

## **АННОТАЦИЯ**

**диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05303-Теплофизика и теоретическая теплотехника»**

**ДУЙСЕНБАЕВА МОЛДИР СЕРИКБЕКОВНА**

**Исследование теплофизических свойств переработанных органических отходов электрогидроимпульсной технологией и пути их использования на промышленной установке**

**Актуальность темы.** В настоящее время активно ведется работа по получению новых видов сырья путем переработки отходов агропромышленного комплекса и развитию методов их применения в производстве. Главной целью перед любой перерабатывающей промышленностью являются задачи по эффективному использованию сырья, сокращению отходов производства, расширению ассортимента продукции и повышению качества выпускаемой продукции. Особенно это касается жиров и белков – ценного сырья, которое при правильном использовании возобновляется, но истощается. Широкое использование отходов органического сырья при производстве различных продуктов, в том числе в большом количестве высоко усваиваемых белков, жиров, фосфорно-кальциевых солей, макро - и микроэлементов, витаминов и аминокислот. Для выделения ценных компонентов из отходов органического сырья в большинстве случаев проводят кислотную и щелочную обработку. Одним из ценных компонентов является триглицеридная фракция, вещество, усложняющее любую технологию обработки. Триглицеридная фракция является незаменимым источником сырья не только в пищевой промышленности, но и для медицины, строительства и промышленности (для смазывания деталей механизмов и измерительных приборов).

Сегодня рост производства и повышение его эффективности в отраслях промышленности, перерабатывающих сельскохозяйственное сырье, во многом зависит не только от сырьевых ресурсов и их качества, но и от возможности выделения ценных компонентов в наибольшей мере. Уменьшение потерь ценных компонентов с помощью оптимальных методов и приемов производства продуктов, производимых на производстве, например, при получении сахара, крахмала, масла, может значительно увеличить величину готовой продукции. Поэтому актуальной технологической задачей является поиск новых эффективных решений по выделению ценных компонентов из массы органических отходов с использованием альтернативных методов, в том числе ударных волн, возникающих за счет подводного искрового разряда.

До настоящего времени теплофизические свойства остатков органического сырья до конца не изучены. В связи с данной проблемой были подготовлены различные образцы и проведены экспериментальные работы с целью изучения теплофизических свойств.

**Цель работы.** Целью диссертационной работы является совершенствование процесса переработки отходов органического сырья электрогидроимпульсным методом и научное обоснование возможностей эффективного выделения ценных компонентов.

**Задачи исследования.** Основные задачи для решения поставленной цели сформулированы следующим образом:

1. Проанализировать виды и состав отходов органического сырья, определить их физико-химические свойства и изучить закономерности процессов массообмена и теплообмена, протекающих при выделении ценных компонентов;

2. Разработать методику измерений с описанием лабораторной установки для переработки отходов органического сырья;

3. Рассмотреть механизм влияния подводного электрического разряда на фазовое разделение органических соединений и определить влияние температурных и энергетических параметров на эффективность процесса электрогидроимпульсной обработки;

4. Проанализировать результаты экспериментальных исследований и предложить оптимальные технологические параметры эффективной переработки органических отходов;

5. Проведение спектрофотометрического и атомно-абсорбционного анализа для определения количества органической и минеральной части в переработанных образцах;

6. Изучение термодинамических функций объекта исследования до и после обработки электрогидроимпульсными ударными волнами (теплоемкость, энтропия, энтальпия, энергия Гиббса, приведенный термодинамический потенциал) и теплофизических изменений.

**Предмет исследования** - отходы органического сырья (изучены кости крупного рогатого скота).

**Методы исследования.** Различные объекты, необходимые для исследовательских работ, были подготовлены на основе методики подготовки образцов. Образцы измельчают механическим путем, а массы образцов определяют на электронных весах. Содержание жира в образцах органического сырья определяли на основании стандарта «ГОСТ 23042-86. мясо и мясопродукты методы определения жира» и по методу потери массы. Для определения величины белка, содержащегося в исследуемых образцах, был проведен метод спектрофотометрии. Неорганическая часть отходов, обработанных с помощью электрогидроимпульсной установки, определялась на основе метода атомно-абсорбционной спектроскопии. Для определения термодинамических функций обработанного сырья использовался аддитивный метод. Эффективность оптимальных условий

электрогидроимпульсной установки определялась на основе дифференциального термического анализа.

**Научная новизна основных результатов:**

1. Установлены зависимости выделения ценных компонентов из отходов органического сырья в зависимости от основных электрофизических параметров установки, генерирующих ударные волны. Эффективными параметрами считались: величина энергии в коммутирующем устройстве  $120 \div 240$  Дж, длина интервала разряда установки воздушного разрядника  $l = 9$  мм, Емкость батареи конденсатора  $C = 0,4$  мкФ, напряжение разряда  $U = 25$  кВ;

2. Установлено, что для выделения ценных компонентов из отходов органического сырья с размером фракции ниже  $f = 10$  мм достаточно поддерживать температуру смеси в диапазоне температур  $36 \div 50^\circ\text{C}$ ;

3. С помощью атомно - абсорбционного спектрометра были исследованы величины макро - и микроэлементов, обнаруженных в минеральной части переработанных образцов, и установлено, что в отходах органического сырья, обработанных электрогидроимпульсным методом, величины Ca, Fe, Mn увеличиваются, а величины K, Na уменьшаются;

4. С помощью двухлучевого сканирующего спектрофотометра определена концентрация белка в органическом сырье до и после обработки и изменение углеводородного состава образцов с помощью Фурье-спектрометра;

5. Впервые термодинамические функции органической массы переработанных отходов (теплоемкость, энтропия, энтальпия, энергия Гиббса, приведенный термодинамический потенциал) при величине входной энергии в электрогидроимпульсной установке  $120-240$  Дж, емкости конденсатора  $0,4$  мкФ, величине напряжения  $25$  кВ определены на основе аддитивного метода. Термодинамический анализ показал, что изменение энтальпии между  $300-1000$  К соответствует распаду коллагена и высвобождению триглицеридов, при этом уменьшение энтальпии в обработанном образце указывает на разрушение части органического матрикса. Это делает коллаген доступным для расщепления, увеличивает скорость и эффективность извлечения белков, а умеренное увеличение энергии Гиббса доказало, что физические и химические процессы протекают активно;

6. Впервые проведен дифференциальный термический анализ отходов органического сырья, обработанных с помощью ударной волны. Данные анализа показали, что электрогидроимпульсная технология активно отделяет ценные компоненты, используемые в промышленности, от органических отходов до  $100^\circ\text{C}$ , а при  $200-340^\circ\text{C}$  происходит разложение тяжелых углеводородных соединений, при этом потери массы увеличиваются на  $6\%$  за счет минеральных соединений, образующихся в переработанном сырье;

7. Получен патент на полезную модель (№ 9548 «Метод обезжиривания измельченной кости») с представлением рабочей ячейки для переработки отходов органического сырья, поддерживающей постоянную температуру.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Величина энергии в коммутирующем устройстве электрогидроимпульсной установки  $120 \div 240$  Дж, при размере фракции образца  $2 \div 10$  мм величина ценных компонентов, выделяемых из остатка органического сырья, увеличилась с 36,4% до 60%.

2. Емкость конденсатора в установке составляет 0,4 мкФ, при температуре смеси  $36^\circ\text{C} \div 50^\circ\text{C}$  органическая часть обработанного сырья полностью разлагается, содержание макро-и микро элементов в неорганической части Са увеличивается с 43,74% до 50,11%, а содержание К уменьшается с 0,058% до 0,008%, содержание Na уменьшается с 0,774 % до 0,144%.

3. При напряжении установки, вызывающей подводный электрический разряд 25 кВ, промежуточной длине электродов воздушного разрядника 9 мм, потери массы за счет минеральных связей, образующихся в обработанном сырье, увеличиваются на 6%, теплоемкость ( $C_p$ ), приведенный термодинамический потенциал (F) и величины энтропии (H) образца остается без изменения, энергия Гиббса увеличивается в 1,5 раза.

**Связь темы с планами научно-исследовательских программ.** Исследования данной работы выполнены в рамках плана научно-исследовательского проекта грантового финансирования Министерства образования и науки РК на 2023-2025 годы «Разработка и создание альтернативной инерционной гидродинамической установки для обогрева теплоносителей», государственный регистрационный номер № AP19678501.

**Апробация полученных результатов.** Основные результаты работы докладывались и обсуждались на конференции: "Modern technologies in education, work and science" (Krakov, Poland, 2025).

**Публикации.** По итогам диссертационной работы опубликовано 4 печатных работы: 2 статьи в журнале, входящем в базу Thomson Reuters и Scopus (1-я статья-Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2024, Q3, процентиль-41, 2-я статья - Eurasian physical technical journal, 2025, Q4, процентиль-25), В журналах, рекомендованных комитетом по обеспечению качества в области науки и высшего образования МОН РК, опубликовано 1 статья и 1 статья к материалам международных конференций. Кроме того, опубликован патент на полезную модель № 9548 (14.06.2024 г.) «Метод обезжиривания измельченной кости» (Приложение А), акт внедрения в учебный процесс (Приложение Э) и монография «Использование теплогенератора для нагрева органических смесей».

**Научно-практическая значимость работы.** Ценные компоненты, извлекаемые из органических отходов с помощью мощных искровых разрядов в жидкой среде, могут быть использованы для смазывания средств производства, в качестве основного источника сырья, необходимого для производства пищевого и технического желатина и клея. Результаты исследования позволяют получить наиболее эффективный вид сырья для строительства, пищевой и медицинской промышленности с использованием сырья, обработанного электрогидравлическим методом, одной из

экологически чистых технологий для эффективного использования энергетических и минеральных ресурсов. Электрогидроимпульсная установка использует высоковольтные электрические разряды для создания ударных волн в жидкой среде, что позволяет разрушать клеточные структуры органического материала и извлекать ценные компоненты, такие как жир и белок.

Обоснованность и достоверность полученных данных подтверждаются достаточно большим объемом накопленных и повторяющихся экспериментальных данных, апробацией основных результатов на конференциях, опубликованными научными статьями и актом внедрения

**Личный вклад автора.** Результаты исследования, представленные в диссертации, получены самим автором. Постановка проблемы, формирование задач и поиск путей их решения, подготовка исследуемых образцов, проведение экспериментов, научные выводы и практические рекомендации проводились автором лично. Результаты экспериментальных измерений подвергались компьютерной обработке. Анализ результатов исследования и общие итоги работы выполнены совместно с научными консультантами.

**Объем и структура диссертации.** Структура диссертационной работы определяется задачами, решение которых необходимо для достижения цели диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 разделов, выводов, списка использованных источников из 119 наименований и приложения, содержит 103 страниц машинописного текста. Работа проиллюстрирована 58 рисунками и включает 12 таблиц.