

## АННОТАЦИЯ

диссертации, представленной на соискание ученой степени доктора(PhD)  
по специальности 6D071700 – Теплоэнергетика

ТЕМИРБЕКОВОЙ МАРЖАН НУРАЛАНОВНЫ

Энергоэффективная генерация моторных и энергетических топлив на  
основе переработки органических компонентов ТБО в условиях предприятия  
АО «Тартып»

Управление твердыми бытовыми отходами и их удаление считается одной из основных серьезных проблем, стоящих перед городскими сообществами во всем мире. В мире в настоящее время разработаны множество различных технологий переработки твердых бытовых отходов, однако во многих странах, в том числе в Казахстане захоронение отходов, несмотря на все значительные негативные экологические, медицинские и экономические последствия, связанные с этим методом, является наиболее часто используемым методом.

Эффективное обращение с твердыми отходами предполагает применение различных подходов, технологий и концепций их обработки в том числе методы обработки типа: ферментация, этанольная ферментация. При таких технологиях твердые бытовые отходы могут быть источником энергии. Анализ показал, что для состава органической фракции твердых бытовых отходов АО «Тартып» вполне приемлем метод гидротермальной обработки с подбором соответствующих соотношений биохимических ферментов и других соединений.

На сегодняшний день в Республике Казахстан весьма остро стоит энергетическая проблема. Теплоснабжение крупномасштабных и средних производственных объектов, и жилого сектора может осуществляться от мелких котельных, которые работают на привозном топливе, доставка которых требует огромных экономических и энергетических затрат. В сельском хозяйстве проблема нарастает с дефицитом энергетических мощностей, а также недостаточным уровнем централизации электроснабжения. Необходимость энергосбережения и уменьшения загрязнения окружающей среды заставляет более оптимально использовать известные традиционные энергоресурсы, а также оправдывает поиск различных альтернативных, а именно возобновляемых и дешевых источников энергии. Поднимаются вопросы сбережения материалов и топливно- энергетических ресурсов, охраны окружающей атмосферы приобретают огромное значение. Плюсы нетрадиционных возобновляемых источников заключены в том, что они могут быть неисчерпаемыми, а также экологически приемлемыми. Современные технологии очистки городских сточных вод в основном связываются с потреблением немалых объемов электрической и тепловой энергии. В условиях

кризиса энергетического баланса стоит проблема уменьшения данных энергетических затрат за счет замещения их нетрадиционными источниками энергии. В 1970-х гг. с началом кризиса в нефтяной промышленности альтернативные виды топлива стали предметом всевозможных исследований и разработок. Было представлено разнообразное количество предположений касательно целесообразности использования более приемлемых видов топлива, которые можно найти в каждой точке мира. Метил и этанол, сжатый природный газ, сжиженный нефтяной газ, природный газ, растительные масла, бензин и дизельное топливо рассматриваются в качестве альтернативных видов топлива. Основным методом утилизации отходов в нашей стране до сих пор остается захоронение на полигоне. К главным недостаткам метода захоронения твердых бытовых отходов на полигонах можно отнести: долгосрочное негативное локальное влияние на экологию окружающей среды, а также состояние и здоровья населения; высокие показатели эмиссии в атмосферу парникового газа – диоксида углерода, а также особенно высоко канцерогенного парникового газа – метана, который в свою очередь необходимо использовать как сырье для преобразования в энергию; отчуждение больших территорий под полигоны, которые в вследствие отсутствия изолирования распространяют загрязнения на все большие площади; распад и деградация органического вещества, которое в дальнейшем может быть использовано для улучшения качества почв.

Большой прирост объема твердых бытовых отходов в развитых и крупных городах развивающихся стран и стран с переходной экономикой приводит к росту беспокойности общественности с возникающими проблемами и последствиями для здоровья человека и окружающей среды. Под эффективным обращением с органическими компонентами твердых отходов предполагается применение разнообразных подходов, технологий и концепций обработки для обеспечения охраны здоровья населения города и сохранения окружающей среды. Повышенное внимание привлекают альтернативные методы, такие как предварительная обработка органических компонентов твердых бытовых отходов, этанольная ферментация спиртовыми дрожжами и анаэробное сбраживание. Следовательно, данную жидкость можно применять на тепловых и электрических установках в качестве основного или дополнительного топлива. Таким образом, твердые бытовые отходы могут быть жизнеспособным источником энергии и топлива, а не источником загрязнения, если они должным образом используются. В Республике Казахстан 72% электроэнергии вырабатывается из угля, 12,1% – можно отнести на гидроресурсы, 10,7% – газ и 4,9% – из нефти. В современном мире большой интерес вызывает производство этанола из обильных и дешевых отходов, например, сельскохозяйственных отходов, твердых бытовых и пищевых отходов. Органические твердые бытовые отходы среди этих недорогих субстратов являются обильным сырьем с нулевой стоимостью, а также в связи с чрезмерной концентрацией населения в городах,

появления больших мегаполисов, ситуация с отходами ухудшается. На сегодняшний день около 70% твердых бытовых отходов отправляются на полигоны или неконтролируемые свалки, которые зачастую загрязняют поверхностные воды, грунтовые воды, почву и происходит выделение парниковых газов. Необходимо отметить, что на состав и морфологию органических твердых бытовых отходов влияют различные факторы, в том числе культуру, местоположение, условия окружающей среды и климат, а также уровень экономики и развития данного общества. Каждый год твердые бытовые отходы, которые образуются в развивающихся странах, содержат 40-88% пищевых отходов. Органическая фракция отходов состоит из крахмала, лигноцеллюлозы, липидов. Крахмал и лигноцеллюлозы обладают большим потенциалом превращения в этанол, тогда как другие липиды не могут быть превращены в этанол без предварительных обработок, однако данные биоразлагаемые компоненты могут быть превращены в биогаз путем анаэробного сбраживания. Предварительная обработка предполагает повышение биодоступности лигноцеллюлозы, с помощью фермента целлюлазы. Гидротермальная предварительная обработка уменьшает образование ингибиторов ферментации, которые образуются в результате распада и деградации сахара. Предварительная обработка является экологически чистым процессом, так как не используются какие-либо химические вещества, посредством данной обработки уменьшается образование гемицеллюлозы и улучшается доступность фермента для целлюлозы.

**Объект исследования:** органическая фракция твердых бытовых отходов АО «Тэртип»

**Целью работы является:**

-разработка оптимальных режимов гидротермальной переработки органических компонентов твердых бытовых предприятия АО «Тэртип» с использованием различных ферментов и других соединений;

-определение концентраций этих добавок, при которых будет достигнуто получение различных соединений, пригодных для использования либо в качестве топлива, либо в виде добавок к топливу;

**Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:**

-анализ современных видов переработки органической фракции твердых бытовых отходов и поиск технологии приемлемой для условий полигона АО «Тэртип», также концепций экологической инженерии;

-создание модельных фракций для развития процессов гидротермальной обработки, ферментации и этанольного брожения, использование естественной органической фракции твердых бытовых отходов;

-разработка методики получения этанола из органической фракции твердых бытовых отходов с использованием комплекса ферментов для

гидролиза, предварительной обработки и этанольной ферментации для условий полигона АО «Тэртип»;

-построение математической и имитационной моделей с использованием программного обеспечения Anylogic для различных сценариев протекания процессов ферментации и гидролиза для органической части ТБО АО «Тэртип»;

-определение теплотехнических показателей этанола, получаемой из твердых бытовых отходов полигона АО «Тэртип», по разработанной технологии при различных параметрах процесса.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач использовались экспериментальные методы исследования процессов анаэробной ферментации органической фракции твердых бытовых отходов. Качественный эксперимент включает в себя следующие основные этапы: предварительная гидротермальная обработка, ферментативный гидролиз такими ферментами как: амилаза, глюкавамарин, амилосубтилин, целлюлаза), этанольное брожение (с использованием спиртовых дрожжей) жидкой фракции отходов. Метод применения мембранных технологий комбинированной водоподготовительной установки для очистки воды для гидротермальной предобработки. Определение удельной теплоты сгорания на калориметрической установке, основной частью которой является калориметрическая самоуплотняющаяся бомба типа В-08 МА ПУ1.470 000, состоящая из собственного калориметра и регистратора. Метод заключается в полном сжигании массы испытуемого жидкого топлива в калориметрической бомбе в среде сжатого кислорода, насыщенного водяным паром, без герметизации, в измерении количества теплоты, выделяющейся при сгорании топлива и вспомогательных веществ, а также при образовании водных растворов азотной и серной кислот в условиях испытания, и вычисление удельной теплоты сгорания топлива. Математическое и имитационное моделирование выполнялось посредством использования программного продукта AnyLogic.

#### **Научная новизна диссертационной работы:**

-разработана технология переработки органической фракции твердых бытовых отходов полигона АО «Тэртип» с определением:

-оптимальных температур предварительной гидротермальной обработки для улучшения ферментативной усвояемости лигноцеллюлозных фракций;

-оптимального набора ферментов (амилосубтилин, глюкавамарин, целлюлаза, амилаза) для активации процесса гидролиза и дальнейшей этанольной ферментации, которая значительно энергоэффективнее;

-получен этанольный состав продукта переработки по разработанной технологии при различных соотношениях ферментов и других соединений, пригодный для использования в виде добавок или в виде топлива;

использована технология перевода полученного этанола в кристаллическую структуру (спиртовые таблетки);

определены теплотехнические показатели полученного этанольного топлива.

**Практическая значимость работы** состоит в разработке и получении:

- генерации энергоэффективного топлива из твердых бытовых отходов;
- имитационного моделирования процессов анаэробной ферментации;

Полученные экспериментальные данные по использованию органической части твердых бытовых отходов позволяют сделать вывод, что данный вид сырья является конкурентоспособным наряду с традиционными источниками энергии.

**Достоверность работы.** Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием хроматографа, калориметра, а также полученные результаты математического моделирования и экспериментов согласовываются с результатами других авторов.

**Положения, выносимые на защиту:**

- Проанализированы современные виды переработки органической фракции твердых бытовых отходов и поиск технологии приемлемой для условий полигона АО «Тэртип», а также концепции экологической инженерии;

- созданы модельные фракции для развития процессов гидротермальной обработки, ферментации и этанольного брожения, использование естественной органической фракции твердых бытовых отходов;

- разработана методика получения этанола из органической фракции твердых бытовых отходов с использованием комплекса ферментов для гидролиза, предварительной обработки и этанольной ферментации для условий полигона АО «Тэртип»;

- построена математическая и имитационная модель с использованием программного обеспечения Anylogic для различных сценариев протекания процессов ферментации и гидролиза для органической части ТБО АО «Тэртип»;

- определены теплотехнические показатели этанола, получаемой из твердых бытовых отходов полигона АО «Тэртип», по разработанной технологии при различных параметрах процесса.

**Личный вклад автора состоит:**

- в обосновании актуальности работы;
- в анализе и обобщении литературных данных;
- в проведении математического и имитационного моделирования;
- в проведении и обработке результатов экспериментальных исследований;

Диссертационная работа является результатом труда автора, а также материалы, использованные в диссертации, получены самостоятельно и в соавторстве с научными консультантами работы.

**Апробация результатов диссертации.** Результаты диссертационной работы были представлены и обсуждены в Международных научно-практических и научно-технических конференциях:

1. Темирбекова М.Н. «Энергоэффективная генерация энергетических топлив на основе органических компонентов ТБО АО «Тартып»» XI Международная научно-техническая конференция «Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование» НАО АУЭС им.Г.Даукеева

2. Temirbekova M., Madina Aliyarova, Iliya Iliev, Aliya Yelemanova and Saule Sagintayeva «The generation of a mathematical model of the biogas production process from organic municipal solid waste» E3S Web of Conferences 180, 02019 (2020) TE-RE-RD 2020 Volume 180, 2020 9th International Conference on Thermal Equipments, Renewable Energy and Rural Development (TE-RE-RD 2020), 1-6 p. (*Scopus*)

**Обоснованность и достоверность научных положений,** выводов и рекомендаций обеспечивается использованием приборов и современными методами исследования, а также полученные результаты математического моделирования и экспериментов согласовываются с результатами других авторов.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 8 публикаций, в том числе 2 статьи в журнале Journal of Ecological Engineering, входящий в базу Scopus (перцентиль 39), 1 статья в «Известия Национальной Академии Наук Республики Казахстан», индексируемый в базе Scopus (перцентиль 37), 3 статьи опубликованы в изданиях, рекомендованных комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК, 2 работы в международных конференциях E3S Web of Conferences 180, 02019 (2020) TE-RE-RD 2020 Volume 180, 2020 9th International Conference on Thermal Equipments, Renewable Energy and Rural Development (TE-RE-RD 2020), (*Scopus*) и XI Международная научно-техническая конференция «Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование» НАО АУЭС им.Г.Даукеева.

Во введении раскрывается актуальность и новизна научной работы, приведена цель и задачи исследования, положения, выносимые на защиту, изложена исследуемая проблема. Приведена основная идея, личный вклад автора, а также апробация результатов и публикации.

В первом разделе диссертации представлен литературный обзор на современное состояние вопроса и основные задачи исследования энергетического топлива. Развитие и становление возобновляемых источников энергии, а также отражены проблемы твердых бытовых отходов. Представлен обзор на анаэробную ферментацию как способ активизации альтернативной энергетики. Дана общая характеристика полигона, состав и способы утилизация твердых бытовых отходов. Микробиологические процессы разложения органического вещества отходов на полигонах твердых бытовых

отходов и влияние полигонов твердых бытовых отходов на окружающую среду. Литературный обзор также охватывает термические методы переработки твердых бытовых отходов на мусоросжигательных заводах и общие сведения о биотехнологических методах переработки твердых бытовых отходов. Захоронение органической части твердых бытовых отходов на санитарных полигонах и полигонах-биореакторах. Проблема переработки органической фракции муниципальных твердых бытовых отходов с помощью современных методов.

Во втором разделе представлен обзор на основные принципы экологической инженерии.

В третьем разделе отражен системный анализ теоретических подходов и процессов производства биоэтанола, приведены результаты математического и имитационного моделирования процесса преобразования в биотопливо из органических бытовых отходов.

В четвертом разделе приведено описание программы и методики проведения экспериментов и измерений основных параметров.

В пятом разделе представлены результаты экспериментальных исследований методом газовой хроматографии с масс-спектрическим детектированием, предварительной обработки, результаты определения теплотворной способности этанола, полученного из органических компонентов твердых бытовых отходов.

В заключении отражены основные результаты и выводы по диссертационной работе.