus* (мексиканская кошениль), употребление продуктов, подкрашенных кармином, невозможно для определенного круга населения (вегетарианцев, веганов), следуя своим убеждениям. Также, согласно исследованиям компании Health Focus International, Innova Market Insights, Россия находится на третьем месте по количеству потребителей, обращающих внимание на натуральность красителей в пищевых продуктах (76%), уступая Филиппинам (80%) и Индонезии (79%).

В связи с этим, целью настоящего исследования является анализ рынка натуральных пищевых красителей на основе антоцианов – красящих пигментов растительного происхождения, способных придавать продуктам питания красные оттенки в кислой среде и фиолетовый цвет при увеличении pH среды. В настоящее время антоциановые красители широко используются во многих отраслях пищевой промышленности: кондитерской, молочной, а также индустрии напитков, при производстве мороженого и других изделий. По данным статистических данных РБК Research и RTS, структура мирового потребления пищевых красителей по основным отраслям пищевой промышленности представлена следующим образом: безалкогольные напитки – 54,6%, молочная продукция – 13,0%, мясо и птица – 9,1%, алкогольные напитки – 5,8%, при этом, в применении красителей преобладают синтетические добавки (60,6%) относительно натуральных (39,4%).

По данным исследований Innova Market Insights, положительная динамика темпа роста использования натуральных пищевых красителей в мире за период 2009–2013 гг., составляющая 24%, обуславливает повышение спроса на продукты с натуральными пищевыми красителями. Также стоит отметить и биологическую ценность ингредиентов из природного сырья, поскольку полезные компоненты такие как витамины, антиоксиданты переходят из сырья в экстракт и, следовательно, наполняют конечный продукт питания.

Производством красителей пищевых продуктов занимаются как отечественные, так и зарубежные предприятия. Наиболее значимыми из них на российском рынке являются организации Ялога-НТ, БАРГУС продакшн, ЭКОРЕСУРС. Стоит отметить, что первым в России производство натуральных красителей начала организация ЭКОРЕСУРС. Ассортимент отечественных колорантов включает красители, содержащие антоциановые пигменты как в чистом виде (в виде экстрактов), так и с различными добавками (консервантами). Выпускаются чаще в жидком виде, однако существуют и порошкообразные позиции.

В качестве положительной тенденции можно отметить производство преимущественно концентрированных экстрактов, иначе называемых красящими ингредиентами, а не красителями. Основным источником антоциановых пигментов для получения красителей в России является черная морковь, затем следует виноград. Рекомендуемая дозировка различных имеющихся на отечественном рынке красителей составляет в среднем 0,1–1%, а красящих веществ – 0,2–0,4%. Данные сведения свидетельствуют, что применение концентрированных экстрактов, у которых относительно высокое значение показателя сухих веществ, перспективно и эффективно.

Рынок красящей пищевой продукции Западной Европы, Азии и США представлен продукцией таких крупных предприятий как Irgona AG/SpA (Италия), Chr. Hansen A/S (Дания), Incoltec (Испания, Германия), D.D. Williamson & Co., Inc., Sethness Products Co., Sensient Technologies Corp. (США), Naturex SA (Франция), AAFUD Group (Zhuhai) Co. (Китай), Aarkay Food Products Ltd., Kolor Jet Chemical Pvt. Ltd (Индия), Proquimac Food & Pharma SA (Испания) и других. В отличие от российских пищевых ингредиентов, здесь нельзя однозначно сказать какой вид красителей преобладает: порошок или жидкость. Из рассмотренных колорантов перечисленных производителей, можно отметить, что разнообразие антоцианосодержащего сырья в ассортименте продукции больше. Среди источников этих пигментов выделяют ягоды бузины, виноград, редис, но и та же черная морковь также встречается в составе. Информация о некоторых видов натуральных пищевых красителей систематизирована в таблице.

В таблице приведен неисчерпывающий перечень существующих на рынке антоциановых красителей и красящих ингредиентов, однако из приведенных данных можно сделать вывод о том, что в настоящее время производства во многих странах мира ориентированы на использовании природного сырья.

Таблица. Характеристика натуральных пищевых красителей

Наименование, производитель, страна	Вид, состав	Рекомендуемая дозировка	Цена за 1 кг
Rubini Irgona A/SpA, Италия	Вид: жидкость или порошок Состав: концентрик. сок бузины Классификация: красящий ингредиент	0,01–0,03%	42,55 EUR
FruitMax Raspberry 200 WS Chr. Hansen A/S, Дания	Вид: жидкость Состав: концентрик. сок черной моркови, лимонная кислота (E330) Классификация: красящий ингредиент	0,2–0,8%	7,55 EUR
Антоцианин 0029/2 Ялога-НТ, Россия	Вид: жидкость Состав: вода, глицерин (E422), сок черной моркови (E163), лимонная кислота (E330) Классификация: пищевая добавка E163	0,04–0,3%	80 EUR
ЭКОТАН Антоцианин 0033D ЭКОРЕСУРС, Россия	Вид: жидкость Состав: сок из кожицы винограда Классификация: пищевая добавка E163	0,1–0,2%	6,00 EUR

Выработка красящей продукции из сырья растительного происхождения является перспективным направлением в развитии рынка пищевых ингредиентов. Наблюдается рост производства красящей продукции, состоящих исключительно из концентрированных соков и экстрактов, что позволит расширить аудиторию потребителей, придерживающихся здоровому питанию и имеющих веганский/вегетарианский образ жизни.

Литература

1. Dipti S. Understanding Biocolour – A Review // International Journal of Scientific & Technology Research. – 2014. – V. 3(1). – P. 294–299.
2. Каждый охотник желает знать... Обзор российского рынка натуральных пищевых красителей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.foodmarket.spb.ru/current.php?article=1969> (дата обращения: 11.01.2018).
3. Строганов А.О., Леонтьева Е.А. Анализ места России на мировом рынке пищевых добавок // Территория новых возможностей. – 2015. – № 4(31). – С. 155–164.



Сундрякова Екатерина Андреевна

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4252

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

e-mail: kate442845@mail.ru



Павлова Анастасия Сергеевна

Год рождения: 1987

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.э.н., ст. преподаватель

e-mail: nastya.vasilyeva@gmail.com

УДК 338.439

**АНАЛИЗ ЗНАЧИМЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ОРГАНИЗАЦИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ**

Сундрякова Е.А., Павлова А.С.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе показан анализ экологических аспектов кафе быстрого питания. Показано, что именно охватывает загрязнение окружающей среды деятельностью общепита. Идентифицированы экологические аспекты, которые могут находиться под контролем и на которые возможно оказать влияние; определены значимые аспекты. Значимые экологические аспекты принимаются во внимание при установлении целей и задач.

Ключевые слова: экологические аспекты, общепит, отходы, электроэнергия, водоснабжение.

Повышение качества и безопасности пищевой продукции является не единственной проблемой в условиях повышения конкуренции на мировом рынке. Нерациональное потребление водных и энергетических ресурсов не только снижает прибыль и рентабельность кафе, но и приводит к загрязнению окружающей среды [1–3].

Ужесточение требований к предприятиям в области экологии, а также рост интеграции в мировое хозяйство дает дополнительные стимулы для внедрения международных стандартов ИСО 14001. Данный стандарт предоставляет возможность изучения управления экологическими аспектами, которые могут помочь предприятию повысить свою конкурентоспособность и более рационально использовать ресурсы.

Для того чтобы внедрить и систематизировать экологическую политику, отвечающую международным требованиям, необходимо оценить исходную ситуацию в кафе общепита, а именно выделить основные аспекты, оказывающие негативное влияние на окружающую среду.

Экологический аспект – элемент деятельности организации, или ее продукции или услуг, который может взаимодействовать с окружающей средой. Идентификация экологических аспектов дает возможность влиять на негативное воздействие,

модифицируя виды деятельности или продукции. Поэтому необходимо определить наиболее вредоносные источники воздействия, которые являются важными для охраны окружающей среды, а также выявить технологические процессы, в результате которых они образуются.

Основными негативными воздействиями от кафе быстрого питания являются следующие воздействия:

1. загрязнение водных объектов – сброс сточных промышленных и/или ливневых вод в системы коммунальной канализации. Сброс в систему канализации сточных вод, содержащих значительную концентрацию жиров, органических и неорганических соединений;
2. загрязнение земли при обращении с отходами. Наиболее явный негативный результат кафе быстрого питания – это образование отходов. На данный момент весь мусор помещается в металлические контейнеры, который впоследствии вывозится на захоронение;
3. потребление энергоресурсов. Очень большое количество энергии расходуется на работу технологического и вспомогательного оборудования, а также на освещение помещений и рекламу;
4. истощение водных объектов (пользование системами коммунального водоснабжения). На предприятиях общественного питания очень много расходуется воды на технические нужды, а также на доготовку продукции и жизнедеятельность персонала.

Загрязнение водных объектов происходит в основном за счет сбросов сточных вод в системы канализации, основную массу которых составляют сбросы от санитарной уборки помещения и мытья производственной посуды. Данные сточные воды от кафе именуются как бытовые стоки и являются в настоящее время серьезной экологической проблемой. Для того, чтобы ликвидировать столь сильнейшую опасность для окружающей среды, сбросы от кафе должны проходить многоступенчатую очистку с помощью локальных очистных сооружений.

Нерациональное потребление водных ресурсов также является одной из проблем кафе быстрого питания. Основной расход воды идет на уборку кафе и служебных помещений, мытье производственной посуды, а также на нужды персонала и гостей кафе.

В настоящее время вопрос энергосбережения является также одним из приоритетных вопросов. Это связано с уменьшением природных энергоресурсов и с глобальными экологическими проблемами. Основные затраты электроэнергии в кафе быстрого питания приходят на работы технологического и вспомогательного оборудования, на освещение помещений кафе и на рекламу.

Кафе быстрого питания неизбежно в своей производственной и административной деятельности сталкиваются с проблемой накопления и утилизации отходов различного происхождения, а также с проблемой загрязнения ими окружающей среды. Пищевые отходы образуются в результате приготовления, доготовки продукции, остатков приобретенных гостями блюд, а также в образовании продуктов с истекшим сроком годности. Также образуется большое количество отходов полиэтилена от вакуумных упаковок полуфабриката, отходы пищевой пленки и одноразовые перчатки. В результате обслуживания гостей образуется использованная одноразовая посуда, листовки на подносы и бумажные салфетки.

Таким образом, анализ экологический аспектов предприятия (таблица) может помочь найти способы снижения негативного воздействия на окружающую среду (ОС), а также уменьшить затраты компании.

Таблица. Часть анализируемых экологических аспектов

№	Этап/ процесс (источник образова- ния)	Условия возник- новения	Экологический аспект	Воздействие на ОС	Значимость			Кэф- фициент критич- ности
					Частота	Степень воздейств ия	Ущерб для компан- ии	
1	Приемка сырья	анормаль- ные	Некачественная упаковка и транспортировка продукции	Отходы пищевой продукции и полиэтилена	4	1	1	4
2		нормаль- ные	Упаковка продукции	Отходы упаковочного картона незагрязнен- ные	4	2	1	8
3	Приготовл ение блюд	нормаль- ные	Варка блюд	Истощение водных объектов (пользование системами коммуналь- ного водоснабже- ния)	4	1	1	4
4		нормаль- ные	Жарка	Потребление электро- энергии	4	2	1	8
5		анормаль- ные	Жарка	Пищевые отходы кухонь и организаций обществен- ного питания несортирован- ные	4	2	1	8
6	Обслужи- вание гостей	нормаль- ные	Сервировка	Отходы бумажных салфеток и рекламных листовок	4	2	1	8
7		нормаль- ные	Сервировка	Отходы одноразовой посуды	4	2	1	8
8	Санитар- ная обработка оборудо- вания и помеще- ний	нормаль- ные	Потребление воды	Истощение водных объектов (пользование системами коммуналь- ного	4	1	1	4

№	Этап/ процесс (источник образова- ния)	Условия возник- новения	Экологический аспект	Воздействие на ОС	Значимость			Коэф- фициент критич- ности
					Частота	Степень воздейств ия	Ущерб для компан- ии	
				водоснабжен ия)				
9	Техни- ческое обслужи- вание помеще- ний	нормаль- ные	Освещение залов и служебных помещений	Отходы люминистент ных ламп	4	3	1	12
10		нормаль- ные	Реклама	Потребление электро- энергии	4	2	1	8
11	Админист- ративная деятель- ность	нормаль- ные	Делопроизвод- ство и отчетность кафе	Отходы бумаги и картона	4	2	1	8
12		нормаль- ные	Потребление электроэнергии	Потребление энерго- ресурсов	4	2	1	8

Литература

1. Интеграл [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://integral.ru/>, своб.
2. Единая база ГОСТов РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gostexpert.ru/>, своб.
3. Научная электронная библиотека Elibrary.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/defaultx.asp>, своб.



Терещенко Оксана Викторовна

Год рождения: 1977

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4250

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

e-mail: otereschenko@yandex.ru



Ульянов Николай Борисович

Год рождения: 1941

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: nbulianov@corp.ifmo.ru

УДК 504.062.4

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ
НА ЗАО «ОКУЛОВСКИЙ БУМАЖНИК»**

Терещенко О.В.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

Работа посвящена анализу процесса химического и фотохимического восстановления нитрат-ионов формальдегидом в присутствии гомогенных и гетерогенных катализаторов применительно к задаче совместного удаления нитрат-ионов и формальдегида из загрязненных вод, а также – возможности повышения эффективности указанного метода с помощью гетерогенных и гомогенных катализаторов, а также под действием ультрафиолетового излучения.

Ключевые слова: сточные воды, загрязняющие вещества, восстановление нитрат-ионов, окисление формальдегида, модельные растворы, кинетика, эффективность, гомогенные катализаторы, гетерогенные катализаторы, УФИ.

В современных условиях остро стоит вопрос об изъятии из городских и промышленных сточных вод (СВ) биологически активных веществ. Большая часть нитратного азота удаляется сейчас с помощью биологических методов; разрабатываются, апробируются и внедряются новые методы очистки СВ. В ряде случаев проблему очистки СВ от азотсодержащих соединений пытаются решать на стадии доочистки с использованием химических и физико-химических методов [1].

Интерес к способам химического восстановления нитрат-ионов из сточных вод обусловлен экологическими и экономическими причинами [2, 3]. Существенным преимуществом метода восстановления нитрат-ионов формальдегидом является процесс взаимной очистки СВ от двух разных находящихся в них загрязняющих веществ, поступающих в СВ предприятиям от разных технологических процессов. Применяющееся в настоящее время на химическом предприятии термическое обезвреживание стоков цеха формалина и карбамидных смол не только трудно стабилизируется и требует больших энергозатрат, но и сопровождается существенным загрязнением воздушного бассейна.

Альтернативные же методы в основном рассчитаны на протекание в условиях высоких температур и давлений, энерго- и материалоемки. Кроме того, вследствие биотоксичности формальдегида может нарушаться или полностью прекращаться работа биологических очистных сооружений.

Учитывая вышесказанное, целью диссследования являлось изучение эффективности очистки СВ методом восстановления нитрат-иона формальдегидом, а также – возможность повышения эффективности указанного метода с помощью гетерогенных и гомогенных катализаторов, а также под действием ультрафиолетового излучения (УФИ).

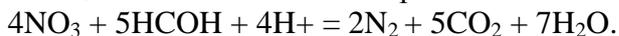
В работе исследовалась на модельных растворах эффективность совместного удаления нитрат-ионов и формальдегида из гомогенных смесей с различными исходными концентрациями нитрат-ионов и формальдегида при отборе проб по истечении 15; 30; 45 мин; 1; 2; 4; 8; 12; 24 ч от момента смешивания исходных компонентов.

При исследовании катализируемого процесса, масса действующего элемента (металла) катализатора составляла 1/10 от массы нитрат-ионов в исходном растворе. Для каталитического поддержания процессов окисления применялись соединения переходных металлов в высшей степени окисления: оксид железа (III), оксид меди (II), оксид марганца (IV), сульфат меди (II), сульфат железа (III).

При исследовании фотохимического процесса использовалось УФИ 254 нм, облучался слой жидкости высотой 1 см.

Контроль проводился по следующим показателям: время контакта компонентов модельных растворов, концентрации нитрат-ионов (ионометрически) и формальдегида (фотоколориметрически).

Реакция восстановления нитрат-ионов – окисления формалина:



Исследование показало, что некатализируемый процесс имел наибольший рост эффективности в течение первого часа его протекания, а эффективность восстановления NO_3 – при этом составляла 41–63% в зависимости от исходной концентрации его в модельном растворе. Максимум эффективности в некатализируемых системах составлял 87,2–92,0% при времени протекания процесса 24 ч.

Все исследованные в работе катализаторы и УФИ позволили существенно сократить время достижения высокой эффективности восстановления нитрат-ионов формальдегидом из модельных растворов всех исходных концентраций.

Максимальная эффективность в катализируемых системах составила 91,0% в растворах с исходной концентрацией нитрат-ионов 0,200 г/л за время реакции 1 ч (катализатор CuO); минимальная за такое же время – 63,6% при исходной концентрации NO_3 – 0,500 г/л (катализатор $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$).

Большая эффективность достигалась в системах гетерогенного катализа, что вероятнее всего связано с легкостью образования в гомогенных системах комплексных соединений, снижающих активность катализатора. С образованием комплексных соединений связано резкое снижение скорости восстановления нитрат-иона в системах с применением в качестве катализатора оксида марганца, обладающего наибольшим окислительно-восстановительным потенциалом и проявлявшего наибольшую каталитическую активность из всех рассмотренных в работе катализаторов в интервале от 0 до 15 мин от начала реакции (эффективность удаления нитрат-ионов 81,8–90,0%).

В отличие от каталитических процессов, влияние УФИ заметно выше на процесс восстановления NO_3 , нежели на процесс окисления НСОН .

Процесс окисления формальдегида идет наиболее эффективно в течение первых 15 мин после его начала, эффективность при 15 мин достигает значения 84,8%. Но далее скорость процесса значительно снижалась и к моменту времени 60 мин эффективность составляла 92,3%. Скорость удаления нитрат-ионов при воздействии на систему УФИ со временем снижалась незначительно (при 15 мин: 54%; при 60 мин: 79,2%) и на исследованном

временном интервале на фазу плато не выходила. Следовательно, при воздействии УФИ на систему в течение более длительного времени, можно ожидать еще более эффективной или даже полной очистки растворов от NO₃-.

Экспериментальные исследования по изучению эффективности метода химического и фотохимического восстановления нитрат-ионов формальдегидом в присутствии гомогенных и гетерогенных катализаторов позволяют сделать предположение о перспективности данного метода для глубокой очистки СВ от нитрат-ионов и одновременного удаления из них формальдегида при правильном подборе условий протекания процесса и решении проблемы образования комплексных соединений. Метод требует дальнейшей проработки и изучения.

Литература

1. Кузнецова А.Е. и др. Прикладная экобиотехнология: в 2 т. Т.1. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 629 с.
2. Белевцев А.Н. Мельников Н.Н. Очистка концентрированных СВ от нитратов и нитритов // Водоснабжение и санитарная техника. – 1996. – № 10. – С. 13–15.
3. Швецов В.Н. и др. Глубокая очистка природных и сточных вод на биосорберах // Водоснабжение и санитарная техника. – 1995. – № 1. – С. 6–9.

**Трохов Евгений Сергеевич**

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4252

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

e-mail: promeffect@bk.ru

**Павлова Анастасия Сергеевна**

Год рождения: 1987

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.э.н., ст. преподаватель

e-mail: nastya.vasilyeva@gmail.com

УДК 65.011.8

**БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО КАК СИСТЕМА ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕСА ПРЕДПРИЯТИЙ****Трохов Е.С., Павлова А.С.****Научный руководитель – к.э.н., ст. преподаватель Павлова А.С.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрены элементы управления бизнес-процессами: ключевые показатели эффективности и сбалансированная система показателей; показано влияние бережливого производства на бизнес-процессы.

Ключевые слова: устойчивое развитие, бережливое производство, эффективность lean production.

В условиях нынешней быстроменяющейся бизнес-среды и высокой конкуренции промышленности именно эффективное управление позволяет двигаться быстрее к стратегическим целям компании. Становится необходим процессный подход. Так, начальным этапом формирования «бизнес-потенциала» предприятия является идентификация и структурирование существующих бизнес-процессов [1].

Методология БП предполагает алгоритмы анализа бизнес-процессов, их реорганизации и инструменты по повышению эффективности.

Один из важных инструментов управления – определение и контроль ключевых показателей эффективности бизнеса (КПЭ, Key Performance Indicator, KPI). Это измеримое число или точка данных, используемые для понимания прогресса достижения цели.

Часто для оценивания эффективности бизнеса промышленности используются финансовые показатели, такие как прибыль, рентабельность и др. Однако для достижения успеха в долгосрочной перспективе необходимо анализировать и нефинансовые аспекты (лояльность клиентов и дилеров, качество обслуживания). С этой целью применяют систему сбалансированных показателей (ССП, Balanced Scorecard), разработанную Питом Марвиком. Согласно системе, оценивать эффективность бизнеса необходимо по следующим параметрам: финансовое состояние, развитие бизнеса на рынке (число клиентов, доля рынка), бизнес-процессы, система развития и обучения персонала [2].

Далее строятся стратегии компании на базе данных стратегического анализа (оценка тенденций, рисков бизнеса, накопление корпоративных знаний). На втором этапе предприятие реализует свою стратегию. Стратегию обычно делят на подстратегии, описывающие план действий в определенных областях бизнеса. Для каждой из них подбирают ключевые показатели эффективности, с помощью которых проясняются кратко- и среднесрочные цели, финансовые и нефинансовые показатели бизнеса. Примерами КРІ на предприятиях могут выступать: время производственного цикла, количество продукции, изготовленной без доработок, число дефектов, количество исправленных дефектов без съема изделия с потока (на ед. продукции) [2, 3].

Таким образом, последовательное внедрение системы состоит из следующих шагов: формирование стратегии – определение факторов успеха – определение КПЭ – разработка и оценка ССП – выбор технического решения и внедрение.

Улучшить КРІ и повысить эффективность производства в целом помогает такая производственная система как БП.

Далее приведена таблица, включающая ключевые бизнес-процессы предприятий. Они могут быть более детализированы в соответствии с целями, задачами и размерами конкретного предприятия. Цветом выделены те из них, на повышение эффективности которых напрямую направлена методология бережливого производства.

Таблица. Влияние бережливого производства на основные бизнес-процессы предприятий

Показатели эффективности	Ключевые бизнес-процессы				
	Исследование рынка	Взаимодействие с поставщиками и потребителями	Производство	Обеспечение качества продукта	Распределение
Экономические показатели	Доля затрат на изучение рынка	Повышение известности предприятия	Доля новых успешных проектов	Затраты на переналадку и подготовку оборудования	Средняя стоимость заказов
	Разработка плана продаж	Затраты на продвижение продукции	Затраты на выпуск продукции	Заказ и доставка ресурсов	Убытки в результате отказов
	Эффективность нового продукта	Эффективность рекламных мероприятий	Производительность труда работников управления	Закупка сырья и материалов	Доля просроченной дебиторской задолженности
Отношения с клиентами	Потребительский охват	Доля новых клиентов	Удовлетворенность производственным процессом	Качество продукта	Отклонение от планируемого срока поставок
	Доля неприбыльных клиентов	Количество основных клиентов	Средний оборот на одного клиента	Удовлетворенность клиентов	Соблюдение сроков поставок
Внутренние бизнес-процессы	Доля рынка	Скорость реагирования на рекламации	Время разработки и вывода нового продукта на рынок	Ценность бренда (торговое наименование)	Время, затрачиваемое на процесс продаж
	Отставание от конкурента	Оборачиваемость склада	Работа обслуживающего персонала	Учет времени доставки товара	Продажи (в целом по предприятию,

Показатели эффективности	Ключевые бизнес-процессы				
	Исследование рынка	Взаимодействие с поставщиками и потребителями	Производство	Обеспечение качества продукта	Распределение
					по видам, группам продукции, по регионам)
Обучение и рост персонала	Качество проведенных исследований	Количество новых заказов	Затраты на обучение персонала и повышение его квалификации	Текущность кадров	Процент заключенных сделок

Таким образом, можно отметить положительное влияние БП на многие ключевые бизнес-процессы. Западными (Чейз Р., Свэйм Р.) и отечественными (Казанцева С.М.) исследователями отмечается, что от метода управления операционной системой напрямую зависит реализация стратегических целей компании [4, 5].

Стратегическая цель руководства предприятия в контексте реализации БП– это повышение эффективности бизнеса за счет снижения издержек.

Таким образом, применение КРІ-показателей в системе БП подразумевает создание гибкой системы управления, которая будет непрерывно улучшаться, способствовать снижению потерь на предприятии, повышению конкурентоспособности и росту производительности труда.

Так, система бережливого производства помогает добиться лучших результатов. Однако бережливое производство, это не только методология повышения эффективности процессов, но и целая философия, которая должна быть внедрена и ориентирована на долгосрочную перспективу. Интересно отметить, что в среднем система на 80% состоит из организационных мер и только 20% составляют инвестиции.

Литература

1. Оценка эффективности и оптимизация бизнес-процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/>, своб.
2. Данилин О. Принципы разработки ключевых показателей эффективности (КПЭ) для промышленных предприятий и практика их применения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://balanced-scorecard.ru/article/danilin>, своб.
3. Колесников С.Н. Инструментарий бизнеса: современные методологии управления предприятием. – М.: Издательско-консультационная компания «Статус-Кво 97», 2001. – 336 с.
4. Индейкина А.А. Российский опыт внедрения концепции «Бережливое производство» // Master's journal. – 2015. – № 1. – С. 337–341.
5. Казанцева С.М. Проблемы внедрения бережливого производства на предприятиях России // Креативная экономика. – 2014. – № 12(96). – С. 90–98.



Хмара Елена Павловна

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4250

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: 2904helena2014@gmail.com



Юльметова Ралия Фагимовна

Год рождения: 1957

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.хим.н., доцент

e-mail: liya974@mail.ru

УДК 67.08:504.064.36

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ
В ОТРАСЛИ АВИАПЕРЕВОЗОК**

Хмара Е.П., Юльметова Р.Ф.

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрены способы ресурсосбережения в сфере обращения с отходами. Приведены примеры ресурсосберегающих технологий в ведущих аэропортах мира. На основе данных ООО «Воздушные Ворота Северной Столицы» приведены примеры используемых ресурсосберегающих технологий в сфере обращения с отходами в аэропорту Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: ресурсосбережение, отходы, аэропорт, авиаперевозки, утилизация, отдельный сбор.

Ведущим принципом управления отходами в аэропортах должно выступать повторное употребление и рециклирование всех отходов, по мере возможности. Отходы должны собираться отдельно и отправляться на сортирование, а в крайнем случае, если рециклировать невозможно, их следует обезвреживать [1–5].

В связи с активным ростом авиаперевозок растет и антропогенная нагрузка на окружающую среду. Одна из самых насущных проблем всех аэропортов мира – большое количество образующихся отходов как на борту самолета, так и на территории аэропорта. Экологи и защитники природы предлагают и разрабатывают для крупнейших аэропортов мира различные программы по снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Аэропорты по всему миру ищут новаторские способы снижения их воздействия на окружающую среду.

Так, например, для снижения количества отходов из пластика, который наносит огромный ущерб окружающей среде по всему миру, активисты экологи предлагают заменить пленку для чемодана на ремень, ленту или чехол. Чтобы сохранить внешний вид чемодана и защитить вещи от воровства в аэропортах, пассажиры часто обматывают свои дорожные сумки полиэтиленовой пленкой, что является крайне неэкологичным действием. Заменить

пластиковую упаковку можно на защитные ремни, которые можно обмотать несколько раз вокруг чемодана. Некоторые из них даже защищены кодовым замком.

Кроме того, можно использовать многоразовую мультикамовую ленту. Обычно ее применяют для перевозки оптики, биноклей, фонарей и других хрупких вещей, но она также подойдет и для упаковки багажа. Лента может использоваться многократно, она не оставляет никаких следов, а также предохраняет чемоданы от внешних механических повреждений, грязи и влаги.

Еще один способ экологично перевезти свой багаж – надеть на чемодан матерчатый чехол, как правило, из полиэстера, также защищающий от грязи и повреждений. Чехлы можно купить в интернет-магазинах, магазинах для путешественников и даже в видинговых аппаратах в аэропортах, и использовать многократно.

1. Аэропорт Симор (SEGS) – главный аэропорт островов Галапагос. На острове Бальтра, входящем в состав Галапагосских островов, функционирует первый в мире экологичный аэропорт. При его строительстве использовалось вторсырье – строительные материалы, оставшиеся от здания прошлого аэропорта. Кроме этого, энергию аэропорт получает благодаря солнечным батареям и ветрогенераторам. Вода поставляется с собственного завода по опреснению морской воды.

Аэропорт уже получил золотой сертификат LEED за лидерство в энергетике и экологическом дизайне. В последние годы экологи выражают обеспокоенность в связи с состоянием Галапагосских островов, принадлежащих Эквадору, так как уникальной экологической системе острова наносится ущерб из-за возрастающего потока туристов.

2. Международный аэропорт Денвера (DEN), Колорадо, США продолжает расширять существующие программы и изучать новые инициативы по достижению главной цели в стратегическом плане аэропорта – стать объектом с нулевыми отходами к 2020 году. В 2001 году в среднем на одного пассажира приходилось 500 г отходов, которые отправлялись на полигон. В 2011 году DEN снизил этот показатель до 100 г на пассажира. В 2011 году в аэропорту Денвера собрали 1571 т отходов, подлежащих переработке, в том числе 59,7 т деревянных поддонов и паллет, 767 т картона и 75 т органического материала. Кроме того, в аэропорту осуществляется сбор следующих товаров, главным образом образующихся в результате деятельности по обслуживанию аэропорта: более 1300 батарей; 11799 кг электроники; 21000 люминесцентных ламп; 293 т металлолома; 84718 т бетона, который перерабатывается и в дальнейшем используется в качестве строительного материала в этом же аэропорту; 11549 т асфальта, который используется также, как и бетон; 6624 л антифриза; 1093 шины; 82946 л отработанного масла; и 1688 л растворителя.

3. Международный аэропорт Джона Ф. Кеннеди (JFK), Нью-Йорк, США. С января 2009 года аэропорт Нью-Йорка при заключении контракта на строительство требует от подрядчика план по утилизации отходов, образующихся в процессе их работ. По требованию подрядчик должен предоставлять документацию, в которой прописано, что не менее 75 процентов отходов (металлолом, асфальт, бетон, почва) перерабатываются и используются при строительстве других проектов. Эта цель была достигнута с момента введения спецификации контракта.

Пример проекта: Реконструкция рулежной дорожки/повторное использование переработанных материалов на месте. При подготовке аэропорта к принятию нового типа воздушного судна Airbus A380, который на сегодняшний день является самым большим гражданским пассажирским самолетом, требовалось провести реконструкцию одной из основных рулежных дорожек. Было необходимо расширить ее на 4 м на общую длину около 2 км. Было проведено детальное исследование по оценке повторного использования существующих асфальтобетонных покрытий, известковых цементных зольных тротуаров и песчано-гравийных смесей. Было установлено, что материалы существующей рулежной дорожки могут быть повторно использованы в качестве основы для новой рулежки.

Материал рулежки был удален, измельчен, обработан на месте подрядчиком (Portland Cement). После реконструкции было проведено тщательное тестирование, все требования по качеству рулежной дорожки, применимые к данному типу воздушного судна, были выполнены. Это проект сократил материальные и финансовые издержки. Аэропорт сэкономил более 2 млн. долл. за счет сокращения расходов на закупку нового материала и его доставку, а также была устранена потребность в закупке и использовании 19113,8 м³ нового материала для строительства.

Так как объектом исследования выступает Аэропорт «Пулково», стоит уделить внимание на то, как обращаются с отходами в воздушной гавани Северной Столицы.

С 2013 года в Пулково действует система раздельного сбора бортового мусора, а также мусора, образующегося в самом здании аэропорта. Для создания и внедрения этой системы был изучен положительный опыт других международных аэропортов, в особенности аэропорта города Франкфурт-на-Майне. Санкт-Петербургский аэропорт один из первых в РФ применил данную систему по обращению с отходами. Для этого на территории терминала и офисных помещений были установлены урны для раздельного сбора трех видов для таких фракций, как «Бумага, газеты, журналы»; «Тара» и «Прочий мусор».

Помимо урн раздельного сбора, также макулатура собирается отдельно сотрудниками аэропортов и еженедельно вывозится в специальный контейнер для сбора макулатуры, откуда потом вывозится подрядчиком на завод, и из переработанной бумаги производят туалетную бумагу «Zewa».

Помимо макулатуры на территории осуществляется раздельный сбор таких фракций: лом черных металлов, отработанное масло, отработанные покрышки, тара (пластиковая, алюминиевая), стеклотара (стеклянные бутылки), отработанные аккумуляторы. Все это вывозят подрядчики и перерабатывают для получения вторичного сырья.

Отходы пассажирского терминала, не прошедшие сортировку на территории аэропорта, также вывозятся подрядчиком на сортировочный завод, где отсортировываются отдельные виды пластмасс, алюминия, стекла, макулатуры, и получается готовое вторичное сырье для дальнейшей переработки и использования в хозяйственном обороте.

В целом система раздельного сбора дает возможность, как самому аэропорту, так и его посетителям, и пассажирам, внести свой важный вклад в дело снижения негативного воздействия на окружающую среду. Аэропорт Пулково продолжает работу по изучению технологий и процессов в сфере обращения с отходами для дальнейшего снижения объема отходов и снижения нагрузки на окружающую среду.

Литература

1. Годовой отчет по охране окружающей среды ООО «Воздушные Ворота Северной Столицы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pulkovairport.ru/about/reports/financial/>, своб.
2. Промышленный экологический контроль ООО «Воздушные Ворота Северной Столицы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pulkovairport.ru/about/reports/financial/>, своб.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://swap.stanford.edu/20110203134915/http://www.epa.gov/epawaste/conservation/rrr/rogodocuments/airport-recycling-guide.pdf>, своб.
4. Leavitt E. Recycling initiatives & Green incentives Seattle Seattle-Tacoma International Airport // «Airports Going Green» Conference Chicago (IL). – 2009.
5. What Goes Up Must Come Down: The Sorry State of Recycling in the Airline Industry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.scribd.com/document/27633458/What-Goes-Up-Must-Come-Down-The>, своб.

**Шарипова Сабина Саиджоновна**

Год рождения: 1996

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4152

Направление подготовки: 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
e-mail: sabin.s@list.ru**Рахманов Юрий Алексеевич**

Год рождения: 1941

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., доцент

e-mail: rahmanovua2010@gmail.com

УДК 621.577.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРОВАЗОВЫХ УСТАНОВОК**Шарипова С.С., Рахманов Ю.А.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Рахманов Ю.А.**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе рассмотрена возможность повышения энергоэффективности тепловой электростанции с использованием низкопотенциальной теплоты на основе применения теплонасосных установок на примере электростанции нового поколения «Северо-Западной ТЭЦ», расположенной в Санкт-Петербурге. Предлагается применение тепловых насосов на электростанции в схеме теплофикационной установки.

Ключевые слова: тепловой насос, ТЭЦ, энергоэффективность, ПГУ-450Т, теплофикационная установка, обратная сетевая вода.

Успешное развитие теплоэнергетики в России, как и во всем мире, напрямую зависит от экологической безопасности тепловой электростанции (ТЭС) и обеспечения на предприятиях допустимого уровня воздействия на окружающую природную среду [1].

Применение тепловых насосов (ТН) на электростанциях считается перспективной мерой энергосбережения, а также экономии топлива [2]. Достичь успешного снижения выбросов низкопотенциальной теплоты (НПТ) можно следующим образом:

- прямым использованием в качестве источника НПТ (ИНТ) для насоса технической охлаждающей воды ТЭЦ (в обход градирни);
- применением обратной сетевой воды (ОСВ) для ТН, возвращаемой от потребителей на станцию.

Предпосылки для работы ТН с высоким коэффициентом преобразования (μ) в обоих случаях создает высокий температурный уровень ИНТ [3].

Северо-Западная ТЭЦ – современная станция нового поколения, на которой помимо электроэнергии вырабатывается тепло. Структурная схема энергоблока ПГУ-450Т (КПД 51,5%) выполнена по схеме дубль-блок: две одинаковые ГТУ типа V94.2 и паровая турбина приводят свои электрогенераторы (рис. 1, а).

конденсатор теплового насоса и нагревается. Оба потока сетевой воды смешиваются на выходе из ТФУ.

Внедрение ТН в схему ТФУ позволяет распределить потоки СВ между сетевыми подогревателями и ТН, тем самым снизив нагрузку на теплофикационные отборы, что позволит снизить расход топлива в камеру сгорания без значительного снижения тепловой нагрузки [5]. Для оценки тепловой эффективности внедрения ТН в схему ТФУ был использован коэффициент использования тепла топлива (КИТ). Для установки с ТН помимо теплоты, отпущенной в теплотель, учитывается теплота, полученная в конденсаторе ТНУ, и потребляемая компрессором ТН электроэнергия:

$$\text{КИТ} = \frac{W - \Delta W_{\text{сн}} + \Sigma Q_{\text{т}} - \Delta N_{\text{к}}}{BQ_{\text{н}}^{\text{p}}}, \quad (1)$$

где $\Delta N_{\text{к}}$ – мощность, потребляемая компрессором ТН; W – выработанная электроэнергия; $\Delta W_{\text{сн}}$ – расход электроэнергии на собственные нужды; $\Sigma Q_{\text{т}}$ – суммарный отпуск тепла в тепловую сеть; B – суммарный расход топлива; $Q_{\text{н}}^{\text{p}}$ – низшая теплота сгорания топлива.

КИТ в двухступенчатом режиме подогрева сетевой воды для работы с ТН показан на рис. 3.

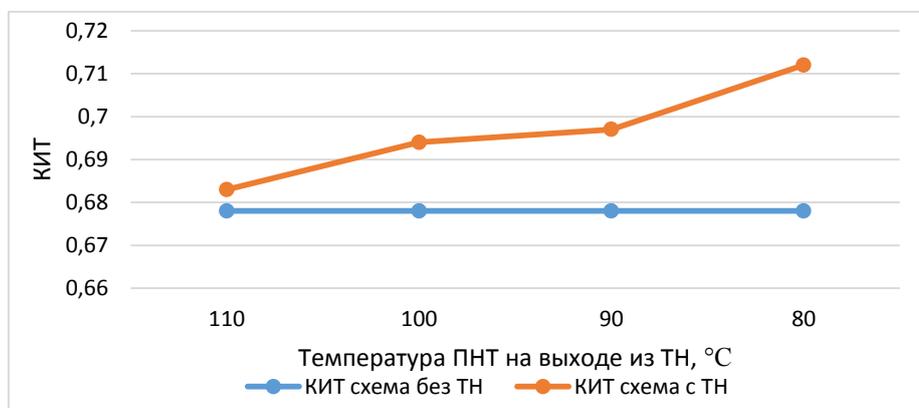


Рис. 3. КИТ в двухступенчатом режиме подогрева сетевой воды

КИТ без ТН находится на уровне 0,678, в то время как для установки с ТН будет варьироваться от 0,683 до 0,712 в зависимости от степени нагрева ПНТ.

Подводя итог всему вышесказанному, можно сказать, что применение на ТЭЦ тепловых насосов, за счет которых происходит полезное вовлечение выбросов низкопотенциальной теплоты, является перспективной мерой энергосбережения, а также экономии органического топлива. Одним из важных достоинств такой тепловой схемы является снижение температуры обратной воды, что позволит повысить комбинированную выработку электроэнергии на ТЭЦ на тепловом потреблении. При помощи установки ТН можно увеличить тепловую мощность, и тем самым сэкономить на покупке дорогостоящих сооружений дополнительной котельной и на расширения ТЭЦ, обслуживающей данный район.

Литература

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>, своб.
2. Боровков В.М., Аль-Алафин А. Эффективность применения тепловых насосов на ТЭС с ПГУ: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2008. – 263 с.
3. Зысин Л.В. Парогазовые и газотурбинные тепловые электростанции: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 368 с.
4. Северо-Западная ТЭЦ Ленэнерго. Проект строительства. – СПб.: ВНИПИэнергопром, 1993. – Арх. № 354.
5. Буртасенков Д.Г. Повышение эффективности централизованного теплоснабжения путем использования ТН: автореф. канд. техн. наук. – Краснодар, 2006. – 24 с.



Щеглова Александра Егоровна

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, студент группы № Т4250

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



Динкелакер Наталья Владимировна

Год рождения: 1975

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности
e-mail: nvdinkelaker@mail.ru

УДК 504.05

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В КОМПОНЕНТАХ НАРУШЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОЛИГОНА ОТХОДОВ

Щеглова А.Е., Динкелакер Н.В.

Научный руководитель – к.хим.н., доцент Петрова О.И.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615877 «Исследование и разработка финансовых, эколого-экономических и организационных методов и инструментов трансфера инновационных технологий в условиях устойчивого развития».

В работе приведена краткая информация о проекте реконструкции полигона твердых отходов «Северная Самарка», результаты полевого осмотра местности, результаты анализа образцов компонентов экосистем на содержание в них тяжелых металлов, и дана оценка влияния полигона на окружающие экосистемы.

Ключевые слова: экологический мониторинг, полигон отходов, экосистемы, тяжелые металлы, загрязнение поверхностных вод, загрязнение почвы, компоненты экосистем.

Объектом данной работы стал полигон строительных отходов «Северная Самарка» по адресу: Ленинградская область, Всеволожский район, деревня Самарка, участок 1.

АО «Промотходы» принимает практические любые виды отходов, но фактически он является полигоном строительных отходов [1].

Целью работы являлось исследование имеющихся открытых данных по текущему состоянию и проектов модернизации полигона ПТО-2 «Северная Самарка», оценка влияния данного полигона отходов на окружающие экосистемы, главным образом, растения, воду и почву вокруг полигона.

Количество отходов, принятых с 1974 г. к марту 2016 г., согласно материалам проекта [1] 22354000 м^3 и 4350000 м^3 в уплотненном состоянии. Расчетная геометрическая вместимость полигона после завершения реконструкции – 7060000 м^3 (1-я очередь) и 11550000 м^3 (2-я очередь). Расчетный объем размещаемых отходов после проведения реконструкции: первая очередь 12740000 м^3 , 2-я очередь – 33800000 м^3 , в теле полигона соответственно 2710000 и 7200000 м^3 . Срок эксплуатации для первой очереди 8 лет, 2-й очереди 22 года. Схема расположения полигона изображена на рисунке [2].



Рисунок. Схема расположения полигона: 1 – контур действующего полигона; 2 – контур планируемой второй очереди; 3 – контур хозяйственной зоны; 4 – садоводческий массив

По результатам полевого осмотра местности, прилегающей к полигону, проведенного в ходе настоящей работы, сделаны следующие наблюдения:

1. устройство полигона вызвало сильное заболачивание местности вокруг полигона (лесных участков, бывших торфоразработок), распространяющееся более чем на 500 м от него;
2. негативное влияние полигона на селитебную зону (садоводства) при визуальном осмотре определяется как:
 - распространение отходов с полигона воздушным путем на территории садоводства и прилегающего леса в настоящее время, результаты фитоиндикации показали практически полное отсутствие лишайников на территории между полигоном и садоводством, а также в краевых частях садоводства, что вероятнее всего связано с распространением загрязняющих веществ с полигона на краевые части садоводства и лесные участки по воздуху;
 - заболачивание и загрязнение водной системы и грунтовых вод от полигона, распространяющееся на территорию садоводства;
 - повышенный уровень шума, создающий фактор беспокойства и приводящий к снижению нормальной для региона плотности воробьиных птиц, что, в свою очередь, способствует распространению насекомых-вредителей культурных и лесных насаждений;
 - садоводство в настоящее время находится в зоне разлета урбанизированной орнитофауны (чаек, серых ворон), образующих массовые скопления на полигоне, что при расширении полигона и его заполнении на стороне, ближней к садоводству, создаст неблагоприятную санитарно-эпидемиологическую ситуацию и фактор риска населению в садоводстве;
 - распространение повышенных концентраций свалочного газа в настоящее время ощущается на территории садоводства в виде запаха, при расширении полигона и неизбежном увеличении данной концентрации могут возникнуть риски пожаров и взрывов, связанные с использованием открытого огня и электроприборов;
3. состояние лесных участков, расположенных между садоводством и полигоном в настоящее время может быть оценено, как природное, но находящееся под значительным воздействием антропогенных факторов со стороны полигона. Экосистемы обеднены видами, в краевой части произошла естественная динамика замещения хвойных пород мелколиственными. В случае увеличения объемов полигона воздействие на оставшиеся лесные экосистемы, расположенные между полигоном и селитебной зоной, будет иметь

повреждающий характер, причем негативные изменения затронут растительные сообщества садоводств.

Одной из частей работы является исследование содержания тяжелых металлов в растениях, почве и воде в прилегающих к полигону территориях, так как загрязнение тяжелыми металлами является одной из характеристик строительных отходов.

Для анализа содержания металлов в компонентах экосистем в июле 2017 года были взяты: пробы воды водных объектов вокруг полигона в равной степени удаленности 0–1 км; всего 5 объединенных проб; пробы почв (более 10 объединенных); пробы растительности (более 100) в окружающих экосистемах (смешанный лес, водно-болотная растительность долины ручья, переходные болота ненарушенные, оводненные торфоразработки с гелофитной растительностью, дачные поселки).

В качестве метода анализа был выбран рентген-флуоресцентный анализ содержания тяжелых металлов на аппарате Спектроскан Макс-G. Спектрометр предназначен для определения содержания элементов в диапазоне от Са до U в веществах, находящихся в твердом, порошкообразном, растворенном состояниях, а также нанесенных на поверхности или осажденных на фильтры.

На данный момент было проанализировано 21 проба растений, сводная данные по результатам анализа представлены в таблице.

На основании полученных данных можно ожидать, что предполагаемое расширение полигона приведет к подтоплению, увеличению загрязнения и деградации растительных и животных сообществ на территории садоводств, а также окажет негативное влияние на лесные сообщества и лесные пищевые ресурсы примыкающих участков.

Загрязнение атмосферного воздуха, вызванное функционированием полигона, может привести к угнетению растительных сообществ на прилегающей территории. Присутствие загрязняющих веществ в атмосферном воздухе может вызвать временную задержку роста и развития растений, снижение продуктивности, появление морфо-физиологических отклонений, накопление загрязняющих веществ в организмах растений и дальнейшую передачу их по трофическим цепям.

Таблица. Результаты рентген-флуоресцентного анализа

Растение	Место	Sr*	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Co	Fe ₂ O ₃ *	MnO	Cr*	V	TiO ₂ *
Ед. измерения		мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	%	мг/кг	мг/кг	мг/кг	%
ПДК**, мг/кг [3]		600 [4]	32,0	2,0	23,0	3,0	4,0	5,0	<5 [4]	1500	96[4]	150,0	<1[4]
Ель (1 год)	ДР	29	3	3	39	0	5	0	0,01	665	39	0	0,047
Ель (2 год)	ДР	39	6	3	58	0	18	1	0,09	1096	64	0	0,05
Ель (3 год)	ДР	41	4	2	51	0	5	0	0,03	981	43	0	0,045
Рогоз	Г	39	2	2	36	0	3	0	0	525	37	0	0,044
Лопух лист	Г	58	5	4	69	0	2	0	0,04	97	39	0	0,05
Тростник (листья)	Г	44	4	3	80	0	2	0	0	404	35	0	0,045
Тростник (стебель)	Г	36	6	4	49	0	1	0	0	57	39	0	0,048
Злак (листья)	ТР	41	4	4	33	0	2	0	0	483	38	0	0,044
Злак (стебли)	ТР	27	6	3	65	0	0	0	0	547	38	0	0,045
Злак (метелка)	ТР	54	3	4	30	0	2	0	0,39	–	42	0	0,047
Злак (корень)	ТР	41	0	3	54	0	2	1	0,04	551	39	0	0,049

Растение	Место	Sr*	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Co	Fe ₂ O ₃ *	MnO	Cr*	V	TiO ₂ *
Ед. измерения		мг/кг	%	мг/кг	мг/кг	мг/кг	%						
Ирис	Г	102	4	5	43	0	1	0	0	617	36	0	0,046
Рябина (листья)	Г	53	4	4	44	0	3	0	0,02	981	41	0	0,048
Осока тонкая	Г	40	8	5	53	0	6	0	0	373	37	0	0,045
Вяз	Г	49	5	4	114	0	3	1	0	143	38	0	0,048
Береза	Г	68	0	5	353	0	2	0	0,02	2218	40	0	0,048
Осока черная	ТР	45	1	3	53	0	2	0	0	184	39	0	0,048
Ива козья (цветы)	ТР	45	0	3	73	0	1	1	0,03	2683	40	0	0,052
Ива козья (листья)	ТР	57	2	1	125	0	2	0	0	2413	37	0	0,047
Береза пушистая	ТР	44	2	1	174	0	5	1	0	907	37	0	0,047
Ива широкол.	ТР	60	1	2	173	0	1	0	0	2636	36	0	0,047

*Нормативных показателей ПДК нет, взяты условные принятые верхние границы или средние значения для данного региона; **ПДК для почвы; ДР, Г, ТР – долина ручья, гребень, торфоразработки соответственно

Литература

1. Пункт приема отходов в Санкт-Петербурге, услуги по захоронению отходов, сбор и утилизация отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prom-othody.ru/catalog> (дата обращения: 12.09.2017).
2. Материалы открытых слушаний по проекту «Реконструкция полигона твердых отходов «Северная Самарка».
3. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 23.01.2006 № 1 (ред. от 26.06.2017) «О введении в действие гигиенических нормативов ГН 2.1.7.2041-06».
4. Почвоведение. Учеб. для ун-тов. В 2 ч. / Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. Ч. 1 / Г.Д. Белицина, В.Д. Васильевская, Л.А. Гришина и др. – М.: Высш. шк., 1988. – 400 с.



Алиев Феликс Алиевич

Год рождения: 1996

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, студент группы № Т4109

Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья

e-mail: felixalieff @ yandex.ru



Иванова Мария Владиславовна

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, студент группы № Т4109

Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья

e-mail: mashulya-vasileva-1994@mail.ru



Струговцова Валентина Владимировна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, студент группы № Т4109

Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья

e-mail: vstrugovtsowa@yandex.ru



Гуенькова Полина Исаевна

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, научно-образовательный центр химического инжиниринга и биотехнологий, к.т.н., доцент

e-mail: polinagunkova@mail.ru

УДК 637.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КУЛЬТУР В ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ ПАШТЕТОВ

Алиев Ф.А., Иванова М.В., Струговцова В.В., Гуенькова П.И.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Гуенькова П.И.

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

В работе приведены результаты исследования влияния культуры молочнокислых бактерий на показатели микробиологической безопасности и качества мясного паштета. Показано, что внесение бактериальной культуры, включающей ацидофильную палочку и термофильный стрептококк, в фарш при изготовлении мясного паштета приводит к снижению в готовом продукте титра бактерий группы кишечных палочек в десять раз, общего количества мезофильных аэробных и факультативно-

анаэробных микроорганизмов – в четыре раза, и способствует повышению его органолептических показателей.

Ключевые слова: качество мясного паштета, микробиологическая безопасность мясного паштета, бактериальные культуры.

Мясные паштеты являются популярнейшим среди населения нашей страны универсальным продуктом. Они обладают высокой пищевой и биологической ценностью, могут использоваться детьми и взрослыми в качестве закуски и основного блюда, удобны в дороге и для быстрого перекуса. В связи с этим необходимо добиваться выпуска паштетов, отвечающих требованиям микробиологической безопасности и характеризующихся высокими органолептическими показателями в течение всего срока длительного хранения. Химические консерванты, широко используемые в настоящее время, позволяют сохранять продукт продолжительное время. Однако они могут вызвать аллергические и другие нежелательные реакции у людей, особенно у детей и пожилых. В этой связи разработка технологий мясных паштетов с использованием натуральных, а не химических консервантов является чрезвычайно актуальной [1, 2].

Цель работы – подобрать бактериальную культуру, отработать технологию ее внесения в мясной фарш; выработать мясной паштет с использованием подобранной бактериальной культуры и определить ее влияние на показатели безопасности и качества мясного паштета.

Объектами исследования являлись бактериальная культура производства компании Экофарм, состоящая из смеси штаммов *Lactobacillus acidophilus* и *Streptococcus thermophilus*; мясной паштет, изготовленный с добавлением исследуемой культуры в количестве 5%. Контролем служили образцы паштета, приготовленного без бактериальной культуры.

Количество клеток молочнокислых бактерий в мясном фарше определяли чашечным методом. Антагонистическую активность бактериальной культуры по отношению к кишечным палочкам выявляли методом серийных разведений в гидролизованном молоке, в качестве тест-культуры использовали культуру кишечных палочек, выделенных авторами из паштета при его предыдущей выработке. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) контролировали проведением засева разведений выработанного паштета на питательный агар МПА, их культивирования при температуре 37°C в течение 48 ч и подсчета выросших КОЕ. Бактерии группы кишечных палочек (БГКП) определяли с помощью посева разведений исследуемого продукта в среду Кесслера. Для итогового заключения о присутствии в паштете коли-форм БГКП проводили пересев на среду ЭНДО колоний, выросших на среде Кесслера. Все посева выращивали при температуре 37°C в течение 48 ч. Обнаружение бактерий рода *Proteus* в паштете проводили путем посева по методу Шукевича. Сульфитредуцирующие клостридии выявляли посевом разведений продукта на среду Вильсона–Блера и их культивированием при температуре 37°C в течение 20 ч. Наличие стафилококков устанавливали посевом продукта на желчно-солевой агар с дальнейшим их выращиванием при температуре 37°C в течение 24 ч. Органолептическую оценку образцов паштета проводили при температуре 20°C используя унифицированную 9-балльную шкалу оценки качества мясопродуктов. Оценивали внешний вид, цвет, запах, вкус, консистенцию [3–5].

Исследования показали, что бактериальная культура, состоящая из штаммов *Lactobacillus acidophilus* и *Streptococcus thermophilus*, достаточно активно развивается в мясном паштете. Через 12 ч выдержки при 5°C количество молочнокислых бактерий в 1 г паштета составляет 10⁴ КОЕ.

Проверка антагонистической активности культуры *Lactobacillus acidophilus* и *Streptococcus thermophilus* показала, что она оказывает в отношении БГКП бактериостатическое действие в разведении 1:16, а бактерицидное действие – в разведении 1:4.

Контроль показателей микробиологической безопасности образцов паштета показал, что внесение в паштет бактериальной культуры в количестве 5% способствует снижению в нем общего количества бактерий в 3,5 раза, и увеличению титра коли – форм БГКП в десять раз.

Результаты оценки органолептических показателей образцов паштета представлены на рисунке.

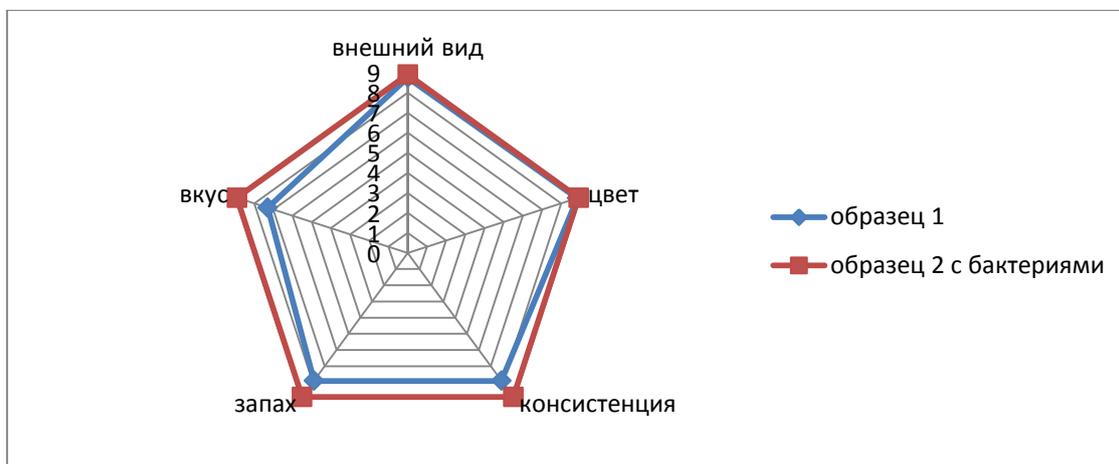


Рисунок. Органолептические показатели мясного паштета

Анализ профилограммы, представленной на рисунке, показывает, что образец 2, выработанный с внесением культуры молочнокислых бактерий, обладает наилучшими характеристиками: внешним видом, вкусом, цветом, запахом, консистенцией. По сравнению с контролем, опытный образец паштета имел более плотную консистенцию, приятный запах и значительно более выраженный мясной вкус.

Таким образом, исследования показали следующее. Подобранный культура *Lactobacillus acidophilus* и *Streptococcus thermophilus* характеризуется достаточно высокой скоростью роста и антагонистической активностью в мясном фарше, и ее внесение в фарш при изготовлении мясного паштета приводит к снижению в готовом продукте титра БГКП в десять раз, общего количества бактерий КМАФАнМ – в четыре раза. Внесение бактериальной культуры способствует выработке мясного паштета с более высокими органолептическими показателями. Доза внесения культуры *Lactobacillus acidophilus* и *Streptococcus thermophilus* 5% в мясной паштет является достаточной для повышения его качества.

Литература

1. Машенцева Н.Г., Клабукова Д.Л. Стартовые культуры в мясных технологиях // Мясные технологии. – 2015. – № 3. – С. 30–35.
2. Давыдова Р. Стартовые и защитные культуры – естественная микрофлора пищевых продуктов // Мясные технологии. – 2014. – № 3. – С. 28–32.
3. Красникова Л.В., Гунькова П.И. Общая и пищевая микробиология: учеб. пособие. Часть I. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2016. – 135 с.
4. Красникова Л.В., Гунькова П.И., Савкина О.А. Общая и пищевая микробиология: учеб. пособие. Часть II. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2016. – 127 с.
5. Яруллина Д.Р., Фахруллин Р.Ф. Бактерии рода *Lactobacillus*: общая характеристика и методы работы с ними: учеб. методическое пособие. – Казань: Казанский университет, 2014. – 51 с.

**Богомолов Сергей Владимирович**

Год рождения: 1990

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, студент группы № Т4209

Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья
e-mail: bogomolovfish@yandex.ru**Рипачева Анастасия Евгеньевна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, студент группы № Т4109

Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья
e-mail: ripachevae@yandex.ru**Гулькива Полина Исаевна**Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, научно-образовательный центр химического инжиниринга и биотехнологий, к.т.н., доцент
e-mail: polinagunkova@mail.ru**УДК 637.5****ВЛИЯНИЕ БИОЗАЩИТНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КУЛЬТУР НА ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВАРеноЙ КОЛБАСЫ****Богомолов С.В., Рипачева А.Е., Гулькива П.И.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Гулькива П.И.**

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

В работе приведены результаты исследования влияния биозащитных культур на показатели микробиологической безопасности вареных колбас. Показано, что культуры В-LC-20 SafePro и В-2 SafePro при внесении в механической обвалке во время предпосола снижают в нем значение показателя количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в 2–3 раза, количество спорных бактерий в 45–70 раз, повышают титр бактерий группы кишечных палочек в 10^2 раз. В готовой вареной колбасе КМАФАнМ снижается в 2–4,5 раза, число спорных гнилостных бактерий – в 4,1–4,7 раз.

Ключевые слова: качество вареных колбас, микробиологическая безопасность вареных колбас, биозащитные бактериальные культуры, молочнокислые бактерии.

Обеспечение микробиологической безопасности колбас – важнейшая задача всех производителей. Решить ее, причем без внесения химических добавок, позволит использование в технологии колбас биозащитных бактериальных культур. Бактериальные культуры сегодня широко применяют для повышения скорости созревания, образования нужных цвета и аромата, а также для снижения рН ферментированных колбас. В состав

биозащитных культур входят молочнокислые бактерии, которые при помощи образуемых ими биологически активных веществ подавляют развитие в мясе патогенных и технически вредных микроорганизмов [1–3].

Цель данной работы состояла в исследовании влияния биозащитных культур на показатели микробиологической безопасности вареных колбас.

Вареную колбасу вырабатывали из мяса кур механической обвалки (ММО). В состав колбасы также входили: вода; нитритно-посолочная смесь; крахмал картофельный; две комплексные пищевые добавки для колбасных изделий – стабилизирующая система и придающая колбасам вкус и аромат. Бактериальные культуры В-LC-20SafePro (состоящие из *Pediococcus acidilactici*) и В-2 SafePro (*Lactobacillus sakei*) вносили в мясное сырье при его предпосоле. Одновременно вырабатывали вареную колбасу с культурой В-LC-20 (образец 1), с культурой В-2 (образец 2) и без бактериальных культур (контроль). Определяли показатели микробиологической безопасности (КМАФАнМ – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, число спорных гнилостных бактерий, титр БГКП (бактерий группы кишечных палочек), количество дрожжей и плесеней, мясного сырья, ингредиентов и колбасы. В работе использовали стандартные методики [4, 5].

Исследования показали, что биозащитные культуры проявляют достаточно высокую активность в мясном сырье во время его предпосола. Количество молочнокислых бактерий в мясном сырье после предпосола составило: $2,5 \cdot 10^2$ кл./гв образце 1 и $7 \cdot 10^3$ кл./гв образце 2.

Внесение в ММО культуры *Pediococcus acidilactici* способствовало уменьшению в нем КМАФАнМ более чем в 3 раза, и числа спорных гнилостных бактерий приблизительно в 70 раз. Применение культуры *Lactobacillus sakei* позволило снизить значение этих показателей соответственно в 2 и в 45 раз. Титр БГКП в результате использования обеих культур стал выше на два порядка. Сравнение показателей микробиологической безопасности мясного сырья после дефростации и предпосола показывает, что биозащитные культуры В-LC-20 SafePro и В-2 SafePro, развиваясь в ММО в период его предпосола, ингибируют развитие в нем опасных микроорганизмов.

Изменение количества бактерий в образцах вареной колбасы представлено на рисунке.

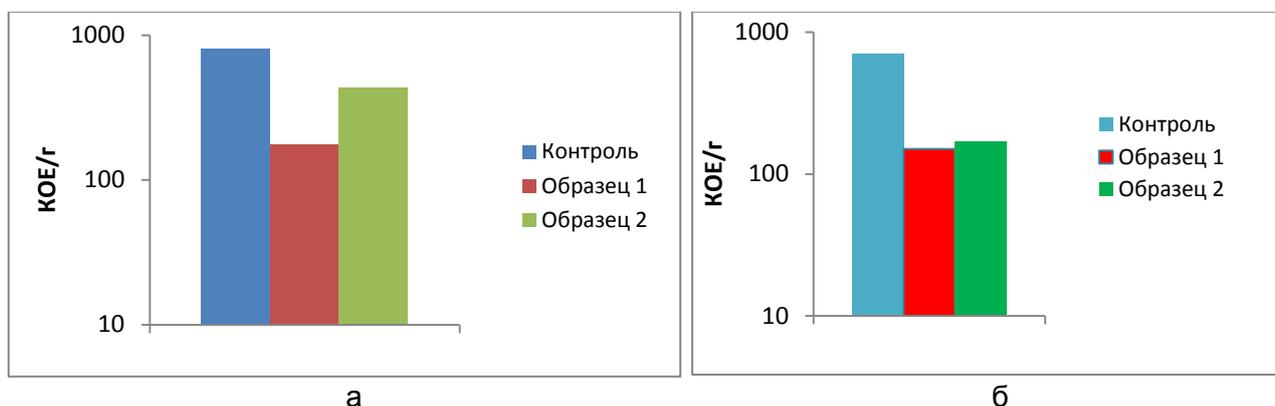


Рисунок. Изменение количества бактерий в колбасе вареной из ММО после ее выработки: КМАФАнМ (а); спорные бактерии (б)

На диаграммах, представленных на рисунке, видно, что КМАФАнМ, по сравнению с контролем, ниже в образце 1 приблизительно в 4,5 раза, а в образце 2 – в 2 раза. Основную часть микрофлоры вареной колбасы составляют спорные гнилостные бактерии. В опытных образцах количество спорных бактерий примерно одинаковое, оно ниже, чем в контроле в 4,7 (образец 1) и в 4,1 (образец 2) раза.

Таким образом, исследования показали следующее.

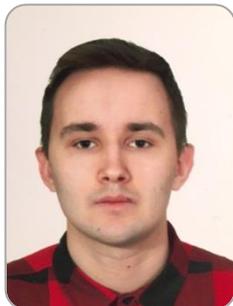
1. Биозащитные бактериальные культуры В-LC-20SafePro (состоящие из *Pediococcus acidilactici*) и В-2 SafePro (*Lactobacillus sakei*) проявляют в мясе кур механической обвалки высокую активность, угнетая, во время его предпосола, рост

нежелательных бактерий. В ММО после предпосола значение показателя КМАФАнМ понизилось в 2–3 раза, количество спорных бактерий в 45–70 раз, титр БГКП повысился в 10^2 раз.

2. Снижение содержания опасной микрофлоры в мясном сырье приводит к значительному повышению показателей микробиологической безопасности вареной колбасы. В колбасе, выработанной с использованием биозащитных культур, КМАФАнМ снижается в 2–4,5 раза, число спорных гнилостных бактерий – в 4,1–4,7 раз.

Литература

1. Машенцева Н.Г., Клабукова Д.Л. Стартовые культуры в мясных технологиях // Мясные технологии. – 2015. – № 3. – С. 30–35.
2. Давыдова Р. Стартовые и защитные культуры – естественная микрофлора пищевых продуктов // Мясные технологии. – 2014. – № 3. – С. 28–32.
3. Giello M., La Storia A., De Filippis F., Ercolini D., Villani F. Impact of *Lactobacillus curvatus* 54M16 on microbiota composition and growth of *Listeria monocytogenes* in fermented sausages // Food microbiology. – 2018. – V. 72. – P. 1–15.
4. Красникова Л.В., Гунькова П.И. Общая и пищевая микробиология: Учеб. пособие. Ч. I. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2016. – 135 с.
5. Красникова Л.В., Гунькова П.И., Савкина О.А. Общая и пищевая микробиология: Учеб. пособие. Часть II. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2016. – 127 с.



Кудинов Роман Евгеньевич

Год рождения: 1996

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования
холодом, студент группы № Т4105

Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания
из растительного сырья

e-mail: k1d.kudinov@yandex.ru

УДК 664.861

**ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ СУШКИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОРНЯ
ПЕТРУШКИ**

Кудинов Р.Е.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Филиппов В.И.

По результатам экспериментального определения физико-химических и органолептических показателей образцов корня петрушки, высушенных различными способами, проведена сравнительная оценка технологической эффективности применения этих способов сушки для данного вида пищевой продукции растительного происхождения. В работе рассмотрены три способа сушки корня петрушки. Приведены результаты исследования по определению влажности, зольности (содержанию минеральных веществ), количеству экстрактивных веществ и органолептических свойств высушенных образцов.

Ключевые слова: способ сушки, корень петрушки, влажность, зольность, экстрактивные вещества, органолептические показатели.

По сравнению с натуральными пищевыми продуктами сушеные продукты имеют не большую массу и объем, могут продолжительное время храниться без холода, поэтому этот вид продукции достаточно часто используется в качестве полноценного продукта питания людьми, находящимся в условиях экстремального обитания (туристы, геологи, моряки, работники арктических станций и др.). Вместе с тем качество и пищевая ценность сушеных продуктов питания в значительной степени зависит от способа и технологического режима процесса их сушки.

Из числа продуктов питания растительного происхождения широкое распространение в пищевой промышленности получили зеленые культуры, к числу которых относится петрушка, как листовая, так и корневая ее части.

Корень петрушки имеет белый или желтоватый цвет, вкус его напоминает вкус моркови. Он обладает прекрасными вкусовыми качествами и рядом полезных свойств. Пищевая ценность корня петрушки обусловлена следующими компонентами: значительное содержание витамина С, а также витамины группы В, А, Е, РР, К; достаточно большое количество таких макро- и микроэлементы, как Mn, Ca, K, Mg, Na, P, Fe, Mo, V, Li, Al, Se; соли хлора, фолиевая кислота, фенольные соединения эфирных масел (апиол и миристицин), флавоноиды, органические кислоты, клетчатка и дубильные вещества.

Корень петрушки хорошо сочетается с различными пищевыми продуктами, а именно с овощами (морковь, капуста, картофель, репа), фруктами, крупами (рис, перловая, чечевица), морепродуктами (омар, моллюски). Он придает определенные вкусовые свойства готовым блюдам из мяса говядины, свинины, птицы и различных видов рыбы, а также используется в качестве добавки при изготовлении салатов и приправы при производстве овощных баночных консервов. Данный корень употребляют как в сыром, вареном, маринованном, так и сушеном виде. Калорийность сушеного корня петрушки составляет 47 ккал, благодаря чему диетологи рекомендуют использовать этот овощной продукт в рационах различных видов питания [1].

Употребление корня петрушки способствует укреплению иммунитета, нормализации работы пищеварительного тракта, снижению кислотности желудочного сока, очищению печени, снижению уровня сахара в крови. Содержащийся в корне петрушки миристицин обладает хемопротекторными свойствами, локализуя раковые клетки и предотвращая их рост [2].

В литературе отсутствуют сведения о технологии и режимах сушки корня петрушки. Цель данной работы заключалась в выборе наиболее эффективного способа сушки корня петрушки, максимально сохраняющего его пищевую и питательную ценность. В связи с этим по результатам экспериментального определения физико-химических (влажность, содержание минеральных и экстрактивных веществ) и органолептических показателей образцов корня петрушки, высушенных различными способами (естественный, термический и лиофильный), проведена сравнительная оценка технологической эффективности этих способов сушки применительно к корню петрушки.

Объектом исследования являлся корень петрушки, выращенный в теплицах фермерского хозяйства Ленинградской области «ЭВРИКА». Предварительная подготовка образцов корней петрушки включала: их мойку в холодной проточной воде, очистку поверхностного коркового слоя, измельчение на мелкой терке. Сушка образцов проводилась следующими способами:

1. естественным – при температуре окружающего воздуха около 21°C в течении 120 ч;
2. термическим – в сушильном шкафу марки VINDER при температуре 50°C в течении 10 ч;
3. лиофильным – в сублимационном сушильном аппарате марки Triad 7400030 (Labconco, США) при температуре в сублиматоре минус 21°C и давлении 165 Па в течении 72 ч.

Определение влажности, зольности, содержания экстрактивных веществ в высушенных образцах корня петрушки проводили по ГОСТ 24027.2-80 «Сырье лекарственное растительное. Метод определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла», согласно которому в качестве рабочей фракции использовалась фракция размером 0,5–2 мм. Для получения соответствующей рабочей фракции все образцы были дополнительно (в течение 1 мин) измельчены на измельчителе 800S (США) и просеяны на ситах С20/28 «Вибротехник» (Россия) с диаметром отверстий 2 и 0,5 мм.

Полученные образцы корня петрушки, высушенные разными способами до влажности 5,8–7,5%, соответствовали ГОСТ 1673-71 «Белые корни петрушки, сельдерея, пастернака сушеные» и стандартам фармакопеи (ГФ XI, вып. 2).

Результаты экспериментального определения физико-химических показателей образцов корня петрушки, высушенных различными способами, представлены в таблице.

Таблица. Физико-химические показатели высушенных образцов корня петрушки

Физико-химические показатели	Способ сушки		
	естественный	лиофильный	термический
Влажность %	6,4	7,5	5,8
Зольность (содержание минеральных веществ), %	5,58	5,35	7,55
Содержание экстрактивных веществ в 25 мл настоя, г	0,309	0,372	0,365

Данные таблицы показывают, что зольность (масса минеральных веществ) исследованных образцов сухого корня петрушки находилось в пределах установленных норм для данного вида продукции, составляющей 4,4–7,5%. Максимальное различие по содержанию минеральных веществ образцов корня петрушки достигало 29%. Лучшим по этому показателю качества является образец, высушенный термическим способом.

Анализ количества экстрактивных веществ в высушенных образцах корня петрушки, представленных в таблице показал, что в 25 мл настоя, полученного из 1 г сухого продукта,

содержалось от 0,309 до 0,372 г экстрактивных веществ, что на 37–75% больше, чем в корнях дегилы (0,194 г), аира (0,164 г) и куркумы (0,092 г) [3]. Наибольшее количество экстрактивных веществ отмечено в настое образца корня петрушки, высушенного лиофильным способом.

Органолептический анализ трех высушенных образцов корня петрушки показал, что все они имеют приятный, пряный, корневого запах, сладкий пряный вкус, цвет от бежевого до кремового с коричневыми включениями. Исключение составляет образец, высушенный лиофильным способом, в котором коричневые включения полностью отсутствовали, что говорит о том, что при лиофильном способе сушки практически не происходит окисления сырья.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что качество корней петрушки, высушенных естественным, термическим и лиофильным способами, в целом соответствует установленным показателям нормативной документации для данного вида растительной продукции. Существенных различий показателей качества образцов корня петрушки, высушенных указанными способами, не установлено. Однако по продолжительности процесса термический способ сушки, по сравнению с естественным и лиофильным, протекает соответственно в 12 и 7 раз быстрее, и при прочих равных условиях во столько же раз выше производительность такого способа сушки. По этому показателю термический способ сушки корня петрушки несомненно имеет существенное преимущество перед двумя другими способами.

Литература

1. Иванова М.И. Пищевая ценность и лежкость корнеплодов сортов петрушки корневой // Вестник овощевода. – 2011. – № 4. – С. 48–50.
2. Дьяконова Л.Н. Лекарственные растения в профилактике и лечении новообразований. – СПб., 2009. – С. 12–16.
3. Сорокина А.А., Молчан Н.В., Рудакова И.П., Самылина И.А. Определение содержания экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье // Фармация. – 2010. – № 3. – С. 3–4.

**Курилович Анна Андреевна**

Год рождения: 1996

Университет ИТМО, факультет пищевой биотехнологии и инженерии,
кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования
холодом, студент группы № Т4105Направление подготовки: 19.03.03 – Технология мяса и мясных
продуктов

e-mail: anuta_15rus@mail.ru

УДК 664

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ
В ОБЩЕСТВЕННОМ ПИТАНИИ****Курилович А.А.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Кременевская М.И.**

В работе представлен сравнительный анализ основного сырья мясных полуфабрикатов, используемых на предприятиях ООО «Макдоналдс», с целью выявления отличительных особенностей продукции, выпускаемой другими производителями.

Ключевые слова: мясное сырье, мясные полуфабрикаты, сравнительная характеристика, замораживание.

Полуфабрикаты пользуются повышенным спросом у населения в связи с их высокими вкусовыми и пищевыми достоинствами, удобством и быстротой кулинарной обработки. Задачей первостепенной важности является повышение качества полуфабрикатов [1–3].

При использовании в производстве мясных полуфабрикатов различных пищевых добавок получают продукты, существенно отличающиеся по показателям качества и безопасности и, возможно, имеющие пониженные ветеринарно-санитарные характеристики.

Для выявления различий между используемыми мясными полуфабрикатами на ООО «Макдоналдс» была проведена сравнительная характеристика мясных полуфабрикатов.

Цель работы: сравнить мясные полуфабрикаты и дать им оценку.

Для сравнения были использованы мясные полуфабрикаты с содержанием жира 20%, изготовленные на ООО «МАРР РУССИЯ», расположенным в Московской обл., г. Одинцово и ООО «Мираторг Запад» (Калининградская обл., Гурьевский р-н, пос. Невское).

Производителями мясного сырья являются:

- ООО «Великоновгородский мясной двор» (г. Великий Новгород);
- ООО «Борисоглебский мясокомбинат» (Воронежская обл., г. Борисоглебск);
- ООО «МПК Атяшевский» (Республика Мордовия, РП Атяшево).

Основным сырьем, используемым для изготовления мясных полуфабрикатов, является говядина: замороженная (содержание жира в которой не превышает 25%) и охлажденная постная (8%). Содержание жира в готовом полуфабрикате обычно не превышает 20%.

На предприятиях-изготовителях мясных полуфабрикатов в производственной части установлена система отделения дефектов. Специалисты строго контролируют отсутствие каких-либо посторонних элементов в используемом сырье, а также в готовом продукте.

При производстве готовых мясных полуфабрикатов не используются никакие связующие элементы, благодаря оптимальному применению процесса быстрого замораживания, что также существенно отличает их от других мясных полуфабрикатов, которые реализуются в общественном питании.

В ходе чего полуфабрикаты принимают необходимую форму и структуру.

Непосредственно сам процесс замораживания происходит в скороморозильном туннеле, типа ГК-2, используемом на предприятии изготовителе.

На протяжении всего производства мясных полуфабрикаты и сырье для них проходит проверку на металлодетекторах, во избежание попадания металлических частиц в изделие.

После данной проверки мясные полуфабрикаты упаковывают в полиэтиленовые пакеты, после чего укладывают в коробки из гофрокартона. Затем готовые и упакованные мясные полуфабрикаты отправляют на распределительные центры, где они могут храниться до 1 месяца. Именно оттуда партии мясных полуфабрикатов распределяют по всем ресторанам сети «Макдоналдс», в зависимости от спроса и количества продаж.

Непосредственно в самих ресторанах сети «Макдоналдс» готовые мясные полуфабрикаты хранятся в морозильных камерах, с соблюдением температурных режимов, сроков хранения, а также норм складирования и товарного соседства.

Доготовка мясных полуфабрикатов происходит в зависимости от толщины, размера и состава мясных полуфабрикатов.

На специальном оборудовании (гриль Taylor, производство – США), используя различные установочные параметры, происходит бесконтактная тепловая обработка замороженных мясных полуфабрикатов без использования масла, что является преимуществом по отношению к другим видам готовой продукции. в ходе которой мясные полуфабрикаты становятся готовыми к дальнейшему употреблению в пищу.

Результаты сравнительной характеристики представлены в таблице.

Таблица. Сравнительная характеристика мясных полуфабрикатов

Мясной полуфабрикат	Мясное сырье	Время доготовки, с	Температура створок гриля (верхняя/нижняя), °С	Толщина, мм	Вес полуфабриката, г
10:1	Говядина	45	219/179	7	44
7:1	Говядина	49	220/180	10	62
3:1	Говядина	115	220/180	15	89
«Гурмэ»	Говядина/ свинина	210	219/179	20	105

Литература

1. Амбражей И.М. Технология производства мясных полуфабрикатов. – Минск: Літаратура і Мастацтва, 2011. – 136 с.
2. Рогов И.А., Забашта А.Г., Ибрагимов Р.М., Забашта Л.Л. Производство мясных полуфабрикатов и быстрозамороженных блюд. – М.: Колос, 1997. – 336 с.
3. Нечаев А.П. Технологии пищевых производств. – М.: Колос, 2008. – 769 с.

**Моисеенко Яна Витальевна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевой биотехнологии и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, студент группы № Т4205

Направление подготовки: 19.04.02 – Технология консервирования пищевых продуктовe-mail: www.yanochka1995@mail.ru**Шкотова Татьяна Викторовна**

Год рождения: 1977

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, к.т.н., доцент

e-mail: tatyanashkotova@yandex.ru**УДК 637.071****РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ ПУДИНГОВ ДЛЯ СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ****Моисеенко Я.В.****Научный руководитель – к.т.н., доцент Шкотова Т.В.**

В работе рассмотрена возможность расширения ассортимента питания для спортсменов с помощью мясных пудингов. Основой пудингов являются тазобедренная часть говядины и смесь экструдатов пшеничных отрубей, гороха и проса, что обосновано высокой ценностью пищевого сырья. Разработанные мясные пудинги оценивали по органолептическим показателям.

Ключевые слова: разработка рецептур, пудинги, экструдат, мясо говядины, замена сырья.

На сегодняшний день получение наилучших результатов в спорте невозможно без активных физических нагрузок, которые достигаются спортсменами путем тренировок и соревнований.

Для восстановления энергии и усиления анаболических процессов и работоспособности спортсменов требуется поступление в организм сбалансированного соотношения питательных веществ – белков, жиров, углеводов (15%, 31%, 55% соответственно).

Белки играют важную роль в рационе спортсменов как поставщики энергии. Основой питания служит мясо и продукты из него. Постная говядина относится к наиболее ценным продуктам для спортивного питания.

Мясные пудинги – это быстроусвояемые горячие мясные продукты, которые изготавливаются из вареного мяса. Проводилась разработка рецептур пудингов, в основе которых лежала тазобедренная часть говядины, смесь экструдатов пшеничных отрубей, гороха и проса. Было подобрано процентное соотношение смеси экструдатов с целью частичной замены мясной составляющей продукта. Применение смеси способствует улучшению функциональных свойств и пищевой ценности готового продукта.

Для расширения ассортимента мясной промышленности применяют пищевые добавки. Использование растительного сырья улучшает мясные пудинги за счет повышения содержания биологически активных веществ, нормализации кислотности в организме и восстановления баланса пищевых волокон.

Продукты переработки зерновых имеют важное значение в мясной промышленности. Применение экструдатов дает возможность улучшить мясные пудинги пищевыми волокнами и биологически активными веществами. Опытным путем было доказано, что усвояемость крахмала в продукте при экструзионной обработке зерновых повышается благодаря

расщеплению на сахара, декстрины. Также она ускоряет процесс перевариваемости белков, которые находятся в составе [1].

По данным исследования доказано, что смешивание животного и растительного сырья в определенных соотношениях приводит к улучшению их функциональных свойств за счет повышения степени удерживания влаги и жира, связанное, вероятнее всего, с тем, что растительные пищевые волокна препятствуют тепловой коагуляции белка, повышая его конформационную устойчивость [2].

Для изготовления смеси экструдатов отобраны сорта зерновых злаков и бобовых, выращенные в Могилевской области и содержащие оптимальный состав пищевых и биологически активных веществ. Для изготовления экструдатов были использованы пшеничные отруби и горох с целью максимального сохранения витаминов и минеральных веществ.

Цель работы: проектирование рецептов пудингов из мяса говядины для спортивного питания с многокомпонентными смесями из экструдатов зернового сырья.

Задачи: анализ зернового сырья, исследование соотношений состава смеси из экструдатов зернового сырья и частичной замены мясного сырья, построение технологической схемы производства продукта.

Объектами исследований в работе служили: смесь экструдатов из пшеничных отрубей, гороха; готовые мясные пудинги, содержащие смесь экструдатов.

Исследования по теме работы проводились в лабораторных условиях кафедры ТМРПиКХ Университета ИТМО.

Экструдаты предварительно размалывали до размеров частиц от 300 до 400 мкм, что способствует улучшению органолептических показателей. Смесь экструдатов вводилась в гидратированном виде соотношения смеси экструдатов к воде – $(1 \pm 0,2):(3,2 \pm 0,3)$.

Измельченное мясо для пудинга получили путем двухкратной переработки мяса на мясорубке с диаметром отверстий решетки 3,0 мм.

В качестве основного сырья трех проектируемых рецептов пудинга использовали тазобедренную часть мяса говядины, соль для регулирования вкуса, сливочное масло и белки яиц куриных для придания продукту большей нежности. Отличались варианты разработанных рецептов соотношением экструдатов в составе и вносимыми специями: granulated garlic, onion, turmeric, ground red and black pepper, ground ginger, dried dill.

Для исследований готовили три образца смесей с различным содержанием рецептурных компонентов, на основе которых были созданы рецептуры рубленых масс для мясного пудинга. Данные соотношения экструдатов в составе продукта представлены в табл. 1.

Таблица 1. Процентное содержание экструдатов

Экструдат	Образцы		
	№1	№2	№3
пшеничных отрубей	20%	30%	40%
пшеничного	30%	30%	30%
гороха	50%	40%	30%

Химический состав смесей экструдатов сведен в табл. 2.

Таблица 2. Химический состав смесей

Показатели, %	Образцы		
	№1	№2	№3
Белок	18,09	17,44	16,73
Жир	2,60	2,77	3,01
Клетчатка	11,8	14,06	16,37
Зола	3,71	3,96	4,27
Углеводы (общие)	51,32	49,44	47,8

В разрабатываемой смеси экструдатов значительную роль играет повышенная способность к гидратации. Учитывая то, что функциональные свойства определяют поведение сырья при переработке и характеризуют его возможность связывать и удерживать влагу, определяли водопоглотительную способность смесей. Определили, что наилучшие результаты показывает гидромодуль 3,0–3,5, учитывались технологические свойства сырья и термическая обработка. Результат проведенной работы показал, что водопоглотительная способность образцов практически одинакова. Первое место после экструзии занимает связывание влаги не белковыми фракциями, а клейстеризованный крахмал и пищевые волокна, количество которых одинаково в смесях с различным соотношением экструдатов зерновых.

На основании математического моделирования и экспериментальных данных подобраны дозировки внесения.

В лабораторных условиях были разработаны группы модельных образцов мясного пудинга с различным содержанием смесей взамен мясного сырья. Был подобран режим тепловой обработки – варка на пару с заданной влажностью 80%. Исследовали органолептические показатели готового продукта. Наилучший результат показал пудинг с соотношением 15%. Продукт имел однородную консистенцию, хороший мясной аромат, ровную поверхность, легкую корочку. Пудинг имеет запах, свойственный отварному мясу [3].

Вывод: на основе полученных результатов исследования использование смеси экструдатов для замены мяса в количестве 15% является наилучшим. Внесение в массу смеси экструдатов позволяет увеличить пищевую ценность мясного продукта.

Литература

1. Бочкарева З.А., Курочкин А.А., Шабурова Г.В. Экструдат проса в технологии мясных рубленых изделий // Изв. Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 103–108.
2. Вайтанис М.А. Совершенствование технологии и рецептур мясных кнелей с использованием пророщенных бобовых культур // Материалы V международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания». В 2 т. Т 1. – 2011. – С. 94–95.
3. Перамонова Т.Н. Методы оценки пищевых продуктов на качества. – М.: Экономика, 1999. – 113 с.



Наумова Анна Вадимовна

Год рождения: 1993

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, студент группы № Т4212

Направление подготовки: 19.03.03 – Продукты питания животного происхождения

e-mail: 89818773842@mail.ru



Иванов Никита Евгеньевич

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, студент группы № Т4212

Направление подготовки: 19.03.03 – Продукты питания животного происхождения

e-mail: warlok.2013@mail.ru



Бахромов Азимхон Бахромович

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, студент группы № Т4212

Направление подготовки: 19.03.03 – Продукты питания животного происхождения

e-mail: green-apple7@mail.ru



Малашенко Александр Алексеевич

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, студент группы № Т4212

Направление подготовки: 19.03.03 – Продукты питания животного происхождения

e-mail: mr.techn9ne@mail.ru

УДК 664.8.038.7

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИСАХАРИДОВ С АНТИМИКРОБНЫМИ СВОЙСТВАМИ
В КАЧЕСТВЕ ПЛЕНОК ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

Наумова А.В., Иванов Н.Е., Бахромов А.Б., Малашенко А.А., Куприна Е.Э.

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

В работе описан метод получения и использования съедобных пищевых пленочных покрытий на основе полисахаридов с добавлением консерванта уротропина, обладающих антимикробными свойствами и предназначенных для увеличения сроков годности пищевой продукции. Данная упаковка обеспечит дополнительную защиту продукции при транспортировке, хранении, воздействии окружающей среды и предотвратит развитие посторонней микрофлоры в самом продукте. При получении данного пищевого покрытия использован метод «слой за слоем», который позволил увеличить барьерные свойства пищевого покрытия. Исследованы биоцидные свойства покрытия.

Ключевые слова: альгинат натрия, хитозан, биоразлагаемая пленка, антимикробные свойства, уротропин.

Альгинат натрия – является солью альгиновой кислоты, которая извлекается из бурых водорослей или ламинарии японской. Он применяется в медицине в качестве лекарственного препарата (антацида) и предназначается для лечения желудочно-кишечных заболеваний, при которых необходима нейтрализация соляной кислоты.

Хитозан – ценный аминополисахарид, который в качестве компонента пищи проявляет свойства энтеросорбента, иммуномодулятора, антисклеротического и антиартрозного фактора, регулятора кислотности желудочного сока, ингибитора пепсина, барьерного вещества, положительно влияет на пищевую ценность продукта, благодаря бактерицидному действию удлиняет сроки хранения продукции.

Биоразлагаемая пленка – это экологичная упаковка, при изготовлении которой применяются составляющие, способствующие самостоятельному разложению пакета, без необходимости утилизации.

Антимикробные свойства – обладают многие органические кислоты: муравьиная, пропионовая, салициловая и др.

Уротропин (гексаметилентетрамин, гексамин) – полициклический амин. Применяется в медицине под международным непатентованным наименованием (МНН) метенамин.

В настоящее время особым спросом у населения России и зарубежных стран пользуется охлажденная продукция как животного, так и растительного происхождения. Однако ее широкому использованию препятствуют ограниченные сроки годности.

Несоблюдение условий хранения может привести к несвоевременной потере качества продуктов питания и, соответственно, их порче. Именно поэтому крупные производители все чаще отдают предпочтение товарам в индивидуальных упаковках, позволяющих длительное время сохранять привлекательный внешний вид и вкусовые характеристики продуктов питания, а также отступать от правил товарного соседства. Чаще всего для этой цели используются синтетические полимерные покрытия.

Цель работы – разработка и внедрение биоразлагаемого съедобного покрытия на основе композиции полисахаридов, обладающих антимикробными свойствами для продления сроков годности охлажденной рыбы.

Для создания такого покрытия использовались биополимеры альгинат и хитозан, как в чистом виде, так и в виде композиционных материалов. Это доступные биоразлагаемые полимеры из возобновляемых сырьевых ресурсов [1].

Материалы и методы. В качестве биоразлагаемых съедобных покрытий использовали хитозан – ТУ 2321-005-63732773-2012 с молекулярной массой ($M=220$ тыс.Да), полученный из панцыря креветки, альгинат натрия – ГОСТ 30004.1-93 и их композиции.

В качестве исследуемого объекта была использована распространенная на Северо-Западе промысловая рыба отряда сельдеобразных, семейства лососевых – сиг охлажденный (ГОСТ 16079-2002).

Экспериментальная часть. Для получения пленок на подложке в качестве органической кислоты использовали водный раствор 4–6% лимонной, 1–3% уксусной или 2–8% молочной кислоты, при соотношении компонентов, мас. %: хитозан – 0,5–4,0%, органическая кислота – 1–8%, вода – остальное. Навеску хитозана растворяли в водном растворе кислоты фиксированной концентрации. При этом получали формовочный раствор, который переносили на инертную подложку, на которую предварительно была нанесена пленка альгината натрия, полученная этим же способом из 2,0–5,0% водного раствора альгината натрия, которую сушили методом обдува, преимущественно в течение 10–20 мин.

Из раствора хитозана также испаряли растворитель в течение 3–7 суток в зависимости от природы и концентрации кислоты (из диапазона 2–8%) при нормальной температуре в статических условиях. Затем пленочный образец отделяли от подложки, определяли его толщину, которая составляла 150–350 мкм, определяли упругоэластические характеристики и бактерицидные свойства. Величина относительного удлинения при разрыве пленочного покрытия составляла не менее 40%.

Для усиления биоцидных свойств и увеличения сроков годности сига в хитозановый раствор был добавлен консервант-уротропин (Е-239), в концентрации, не превышающей ПДК 0,05–0,1 мас.%, имеющий высокую активность в отношении микроорганизмов, ответственных за порчу рыбы, например, *Pseudomonas*, *Clostridium* и др.

Процесс нанесения покрытия на рыбу заключается в двух стадиях, в начале формируют пленку из альгината натрия, затем наносят раствор хитозана с уротропином. Оба процесса осуществляют при температуре растворов полимеров и поверхности рыбы не выше $4 \pm 1^\circ\text{C}$.

Влияние вида покрытия на микробиологическую порчу рыбы представлено в таблице.

Таблица. Влияние вида покрытия на микробиологическую порчу сига охлажденного в зависимости от времени хранения

Сутки, хранение при $+5^\circ\text{C}$	Сиг охлажденный (контроль)	Сиг + биоразлагаемое покрытие (контроль)	Сиг + биоразлагаемое покрытие + уротропин
На 7 день	Цвет, запах, вкус соответствуют данному виду продукта	Цвет, запах, вкус соответствуют данному виду продукта	Цвет, запах, вкус соответствуют данному виду продукта
На 10 день	Запах не свойственный данному виду продукта, признаки размягчения ткани	Цвет, запах, вкус соответствуют данному виду продукта	Цвет, запах, вкус соответствуют данному виду продукта
На 15 день	Запах не свойственный данному виду продукта, признаки размягчения ткани	Запах не свойственный данному виду продукта, признаки размягчения ткани	Цвет, запах, вкус соответствуют данному виду продукта
На 20 день	Запах не свойственный данному виду продукта, признаки размягчения ткани	Запах не свойственный данному виду продукта, признаки размягчения ткани	Запах не свойственный данному виду продукта, признаки размягчения ткани

Выводы. В настоящей работе было получено покрытие на основе композиции альгината натрия и хитозана, которое позволяет сохранить органолептические характеристики рыбного продукта и улучшить его показатели безопасности. Показано, что покрытие без консерванта увеличивает срок хранения продукта до 10 дней, а с применением консерванта до 15 дней [2–7].

Литература

1. Алексанян К.В. Биоразлагаемые композиции на основе природных полисахаридов и их производных с синтетическими полимерами: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.06 / Алексанян Кристина Владимировна. – М., 2012. – 153 с.
2. Кудрякова В.А., Кузнецова Л.С., Нагула М.Н. и др. Съедобная упаковка: состояние и перспективы // Упаковка и логистика. – 2010. – № 6. – С. 25.
3. Сафронова Т.М. Применение хитозана в производстве пищевых продуктов: Хитин, его строение и свойства // Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение. – 2002. – С. 346–359.
4. Market/European Bioplastics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://en-european.bioplastics.org/market>, своб.
5. Сдобникова О.А., Савченко Н.А., Грибкова Д.А. и др. Биоразлагаемая упаковка – путь к улучшению экологии // Переработка молока. – 2010. – № 1. – С. 14–15.
6. Kolybaba M., Tabil L.G., Panighari S. и др. Биоразлагаемые полимеры: прошлое, настоящее и будущее // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2010. – № 1. – С. 17–33.
7. Зезин А.Б. Полимеры и окружающая среда // Химия. – 1996. – С. 57–64.



Олейникова Ева Владимировна

Год рождения: 1996

Университет ИТМО, факультет пищевой биотехнологии и инженерии,
кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования
холодом, студент группы № Т4105

Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания
из растительного сырья

e-mail: eveline_smile@mail.ru

УДК 637.071

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В РЕЦЕПТУРАХ МАРИНАДОВ

Олейникова Е.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Кременевская М.И.

В работе рассмотрена возможность применения в качестве сырьевого ингредиента маринадов такого компонента, как молочная сыворотка промышленного производства. Подобран оптимальный режим маринования мяса птицы на основании экспериментальных исследований.

Ключевые слова: разработка рецептур, маринование, молочная сыворотка, мясо утки, исследование показателей.

На сегодняшний день маринад – сложный и сбалансированный продукт смешения нескольких компонентов, свойства которого зависят от состава. Маринады хорошего качества положительно влияют на органолептические показатели и на увеличение продолжительности хранения продуктов, изготовленных с их помощью. Использование маринадов играет значимую роль в производстве продуктов питания, так как они значительно сокращают время термообработки и уменьшают потери влаги. Маринады способны создать новую линейку продукции, тем самым расширяют ассортимент мясной индустрии.

Проведенные исследования по маринованию утки показали целесообразность ее использования в качестве жидкой основы, поскольку молочная кислота, содержащаяся в сыворотке, способствует размягчению мяса, повышению влагоудерживающей способности, улучшению органолептических характеристик готового продукта.

Целью работы являлась оценка влияния маринадов на базе молочной сыворотки на качество готового продукта, а также определение продолжительности маринования утки в разработанных маринадах.

Ценность основных составляющих сыворотки (жир, белок и т.д.) обуславливается положительным влиянием на усвоение, благодаря диспергированию компонентов на мельчайшие частицы. Сыворотка богата альбумином и глобулином, фосфолипидами и витаминами, что в совокупности положительно влияет на организм. Количественное содержание сыворотки на выходе зависит от вырабатываемого продукта (табл. 1) [1].

Таблица 1. Выход продукта из сыворотки, в %

Вырабатываемый продукт	Количество получающейся сыворотки в среднем, %
Твердые сыры жирные	80
Твердые сыры полужирные	75
Твердые сыры тощие	70
Мягкие сыры	На 6% меньше, чем при выработке твердых сыров
Творог тощий	75

Молочную сыворотку, изготовленную в Великом Новгороде на ЗАО «Лактис», оценивали по физико-химическим и органолептическим показателям. Физико-химические показатели были следующие: рН молочной сыворотки была 5,25, титруемая кислотность в пересчете на молочную кислоту – 0,67%, кислотность в градусах Тернера – 63.

В работе использовано мясо утки, выращенной в Павловском районе Алтайского края.

Филе утки размораживали, затем снимали с костей, нарезали его на кусочки массой 20–30 г, заливали молочной сывороткой и выдерживали в течение 1, 2, 3, 4 и 5 ч. После выдержки оценивали изменение массы, влагоудерживающую способность (ВУС) мяса утки, а также содержание сухих веществ и рН сыворотки. Результаты представлены в табл. 2. Схема проведения модельного опыта представлена на рисунке [2].

Таблица 2. Влияние продолжительности выдержки на изменение показателей

Продолжительность выдержки, ч	Масса продукта, г		Изменение массы продукта, г	рН сыворотки (при $t=18^{\circ}\text{C}$)	ВУС, %	Сухие вещества
	Исходная	После выдержки в молочной сыворотке				
0	178	–		4,23	88,7±5,1	2,9±0,1
1	178	188,99	8,92	4,74	84,2±4,5	5,0±0,2
2	178	190,68	10,99	4,99	83,3±3,4	3,9±0,2
3	178	186,92	12,68	4,97	83,4±5,7	6,9±0,2
4	178	195,86	17,86	5,08	85,3±2,3	7,1±0,8
5	178	196,66	18,66	4,94	78,0±12,3	7,9±0,2

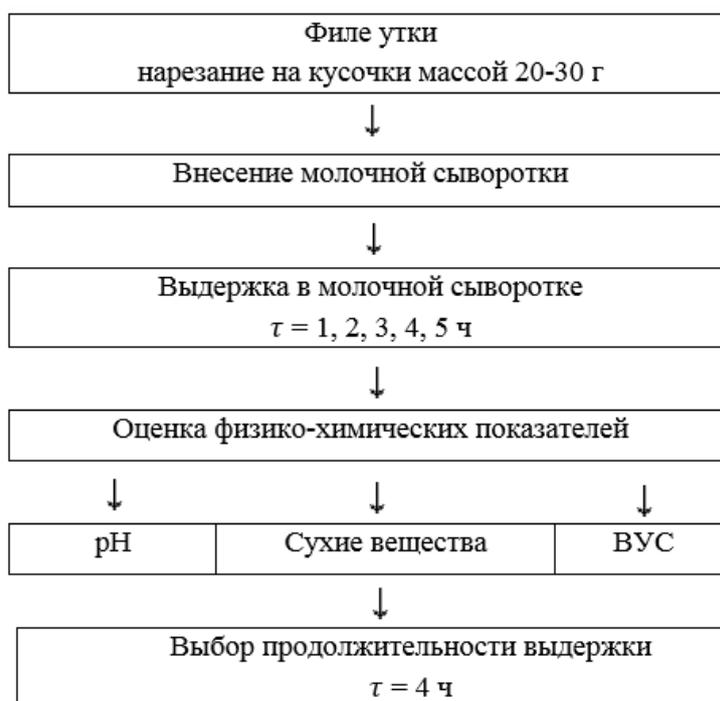


Рисунок. Схема проведения эксперимента

Для приготовления маринадов были подобраны 5 рецептов, которые включали в себя основное сырье – молочная сыворотка, масло растительное и соль, с добавлением различных пряностей и специй:

1. «Чесночный»;
2. «Индийский»;
3. «Ореховый»;
4. «Морковно-томатный»;
5. «Брусничный».

В молочную сыворотку вносили согласно рецептуре необходимые ингредиенты и специи, перемешивали при помощи блендера. Выработанные маринады выдерживали при температуре $(4\pm 0,5)^\circ\text{C}$ в течение 24 ч. Следующим этапом была оценка физико-химических (определение pH, содержание сухих веществ, титруемой кислотности в пересчете на молочную кислоту) и органолептических показателей [3].

На основании проведенных исследований наилучшие значения имели «Морковно-томатный» и «Ореховый» маринады. Выбранными маринадами заливали порционное филе утки и выдерживали при температуре $(4\pm 0,5)^\circ\text{C}$ в течении 4 ч, по окончании которых определяли органолептические показатели маринованного продукта. Лучшие результаты были получены при мариновании утки в «Морковно-томатном» маринаде. Полученный полуфабрикат имел аромат томатов, привлекательный цвет и хорошо выраженный мясной вкус.

Литература

1. Храмцов А.Г. и др. Технология продуктов из вторичного молочного сырья: учебное пособие. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 424 с.
2. Мурашев С.В., Ишевский А.Л., Уварова Н.А. Определение содержания воды и сухих веществ в пищевых продуктах: метод. указания к лабораторным работам для студентов спец. 260301, 260302, 260504, 260601, 260602 всех форм обучения и бакалавров направления 260100. – СПб.: СПбГУ-НиПТ, 2007. – 24 с.
3. Парамонова Т.Н. Экспресс-методы оценки качества продовольственных товаров. – М.: Экономика, 1988. – 111 с.

**Попов Максим Янович**

Год рождения: 1993

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, студент группы № Т4212

Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения

e-mail: dazmund@mail.ru

**Хритоненко Михаил Владимирович**

Год рождения: 1994

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, студент группы № Т4212

Направление подготовки: 19.04.03 – Продукты питания животного происхождения

e-mail: misha-brest94@mail.ru

**Куприна Елена Эдуардовна**

Год рождения: 1956

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, д.т.н., профессор

e-mail: elkuprina@yandex.ru

УДК 555.32**ЖИРОУДЕРЖИВАЮЩИЕ СВОЙСТВА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК
НА ОСНОВЕ ХИТИНСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ****Попов М.Я., Хритоненко М.В.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Куприна Е.Э.**

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

В работе рассмотрены биологически активные добавки липотропной природы, существующие на внутреннем рынке России. Показаны преимущества пищевых волокон на основе хитина. Исследованы ионообменные свойства хитина и хитин-минерального комплекса. Проведено сравнительное исследование жирудерживающих свойств биологически активных добавок различной химической природы.

Ключевые слова: липотропные биологически активные добавки к пище, хитинэл, хитозан, хизитэл, методика оценки сорбционных свойств к липидам, сорбция липидов.

В настоящее время особую актуальность приобретают вопросы профилактики и комплексной диетотерапии ожирения и сердечно-сосудистых заболеваний. Некоторые биологически активные добавки (БАД) способствуют снижению уровня липидов низкой плотности холестерина в организме человека [1].

Растительные стеролы («Vegarure») уменьшают абсорбцию холестерина пищевого происхождения, а также реабсорбцию эндогенного холестерина пищеварительного тракта.

Субстанция «Vegarige» содержит в своем составе базовые группы стеролов и станолов природного происхождения (ситостерин, ситостанол, кампестерин и стигмастерин) в тех же пропорциях, в которых они присутствуют в пищевых продуктах [2].

Среди пищевых добавок – жиропоглотителей в настоящее время наиболее распространены пищевые волокна, например: карбоксиметилцеллюлоза, альгинаты и полисахариды, получаемые из панциря ракообразных и грибов – хитин и хитозан (ХИТАН, Кайтосан, Олигохит и др.) [3].

Хитозан – ценный аминополисахарид, который в качестве компонента пищи проявляет свойства энтеросорбента, иммуномодулятора, антисклеротического и антиартрозного фактора, регулятора кислотности желудочного сока, ингибитора пепсина, барьерного вещества, положительно влияет на пищевую ценность продукта, благодаря бактерицидному действию удлиняет сроки хранения продукции [4].

Хизитэл – это полностью натуральный композиционный продукт, состоящий из входящих в состав панциря ракообразных полисахарида хитина (20–40%) и минеральных веществ (60–80% в зависимости от вида сырья).

Благодаря природному происхождению хизитэл нетоксичен (LD50=15 г/кг, 4 класс токсичности), биосовместим с тканями организма, биodeградируем и обладает биологической активностью.

Материалы и методы. В качестве образцов для исследования были использованы энтеросорбенты: хитинсодержащие материалы и целлюлоза.

Хитинэл (ТУ 9289-005-00472437098) – хитин, представляющий собой поли-(1-4)-2-ацетомидо-2-дезоксид-β-D-глюкан, полученный путем электрохимической деминерализации и депротеинирования пресноводного ракообразного *Gammarus pulex*.

Хизитэл (ТУ 9289-005-004724370200) – хитинминеральный комплекс, полученный из пресноводного ракообразного *Gammarus pulex* (ТУ 15-01 473-87) путем электрохимической депротеинизации сырья.

В качестве образцов сравнения были взяты имеющиеся на рынке энтеросорбенты жиропоглотители, также относящиеся к пищевым волокнам.

Целлюлоза микрокристаллическая (МКЦ) (ТУ 9199-026-21428156-98). Изготовитель ЗАО «Эквалон» г. Бийск.

ХИТАН (ТУ 9289-017-00038155-00) – хитозан, продукт дезацетилирования хитина, получаемый по традиционной кислотно-щелочной технологии из панцирей ракообразных, изготовитель ЗАО Биопрогресс.

Полифепам – энтеросорбент, получаемый путем глубокой переработки древесины хвойных пород. Действующим веществом является лигнин гидролизный (Lignin hydrolysed). Аналогами являются «Лактофильтрум» и «Фильтрум-СТИ».

Льняное масло (ТУ 9141-011-5811041-03), линоленовая кислота.

Определение количества активных ионообменных групп и расчет поправки проводили по данным потенциометрического титрования [3].

Экспериментальная часть. Определение типа активных ионообменных групп хитинэла и хизитэла и проводили по результатам их потенциометрического титрования. Результаты исследования представлены на рисунке.

Из данных рисунка следует, что в исследованных образцах присутствуют два типа функциональных групп, склонных к диссоциации и, соответственно, к протонному обмену. Одна из этих групп имеет рКа в области 10,5–11,0, а вторая – 8,5–8,8.

Было определено, что липидсвязывающая способность хизитэла несколько превышает липидсвязывающую способность представленных выше энтеросорбентов, особенно при рН=2. ХИТАН показал себя жиропоглотителем, действие которого направлено на сорбцию жирных кислот в условиях кишечника, его липидсвязывающая способность по жирным

кислотам составляет 7,24 г/г, по триглицеридам – 3,28 г/г. МКЦ, хитинэл, показал низкую способность к сорбции как триглицеридов, так и жирных кислот [5].

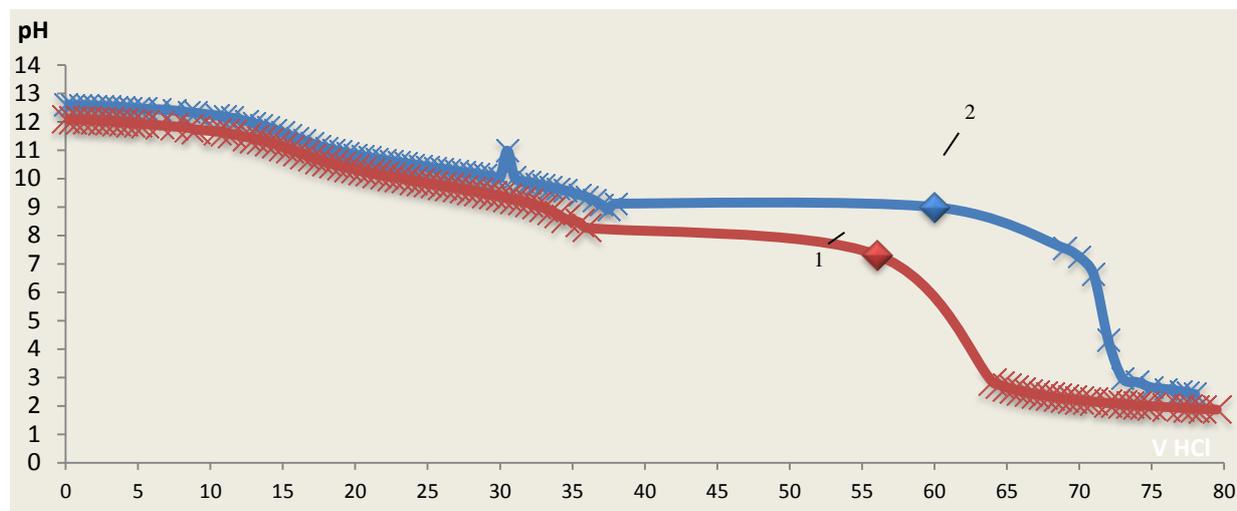


Рисунок. Кривые потенциометрического титрования хитинэла (1), хизитэла (2)

Выводы. Исследованы ионообменные свойства пищевых волокон – хитинэла и хизитэла, полученных из панциря ракообразных, установлено наличие у них двух типов ионообменных групп.

Определены сорбционные свойства исследованных пищевых волокон, по экспериментальным данным установлено, что у хизитэла сорбционная емкость по отношению к триглицеридам в условиях наиболее приближенных к условиям переваривания пищи составляет 6,92 г/г при pH=2, 2,99 г/г при pH=6, по отношению к жирным кислотам – 5,00 г/г при pH=2 и 3,88 г/г при pH=6. ХИТАН показал высокую сорбционную способность в отношении жирных кислот при pH=6, которая составила 6,50 г/г. Хизитэл прошел санитарно-эпидемиологическую экспертизу и было получено санитарно-эпидемиологическое заключение на его использование как БАД к пище «Хизитэл» (№ 77.99.03.919.Б.000250.02.04 от 26.02.2004 г.).

Литература

1. Скрябин К.Г., Вихорева Г.А., Варламов В.П. Хитин и хитозан. – М.: Наука, 2002. – 368 с.
2. Плешкова Н.А., Каплюченко И.В., Позняковский В.М. Разработка технологий и характеристика функциональных свойств специализированного продукта «атеростерол» // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: пищевые и биотехнологии. – 2015. – С. 55–62.
3. Артемьев В.Д., Иванова М.Н., Дюжаков П.Н., Мануйлов А.Н. Исследование обменной сорбционной емкости и жиросвязывающих свойств БАД – пищевых волокон на основе хитина для их применения в составе пищевых продуктов // Научный журнал ХРОНОС Серия: Химические науки. – 2017. – С. 40–44.
4. Быкова В.М., Кривошеина Л.И., Ежова Е.А., Глазунов О.И., Панов К.Н. Биологически активные добавки на основе хитозана // Труды ВНИРО. Научный журнал. – 2004. – Т. 143. – С. 118–123.
5. Куприна Е.Э., Осипова Е.В., Бачище Е.В., Разработка методики определения липидсвязывающей способности хитинсодержащих жиропоглотителей // Рыбное хозяйство. – 2006. – № 7. – С. 107.



Смагина Ольга Сергеевна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, студент группы № Т4105

Направление подготовки: 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья

e-mail: olgasmagina24@yandex.ru



Кременевская Марианна Игоревна

Год рождения: 1961

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, к.т.н., доцент

e-mail: marianna.kremenevskaya@mail.ru

УДК 634.738

**ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ ПИГМЕНТОВ ПЛАСТИД В ЛИСТЬЯХ БРУСНИКИ
В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН**

Смагина О.С., Кременевская М.И.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Кременевская М.И.

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

В работе представлены исследования фотосинтетического аппарата, динамики фитомассы и количественных изменений в составе пластидных пигментов в листьях брусники.

Ключевые слова: брусника, листья, фотосинтетический аппарат, пластиды, пигменты пластид, листья брусники, динамика, накопление пигментов.

В настоящее время в пищевой промышленности наблюдается низкая активность выращивания и использования листьев и ягод брусники в промышленных масштабах. Несмотря на то, что в этом сегменте рынка конкуренция невысока, а спрос на эту ягоду всегда высок и стабилен [1–3].

В связи с этим возникла необходимость в проведении исследований, которые бы выявили факторы повышения биологической продуктивности брусники. Так как на разных стадиях развития растений накопление органического вещества в значительной мере регулируется деятельностью их фотосинтетического аппарата, целесообразно проводить вместе с тем и изучение динамики фитомассы и количественных изменений в составе пластидных пигментов.

Исследования проводились на протяжении двух вегетационных сезонов (2015–2017 г.), охватывающих полный цикл развития культуры. Объектом исследования являлась брусника обыкновенная, произрастающая в Белорецком районе республики Башкортостан.

Ежемесячно путем бесповторного случайного отбора формировались выборки из 5 целых растений, у которых в течение вегетационных сезонов определяли биометрические показатели (длина и ширина листьев, биологическая продуктивность растения и др.), абсолютно сухую массу вегетативных органов и рассчитывали: интенсивность ее накопления

за каждый этап развития, урожай ягодной продукции, а также концентрацию пластидных пигментов в листьях разных типов побегов.

Для предотвращения возможной биологической variability материала анализировали тщательно перемешанные усредненные пробы листьев. Для разового определения содержания пигментов отбирали две параллельные навески и экстрагировали хлорофиллы и каротиноиды 95% раствором ацетона по общепринятым методикам.

Концентрацию пигментов в вытяжке определяли на спектрофотометре UV-1800, при длине волны 645 нм для хлорофилла *a*, 664 – для хлорофилла *b*. Расчет производили на единицу сухой массы (мг на 100 г).

Наблюдения за динамикой фитомассы показали, что развитие вегетативных частей растений и накопление в них органического вещества протекали с определенной ритмичностью, но непрерывно на протяжении всего сезона вегетации. Максимальные темпы ростовых процессов и накопления фитомассы в первый год вегетации растений наблюдались в августе и октябре, во второй – в конце июня – первой половине июля и в конце сентября – октябре.

Так как существует прямая зависимость между активностью биопродукционного процесса и интенсивностью фотосинтеза, логично предположить наличие подобных онтогенетических ритмов в работе фотосинтетического аппарата брусники. Это можно проследить на примере сезонных изменений в содержании и соотношении пластидных пигментов листьев брусники (рисунок).

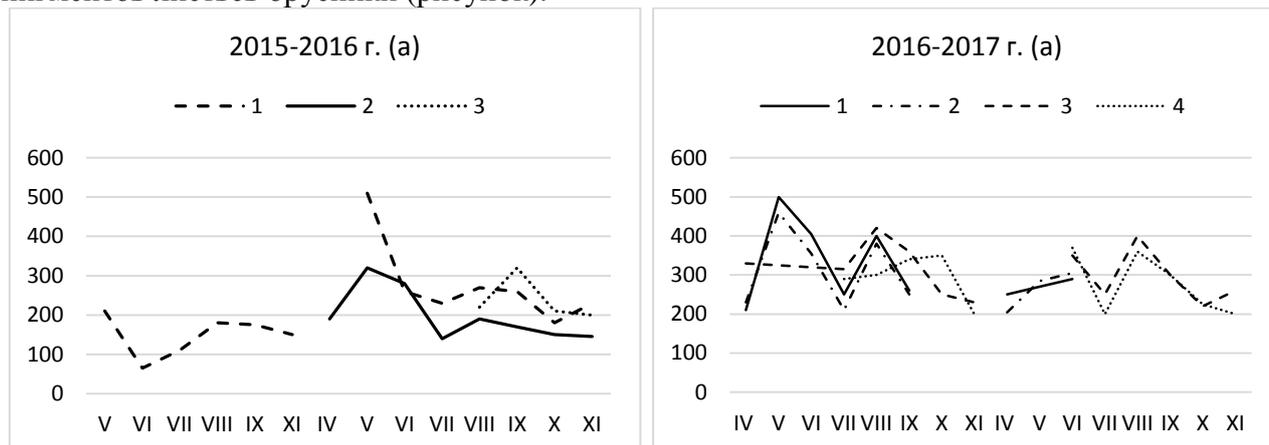


Рис. 1. Суммарное содержание хлорофиллов *a* и *b* в листьях брусники на отдельных этапах онтогенеза: 1 – стелющихся побегов текущего года; 2 – прямостоячих побегов текущего года; 3 – стелющихся побегов прошлого года; 4 – прямостоячих побегов прошлого года

Полученные экспериментальные данные показали, что концентрация пигментов в листовой ткани весьма лабильный показатель, зависящий от ряда факторов, в том числе и от возраста растений. Их соотношение на протяжении первого сезона вегетации варьировало от 0,7 до 1,9 с выраженной тенденцией к уменьшению во второй его половине.

Таким образом, в сезонной динамике пигментонакопления растений брусники, произрастающей в Республике Башкортостан, по результатам исследования было выявлено следующее:

- установлено, что концентрация фотосинтетических пигментов в листовой ткани растений зависит от возраста и фазы растений, сезонная динамика их накопления определяется погодными условиями в вегетационный период;
- обнаружено, что растения, не достигшие биологической зрелости, имеют обратную зависимость в накоплении пигментов и органического вещества, наиболее выраженную в условиях оптимизированного минерального фона;
- образование хлорофилла *b* протекает с большей интенсивностью, чем хлорофилла *a* в период наиболее активной жизнедеятельности растений.

Литература

1. Брусничные в СССР: Ресурсы, интродукция, селекция: Сб. науч. тр. / АН СССР, Сиб. отд-ние, Центр. сиб. ботан. сад; Отв. ред. А.Б. Горбунов, А.Ф. Черкасов. – Новосибирск: Наука: Сиб. отд-ние, 1990. – 320 с.
2. Kremenevskaya M.I., Sosnina O.A., Semenova A., Udina I., Glazova A.E. Meat industry by-products for berry crops and food production quality improvement // *Agronomy Research*. – 2017. – V. 15. – № Спец.2. – P. 1330–1347.
3. Наймушина Л.В., Карасева А.Ю., Чесноков Н.В. Спектрофотометрическое исследование накопления хлорофилла и его производных в экстрактах Melissa лекарственной при использовании двухфазной системы растворителей // *Journal of Siberian Federal University. Chemistry*. – 2012. – Т. 5. – № 3. – С. 281–288.

**Яккола Анастасия Николаевна**

Год рождения: 1983

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, аспирант

Направление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология и биотехнологии

e-mail: shokoladnitsa@list.ru

**Куприна Елена Эдуардовна**

Год рождения: 1956

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом, д.т.н., профессор

e-mail: elkuprina@yandex.ru

УДК 664.959.5

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ХРЯЩЕКООСТНЫХ ОТХОДОВ ОТ РАЗДЕЛКИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ**Яккола А.Н., Куприна Е.Э.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Куприна Е.Э.**

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

В работе определены оптимальные режимы для обработки хрящекостных отходов от разделки лососевых рыб электрохимическим способом. Получен минеральный преципитат электрохимическим способом. Исследованы физико-химические свойства полученного преципитата. Проведен сравнительный анализ химических свойств минерального преципитата, полученного электрохимическим способом и исходного сырья.

Ключевые слова: хрящекостные отходы, электрохимическая технология, загрязнение окружающей среды, рекомендованные нормы потребления, минеральный преципитат, биологически активная добавка.

В настоящее время встает острый вопрос по загрязнению окружающей среды и потеря жизненно необходимых для организма человека и животных веществ – жиров, белков и минералов. Чешуя, плавники, кожа, кости, хрящевая ткань являются ценным источником для получения этих полезных веществ. Но на рыбообработывающих предприятиях и большей части судов рыбопромыслового флота России процесс переработки рыбы, как правило, сводится к первичной разделке, результатом чего является потеря от 30 до 70% массы сырья в виде биологических отходов.

Для нормального функционирования организма необходимы минеральные вещества. Их дефицит может вызвать серьезные нарушения процесса обмена веществ и привести к остеопорозу, сердечно-сосудистым заболеваниям, нарушению функций центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта и многим другим.

По результатам многочисленных исследований были рекомендованы средние нормы потребления минеральных веществ и витаминов человеком, но их реальное потребление

значительно ниже. Расчеты показывают, что даже идеально построенный рацион, рассчитанный на 2500 ккал в день (средние энергозатраты современного россиянина), недостает по большинству витаминов и минералов на 20% [1].

Следовательно, актуальной задачей является разработка и изготовление натуральной добавки из костной ткани отходов от разделки гидробионтов при комплексной переработке, которая могла бы быть использована как в качестве основы для препаратов лечебно-профилактического назначения, так и в качестве пищевой добавки для обогащения минеральными веществами конечного продукта [2].

Целью данной работы было получить биологически активные вещества из хрящекостных отходов от разделки лососевых рыб электрохимическим способом. Для осуществления данной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. выбрать и обосновать объект исследования для получения пищевой добавки;
2. определить последовательность технологических операций по переработке вторичного сырья (костей) и определить параметры переработки отходов для наибольшего сохранения пищевой ценности последних;
3. получить минеральный преципитат электрохимическим способом из хрящекостных отходов от разделки форели;
4. исследовать физико-химические свойства минеральных преципитатов, полученных электрохимическим способом.

Во многих регионах Российской Федерации распространено выведение рыб семейства лососевых методом аквакультуры. На больших заводах и малых предприятиях образуется много отходов от их разделки. Для проведения экспериментальных опытов были выбраны отходы от переработки форели, а именно хребтовая кость форели с прорезями мяса без внутренностей и голов, в составе которых содержатся вещества, непригодные для пищи человека. Технологическая схема переработки отходов от разделки гидробионтов электрохимическим способом представлена на рисунке.

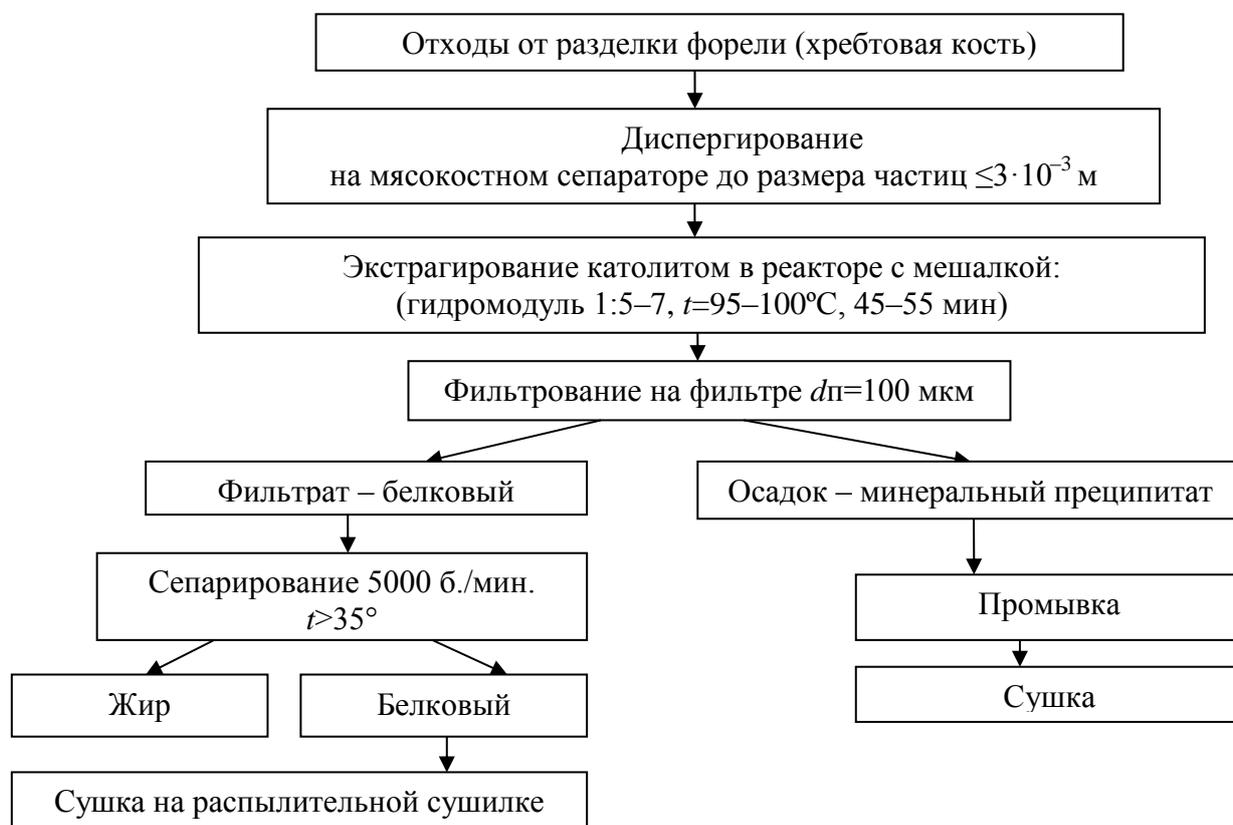


Рисунок. Технологическая схема переработки отходов от разделки гидробионтов электрохимическим способом

Соотношение сырья: экстрагент – 1:5–7 является оптимальным. При меньшем гидромодуле выход целевых нутриентов был относительно небольшой, а при большем гидромодуле эффект экстрагирования слабо менялся, вследствие чего является нерентабельным для производства.

В процессе работы были получены и сравнены характеристики сырья и исследуемого минерального преципитата: содержание общего азота, фосфора, кальция и магния [3]. Данные приведены в таблице.

Таблица. Химический состав хрящекостных отходов форели и минерального преципитата

Объект исследования	Хрящекостные отходы от разделки форели	Минеральный преципитат
Наименование показателя		
Влажность*, %	61,5	0,4
Общий азот, %	11,21	0,45
Содержание белка, %	65,86	3,16
Зола, %	2,4	22
Массовая доля фосфора	2,58	11,61
Массовая доля кальция	1,91	7,48
Массовая доля магния	0,51	5,56

*далее все показатели даны в пересчете на сухое вещество.

Из данных таблицы следует, что все белки были экстрагированы из сырья более чем на 95%, что значительно улучшает усвояемость минеральных компонентов кости в результате распада оссеин – гликанового комплекса. Доля общего фосфора по сравнению с исходным сырьем возросла в 4,5 раза, доля магния больше, чем в 10 раз, доля кальция почти в 4 раза. Из таблицы видно, что соотношение кальций:магний:фосфор в преципитате практически 1:0,7:1,6, а это позитивно отразится на усвоении этих минералов при применении преципитата в пищу [4].

Разработанная электрохимическая технология является безотходной и экологически безопасна. Выход минерального преципитата $94,2 \pm 0,2\%$ и белкового гидролизата $95,0 \pm 0,4\%$ от теоретического при щадящих условиях рН католита 12–13, что соответствует 0,2% раствору NaOH и в 5 раз ниже концентраций на OH, используемых в традиционных технологиях (1–10%). Для наилучшего усвоения организмом человека минеральных компонентов сырья важным условием является разрушение в кости белково-минерального комплекса. Данный способ позволяет получать пищевой минеральный преципитат высокого качества всего за одну стадию обработки сырья катализом, тогда как общеизвестные технологии добиваются этого эффекта за счет многостадийной обработки сырья кислотами и щелочами высокой концентрации.

Выводы. По технологии безотходной переработки отходов от разделки рыб получен минеральный преципитат из хрящекостных отходов от разделки форели с учетом оптимальных параметров электрохимической обработки в щадящих условиях: рН 12–13, гидромодуль 1:5–7, температура 95–100°C время экстракции 45–55 мин.

Произведена оценка состава органолептических и физико-химических свойств полученного минерального преципитата. Установлено, что удалось достичь удаления более, чем 95% всех белков из сырья. Доля общего фосфора по сравнению с сырьем возросла в 4,4 раза, доля кальция почти в 4,5 раза, доля магния больше, чем в 10 раз. Соотношение кальций:магний:фосфор в преципитате 1:0,7:1,6, что благоприятно сказывается на усвоении этих минералов при использовании преципитата в пищу.

Литература

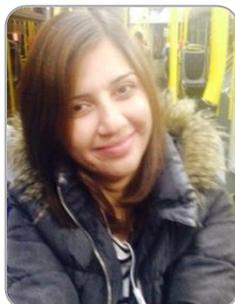
1. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04. – М.: Минздрав РФ, 2004. – 36 с.
2. Кириллов А.И., Линчевская А.А., Куприна Е.Э. Комплексная переработка коллаген- и минералсодержащих вторичных ресурсов рыбпереработки методом электрохимического экстрагирования // Изв. СПбГТИ(ТУ). – 2013. – № 18(44). – С. 24–26.
3. Егорова Л.М., Трещева В.И. Лабораторные работы по химии жиров и кормовых продуктов. – М.: ВНИРОАНТИ, 1970. – 84 с.
4. Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н., Позняковский В.М. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004. – 548 с.

**Абдикамалова Нурзат Бахтбековна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
студент группы № Т4113Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология

e-mail: abdikamalova.n@mail.ru

**Муста Оглы Наргуль**

Год рождения: 1992

Университет ИТМО, факультет пищевой биотехнологии и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
аспирантНаправление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология
и биотехнологии

e-mail: nargul_m@mail.ru

**Шарова Наталья Юрьевна**

Год рождения: 1967

Университет ИТМО, факультет пищевой биотехнологии и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
д.т.н., профессор

e-mail: natalya_sharova1@mail.ru

УДК 577.152.54:661.746.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ФИТАЗЫ,
СИНТЕЗИРУЕМОЙ ШТАММОМ ASPERGILLUS NIGER В-3****Абдикамалова Н.Б., Муста Оглы Н.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Шарова Н.Ю.**

Результаты данной работы показали, что фитазная активность повышалась в течение трех суток и составляла на конец третьих суток $(6,83 \pm 0,33)$ ед/см³, затем активность фермента снижалась. Содержание белка было высоким на первые и вторые сутки, затем количество белка незначительно снижалось. Количество кислоты наоборот увеличивалось в соответствие с увеличением возраста посевного мицелия до окончания процесса культивирования.

Ключевые слова: фермент, фитаза, *Aspergillus niger*, биосинтез, фитиновая кислота, фитат.

Фитиновая кислота (мио-инозитол 1, 2, 3, 4, 5, 6-гексакисфосфорная кислота) – это первичная форма нахождения фосфат-ионов в растениях и причина для беспокойства о здоровье человека. Обычно фитат представлен в виде солей таких катионов как K^+ , Ca^{2+} и Mg^{2+} и распространен в растениях (семенах и орехах), микроорганизмах и в организме некоторых животных. Хотя фитат и является главной формой «хранения» фосфата, он не может быть использован в организме человека, домашней птицы и животных, поскольку в этих организмах отсутствует фитат-деградирующий фермент [1]. Фермент фитаза (мио-инозитол 1, 2, 3, 4, 5, 6-гексакисфосфатфосфогидролаза) относится к подклассу семейства гистидин-кислотных фосфатаз (ГКФ). Он катализирует последовательное высвобождение фосфата из фитата. В 90-х годах XX века голландская фирма BASF предложила на рынке препарат «Натуфос», а финская AI со Ltd. Biotechnology – препарат «Финаза» для кормов

животным. Продуцентами в обоих случаях являются грибы рода *Aspergillus*. В России фитаза не производится, поэтому исследования в данном направлении актуальны [2].

Наиболее богаты фитатами злаки, орехи и бобы. Следовые количества инозитолгексафосфата присутствует в картофеле, моркови, капусте. В черной смородине и клубнике фитиновая кислота выявлена в следовых количествах. Таким образом, фитиновая кислота попадает в пищу человека и в корма животных с различными пищевыми продуктами [3].

Основная проблема заключается в том, что шесть реакционноспособных фосфатных групп в молекуле фитата являются сильным хелатирующим фактором для Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} . В условиях pH пищеварительного тракта образуются нерастворимые металлфитатные комплексы, в результате металлы недоступны для всасывания в кишечном тракте человека и животных [4].

Целью данной работы являлось исследование ферментативной активности фитазы, синтезируемой штаммом *Aspergillus niger* на сахарозоминаеральной среде.

Результаты. Результат исследований представлены в таблице.

Таблица. Результаты ферментации сахарозоминаеральной среды (усредненные данные)

Условия культивирования	Основные показатели в нативном растворе			
	Содержание белка, мг/см ³	Количество общей кислоты, г / колба	Фитазная активность	
			ед/см ³	ед/мг белка
1	4,435	0,12	3,125	0,704
	5,063	0,09	3,500	0,692
	4,906	0,11	3,700	0,754
2	4,043	1,05	5,300	1,311
	3,964	1,03	5,800	1,463
	3,807	1,09	6,300	1,655
3	2,551	2,71	6,500	2,548
	2,630	2,55	6,900	2,623
	2,865	2,79	7,100	2,478
4	2,316	4,54	6,200	2,677
	2,160	4,79	5,900	2,731
	2,237	4,60	5,700	2,548
4,5	2,195	4,98	4,500	2,050
	2,100	5,12	4,300	2,047
	1,965	5,18	4,400	2,239
5	2,002	6,27	3,900	1,948
	2,080	6,18	3,000	1,442
	1,766	6,62	1,000	0,566

1. На основании полученных данных сделан вывод о том, что фитазная активность повышалась в течение трех суток и затем снижалась.
2. Аналогичная тенденция отмечена и для белоксодержащих веществ.
3. Количество кислоты увеличивалось до четвертых суток и незначительно снижалось к пятым суткам процесса.

4. Таким образом, интенсивное накопление фитазной активности наблюдается в период активизации кислотообразования. По-видимому, эти процессы сопряжены с процессами, связанными с обменом фосфорсодержащих компонентов питательной среды, и активизацией ферментной системы аспергилла.

Литература

1. Валиханов М.П., Игамназаров Р.П., Асамов Д.К. Фитаза прорастающих семян хлопчатника и ее свойства // Физиология растений. – 1984. – Т. 31. – № 2. – С. 328–336.
2. Полторак О.М., Чухрай Е.С. Физико-химические основы ферментативного катализа: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1971. – 312 с.
3. Кормовые добавки: Информационный справочник. – BASF, 1994. – 144 с.
4. Volfova O., Dvorakova J., Hanzlicova A., Jandera A. Phytase from *Aspergillus niger* // ZFolia Microbiologica. – 1994. – V. 39. – № 6. – P. 481–484.



Голикова Ольга Олеговна

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
студент группы № Т4113

Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология

e-mail: golikova1904@mail.ru

УДК 667.28:664

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ ИЗ ПИЩЕВЫХ МАТРИКСОВ

Голикова О.О.

Научный руководитель – к.хим.н., доцент Рудометова Н.В.

В работе проведен анализ особенностей сорбционного извлечения синтетических пищевых красителей из пищевых матрикс на сорбентах различной природы. Выявлены недостатки и преимущества каждого, с целью дальнейшего систематического изучения.

Ключевые слова: синтетические пищевые красители, твердофазная экстракция, сорбция, сорбенты, десорбция, спектрофотометрия.

Производство современных пищевых продуктов невозможно без использования различных пищевых добавок. К одним из наиболее распространенных добавок можно отнести пищевые синтетические красители. В основном используют азо-соединения, триарилметановые и хинолиновые красители. Список разрешенных синтетических красителей постепенно уменьшается. Среди разрешенных синтетических красителей наиболее распространены Желтый «солнечный закат» (E110), Тартразин (E102), Понсо 4R (E124), Зеленый прочный FCF, (E143), Хинолиновый желтый (E104) [1]. Как показали результаты экспериментальных проверок [2], добавление в пищевые продукты несанкционированных красителей случается нередко, до 50%. В связи с этим актуальной является задача по разработке методов исследования и контроля синтетических красителей в пищевых продуктах, а определение содержания пищевых красителей необходимо для контроля качества и безопасности пищевых продуктов.

В большинстве случаев приходится исследовать пищевые матриксы более сложного состава и структуры, которые содержат большое количество растворимых и нерастворимых пищевых волокон, загустителей, гелеобразователей и углеводов, мешающих достоверной идентификации и дальнейшему количественному определению синтетических красителей. Исходя из этого, при разработке методик в работе [3], основное внимание было уделено исследованию процессов выделения красителей из матрицы продукта и их очистке от сопутствующих компонентов.

В работе было изучено влияние pH, температуры, кратности и продолжительности экстракции на выход красящих веществ на модельных образцах компотов и определены условия выделения и очистки синтетических красителей, на основе которых разработаны методики идентификации и количественного определения синтетических красителей в консервированных компотах.

В работе [4] говорится о том, что также значительные затруднения вызывает выделение красителей из продуктов, содержащих большое количество полисахаридов. Простая водная экстракция красителей с матрикса изделия вследствие сорбции красителей может приводить к большим потерям красящих веществ, поэтому задача разработки методов извлечения красителей из продукции с каждым годом становится все актуальнее в связи с обогащением ее пищевыми волокнами, витаминами, минералами.

Синтетические красители предполагается извлекать с помощью твердофазной экстракции на окиси алюминия, пенополиуретане, полиамидных сорбентах.

Авторы [5] исследуют сорбционные свойства красителей на окиси алюминия и пенополиуретане. Одним из основных факторов, влияющих на сорбцию органических веществ на поверхности окиси алюминия, является кислотность среды, поэтому сорбцию пищевых анионных азо-красителей, как правило, проводят из слабокислых растворов [5]. Промывают патроны с оксидом алюминия до и после сорбции ледяной уксусной кислотой. Десорбируют красители водным раствором аммиака.

Но, несмотря на хорошие эксплуатационные характеристики, работы по сорбции на окиси алюминия носят прикладной характер, так как отсутствуют систематические данные по сорбционному поведению красителей разного типа на данном сорбенте, а также полнота извлечения достигается просто путем пропускания через несколько патронов.

Наличие в пенополиуретане (ППУ) системы ячеек-пор обеспечивает доступ сорбируемого вещества внутрь сорбента. Почти все вещество, из которого состоит сорбент, принимает участие в сорбции. Установлено, что максимальная сорбция красителей наблюдается при pH 3, а десорбция происходит в присутствии додецилбензолсульфоната натрия при нагревании (40°C). Конечным методом определения красителей после десорбции является спектрофотометрия [2]. Установлено, что эффективность извлечения зависит от природы красителя, его структуры и полярности: анионные красители лучше сорбируются ППУ на основе простых эфиров, а катионные – ППУ на основе сложных эфиров.

В качестве достоинств ППУ в роли сорбента для извлечения анионных красителей можно отметить удобство в использовании и легкость отделения от раствора, обусловленные его монолитностью, отсутствие собственной окраски, доступность и низкую стоимость. Тем не менее, невысокие значения степеней извлечения красителей на ППУ, сложность десорбции, обуславливают ограниченное применение этого сорбента в анализе.

В последнее время для извлечения красителей из матриц или из экстрактов все шире используются сорбенты органического происхождения. К ним относятся в том числе полиамидные сорбенты, сырьем для получения которых служат капрон и полигексаметилендиаминдипинат. Под названием «полиамид» объединяют группу различных гетероцепных полимеров, содержащих повторяющуюся амидную группу –CO–NH–.

Для выделения анионных красителей используют полиамидные сорбенты в виде порошков непосредственно или в патронах. Для проведения сорбции раствор, содержащий красители, подкисляют до pH (2–4) уксусной кислотой. Патроны предварительно кондиционируют этанолом, метанолом или уксусной кислотой. Десорбцию проводят аммиаком. Собранный раствор упаривают на водяной бане и остаток растворяют в подвижной фазе для дальнейшего определения методом жидкостной хроматографией.

Таким образом, актуально и социально значимо проведение исследований сорбционных свойств пищевых красителей на различных по природе сорбентах, так как большинство работ носит прикладной характер, а некоторые данные противоречат друг другу. Для предотвращения выпуска фальсифицированных и зачастую небезопасных для здоровья потребителя пищевых продуктов будут продолжаться исследования сорбционных характеристик пищевых красителей, изучаться методики контроля синтетических красителей в пищевых продуктах массового спроса.

Литература

1. ГОСТ Р 52481-2010. Красители пищевые. Термины и определения. – Введен 01.07.2011. – М.: Стандартинформ, 2011. – 12 с.
2. Рудометова Н.В. Безопасность пищевых продуктов: контроль применения синтетических красителей // Пищевая промышленность. – 2010. – № 12. – С. 64–65.

3. Рудометова Н.В., Вихарева А.О. Анализ синтетических красителей в пищевых продуктах массового спроса // Материалы Всероссийской научной-практической конференции посвящ. 80-летию ИрГТУ. – 2010. – С. 185–187.
4. Красникова Е.В., Рудометова Н.В. Большое внимание контролю пищевых красителей // Кондитерское производство. – 2010. – № 1. – С. 27–28.
5. Рамазанова Г.Р., Тихомирова Т.И., Апяри В.В. Сорбция пищевых красителей на пенополиуретане и оксиде алюминия // Вестник Моск. ун-та. Сер. 2, Химия. – 2013. – № 4. – Т. 54. – С. 196–202.

**Оскимбекова Гулзия Есенгелдиевна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
студент группы № Т4113Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология

e-mail: gulziauskimbekova@gmail.com

**Муста Оглы Наргуль**

Год рождения: 1992

Университет ИТМО, факультет пищевой биотехнологии и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
аспирантНаправление подготовки: 19.06.01 – Промышленная экология
и биотехнологии

e-mail: nargul_m@mail.ru

**Шарова Наталья Юрьевна**

Год рождения: 1967

Университет ИТМО, факультет пищевой биотехнологии и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
д.т.н., профессор

e-mail: natalya_sharova1@mail.ru

УДК 577.152.54:661.746.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ФИТАЗЫ, СИНТЕЗИРУЕМОЙ ASPERGILLUS
NIGER L-4****Оскимбекова Г.Е., Муста Оглы Н.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Шарова Н.Ю.**

По результатам этой работы наиболее оптимальными условиями для культивирования штамма-продуцента *Aspergillus niger* L-4, синтезирующего фитазу, являются температура 32°C и время культивирования 72 ч.

Ключевые слова: фитаза, лимонная кислота, *Aspergillus niger*, гидролизат крахмала, фитиновая кислота.

Важным направлением биотехнологии является получение ферментных препаратов. Ферменты широко используются в различных отраслях. Основные продуценты ферментов – микроорганизмы [1].

Технология получения фитазы стала известна только в последние годы в связи с широкой перспективой ее практического использования. Под ее действием происходит дефосфорилирование фитиновой кислоты. Это соединение распространено в природе и особенно в растениях. Фитаты являются основной формой фосфорного запаса семян. Содержание фитиновой кислоты в семенах злаковых и бобовых культур находится в пределах 0,5–5,0% от сухого веса. Фитаты могут оказывать негативное влияние на некоторые процессы жизнедеятельности человека. Применение фитаз для удаления фитатов из растительных пищевых продуктов является актуальным [2].

По мнению специалистов агропромышленных предприятий, введение фитазы в корма позволяет снизить затраты на дорогостоящие компоненты. К ним относятся в первую очередь кормовые фосфаты, а также аминокислоты, белки и источники углерода.

С открытием фитазы особую важность приобретает изучение биохимических свойств ферментов различного происхождения. Фитаза является пищевой добавкой, и важными свойствами фермента являются высокая специфическая активность, широкая субстратная специфичность, стабильность в широком диапазоне pH, стабильность при хранении, дражировании корма и прохождении через пищеварительный тракт [3].

Учитывая все вышесказанное, целью данной работы явилось исследование ферментативной активности фитазы, синтезируемой промышленным штаммом *Aspergillus niger* L-4 продуцентом лимонной кислоты при ферментации гидролизата крахмала.

Активность фитазы во всех препаратах обычно обозначают в единицах фитазной активности в 1 г конечного продукта (FTU/g или FYT/g). Одна единица фитазной активности (1 FTU) соответствует количеству фермента, которое высвобождает 1 мкмоль неорганического фосфора в минуту из субстрата в концентрации 5,1 мкмоль при pH 5,5 и температуре 37°C [4].

На рисунке представлен график интрацеллюлярной фитазной активности фермента при условиях культивирования штамма *Aspergillus niger* L-4 на гидролизате крахмала. Температура процесса культивирования составляла 29°C, 32°C, 34°C. Фитаза по своей природе – белковое соединение, поэтому необходимо изучить ее термоустойчивость. Как показывают результаты исследований, уровень фитазной активности на 24 ч был незначительным и составил при данных температурах 48,96 ед/г, 52,12 ед/г, 40,28 ед/г соответственно. Однако при увеличении возраста посевного мицелия и времени культивирования фитазная активность также возрастала. Наибольшую фитазную активность штамм-продуцент лимонной кислоты проявил на 72 ч культивирования для всех трех температур. На 48 ч и 120 ч фитазная активность находилась на уровне, незначительно отличающемся от 3-х суток. Начиная с 96 ч по 120 ч наблюдался спад активности фермента в 1–1,5 раза.

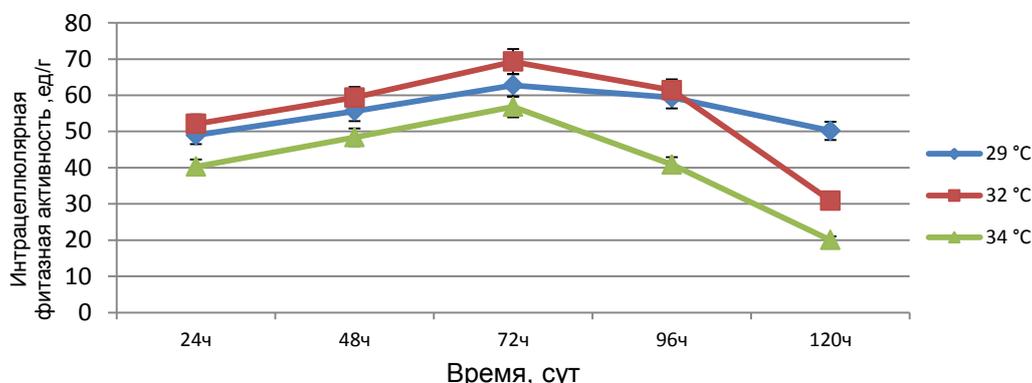


Рисунок. Зависимость интрацеллюлярной фитазной активности при культивировании продуцента лимонной кислоты – штамма *Aspergillus niger* L-4 на гидролизате крахмала

Таким образом, наиболее оптимальными условиями для культивирования штамма-продуцента *Aspergillus niger* L-4, синтезирующего фитазу, являются температура 32°C и время культивирования 72 ч.

Литература

1. Suzuki U., Yoshimura K. and Takaishi M. About the enzyme “phytase”, which splits “anhydro-oxy-methylene diphosphoric acid // Bulletin of the College of Agriculture. – 1907. – V. 7. – P. 503–512.
2. Редкозубов О.Е. Фитаза. Что изменилось за последние 15 лет // Комбикорма. – 2014. – Вып. 12. – С. 71–74.
3. Вардоян Г.С. Биосинтез фермента фитазы грибом *Aspergillus niger*: дис. ...канд. био. наук. – СПб., 1999. – 129 с.
4. Савинов В.А., Самбук Е.В., Падкина М.В. Природные и рекомбинантные фитазы микроорганизмов // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2007. – Вып. 2. – С. 66–74.

**Калыбекова Жанниет Максатовна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
студент группы № Т4113Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология

e-mail: kalybekova_z@mail.ru

**Принцева Анастасия Андреевна**

Год рождения: 1988

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов

e-mail: djkr_yfcnz@mail.ru

**Шарова Наталья Юрьевна**

Год рождения: 1967

Университет ИТМО, факультет пищевой биотехнологии и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
д.т.н., профессор

e-mail: natalya_sharova1@mail.ru

УДК 577.15**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ БЕТА-ГЛЮКАНАЗЫ НА ГЛЮКАНОВЫЕ ЦЕПИ
ХИТИН-ГЛЮКАНОВОГО КОМПЛЕКСА МИКРОБНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ****Калыбекова Ж.М., Принцева А.А.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Шарова Н.Ю.**

В работе рассмотрены свойства фермента бета-глюканазы. Приведены примеры по использованию фермента бета-глюканазы и преимущества ее использования. Подчеркнута актуальность использования бета-глюканазы на глюкановые цепи хитин-глюканового комплекса микробного происхождения.

Ключевые слова: бета-глюканаза, хитин-глюкановый комплекс, хитин, фермент, лимонная кислота, пищевые волокна.

Важным достижением конца XX века является создание концепции функционального питания. Под понятием функциональное питание понимают включение рацион человека продуктов, которые наряду с энергетическим и пластическим материалом, обеспечивают организм регуляцией физиологических функций и биохимических реакций организма.

Цель работы – исследование действия бета-глюканазы на глюкановые цепи хитин-глюканового комплекса (ХГК) микробного происхождения.

Основным направлением выбора пищевых добавок и ингредиентов, включаемых в состав рецептур полезных продуктов, является использование веществ природного происхождения, влияющих не только на функционально-технологические свойства, но и обладающих высокой биологической и физиологической активностью на организм

человека. В последнее время возрос интерес к уникальному природному полисахариду – хитину и его производным, которые, не обладая токсичностью, эффективны в качестве пищевых добавок, лечебно-профилактических препаратов, сорбентов тяжелых металлов и радионуклидов [1].

В мировой практике накоплен опыт выделения хитина в промышленном масштабе из панцирьсодержащего сырья представителей морской фауны (крабов, моллюсков, креветок).

В настоящее время актуальной является проблема рационального использования природных ресурсов.

Одним из стабильных дешевых источников получения ХГК может быть мицелий плесневого гриба *Aspergillus niger* – отход производства лимонной кислоты. В биомассе *Aspergillus niger* содержится 20–22% ХГК. Использование данной биомассы, как источника ХГК имеет ряд преимуществ по сравнению с панцирями ракообразных:

- грибы обладают более высокой скоростью роста по сравнению с другими группами организмов, продуцирующими хитиновые соединения;
- использование дешевого непищевого сырья;
- полная контролируемость процесса;
- краткосрочность ферментации;
- практически полная безотходность.

В структуру грибов входят такие полисахариды (компоненты клеточной стенки) разветвленные глюканы, имеющие β -(1→3), β -(1→6)-связи, и хитин в составе ХГК. Свойства хитиновых комплексов позволяют использовать их в пищевой промышленности.

ХГК относится к пищевым волокнам и играет важную роль в функции толстой кишки человеческого организма, адсорбирует желчные кислоты и прочие метаболиты, токсины и электролиты, чем способствует детоксикации организма. В силу своих ионообменных свойств ХГК может выводить ионы тяжелых металлов и радионуклиды [2].

На основе ХГК высших грибов создан новый препарат, содержащий хитин, глюкан и меланин – «Микотон» для лечения ряда заболеваний, вызываемых бактериями и вирусами.

Основные направления практического применения хитина и его производных (в частности, хитозана), являются – биотехнология, медицина, пищевая, косметическая промышленность, сельское хозяйство и ветеринария. Наибольший интерес представляют растворимые формы ХГК, такие как хитозан и продукты гидролиза глюкана [3].

Специфичность к глюканам обладает фермент бета-глюканаза, она расщепляет некрахмальные полисахариды (НКП): гемиллюлозы и продукты расщепления целлюлозы, воздействуя на 3–4 β -гликозидные связи. Способна снизить вязкость суслу и улучшить качество готового продукта.

Бета-глюканы представляют собой полисахарид, состоящий из молекул глюкозы, соединенных вместе в длинные цепи, которые сложно усваиваются в организме человека.

Бета-глюканы способствуют укреплению здоровья, поскольку они действуют как пищевые волокна, что может помочь снизить высокий уровень холестерина в сыворотке крови и помочь создать закономерность путем объемного образования. Из-за этих важных преимуществ важно включать продукты с бета-глюканами в рацион, но не менее важно иметь достаточное количество фермента бета-глюканазы. Поскольку бета-глюканаза гидролизует эти глюканы, снижает вязкость и помогает оживить естественную перистальтику. Это усиливает пищеварительный процесс, увеличивая общую пищевую ценность пищи [4].

В связи с этим актуально исследовать действие бета-глюканазы на глюкановые цепи хитин-глюканового комплекса микробного происхождения.

Литература

1. Котляр М.Н. Метод выделения и модификации хитин-глюканового комплекса из биомассы *Aspergillus niger*: автореферат дис. ... канд. технич. наук : 03.00.23 / Казанский гос. технологич. ун-т. – Казань, 2001. – 19 с.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://processes.open-mechanics.com/articles/66.pdf>, своб.
3. Скрябин К.Г., Вихорева Г.А., Варламов В.П. Хитин и хитозан: получение, свойства и применение. – М.: Наука, 2002. – 360 с.
4. Крюков В.С. Популярно о кормовых ферментных препаратах // Ветеринарная газета. – 1996. – № 24(112).



Кулаипбекова Акерке Аскарровна

Год рождения: 1996

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
студент группы № Т4113

Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология

e-mail: ak04erke22@gmail.com



Принцева Анастасия Андреевна

Год рождения: 1988

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов

e-mail: djkr_yfcnz@mail.ru



Шарова Наталья Юрьевна

Год рождения: 1967

Университет ИТМО, факультет пищевой биотехнологии и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
д.т.н., профессор

e-mail: natalya_sharova1@mail.ru

УДК 661.746.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ БИОСИНТЕЗА ИНВЕРТАЗЫ ПРИ ФЕРМЕНТАЦИИ
ГИДРОЛИЗАТА ПОМОЛА ЗЕРНА РЖИ ШТАММОМ ASPERGILLUS NIGER Л-4**

Кулаипбекова А.А., Принцева А.А.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Шарова Н.Ю.

В работе рассмотрена способность штамма микромицета *Aspergillus niger* Л-4 – продуцента лимонной кислоты к синтезу фермента – инвертазы при культивировании на питательной среде, состоящей из гидролизата помола зерна ржи.

Ключевые слова: фермент, инвертаза, помол зерна ржи, биосинтез, лимонная кислота, *Aspergillus niger*.

В 1878 году Кюне придумал термин «фермент» от греческого слова «enzymas», который относится к заквашиванию хлеба дрожжами. Также ферменты могут быть получены из различных микроорганизмов. На Западе промышленное понимание ферментов вращается вокруг дрожжей и солода, где традиционная выпечка и пивоваренная промышленность стремительно расширялась. Довольно раннее развитие биохимии было сосредоточено на дрожжах, ферментации и процессах конверсии крахмала в сахар. Одним из таких ферментов, представляющих наш интерес, является «инвертаза» [1].

Инвертаза, также называемая – фруктофуранозидазой, расщепляющая сахарозу на глюкозу и фруктозу без образования фурфуролов, представляет собой гликопротеин с оптимальным рН 4,5 и стабильностью при 50°C. Он широко распространен в биосфере, особенно в растениях и микроорганизмах. Инвертаза в природе существует в разных изоформах. В дрожжах она присутствует либо в виде внеклеточной инвертазы, либо внутриклеточной инвертазы. В растениях есть три изоформы, каждая из которых отличается

биохимическими свойствами и субклеточными местоположениями. У людей фермент действует как иммунный источник, как антиоксидант, антисептик и в некоторых случаях полезен для лечения рака кости или рака желудка. Ферменты представляют собой сложные глобулярные белки, обнаруженные в живых клетках, и действуют как биокатализатор, способствующий метаболическим реакциям в теле организма. Этот фермент очень важен для пищевой промышленности, особенно в качестве каталитического агента для получения искусственного подсластителя. Кроме того, этот фермент обладает фруктозилтрансферазной активностью, что важно для синтеза короткоцепочечных фруктолигосахаридных соединений. Этот факт улучшает микрофлору кишечника и может предотвратить сердечно-сосудистые заболевания, рак толстой кишки и остеопороз [2].

Целью работы являлось исследование биосинтеза инвертазы при ферментации гидролизата помола зерна ржи штаммом микромицета *Aspergillus niger* Л-4. При использовании любого вида сырья наряду с оптимальным составом питательной среды и режимом ферментации эффективность производства определяется применяемым штаммом *Aspergillus niger*. По типу питания аспергиллы относятся к гетеротрофным организмам, усваивающим углерод из органических соединений. Объектом исследования являлся штамм микромицета *Aspergillus niger* Л-4 – продуцент лимонной кислоты [3].

Для исследований в качестве углеводного субстрата использовали помол зерна ржи. Рожь – одна из основных зерновых культур в России, по сбору зерна она занимает третье место после пшеницы и ячменя. Такое положение ржи обусловлено особыми почвенно-климатическими условиями страны, поскольку это самая холодостойкая злаковая культура, которая созревает на одну – две недели раньше остальных зерновых. Главная особенность зерна ржи – высокое содержание слизистых веществ, основную часть которых составляют пентозаны, а также более высокое общее содержание водорастворимых веществ (от 12 до 17% от общего количества), что определяет его качество и технологические свойства. Химический состав зерна ржи представлен в табл. 1. Содержание белка колеблется в пределах от 12 до 17%. Рожь содержит от 56 до 63% крахмала и также богата сахарами (от 4 до 8%), содержит от 1,5 до 2,5% слизистых веществ, образующих с водой вязкие растворы [4].

Таблица 1. Средний химический состав зерна ржи (в %)

Культура	Содержание, %		
	белка	жира	углеводов
Рожь	12,0–17,0	2,2	56,0–70,0

Для перевода углеводных компонентов помола зерна ржи в доступную для аспергиллы форму, а именно в моно- и дисахариды, проводили гидролиз ферментными препаратами целлюлолитического и амилолитического действий. Углеводный состав гидролизата определяли методом Зихерда–Блейера, уточненным Смирновым.

Состав гидролизата помола зерна ржи представлен в табл. 2.

Таблица 2. Состав гидролизата помола зерна ржи

Сырье	Содержание углеводов, %		
	глюкоза	мальтоза	декстрины
Гидролизат помола зерна ржи	5,35	52,04	42,61

Ферментацию проводили в условиях шейкера-инкубатора Multitron в колбах вместимостью 750 см³ при температуре 36°C – на стадии получения посевного мицелия, при 32°C – на стадии ферментации.

Инвертазную активность оценивали колориметрическим методом.

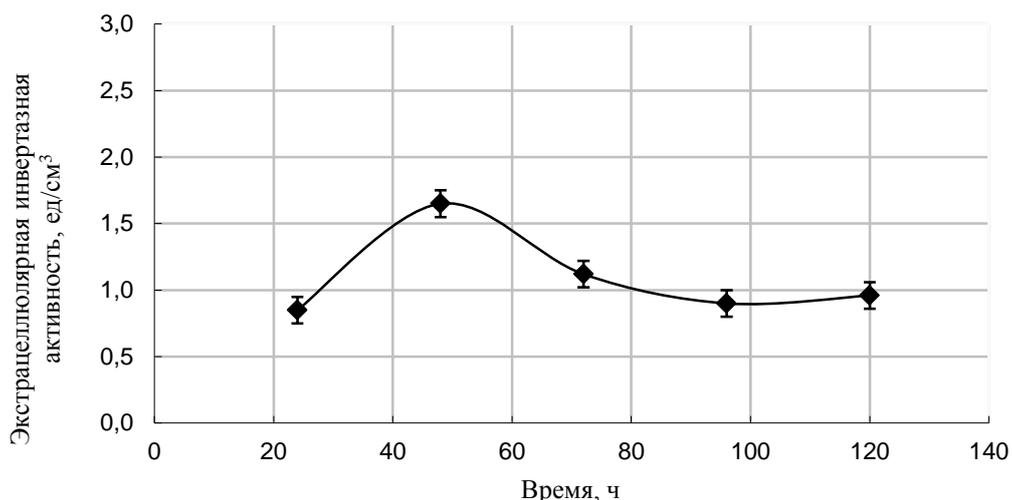


Рисунок. Динамика инвертазной активности при культивировании штамма *Aspergillus niger* Л-4 на гидролизате помола зерна ржи

На рисунке представлен график зависимости экстрацеллюлярной инвертазной активности штамма *Aspergillus niger* Л-4 от времени при культивировании на гидролизате помола зерна ржи.

Из графика видно, что максимальная активность фермента в нативном растворе достигается на вторые сутки процесса ферментации и составляет – 1,65 ед/см³. Далее активность снижается.

Вывод. Таким образом, полученные экспериментальные данные свидетельствуют о способности штамма *Aspergillus niger* Л-4 – продуцента лимонной кислоты синтезировать фермент – инвертазу при культивировании на гидролизате помола зерна ржи.

Литература

1. Mehta K., Duhan J.S. Production of Invertase from *Aspergillus Niger* using fruit peel waste as A Substrate// *Int J Pharm Bio Sci.* – 2014. – № 5(2). – P. 353–360.
2. Kulshrestha S., Tyagi P., Sindhi V., Yadavilli K.S. Invertase and its applications – A brief review [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/profile/Samarth_Kulshrestha4/publication/259139397_Invertase_and_its_applications_-_A_brief_review/links/5a77dc0ea6fdccbb3c098fda/Invertase-and-its-applications-A-brief-review.pdf, своб.
3. Промышленная микробиология и успехи генетической инженерии. Сборник / Пер. с англ. под ред. Г.К. Скрыбина. – М.: Мир, 1984. – 172 с.
4. Андреев Н.Р., Лукин Н.Д., Филиппова Н.И. Рожь – сырье для производства сахаристых и белковых продуктов // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* – 2008. – № 11. – С. 248–253.

**Кулишова Ксения Евгеньевна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевой биотехнологии и инженерии,
кафедра технологии производства пищевых микроингредиентов,
студент группы № Т4113Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнологияe-mail: ksusha-_[@list.ru](mailto:ksusha-@list.ru)

УДК 667.28:547.97

**МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ
КАРОТИНОИДОВ С ЦИКЛОДЕКСТРИНОМ****Кулишова К.Е.****Научный руководитель – к.хим.н., доцент Рудометова Н.В.**

В работе обозначена актуальность исследования методов получения комплексов каротиноидов с циклодекстрином с целью увеличения стабильности и придания растворимости в гидрофильных средах. Кратко рассмотрены классификация и свойства циклодекстринов, а также методы получения супрамолекулярных соединений каротиноидов с циклодекстрином, а также результаты данного взаимодействия.

Ключевые слова: каротиноиды, циклодекстрин, комплексы, пищевые красители, супрамолекулярная химия.

Цвет пищевых продуктов играет немаловажную роль в процессе их товародвижения и конкурентоспособности, поскольку потребитель традиционно связывает с цветом степень готовности продукта к употреблению, его вкусовые достоинства и другие показатели качества.

Красители – пищевые добавки, придающие, усиливающие или восстанавливающие окраску пищевого продукта. Вещества, улучшающие цвет пищевых продуктов, могут быть природного (растительного, животного, микробиологического), минерального или синтетического происхождения.

В ходе данной работы в качестве красителей предполагалось использование каротиноидов. Недостатком каротиноидов является их нестабильность и неспособность связываться с гидрофильной средой. Наиболее применимой альтернативой для повышения стабильности каротиноидов и обеспечения их включения в гидрофильную среду является метод микрокапсулирования, который обеспечивает физический барьер, защищающий пигмент. Метод заключается в использовании циклодекстринов, обладающих гидрофобным центром, который позволяет обеспечить физико-химическое взаимодействие с каротиноидами и образовать стабильные комплексы включения [1].

Циклодекстрины являются энзимо-модифицированными производными крахмала, которые широко используются в фармацевтической, пищевой и других отраслях промышленности. Различают три основных семейства циклодекстринов:

1. цикломальтогексоза (альфа-циклодекстрин);
2. цикломальтогепатоза (бета-циклодекстрин);
3. цикломальтооктаоза (гамма-циклодекстрин).

Считается, что форма молекул циклодекстрина близка к тору. На рисунке приведены структурные формулы циклодекстринов [2].

Улучшение светостойкости супрамолекулярных соединений индигокармина с β -циклодекстрином по сравнению с индигокармином было исследовано в работе [3]. Наибольшей эффективностью в улучшении данного свойства обладает жидкофазный способ – осаждение комплекса из раствора β -ЦД и индигокармина в дистиллированной воде. Также был исследован твердофазный способ – путем растирания смеси циклодекстрина с

индигокармином в ступке в течение нескольких часов и последующей сушкой. Применение жидкофазного способа повысило светостойкость супрамолекулярного комплекса в 3,5 раза. Использование твердофазного способа не повысило светостойкости комплекса в сравнении с контролем.

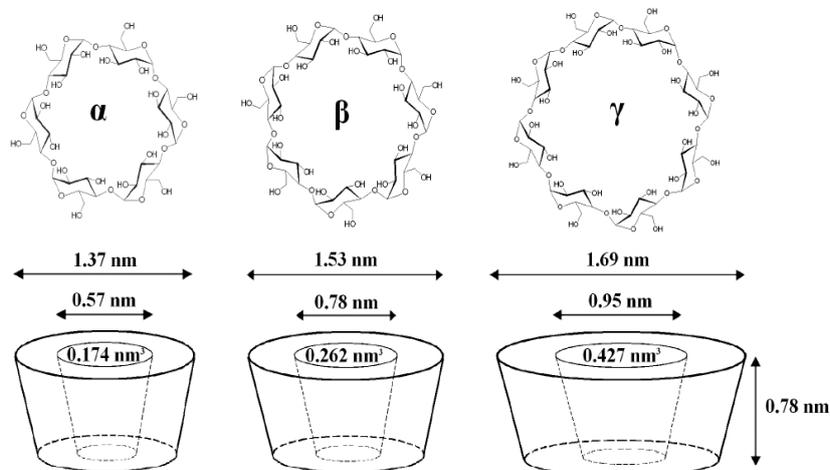


Рисунок. Структурные схемы циклодекстринов

В работе [4] был разработан оптимизированный метод смешивания для получения бинарных систем ликопена-циклодекстрина, приводящий к растворимости ликопина в воде и в 5% (мас./об.) растворе декстрозы. Количественное определение ликопена в подготовленных двоичных системах осуществляли с помощью разработанного спектрометрического метода, который применялся после одношаговой экстракции дихлорметаном. Характеристики стабильности при хранении бинарных систем изучались при 4°C в растворе и при -20°C в лиофилизированных продуктах. Результаты, полученные с помощью спектрометрического метода, были подтверждены методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. При 4°C стабильность при хранении в бинарных системах ликопен-циклодекстрин в воде или 5% водных растворах декстрозы была ограничена ($t_{1/2}$ = 1–4 дня). Добавление антиоксидантного метабисульфита натрия повысило стабильность бинарной системы ликопена-HP-β-CD в воде. При -20°C лиофилизированные ликопен-циклодекстриновые бинарные системы были стабильными в течение по меньшей мере двух недель.

В результате проведенного исследования можно сделать вывод о том, что создание супрамолекулярных комплексов каротиноидов с циклодекстрином позволяет улучшить растворимость в воде, увеличить срок хранения каротиноидов, увеличить стабильность данных соединений, что обуславливает актуальность и перспективность данных исследований [5].

Литература

1. Nunes L.I., Mercadante A.Z. Encapsulation of lycopene using spray-drying and molecular inclusion processes // Brazilian archives of biology and technology. – 2007. – № 5. – P. 893–900.
2. Лапшова М.С., Дейнека В.И., Дейнека Л.А., Тихова А.А. Получение и свойства комплексов включения диэфиров лютеина с β-циклодекстрином // Научные ведомости. Серия Медицина. Фармация. – 2011. – № 22. – С. 193–197.
3. Рудометова Н.В., Никифорова Т.А. Получение супрамолекулярных комплексов индигокармина с бета-циклодекстрином // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2016. № 3. – С. 13–16.
4. Vertzoni M., Kartezini T., Reppas C., Archontaki H., Valsami G. Solubilization and quantification of lycopene in aqueous media in the form of cyclodextrin binary systems // International Journal of Pharmaceutics. – 2006. – № 1-2. – P. 115–122.
5. Zheng-Yu Jin. Cyclodextrin Chemistry: Preparation and Application. – World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2013. – 290 p.

**Сурымбаева Малика Копбосыновна**

Год рождения: 1995

Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
студент группы № Т4113

Направление подготовки: 19.04.01 – Биотехнология

e-mail: surumbaeva.malika@mail.ru

**Горбатовская Нина Александровна**

Год рождения: 1943

Университет ИТМО, факультет технологии производства пищевых
продуктов и биотехнология, к.т.н., профессор

Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати

e-mail: gna.06@mail.ru

**Шарова Наталья Юрьевна**

Год рождения: 1967

Университет ИТМО, факультет пищевой биотехнологии и инженерии,
кафедра технологий производства пищевых микроингредиентов,
д.т.н., профессор

e-mail: natalya_sharova1@mail.ru

УДК 664.856**БИОТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЕ КИСЕЛЯ НА МОЛОЧНОЙ ОСНОВЕ****Сурымбаева М.К., Горбатовская Н.А.****Научный руководитель – д.т.н., профессор Шарова Н.Ю.**

В работе рассмотрен вопрос производства киселей на молочной основе. Приводятся результаты исследований по обогащению киселя на молочной основе витаминами, минеральными веществами и пробиотиками. Разработана рецептура, технологические режимы получения молочных киселей из коровьего и козьего молока с внесением ягодной основы и заменителем сахара. Исследованы органолептические, физико-химические показатели качества молочных киселей. Изучена пищевая ценность молочных киселей.

Ключевые слова: биотехнология, кисель, пребиотики, пробиотики, технология, рецептура.

Постановка экспериментальных исследований, их анализ были проведены в научно-исследовательской лаборатории инженерного профиля «Наноинженерные методы исследований» им. А.С. Ахметовой под руководством Горбатовской Н.А., к.т.н., профессор.

Проблема сохранения здоровья человека зависит от степени обеспеченности организма энергией и целым рядом пищевых веществ. К сожалению, следует отметить, что пищевой рацион современного общества далек от совершенства, так как включает все меньше натуральных и все больше рафинированных продуктов. Правильное питание обеспечивает оптимальный рост и развитие человеческого организма, поэтому важное место в питании общества отводится продуктам на молочной основе, получившим в последние годы широкое распространение в нашей стране и за рубежом. Повышение биологической ценности, выбор эффективных вариантов обогащения, расширение линейки ассортимента молочной

продукции является актуальным. Таким образом, перспективным направлением является разработка технологии полезных продуктов на основе молочного сырья с натуральными добавками, предназначенных для систематического употребления [1, 2].

Кисели на молочной основе очень ценны, так как в них содержатся все составные части молока, различные ароматические и экстрактивные вещества. При их производстве используются натуральные продукты растительного и молочного сырья. Кисель считается традиционным напитком русской национальной кухни. Благодаря обволакивающему действию физиологически активных компонентов не раздражается слизистая оболочка и проявляется максимальный терапевтический эффект [3].

Целью данной работы являлось проведение исследований и разработка рецептуры молочного киселя с добавлением натуральных компонентов.

В качестве исследуемого продукта было взято питьевое коровье молоко по массовой доле жира – 3,2%, козье молоко – 4,5%, а также были рассмотрены свойства таких ингредиентов как кукурузный крахмал, фруктоза и ягода, комплекс бактерий нормобакт. Данное молочное сырье, не вызывая аллергических реакций, полностью усваивается в организме, так как состав козьего молока наиболее приближен к составу женского молока. Козье молоко по химическому составу и некоторым свойствам сходно с коровьим молоком. Жировые шарики в нем мельче по сравнению с коровьим молоком, что способствует лучшему усвоению жира организмом.

Экспериментально было установлено, что оптимальное внесение кукурузного крахмала по отношению к молоку составляет для коровьего молока 5%, а для козьего молока 4%. При соблюдении такого оптимального соотношения образуется жидкость с необходимыми для киселя вязкостными свойствами. Для улучшения органолептических и вкусоароматических характеристик готового продукта также добавлена фруктоза, в количестве по соотношению к молоку 2%. Преимуществом использования фруктозы, является ее экономичность, а также оно является натуральным аналогом сахарозаменителя.

Учитывая вышеизложенные данные, в качестве дополнительного компонента использовалось ягодное сырье, которое позволило изменить органолептические показатели, а также повысить пищевую ценность готового продукта. Таким образом, в разработке рецептуры киселя использовали малину и облепиху местного происхождения, являющуюся недорогим сырьем. По результатам исследований было установлено, что качества всего вида выбранного для исследования сырья соответствует требованиям стандарта и может использоваться в обогащении молочного киселя [4].

Были составлены рецептуры киселя из коровьего, козьего молока, исследованы органолептические показатели качества. Отмечено, что внесение ягоды не отразилось на качестве молочного продукта. Образование незначительного количества слежавшихся комочков при внесении 5, 10, 15% ягодных добавок является нормой, регламентируемой «ГОСТ 18488-2000 Концентраты пищевых сладких блюд». В таблице приведена рецептура концентрата киселя на молочной основе.

Таблица. Рецептура киселя на молочной основе с внесением ягоды

Наименование сырья	Количество вносимого сырья, г			
	контрольный показатель	вносимый концентрат ягоды, %		
		5	10	15
Рецептура №1 Кисель на козьем молоке с внесением ягодного концентрата				
Молоко	187	177	167	157
Кукурузный крахмал	8	8	8	8
Ягода	–	10	20	30

Наименование сырья	Количество вносимого сырья, г			
	контрольный показатель	вносимый концентрат ягоды, %		
		5	10	15
Фруктоза	5	5	5	5
Рецептура №2 Кисель на коровьем молоке с внесением ягодного концентрата				
Молоко	185	175	165	155
Кукурузный крахмал	10	10	10	10
Ягода	–	10	20	30
Фруктоза	5	5	5	5

В ходе исследования авторам показалась актуальной разработка молочного продукта, обогащенного пробиотиками, но не являющегося кисломолочным продуктом. В качестве пробиотической добавки в данной работе использовали комплекс бактерий нормобакт, состоящий из лиофилизированных штаммов ацидофильных бактерий и бифидобактерий в соотношении 1:1. Пробиотики вносились при розливе молочного киселя в тару, этот метод исключил кисломолочное брожение, вместе с тем данный продукт обладает схожими с кисломолочными продуктами полезными свойствами.

Схема приготовления молочного киселя было разработана на основе исследовательских литературных данных: нагревание молока до 90°C → добавление фруктозы → смешивание с суспензией крахмала → нагревание в течение 8–10 мин → охлаждение от 40 до 45°C → добавление ягодного компонента 20 г → охлаждение от 12 до 14°C → добавление пробиотиков → розлив готового продукта в тару.

Молочный продукт, полученный согласно рецептурам 1, 2 представляет собой однородную жидкость, без хлопьев белка и взбившихся комочков жира. Вкус и запах – чистый, в меру сладкий, с привкусом и запахом кипяченого коровьего, козьего молока и добавленных компонентов. Цвет – розовый с малиновым оттенком, равномерный по всей массе. Продукт соответствует медико-биологическим требованиям, предъявляемым к продуктам питания для детей и взрослым.

В результате исследований проведены расчеты пищевой ценности выбранных концентратов киселей, было определено наличие всех необходимых для полноценного усвоения и внутреннего баланса организма питательных веществ, особенно таких, как витамины и минеральные вещества.

Выводы:

- определены особенности и качество молока различных животных (коровье, козье). Удостоверились в полезности коровьего молока, в нем содержится казеин (2,8%), молочный сахар (4,7%), витамин В12 (13,3%), кальций (12%), фосфор (11,3%). А козье молоко богато витаминами А, С, В1, В2, В6, В12 и кальцием (14,3%), минералами, такими как фосфор (11,1%), количество казеина составляло 3,3%;
- изучены физические и химические показатели качества выбранного сырья. Для придания киселям гелиевой консистенции был использован кукурузный крахмал, из-за отсутствия глютена он придает готовому продукту легкую и нежную консистенцию;
- разработана технология приготовления молочного киселя с добавлением растительного компонента на основе коровьего и козьего молока. Оптимальное соотношение кукурузного крахмала для коровьего молока составляет 5% и 4% для козьего молока. В коровьем молоке содержание сухого вещества в рационе составляет 15,5%, а в козьем молоке – 19%;

- добавлением ягодного компонента, бифидобактерии и сахарозаменителя-фруктозы были составлены рецептуры и технология приготовления молочного киселя из разного вида молока;
- изучены органолептические, физико-химические показатели качества киселя, полученного на основе коровьего и козьего молока. Во время введения ягодного компонента не наблюдалось негативное влияние на качество молочных продуктов. Наблюдалось разжижение консистенции и увеличение кислотности молочного киселя при внесении 20% ягодной добавки, а внесение 10% концентрата малины и облепихи не повлияло на состояние консистенции;
- была достигнута совместимость вкусовых качеств и консистенции при внесении оптимального количества ягодного компонента – 10% и фруктозы – 2,5%;
- был установлен срок хранения готового продукта при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$ – 48 ч.

Новый продукт имеет конкурентное преимущество относительно продукции, выпускаемой сегодня пищевыми промышленностями, особенно с учетом того, что кисели на молочной основе (с добавлением растительного компонента и сахарозаменителя фруктозы) обладают высокими показателями качества, пищевой, биологической ценностью и функциональной направленностью. Они отличаются повышенным составом белка, витаминов, пищевых волокон, что обеспечивает высокую ценность этого продукта. Кисель на молочной основе с добавлением растительного компонента рекомендован для общественного питания детей, людей пожилого возраста, беременных и кормящих женщин, а также для людей, активно занимающихся спортом.

Литература

1. Артюхова С.И., Заика Н.А. Кисломолочный десерт для функционального питания // Молочная промышленность. – 2004. – № 6. – С. 56–57.
2. Остроумов Л.А., Попов А.М. и др. Функциональные продукты на основе молока и его производных // Молочная промышленность. – 2003. – № 9. – С. 21–22.
3. Климова Е.В., Жиманова Ю.А., Пряжникова Ю.С. Теоретические аспекты применения биотехнологических приемов для создания продуктов функциональной направленности // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2010. – № 2. – С. 38–42.
4. О безопасности молока и молочной продукции. Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 033/2013) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org>, своб.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Леметти Е.Л., Давлатова С.О. Влияние структурных особенностей проката на хрупкое разрушение	4
Ларионова С.Ю., Макеева Ю.К. Фрактографические исследования разрушения наполненного поликарбоната	8
Перегудов А.А., Ганеева А.И. Влияние термической обработки на структуру и свойства стали 45ХН2МФА.....	12
Перегудов А.А., Иголкина Е.В. Оценка вязкости разрушения стали 38ХМА.....	16
Смирнова Ю.А., Минкевич Д.А. Влияние термической обработки на сопротивление деформации пружинной стали.....	19
Цыганков А.В., Лысёв В.И., Шилин А.С. Критерии качества оптимизации систем жизнеобеспечения.....	22
Бухряков Н.В. Анализ рисков при эксплуатации станции регазификации сжиженного природного газа.....	26
Власова Д.Б. Ожигитель природного газа, работающий по циклу среднего давления.....	30
Евсенкова А.О. Система инертного газа на заводе «Балтийский СПГ».....	33
Карелина Н.А. Твердотельные охладители на магнито- и электрокалорическом эффекте	36
Козырь Д.Е. Оценка рентабельности извлечения высококипящих компонентов при крупнотоннажном производстве СПГ	38
Лисовцов А.О., Зайцев А.В. Анализ зависимости критериев оптимальности ожигителя природного газа от режимных параметров	40
Маковеева А.С. Уточненный поверочный расчет многоступенчатого газового компрессора с линейным приводом.....	45
Мороз А.Е. Разработка методики расчета адсорберов криогенного блока очистки гелия от высококипящих примесей.....	49
Санавбаров Р.И., Зайцев А.В. Определение режимных параметров ожигителя природного газа малой производительности	51
Титов Г.Н., Замарашкина В.Н. Применение холода регазификации сжиженного природного газа для повышения эффективности отдельных узлов воздухоразделительной установки	56
Чайка И.А., Зайцев А.В. Моделирование процессов при аварийном истечении сжиженного природного газа из отверстий и трубопроводов	59
Шерматова Ф.М. Основные неплотности ступени поршневого компрессора	61
Абайдулдаева А.А. Управление процессом дозирования многокомпонентных смесей в условиях неопределенности состава и свойств ингредиентов.....	63
Богданов П.А. Робастное управление температурой газовой среды в хранилищах продукции растительного происхождения.....	65
Жарылкапова Ж.А., Смаилова А.Е. Расчет теплового режима исследуемых печатных плат	68
Клюквин К.А. Мониторинг температуры электронного прибора на основе параметрической идентификации дифференциально-разностной модели теплопереноса....	71
Кораблев В.А., Тилеубай Н.С. Определение внутренних тепловых сопротивлений силового полупроводникового прибора	75
Петров М.М. Комплексный подход к оценке качества регулирования технологических параметров при производстве хлебобулочных изделий	79
Пилипенко Н.В., Утемжарова Н.Т., Ауесханова С.М. Энергосбережение коттеджей в условиях казахстана.....	82
Полторацкий М.И. Единое неаналитическое уравнение состояния хладагента R236EA	85

Томсон К.Ю. Декомпозиция процесса переработки отходов производства рыбной продукции и выбор приоритетов задач автоматизации и управления	89
Кузнецов П.А. Аккумуляция холода.....	92
Петров Е.Т., Паршин В. Особенности оптимального управления компрессорно-конденсаторным агрегатом при переменных условиях эксплуатации	95
Салман С.А. Формализация информации о климате для г. Багдада	98
Тазитдинов Р.Р., Круглов А.А., Юнусов М. Обзор способов расчета процесса замораживания капли в вакууме	101
Филатов А.С. Сравнение и анализ теплофизических свойств холодильного агента – изобутан (R600A)	105
Шакиров Я.А., Сидоренков П.М. Компьютерное моделирование процессов функционирования системы кондиционирования воздуха	109
Копылова Т.А., Сучкова Е.П. Разработка состава и технологии обогащенного десерта на основе молочной сыворотки	113
Курганова Е.В. Подбор заквасочной микрофлоры для низкожирного ферментированного замороженного щербета.....	116
Муста Оглы Н. Исследование активности фитазы – дополнительного метаболита микробного синтеза лимонной кислоты.....	121
Пак В.И., Сучкова Е.П. Напиток на основе молочной сыворотки с зерновым компонентом.....	124
Фомина А.В., Сучкова Е.П. Разработка состава и технология кисломолочного продукта с растительными наполнителями.....	127
Шалкарова А.К. Получение молочной кислоты при ферментации соевой мелассы.....	131
Мамедов Э.Р., Солодченко Е.Г., Федоров А.В. Особенности помутнений, факторы и условия их образования в ликероводочных напитках	133
Харба Р., Иванова В.А. Экономический коэффициент и его взаимосвязь с параметрами культивирования дрожжей <i>Saccharomyces cerevisiae</i> в простой периодической культуре	136
Аксенова О.И., Кривоустов В.В. Экструзия закусовых продуктов: от традиционных рецептов к биологически полноценным расширенным снекам	139
Денисов А.А., Верболоз Е.И. Теоретическое исследование по созданию оборудования для сепарации сыпучих пищевых продуктов посредством лазерного сортировщика	142
Кулишов Б.А. Особенности экспериментального исследования электроконтактной выпечки	145
Темершин Д.Д. Экспериментальное исследование реологических характеристик солодовых суспензий в технологии пивных производств	148
Шуваев Е.В., Темершин Д.Д. Анализ состояния пивоваренной промышленности и пути повышения рентабельности мини-пивоварен	150
Артамонов П.Е., Ульянов Н.Б. Особенности системы управления вторичными материальными ресурсами на основе принципа промышленного симбиоза на территории субъекта Российской Федерации	152
Булочникова Т.А., Сергиенко О.И. Разработка процедуры анализа несоответствий, выявленных по результатам экологического аудита.....	154
Грецова М.А., Сергиенко О.И. Оценка экологического жизненного цикла упаковочных материалов из вторичных ресурсов	157
Громова К.А., Юльметова Р.Ф. Эколого-экономическая оценка применения принципов обратной логистики на предприятиях	160
Денисенкова А.Д. Применение наилучшей доступной технологии при реконструкции очистных сооружений города Зеленогорска	163

Дикарева О.А., Ульянов Н.Б. Сравнительный анализ существующих методов утилизации твердых коммунальных отходов России и Германии	167
Добрынина В.К., Павлова А.С. Применение метода переходной инженерии для повышения энергетической эффективности компании	170
Едигарева А.В., Юльметова Р.Ф. Роль экологического образования в реализации концепции устойчивого развития.....	173
Завьялова В.В., Динкелакер Н.В. Исследование воздействия промышленных объектов на компоненты прибрежно-водных экосистем южного побережья Невской губы	176
Зуева Е.Н., Павлова А.С. Анализ современных технологий водоподготовки для производства безалкогольных напитков	179
Карпова Е.С., Лымарь П.И., Бартенева Т.С., Сергиенко О.И. Полигон твердых бытовых отходов ООО «Новый Свет – ЭКО»	183
Карпова Е.С. Особенности вывоза отходов в Санкт-Петербурге	186
Карпова Е.С. Новые подходы в использовании отходов сельского хозяйства в энергетике	189
Лымарь П.И., Юльметова Р.Ф., Рахманов Ю.А. Эффективность очистки сточных вод лакокрасочных предприятий.....	192
Мнускина О.Р., Вартминская А.О. Оценка ресурсной эффективности переработки вторичных рыбных ресурсов	196
Назарова А.В., Сергиенко О.И. Современные подходы к установлению нормативов запаха в атмосферном воздухе	200
Панова А.С., Рахманов Ю.А. Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности с получением биогаза	204
Разумова Д.В., Рахманов Ю.А. Энергетическая утилизация нефтесодержащих отходов производства	208
Рахманов Ю.А., Рожкова К.В. Энергоэффективная энергетика с применением биогаза.....	211
Сатторова Н.А. Влияние нефтедобывающих предприятий на состояние компонентов природной среды.....	214
Сахнова А.А., Дидиков А.Е. Применение интегрированных систем менеджмента для повышения эффективности экологической деятельности предприятия	217
Сахнова А.А., Рахманов Ю.А. Энергетическая эффективность биологической очистки сточных вод пивоваренных заводов	222
Семьина Г.А. Исследование путей оптимизации пищевых свойств и технологий экоконтроля продукции из лесных пищевых ресурсов.....	225
Серова В.В. Защита источника водоснабжения для производства безалкогольных напитков.....	228
Соболева П.В., Никитенко П.С., Сергиенко О.И. Проведение экспресс-оценки эффективности системы экологического менеджмента предприятия в рамках международной интенсивной недели, посвященной вопросам ресурсной эффективности и энергетического менеджмента	232
Соболева П.В., Рахманов Ю.А. Повышение энерго- и ресурсоэффективности в строительном секторе за счет разработки нормативных требований и внедрения энергосберегающих технологий.....	235
Соколовская К.В., Дидиков А.Е. Роль информационных технологий в деятельности предприятий нефтегазовой отрасли промышленности	239
Солодченко Е.Г., Мамедов Э.Р., Ишевский А.Л. Анализ рынка натуральных пищевых красителей на основе антоцианов.....	243
Сундрякова Е.А., Павлова А.С. Анализ значимых экологических аспектов деятельности организаций общественного питания	247

Терещенко О.В. Анализ эффективности природоохранных мероприятий на ЗАО «Окуловский бумажник»	251
Трохов Е.С., Павлова А.С. Бережливое производство как система повышения эффективности бизнеса предприятий	254
Хмара Е.П., Юльметова Р.Ф. Ресурсосберегающие технологии в сфере обращения с отходами в отрасли авиаперевозок.....	257
Шарипова С.С., Рахманов Ю.А. Исследование возможностей повышения энергетической эффективности парогазовых установок	260
Щеглова А.Е., Динкелакер Н.В. Содержание тяжелых металлов в компонентах нарушенных экосистем, находящихся под влиянием полигона отходов.....	263
Алиев Ф.А., Иванова М.В., Струговцова В.В., Гунькова П.И. Использование бактериальных культур в технологии мясных паштетов.....	267
Богомоллов С.В., Рипачева А.Е., Гунькова П.И. Влияние биозащитных бактериальных культур на показатели микробиологической безопасности вареной колбасы	270
Кудинов Р.Е. Влияние способов сушки на физико-химические свойства корня петрушки.....	273
Курилович А.А. Сравнительная характеристика мясных полуфабрикатов в общественном питании.....	276
Моисеенко Я.В. Разработка технологии мясных пудингов для спортивного питания	278
Наумова А.В., Иванов Н.Е., Бахромов А.Б., Малашенко А.А., Куприна Е.Э. Использование полисахаридов с антимикробными свойствами в качестве пленок для защиты пищевых продуктов	281
Олейникова Е.В. Использование молочной сыворотки в рецептурах маринадов	285
Попов М.Я., Хритоненко М.В. Жиродерживающие свойства биологически активных добавок на основе хитинсодержащих материалов	288
Смагина О.С., Кременевская М.И. Динамика накопления пигментов пластид в листьях брусники в республике Башкортостан	291
Яккола А.Н., Куприна Е.Э. Электрохимическая технология получения биологических активных веществ из хрящекостных отходов от разделки лососевых рыб	294
Абдикамалова Н.Б., Муста Оглы Н. Исследование ферментативной активности фитазы, синтезируемой штаммом <i>aspergillus niger</i> В-3	298
Голикова О.О. Исследование сорбции синтетических красителей из пищевых матриц.....	301
Оскимбекова Г.Е., Муста Оглы Н. Исследование активности фитазы, синтезируемой <i>Aspergillus niger</i> L-4	304
Калыбекова Ж.М., Принцева А.А. Исследование действия бета-глюканазы на глюкановые цепи хитин-глюканового комплекса микробного происхождения	306
Кулаиббекова А.А., Принцева А.А. Исследование биосинтеза инвертазы при ферментации гидролизата помола зерна ржи штаммом <i>Aspergillus niger</i> Л-4	309
Кулишова К.Е. Методы получения супрамолекулярных комплексов каротиноидов с циклодекстрином.....	312
Сурымбаева М.К., Горбатовская Н.А. Биотехнология получение киселя на молочной основе	314

**АЛЬМАНАХ НАУЧНЫХ РАБОТ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО
Том 4**

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Дизайн обложки

Н.А. Потехина

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Редактор

Л.Н. Точилина

Подписано к печати 19.11.2018

Заказ № 4144

Тираж 100 экз.