

Пиролиз - эффективное решение для утилизации отходов в Луганской Народной Республике

Ю.В. Конец¹, К.К. Конец¹, И.В. Бганцева², Н.А. Вишневецкая²

¹*Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства,
«Луганский государственный университет им. В. Даля»,
г. Луганск*

²*ИАиС «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград*

Аннотация: Проблема утилизации отходов становится все более актуальной в современном мире. Огромные объемы твердых и органических отходов, которые накапливаются каждый день, требуют эффективных и экологически безопасных методов их переработки. Одним из наиболее эффективных и перспективных решений в этой области является технология пиролиза. В статье рассмотрен пиролиз, как метод утилизации твердых коммунальных отходов. Отмечено, что наиболее эффективным он является при переработке его органической составляющей. Рассмотрены виды пиролиза в зависимости от температуры.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, методы обращения с отходами, переработка отходов, пиролиз.

При выборе стратегии безопасного и рационального обращения с отходами, морфологический состав твердых коммунальных отходов (далее ТКО) является важнейшим параметром. Знание морфологического состава ТКО является отправной точкой в процессе разработки решений, направленных на сокращение количества, и выбор наиболее подходящей технологии переработки либо утилизации. В ходе проведенных исследований в период 2020 - 2021 г.г. был сделан анализ морфологического состава твердых коммунальных отходов на территории Луганской Народной Республики. И определено, что основную часть отходов (почти 40 %) составляют пищевые отходы и почти 4% - бумага [1]. Одним из альтернативных направлений использования отходов является их утилизация методом пиролиза с целью получения горючего газа [2]. Так как большой процент отходов являются углеродсодержащими, то особый интерес представляет именно технология утилизации твердых и органических отходов методом пиролиза.

Цель - исследовать пиролизный метод утилизации органических отходов.

Пиролиз — это процесс термического разложения органических веществ под воздействием высоких температур без доступа кислорода [3]. В результате этого процесса происходит разложение отходов на газы, жидкости и твердые остатки.

Для наибольшей производительности процесса пиролиза ключевым этапом в обработке твердых коммунальных отходов является отдельный сбор отходов. Сортировка мусора позволяет извлечь до 70-80% полезных ресурсов из общего количества отходов, в то время как ее отсутствие приводит к использованию около 15% полезных материалов. Поэтому внедрение системы отдельного сбора на Луганщине становится необходимостью [4].

Основным преимуществом пиролиза является возможность получения тепловой энергии. В процессе разложения отходов выделяется значительное количество тепла, которое может быть использовано для производства электроэнергии или тепла. Это позволяет существенно сократить зависимость от традиционных источников энергии и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Кроме того, пиролиз позволяет максимально извлечь ценные компоненты из отходов. В результате процесса получают газы и жидкости, которые могут быть использованы в качестве сырья для производства различных химических продуктов. Например, из пиролизного газа можно получить синтез-газ, который используется в производстве синтетических удобрений или топлива [5].

Еще одним важным аспектом технологии пиролиза является снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду. Пиролиз позволяет снизить количество отходов, которые попадают на свалки или сжигаются на

открытом воздухе, что сопровождается выбросами вредных веществ [6 - 8]. Благодаря пиролизу отходы перерабатываются безопасным и эффективным способом, минимизируя негативное воздействие на природу.

Выход продуктов зависит от используемого температурного режима. В зависимости от этого существуют следующие виды пиролиза.

Низкотемпературный пиролиз (до 500 °С)

При низких температурах пиролиза образуется больше нефти и угля, а количество добываемого газа меньше. Это связано с тем, что при таких температурах происходит в основном деполимеризация органических соединений, а не их разложение.

Высокотемпературный пиролиз (свыше 500 °С)

При высоких температурах пиролиза образуется больше газа, а количество нефти и угля меньше. Это связано с тем, что при таких температурах происходит разложение органических соединений с образованием газообразных продуктов.

Установка высокотемпературного пиролиза (далее УВТП) — это промышленное оборудование, предназначенное для получения топлива, химических веществ и других продуктов из органического сырья. Процесс пиролиза основан на термическом разложении исходного сырья в бескислородной среде при высокой температуре (от 400 до 1000 °С).

УВТП широко используются для переработки различных видов отходов, таких как биомасса, пластик, резина, древесина, и другие [9]. В зависимости от вида сырья и желаемых продуктов могут использоваться различные типы УВТП, которые отличаются конструкцией, режимом работы и производительностью.

Классификация УВТП по способу передачи энергии

Один из основных критериев классификации УВТП - способ передачи тепловой энергии исходному сырью. Существуют следующие три основных типа УВТП:

1. Абляционный - энергия передается от газообразного или твердого теплоносителя к твердому сырью. Этот тип УВТП характеризуется отсутствием подвижных частей внутри реактора и относительно низкой стоимостью. Однако производительность абляционного пиролиза ограничена, что можно компенсировать с использованием инженерно-технических решений. Примерами абляционных УВТП являются реакторы фирм BTG (Нидерланды, производительность до 8 т биомассы в сутки) и Ensyn (Канада, Великобритания, США) - 15 тыс. т сухой древесины в год.

2. Кипящий слой (далее КС) - энергия передается от горячего газа к частицам твердого сырья, которые находятся в кипящем состоянии. Этот тип УВТП характеризуется высокой производительностью и эффективностью. Однако КС пиролиз требует более сложного оборудования и более высокого уровня технического обслуживания. Примерами КС пиролиза являются установки фирмы Babcock & Wilcox (США, производительность до 500 т биомассы в сутки) и фирмы CHOREN (Германия, производительность до 1000 т биомассы в сутки).

3. Циркулирующий кипящий слой (далее ЦКС) - схож с КС пиролизом, но отличается тем, что частицы твердого сырья циркулируют между реактором и внешним циклоном. Это позволяет достичь более высокой эффективности и производительности. Примерами ЦКС пиролиза являются установки фирмы Kvaerner (Норвегия, производительность до 200 т биомассы в сутки) и фирмы Foster Wheeler (США, производительность до 500 т биомассы в сутки).

Преимущества и недостатки различных типов УВТП

Каждый тип УВТП имеет свои преимущества и недостатки. Ниже в таблице 1 приведено сравнение основных характеристик абляционного, КС и ЦКС пиролиза.

Таблица № 1

<i>Характеристика</i>	<i>Абляционный пиролиз</i>	<i>КС пиролиз</i>	<i>ЦКС пиролиз</i>
<i>Способ передачи энергии</i>	Газ - твердое тело или твердое тело - твердое тело	Горячий газ - твердое тело	Горячий газ - твердое тело
<i>Производительность</i>	Низкая	Высокая	Высокая
<i>Эффективность</i>	Низкая	Высокая	Высокая
<i>Стоимость оборудования</i>	Низкая	Высокая	Высокая
<i>Уровень технического обслуживания</i>	Низкий	Высокий	Высокий

Продуктами пиролиза являются:

Жидкое топливо - может быть использовано как в качестве моторного топлива, так и для получения химических веществ.

Газообразное топливо - может быть использовано для производства электроэнергии или тепла.

Твердый остаток - может быть использован как удобрение или строительный материал.

УВТП являются важным инструментом для переработки отходов и получения ценных продуктов. Они помогают снизить вредное воздействие отходов на окружающую среду и способствуют развитию экономики замкнутого цикла.

В ходе исследования предложен один из возможных путей решения этой проблемы — в качестве источника высокой температуры в реакторе пиролизной установки для поддержания процесса пиролиза рекомендовано использовать электрическую дугу постоянного или переменного тока. Разработан испытательный стенд, предназначенный для исследований утилизации органических отходов [10].

Преимущества пиролиза ТБО перед традиционной утилизацией

Пиролиз ТБО имеет ряд преимуществ перед традиционной утилизацией, в том числе путем сжигания:

- Экологичность. Пиролиз ТБО не сопровождается выбросами вредных веществ в атмосферу, так как процесс происходит в закрытом реакторе.
- Энергоэффективность. Пиролиз ТБО позволяет получить ценные виды топлива (нефть и газ), которые могут быть использованы для производства электроэнергии или тепла.
- Экономичность. Пиролиз ТБО может быть экономически выгодным процессом, так как стоимость полученных продуктов может превышать стоимость утилизации отходов.

Выводы

Пиролиз твердых коммунальных отходов является перспективным методом утилизации отходов, который позволяет получить ценные виды топлива и снизить отрицательное воздействие на окружающую среду. Технология пиролиза уже успешно применяется во многих странах, и ее популярность продолжает расти. Внедрение этой технологии в систему утилизации отходов Луганской Народной Республики позволит нам сделать важный шаг в направлении более чистой и устойчивой экологии.

Литература

1. Копец Ю.В., Дрозд Г.Я. Концепция и методология разработки региональных схем обращения с отходами в ЛНР с позиции рациональности
-

и эффективности // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2021. Вып. №12 (54). С. 64-74.

2. Номозов И.Н.у. Модернизация практик применения пиролизного метода как способ преодоления мусорных проблем // Научный журнал «Актуальные исследования». 2022. Ном 36 (115). С. 33-35. URL: apni.ru/article/4570-modernizatsiya-praktik-primeneniya-piroliznog.

3. Мишустин О.А., Желтобрюхов В.Ф., Грачева Н.В., Хантимирова С.Б. Обзор развития и применения технологии пиролиза для переработки отходов // Молодой ученый. 2018. № 45 (231). С. 42-45. URL: moluch.ru/archive/231/53604/.

4. Копец Ю.В. Организация системы отдельного сбора твердых коммунальных отходов на Луганщине // Инженерный вестник Дона, 2023, №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8701/.

5. Шартдинов А.Ш., Квятковская А.С., Эпимахов Н.Л., Силантьева Л.Я. Применение синтез-газа для производства альтернативных источников энергии // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 3. С. 106-111.

6. Lopez A., Marco D., Caballero V.M., Laresgoiti M.F., Adrados A. Influence of time and temperature on pyrolysis of plastic wastes in a semi-batch reactor. Chemical Engineering Journal. 2011. Pp. 173, 62–71.

7. Мишустин О.А., Хантимирова С.Б., Грачева Н.В., Желтобрюхов В.Ф. Техничко-экономическое обоснование технологии утилизации органических и неорганических углеродсодержащих отходов методом пиролиза // Инженерный вестник Дона, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5602/.

8. Bekniyazova D.B. Impact of waste on the environment. International scientific journal, 2023. Volume 1, issue 6. Pp. 226-228.

9. Jordan C. A., Akay G. Occurrence, composition and dew point of tars produced during gasification of fuel cane bagasse in a downdraft gasifier. *Biomass and Bioenergy Journal*, 2012. Volume 42. P. 51.

10. Копец Ю. В. Процесс и установка для пиролизной утилизации твердых органических отходов // Экологический вестник Донбасса. Алчевск: Изд-во ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2023. Вып. №8. С. 25-28.

References

1. Kopets I.V., Drozd G.Ja. *Vestnik Luganskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Vladimira Dalja*. Lugansk: Izd-vo LNU im. V. Dalja, 2021. Вып. №12 (54). Pp. 64-74.

2. Nomozov I.N.u. *Nauchnyj zhurnal «Aktual'nye issledovanija»*. 2022. Nom 36 (115). Pp. 33-35. URL: apni.ru/article/4570-modernizatsiya-praktik-primeneniya-piroliznog.

3. Mishustin O.A., Zheltobryuhov V.F., Gracheva N.V., Hantimirova S.B. *Molodoj uchenyj*. 2018. № 45 (231). pp. 42-45. URL: moluch.ru/archive/231/53604/.

4. Kopets I.V. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2023, №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8701/.

5. Shartdinov A.Sh., Kvjatkovskaja A.S., Jepimahov N.L., Silant'eva L.Ja. 2021. № 3. Pp. 106-111.

6. Lopez A., Marco D., Caballero B.M., Laresgoiti M.F., Adrados A. *Chemical Engineering Journal*. 2011. Pp. 173, 62–71.

7. Mishustin O.A., Hantimirova S.B., Gracheva N.V., Zheltobryuhov V.F. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2019. №1, URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5602/.

8. Bekniyazova D.B. *International scientific journal*, 2023. Volume 1, issue 6. Pp. 226-228.



9. Jordan C. A., Akay G. Biomass and Bioenergy Journal, 2012. Volume 42. P. 51.

10. Копетс І. В. Екологічний вісник Донбасу. Алчевськ: Вид-во ГОУ ВО ЛНР «ДонГТУ», 2023. Вип. №8. Рр. 25-28.

Дата поступления: 22.12.2023

Дата публикации: 30.01.2024