

Анализ и обоснование выбора способа переработки отходов производства и потребления

С.Б. Хантимирова, О.А. Мишустин, Н.В. Грачева, В.Ф. Желтобрюхов

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: В данной работе рассматриваются актуальные проблемы обращения с отходами: сортировка и их дальнейшая переработка. Приводится сравнительный анализ существующих перспективных технологий переработки отходов, применяемых на территории Российской Федерации, в том числе, твердых коммунальных отходов методами сжигания, пиролиза и плазменной газификации, с точки зрения экономической и экологической эффективности процесса. Приведены технические и экономические особенности низко- и высокотемпературного процесса пиролиза.

Ключевые слова: экология, пиролиз, переработка отходов, твердые коммунальные отходы, ТКО, утилизация, обращение с отходами.

В настоящее время в связи с быстрым развитием промышленной индустрии и общим техногенным характером цивилизации, особенно явно встает проблема обращения с отходами производства и потребления. Эта проблема приняла серьезный характер из-за оказываемого на биосферу планеты негативного и зачастую необратимого воздействия. Одними из наиболее массовых видов отходов являются твердые коммунальные отходы (ТКО). Твердые коммунальные отходы – это отходы, которые образуются в жилых помещениях в процессе жизнедеятельности населения и товары, утратившие потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами. В состав ТКО входят отходы, возникающие в процессе деятельности юридических лиц, сходные с отходами, образуемыми в жилых помещениях физическими лицами (Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 29.07.2018) "Об отходах производства и потребления" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019) // consultant.ru, 2018, URL: consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/). ТКО, как и твердые промышленные отходы, представляют собой серьезную опасность для окружающей среды и подлежат обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению. При неправильном обращении

отходы производства и потребления не только ухудшают экологическую ситуацию, но и являются причиной повышения затрат на очистку территорий загрязненных отходами и территорий размещения объектов обращения с отходами. Необходимо отметить, что с ростом уровня урбанизации затраты на сбор, накопление, транспортировку, обработку и т.д. увеличиваются, поэтому для комплексного решения проблем обращения с отходами разработаны различные технологии утилизации и обезвреживания. Для оптимизации процесса крайне необходимо проводить предварительную обработку отходов [1]. На рисунках 1 и 2 представлен средний состав ТКО в мировом масштабе и в Российской Федерации [2].

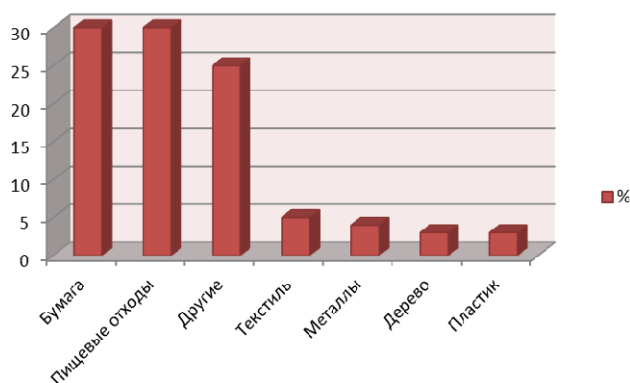


Рис. 1. – Средний состав твердых коммунальных отходов в мировом масштабе

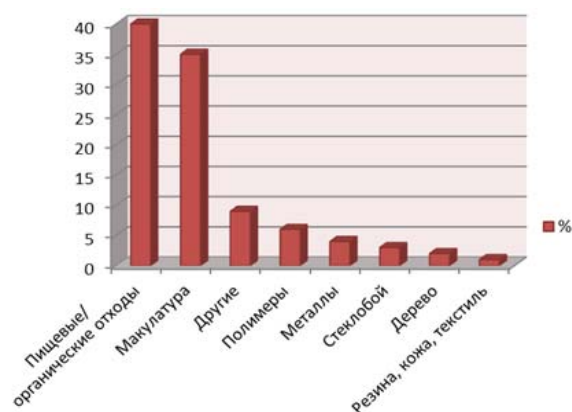


Рис. 2. – Средний состав твердых коммунальных отходов в Российской Федерации

Необработанные отходы, являются непригодными для дальнейшего обращения, пока не будут предварительно отсортированы, разобраны, очищены. Сортировка отходов производства и потребления позволяет выделить высокотоксичные материалы (аккумуляторы, ртутьсодержащие лампы, химикаты и др.), а также извлекаются материалы (бумага, пластмасса, резина, стекло, металлы и т.д.), пригодные для рециклинга, рекуперации, регенерации [1, 3].

Решение проблемы обращения с отходами производства и потребления связано с трудностью эколого-экономического обоснования выбора и реализации конкретной технологии. Сравнительные технико-экономические и экологические показатели различных технологий обращения с отходами производства и потребления представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительно технико-экономические и экологические показатели технологий обращения с отходами [4]

Показатели	Технология		
	Сжигание	Пиролиз*	Плазменная газификация
Удельные капиталовложения, тыс. руб./т в год	27 – 47,5	22 - 32	32 - 38
Стоимость аренды земельного участка, руб./т в год	3200	4800	3200
Удельная стоимость переработки, руб./т	1100 - 1900	950 - 1700	2850 - 3600
Удельные эксплуатационные затраты, руб./т	2300 - 3100	2000 - 2900	3100 - 4000
Удельные экологические платежи, руб./т	125	110	32
Удельные доходы предприятия, руб./т	1400	1200	350
Удельные энергозатраты, кВт-ч/т	50 - 75	50 - 75	225-450
Удельная занимаемая площадь, м ² /т в год	0,1 - 0,2	0,15 – 0,30	0,1 – 0,2
Экологические аспекты			
Степень и срок обезвреживания	Полное обезвреживание за 1 час	Полное обезвреживание за 1 час	Полное обезвреживание за 1 час
Наличие отходов производства, % от массы отходов	23 – 28 (зола - шлак)	25 – 30, (коксовый остаток)	15 – 20 Мелкодисперсная пыль, возгоны тяжелых металлов
Загрязнение почвы	шлакоотвал	коксовый остаток	практически нет
Загрязнение грунтовых вод	нет	нет	нет
Загрязнение атмосферы	в пределах норм	в пределах норм	тяжелые металлы



Получаемые продукты переработки отходов			
Энергия производимого пара, МВт-ч/т	1,60	1,20	-
Электроэнергия, МВт-ч/т	0,40	0,30	0,5
Другое вторсырье, % от массы отходов	-	5 - 10	15 - 20

Продолжение таблицы 1

Калорийность синтез-газа, МДж/м ³	-	12 - 30	1,5 – 12,5
Окупаемость производства, год	1,5 - 3	3 - 6	5 - 10
КПД, %	30	88-90	80-90

*В качестве технологии пиролиза рассматривается система с пиролитическим реактором, функционирующим при средней температуре 850°С.

В настоящее время не существует решения, которое позволило бы экономически эффективно и экологически безопасно обращаться с отходами без выбросов вредных веществ в атмосферу и сбросов сточных вод.

По итогам сравнения технологий, рассмотренных в таблице 1 можно сделать следующие выводы:

1. Технология плазменной газификации по сравнению с методом сжигания и пиролизом является более затратной, т.к. требует большое количество энергии на переработку отходов, очистку отходящих газов и имеет ряд проблем, таких как низкий выход полезного продукта, не позволяющий говорить об эффективности метода, а также, сложность в управлении процессом при высоких температурах. Данный фактор делает применение плазменной газификации оправданным лишь в случае обращения с особо опасными отходами. Обезвреживание отходов методом сжигания, на первый взгляд, отличается низкими затратами, но требует более тщательной обработки отходов, по сравнению с методом пиролиза [5]. По опыту обращения с отходами в развитых странах, именно данный фактор является определяющим в выборе метода утилизации [6, 7].

2. При использовании технологий сжигания и плазменной газификации отходов требуется тщательная очистка выбросов в атмосферу, что обуславливает необходимость эксплуатации широкого комплекса

современных очистных технологий. В противном случае, концентрация диоксинов и тяжелых металлов в дымовых газах оказывается значительно выше предельно допустимых значений. Началом распада диоксинов является температура 700°C, для снижения концентрации диоксинов до требуемых норм - 0,1 нг/куб.м, должно быть реализовано «правило двух секунд», согласно которому отходящие газы, для гарантированного распада диоксинов должны выдерживаться при температуре не ниже 850°C с содержанием кислорода не менее 6%, в течение 2-х секунд. С этой точки зрения, приведенная в таблице технология пиролиза при средней температуре 850°C является более выгодной, так как конструкция печи предусматривает время пребывания газов в рабочем пространстве печи, удовлетворяющее правилу [8]. Необходимо отметить, что попытка достижения при утилизации отходов максимально высоких температур и использование дополнительного оборудования для дожигания, не обеспечивает понижения концентрации диоксинов в уходящих газах, т.к. не учитывает способность диоксинов к повторному синтезу при понижении температуры. Более того, повышение температуры приводит к появлению возгонов тяжелых металлов и увеличению концентрации летучих компонентов [8, 9].

3. Применительно к условиям Российской Федерации необходимо отметить, что технологии пиролиза и плазменной газификации прошли апробацию на экспериментальных и опытно-промышленных установках, но не имеют широкого распространения, необходимого для переработки больших объемов отходов.

Данный анализ технологий обращения с отходами не учитывает возможность получения полезного продукта. Технология пиролиза отходов обладает рядом серьезных преимуществ: при использовании современного оборудования затраты на приобретение топлива, необходимого для

проведения реакции могут быть значительно снижены за счет сжигания газообразных продуктов и полученной в ходе реакции пиролизной жидкости. Значительное количество покупного топлива используется лишь для запуска процесса; технология переработки отходов методом пиролиза является практически безотходной; использование технологии пиролиза эффективна не только переработкой отходов, но и возможностью реализации продуктов реакции, например, избытков синтез-газа, пиролизной жидкости, коксового остатка [6].

Суть утилизации отходов методом пиролиза заключается в их необратимом химическом изменении под действием повышенной температуры без доступа или с ограниченным доступом кислорода с выделением синтез-газа. Можно условно разделить пиролиз на низкотемпературный (до 850°С) и высокотемпературный (свыше 900° С). Повышение температуры приводит к усиленной газификации отходов и уменьшению выхода жидких и твердых продуктов [10].

Помимо температурных отличий можно выделить еще несколько вариантов пиролиза: пиролиз органической части отходов под действием температуры в отсутствие воздуха; пиролиз в присутствии воздуха, обеспечивающего неполное сгорание отходов при температуре до 760°С; пиролиз с использованием кислорода вместо воздуха для получения более высокой теплоты сгорания газа; пиролиз без разделения отходов на органическую и неорганическую фракции при температуре 850°С [4].

Таким образом, в условиях Российской Федерации, наиболее перспективной является технология пиролиза. С экономической точки зрения, пиролиз, по критериям удельного капиталовложения, стоимости переработки и эксплуатационных затрат, превосходит рассмотренные технологии сжигания и плазменной газификации. По экологическим платежам, пиролиз превосходит технологию сжигания, но уступает

плазменной газификации. Однако, несмотря на данный факт, технология плазменной газификации требует больших затрат по другим вышеперечисленным критериям. Кроме того, технология пиролиза, в отличие от метода сжигания позволяет получить полезные продукты, подлежащие реализации. С экологической точки зрения, пиролиз является более чистой технологией, т. к. процесс происходит при температуре, превосходящей температуру распада диоксинов, не происходит образования возгонов тяжелых металлов.

Литература

1. Ламзина И.В., Голдов А.В., Князев Я.И. и др. Получение и использование альтернативного топлива из твердых бытовых отходов для цементной промышленности // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2331.
2. Сценарии развития сектора обращения с твердыми коммунальными отходами // gov.cap.ru, 2013. URL: gov.cap.ru/UserFiles/orgs/GrvId_63/ifc_waste_in_russia_report.pdf.
3. Ламзина И.В., Желтобрюхов В.Ф., Шайхиев И.Г. Анализ методов сортировки твердых бытовых отходов // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 5. С. 244-247.
4. Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов жилого фонда в городах России // rpn.gov.ru, 2012. URL: rpn.gov.ru/results_reports.
5. Ламзина И.В., Голдов А.В., Князев Я.И. и др. Эколого-экономическое обоснование использования Refused Derived Fuel, как альтернативного топлива для цементной промышленности // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2332.

6. Организация утилизации и переработки бытовых отходов в Европе, США и Японии // ropeson.ru, 2017, URL: ropeson.ru/otrivki/865-organizacija-utilizacii-i-pererabotki-bytovyh-othodov-v-evrope-ssha-i-japonii.html.

7. Brownsort P. A. Biomass pyrolysis processes: performance parameters and their influence on biochar system benefits. Edinburgh, 2009. 93 p.

8. Габитов Р. Н. Повышение эффективности термической переработки твердых коммунальных отходов: дис. канд. техн. наук: 05.14.04. Иваново, 2017. 155 с.

9. Виллевалд Р.С., Беньямовский Д.Н. Проектирование и эксплуатация мусоросжигательных заводов. Москва: Стройиздат, 1982. 52 с.

10. Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middleincome settings // SpringerLink, 2017. URL: link.springer.com/article/10.1007/s11157-017-9422-5.

References

1. Lamzina I.V., Goldov A.V., Knyazev Ya.I. and etc. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2331.

2. Stsenarii razvitiya sektora obrashcheniya s tverdymi kommunal'nymi otkhodami [Scenarios for the development of the municipal solid waste management sector] gov.cap.ru, 2013. URL: gov.cap.ru/UserFiles/orgs/GrvId_63/ifc_waste_in_russia_report.pdf.

3. Lamzina I.V., Zheltobryukhov V.F., Shaykhiyev I.G. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. № 5. pp. 244-247.

4. Obosnovaniye vybora optimal'nogo sposoba obezvrezhivaniya tverdykh bytovykh otkhodov zhilogo fonda v gorodakh Rossii [Justification of the choice of the optimal method of disposal of municipal solid waste in the cities of Russia] rpn.gov.ru, 2012. URL: rpn.gov.ru/results_reports.

5. Lamzina I.V., Goldov A.V., Knyazev Ya.I. and etc. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2332.



6. Organizatsiya utilizatsii i pererabotki bytovykh otkhodov v Yevrope, SShA i Yaponii [Organization of recycling and recycling of household waste in Europe, USA and Japan] popecon.ru, 2017. URL: popecon.ru/otrivki/865-organizacija-utilizacii-i-pererabotki-bytovyh-othodov-v-evrope-ssha-i-japonii.html.

7. Brownsort P. A. Biomass pyrolysis processes: performance parameters and their influence on biochar system benefits. Edinburgh, 2009. 93 p.

8. Gabitov R. N. Povysheniye effektivnosti termicheskoy pererabotki tverdykh kommunal'nykh otkhodov: dis. kand. tekhn. nauk: 05.14.04. [Increasing the Efficiency of Thermal Processing of Solid Municipal Waste: dis. candidate of Engineering Sciences: 05.14.04]. Ivanovo, 2017. 155 p.

9. Villeval'd P.C., Ben'yamovskiy D.N. Proyektirovaniye i ekspluatatsiya musoroszhigatel'nykh zavodov [Design and operation of incinerators]. Moscow: Stroyizdat, 1982. 52 p.

10. Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products a review with focus on low- and middleincome settings SpringerLink, 2017, URL: link.springer.com/article/10.1007/s11157-017-9422-5.