

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПИРОЛИЗА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

© Баах Дорис

Межрегиональный центр экологического аудита и консалтинга, Москва, Республика Гана

В статье рассматриваются вопросы развития технологий мусоросжигания в целях утилизации и переработки твердых коммунальных городов с получением энергии. Выполнено эколого-экономическое обоснование проекта внедрения технологии пиролиза для переработки коммунальных отходов, показаны возможные затраты и выгоды от его реализации.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, эколого-экономическое обоснование, проект, получение энергии из отходов, управление природопользованием

ECOLOGICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION FOR THE INTRODUCTION OF PYROLYSIS TECHNOLOGY FOR PROCESSING MUNICIPAL SOLID WASTE FOR URBAN POWER SUPPLY

© Baah Doris

Interregional center for environmental audit and consulting, Moscow, Republic of Ghana

The article deals with the development of waste incineration technologies for the purpose of recycling and recycling of solid municipal cities to produce energy. The ecological and economic justification of the project for the introduction of pyrolysis technology for municipal waste processing is performed, and the possible costs and benefits of its implementation are shown.

Keywords: solid municipal waste, environmental and economic justification, project, energy production from waste, environmental management.

Управление твердыми коммунальными отходами (ТКО) является одним из приоритетных и сложных в развитии большинства городов. Общей мировой тенденцией является рост ТКО, что связано с такими факторами, как рост населения, развитие процессов урбанизации и изменения образа жизни. В то же время, как показывает анализ, ТКО может выступать в определенном смысле в качестве источника сырья для получения энергии [2]. В различных странах сложились свои подходы и приоритеты по применению тех или иных технологий по утилизации и обезвреживанию ТКО, которые направлены на согласование интересов и потребностей заинтересованных сторон [1, 3].

В Российской Федерации в настоящее время реализуется Стратегия по развитию промышленности по переработке, утилизации и обезвреживанию отходов, в том числе с получением энергии [4], что связано с внедрением экологически чистых, ресурсосберегающих технологий [5, 7, 13]. В Китае переработку и утилизацию отходов рассматривают в системе мер по построению экологически цивилизованного общества [11]. В конечном итоге деятельность по переработке и утилизации отходов потребления тесно увязана с вопросами ресурсосбережения и охраны окружающей среды [9], с использованием возобновляемых источников энергии [10], со снижением влияния отходов на климатические процессы [12].

Следует учитывать, что в различных странах и регионах структура и состав коммунальных отходов, подлежащих утилизации и переработке, может существенно отличаться, что необходимо учитывать с точки зрения возможности использования таких отходов для получения энергии, табл. 1.

Таблица 1 - Источники образования и виды отходов в южных районах Ганы

Источник образования отходов	Типичное местоположение источник образования отходов	тип твердых отходов
Население	Жилые дома	Пищевые отходы, мусор, зола, специальные отходы
Коммерческие и муниципальные предприятия	Магазины, рестораны, рынки, офисные здания, гостиницы, магазины, медицинские учреждения	Пищевые отходы, мусор, зола, отходы сноса и строительства, специальные отходы, иногда опасные отходы
Открытые территории	Улицы, переулки, парки, свободные участки, детские площадки, пляжи, шоссе и зоны отдыха.	Специальные отходы, мусор
Промышленные предприятия	Строительство, промышленность	Пищевые отходы, мусор, отходы строительства сноса
Участки очистных сооружений	Сточные воды, промышленные процессы обработки материалов	Отходы очистных сооружений, в основном состоящие из остаточного ила

Примечание: составлено автором.

Количество ТРО, образующихся в Гане, оценивается в 4,5 млн. т / год (бытовые отходы). Их состав может существенно варьироваться в зависимости от места и времени и других факторов, включая социально-экономические, климатические условия, уровень жизни, методы сбора и удаления отходов, процедуры сортировки. В большинстве развивающихся стран, включая Гану, промышленные отходы включаются в поток твердых коммунальных отходов, которые потенциально подлежат переработке, табл. 2.

Таблица 2 – Структура ТКО в Республике Гана, 2019 г.

Вид отходов	Доля общем объеме ТКО, в %
Органическое вещество, пищевые отходы	65,0
Бумага/ картон	6,0
Пластик	5,0
Стекло	3,0
Металлы	3,0
Текстиль	2,0
Прочие ТКО	16,0
Итого:	100,0

Поскольку органическое вещество в составе ТБО в стране составляет более половины, то для переработки этого вида отходов в теории можно использовать технологию компостирования. Такой подход предполагает использование таких методов переработки и утилизации отходов, как компостирование с принудительной аэрацией в результате чего образуется компост (садовые, древесные отходы, осадок сточных вод, навоз, фруктовые отходы), вермикомпостирование с получением компоста (осадок сточных вод, пищевые и садовые отходы), закрытое (пассивное) компостирование с получением компоста и биогаза (смешанные органические вещества), а также брожение (пассивное компостирование) с получением компоста и биогаза (сельскохозяйственные и смешанные органические отходы).

Однако, поскольку в производственных масштабах сортировка ТКО не производится коммунальными службами, то компостирование возможно только в рамках отдельных домохозяйств. Основной продукт данной технологии переработки отходов – компост, поэтому технология может применяться в основном в сельском хозяйстве. Результат такой переработки

отходов методом компостирования не может восполнить энергетические потребности населения.

Биогаз может производиться недорогими установками и использоваться населением в личных целях. Однако, для поставки в газопровод и обеспечения электроэнергией отдельного района или города потребуется обновление инфраструктуры (прокладка труб, разделение отходов), что связано с удорожанием проекта. Для получения более масштабных и значимых экологических результатов предлагается рассмотрение проектов по переработке ТКО, в частности, технологий с применением высоких температур (пиролиз, газификация, сжигание), подразумевающих производство электроэнергии и выработку других продуктов переработки.

Для выбора технологии переработки таких отходов может быть предложен общий алгоритм, который позволяет определить применимую технологию с учетом следующей информации: условия сбора и переработки; состав ТКО, численность населения в отдельном населенном пункте (количество домовладений); объем производимых отходов в населенном пункте, а также потребность населенного пункта в электроэнергии (среднесуточное потребление электроэнергии, кВт/ч на 1 т ТКО). Данный алгоритм представлен в виде блок-схемы, рис. 1.

После выбора конкретной технологии, исходя из поставленной перед проектом задачи необходимо сделать расчет его экономической и экологической эффективности.

Следует учитывать, что существующие методы переработки отходов в Гане являются традиционными и устаревшими. Среди них основными являются компостирование и сжигание. Однако и эти методы не используются в современном их варианте, таком как, например, использование энергии биотоплива. Такие сельскохозяйственные культуры, как пальмовое масло, маниока, которые уже выращиваются в Гану могут быть использованы для производства энергии. Имеется также интерес к разработке биотоплива на основе сахарного тростника. Такое биотопливо обладает потенциалом для уменьшения зависимости от нефти и сокращения выбросов парниковых газов, его выращивание также создает проблему для устойчивой сельскохозяйственной практики и баланса между продовольствием и топливом.

Эффективное использование энергии/ биогаза на основе биомассы, таких, как древесный уголь, сельскохозяйственные отходы, свалки и муниципальные отходы, а также биодизельное топливо из органических материалов, могло бы принести пользу при одновременном сокращении выбросов двуокиси углерода. Комиссия по энергетике проводит некоторые исследования, направленные на разработку процесса преобразования имеющейся в Гане биомассы в биоэтанол.



Рис. 1. Общий алгоритм выбора технологии переработки ТКО
Примечание: составлено автором.

Первым шагом в определении биоэнергетических возможностей в данной области является изучение наличия сырья – его количества, местоположения и стоимости. Этот этап включает в себя оценку технологий, оценку затрат, социально-экономических и экологических последствий, а также обзор стратегий и возможностей импорта/экспорта. Для достижения целей в области биоэнергетики необходимо усовершенствовать цепочки поставок и производственные процессы.

В Гане сжигание используется главным образом для удаления биологических отходов, связанных медициной. Местные дрова являются наиболее распространенным источником энергии.

В настоящее время в Гане насчитывается 12 крупных мусоросжигательных объектов без регенерации энергии (кроме объектов по сжиганию бытовых отходов) и около 232 несанкционированных объектов по сжиганию мусора разбросаны по всей стране. Ожидается, что недавно введенная в эксплуатацию в Кумаси мусоросжигательная установка немецкого производителя WTE будет потреблять около 1000 тонн ТКО из мегаполиса в день. Эти отходы будут вырабатывать от 30 до 52 МВт-ч электроэнергии, что составляет около 30% потребности мегаполиса в электроэнергии. По оценкам, электростанция по переработке ТКО мощностью 20

МВт потребляет около 670 000 тонн сухих отходов для производства около 150 ГВт/ч электроэнергии с учетом 4 ГДж (1,1 МВт/ч)/т теплотворной способности отходов.

Тем самым сжигание муниципальных отходов в сочетании с регенерацией энергии может стать важной частью комплексной системы управления отходами для предотвращения ее негативного воздействия на здоровье человека и окружающую среду. В настоящее время более 95% твердых отходов размещаются на свалках, поскольку способ остается наиболее дешевым. Только 10% свалок имеют лицензии и являются контролируруемыми. Сжигание ТКО в городских и сельских общинах Ганы широко распространено, однако речь идет не о мусоросжигательных предприятиях, а о несанкционированных поджогах свалок.

Управление и обработка отходов с помощью технологии термического пиролиза все чаще рассматривается как наиболее подходящий и экономически целесообразный подход к управлению бытовыми отходами. Ключевым продуктом технологий термического пиролиза является конверсия ТКО в синтез-газ (синтез-газ), который представляет собой преимущественно монооксид углерода и водород, который, в свою очередь, может быть преобразован в энергию (тепловая энергия, электричество), другие газы, топливо и/или химические вещества. Частично полученный синтез-газ применяется обратимо для инициирования пиролиза. Пиролитическое масло после складирования направляется в качестве сырья на заводы нефтехимической промышленности для изготовления горюче – смазочных материалов, заменителей мазута и дров.

Пиролиз имеет неоспоримые преимущества перед утилизацией мусора сжиганием. Во-первых, не происходит загрязнение среды, во-вторых, сырьевым материалом служат отходы, при этом примечательно, что пиролизом перерабатываются отходы, которые сложно утилизировать, например, старые шины. Пиролизные остатки не содержат агрессивных веществ. При пиролизе тяжелые металлы не восстанавливаются, а уходят в золу.

Одним из вариантов использования ключевого продукта от преобразования ТКО в синтез-газ с помощью теплового процесса является производство тепловой и/или электроэнергии в электростанции. Увеличение численности населения и миграция людей в промышленные города и поселки из сельских районов привели к последующему увеличению количества отходов, что создает угрозу для здоровья человека и окружающей среды, в частности путем загрязнения воздуха и земель.

Поступившее на перерабатывающее предприятие сырьё нуждается в сортировке и хранении. От профиля завода зависит необходимость в тех или иных производственных узлах. Для разделения и измельчения понадобятся: шредеры, дробилки, измельчители; сепараторы, экструдеры и сушилки, специфическое оборудование для работы с конкретными видами сырья.

Стоимость крупного универсального мусороперерабатывающего завода может составить около миллиарда рублей, небольшого предприятия первичной переработки — до 8 млн. руб. Для бюджета небольшой страны, а тем более для бюджета ее отдельного города или района это существенные инвестиции. В результате сжигания получаемый продукт – тепловая или электроэнергия. Для условий Ганы актуальна только электроэнергия ввиду климатических условий, при этом предприятие не сможет получать доход за счет других продуктов переработки ввиду их отсутствия.

В связи с вышесказанным предлагается рассмотреть природоохранный проект, который подразумевает использование пиролизной установки для переработки ТКО и обеспечения электричеством район одного из городов. Для переработки муниципальных твердых бытовых отходов и их составляющих экономически целесообразно использовать технологию термохимической деструкции (пиролиз), на основе которой построена работа комплекса EcoMachine AMR. Данная установка выбрана ввиду относительно невысокой стоимости, простоты установки и эксплуатации. Требуемая площадь для установки – участок 20 м * 30 м, который планируется инвестором к аренде на 6 лет. Для обеспечения безопасности населения минимальная необходимая удаленность от жилых домов составляет 500 м.

Технологический процесс переработки отходов данным комплексом использует инновационные технологии быстрого пиролиза исходного сырья, где одновременно реализуется быстрый пиролиз, физическая или физико-химическая активация. Применение

отдельных блоков различной термообработки конденсата и замкнутой рециркуляционной системы обеспечивают наиболее эффективное и полное использование теплоты. Несконденсированные газы, прошедшие многоступенчатую систему очистки и охлаждения, подаются для питания двигателя внутреннего сгорания, работающего по газодизельному циклу. Двигатель работает в увязке с электрогенератором мощностью 100 кВт·ч для выработки электрической энергии, подаваемой сторонним потребителям. Основные исходные расчетные данные по проекту приведены ниже:

- Мощность завода (т ТКО / сутки) – 500;
- Производство энергии (кВтч/т ТКО) – 500;
- Общее производство энергии в сутки (кВт) – 6000000;
- Общее производство энергии в час (кВт) – 250000;
- Среднее потребление кВт /ч – 150;
- Количество домохозяйств – 1667;
- Текущая стоимость электроэнергии в Гане (домашние хозяйства) за кВтч, долл. США -

0,054.

Исходя из мощности одной установки можно обеспечить электричеством более, чем на 50% население некоторых городов, либо полностью обеспечить электроэнергией отдельные районы.

Проанализируем основные затраты проекта на установку, ее использование, амортизацию и пр. Рассматриваемый срок окупаемости природоохранного проекта – 6 лет, что соответствует гарантийному сроку работы установки до капитального ремонта. Что касается основных затрат по проекту, то они охватывают: аренду земли под размещение комплекса, затраты на дизельное топливо, стоимость установки, затраты на оплату персонала, наладочные работы. Планируемые инвестиции за 6 лет составляют 937937,5 долл. США.

Доходы от реализации проекта складываются из следующих статей:

В рассматриваемых климатических условиях тепловая энергия для целей отопления домохозяйств не рассматривается. Поскольку рассматриваемый срок инвестиции – 6 лет.

Для оценки эколого-экономического эффекта проекта рассматривался показатель чистого дисконтированного дохода. Расчеты показывают, что чистая приведенная стоимость проекта за рассматриваемый период составила 106 356,4 тыс. долл. США. В проекте предусмотрен уровень продажи электроэнергии населению по текущим ценам. В дальнейшем инвестор может установить стоимость электроэнергии ниже, чем предлагают другие местные энергопроизводители и тем самым обеспечить «зеленую» бесперебойную электроэнергию населению. Учитывая, что проект можно оценить, как прибыльный с экономической точки зрения, полученную прибыль можно использовать для дальнейших инвестиций в оборудование, расширение штата сотрудников.

На стадии обоснования инвестиционного проекта по переработке отходов с получением энергии необходимо учитывать все возможные экономические, экологические и социальные его результаты [6]. Для оценки экологической «инвестиции» рассматриваемого проекта оценим его экологические показатели, табл. 3.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика экологических аспектов технологий по переработке отходов

Экологический критерий	Вариант переработки ТКО			
	открытый полигон	пиролиз	сжигание	компостирование
Безопасность выбросов перерабатывающего предприятия	-	+	+ -	-
Разгрузка полигонов	-	+	+	-

Сокращение занимаемая площадь перерабатывающего предприятия	-	+	+	-
Возможность использования продуктов переработки	-	+	-	+

Примечание: составлено автором

Мусоросжигание также по большинству показателей можно отнести к экологически эффективным технологиям. Кроме того, сжигание ТКО предусматривает в качестве продукта переработки только золу и шлаки, которые также подлежат дальнейшему захоронению на полигонах. К достоинствам технологии пиролиза можно отнести возможность использования и продажи продуктов переработки отходов, таких как электроэнергия, мазутное топливо, а также производство и продажа твердого остатка (для производства шин, строительных материалов и прочих целей).

Из проведенного анализа можно сделать вывод о том, что использование технологии пиролиза позволяет получить одновременно экологический и экономический эффект.

Для развития системы управления отходами предлагаются осуществить следующие мероприятия:

1. Содействие бизнесу: предоставление субсидий и налоговых льгот частным инвесторам на природоохранные мероприятия по переработке отходов. При этом могут использоваться различные формы привлечения инвестиций на основе государственно-частного партнерства [8];

2. Совершенствование ценообразования на утилизацию отходов - стоимость услуг по утилизации должна быть достаточной для успешного выполнения коммунальными службами функций сбора и доставки отходов, мониторинга;

3. Максимизация рекуперации энергии, минимизация золы и обеспечение рационального землепользования;

4. Минимизация территорий свалок, увеличение их «продолжительности жизни» за счет их переработки и утилизации отходов.

Таким образом реализация предложенного подхода направлена на решение проблемы экологически безопасной переработки и утилизации отходов с получением энергии и обеспечение устойчивого пространственного развития территории в целом [14].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алихаджиева Д.Ш. Классификация и утилизация твердых бытовых отходов в Чеченской Республике. В сборнике: фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. Материалы I Международной научно-практической конференции: в 2 томах. Грозный: ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова». 2017. С. 442-445.

2. Баах Дорис. Анализ энергетического потенциала переработки твердых коммунальных отходов в управлении природопользованием // Национальные приоритеты и безопасность // Сб. научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. Нальчик: ООО «Рафика», 2020. С. 231-236.

3. Гулгонова Е.В., Корнеев А.В., Потравный И.М. Утилизация ТБО: согласование эколого-экономических интересов на микроэкономическом уровне // Экономика природопользования. 2004. №1. С. 34-41.

4. Гусев А.А., Потравный И.М. Развитие промышленности по переработке, утилизации и обезвреживанию отходов на основе методологии проектного управления // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании. Материалы VII межд. научно-практ. конф. - М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2018. – С. 340-345.

5. Гусев А.А., Потравный И.М. Инновационные предпосылки внедрения экологически чистых технологий при реализации инвестиционных проектов в Арктике // Стратегии и инструменты экологически устойчивого развития экономики : сб. трудов XV Международной научно-практ. конф. Российского общества экологической экономики. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2019. С. 493-498.
6. Потравный И.М., Алихаджиева Д.Ш. Характеристика инвестиционных проектов по их вкладу в решение эколого-экономических проблем // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании: материалы VII межд. научно-практ. конф. - М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2017. С. 140-145.
7. Потравный И.М., Алихаджиева Д.Ш. Развитие экологической инфраструктуры для обеспечения качества окружающей среды в системе экономики природопользования // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании. Сб. трудов III межд. научно-практ. конф. – М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2013, с. 173-178.
8. Потравный И.М., Колотырин К.П., Генгут И.Б. Развитие государственно-частного партнерства в сфере обезвреживания твердых коммунальных отходов, накопленных в результате прошлой хозяйственной деятельности // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, 2016, №6 (90). С. 66-74.
9. Потравный И.М., Захожай В.Б. Ресурсосбережение и охрана окружающей среды. Киев: Урожай, 1990. – 288 с.
10. Потравный И.М., Годына Р.В. Институциональные и экономические условия и предпосылки развития возобновляемых источников энергии. эколого-экономический анализ В сборнике: Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании. материалы межд. научно-практ. конф. : М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова. Под ред. В.И. Ресина. 2012. С. 138-143.
11. Потравный И.М., Ли Ф. Построение экологически цивилизованного общества: взгляд из Китая. В сборнике: Россия в XXI веке: глобальные вызовы и перспективы развития. Четвёртый Международный форум. 2015. С. 196-207.
12. Потравный И.М., Брылкина А.В. Анализ зарубежного опыта в сфере энерго- и ресурсосбережения в целях обеспечения энергоэффективности производства и перехода к низкоуглеродной экономике. В сборнике: Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании. Материалы 5-ой международной научно-практической конференции. Под ред. В.И. Ресина. 2015. С. 206-211.
13. Экономика и управление природопользованием. Ресурсосбережение // Новоселов А.Л., Потравный И.М., Новоселова И.Ю., Мелехин Е.С. Учебник и практикум. М.: ЮРАЙТ, 2019. Сер. 76. (1-е изд.). – 343 с.
14. Устойчивое пространственное развитие. Проектирование управление: монография / Под общ. ред. Комова Н.В., Шарипова С.А., Носова С.И., Цыпкина Ю.А. М., 2021. – 752 с.

УДК 504.75.05

10.34708/GSTOU.CONF.2021.28.24.039

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

© Х.М. Газимагомадов
ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия