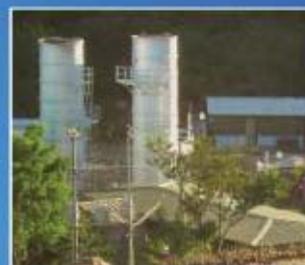




Лучшие методы реализации биогазовых энергетических проектов на полигонах ТБО



Перевод выполнен *Научно-техническим центром «Биомасса»*, Киев, Украина

www.biomass.kiev.ua

Инициатива и поддержка: *SCS Engineers, USA*

U.S. EPA Climate Change Division, Landfill Methane Outreach Program (LMOP)

Ответственный редактор перевода

Матвеев Ю.Б., к.ф.м.н.

Зам. директора НТЦ Биомасса

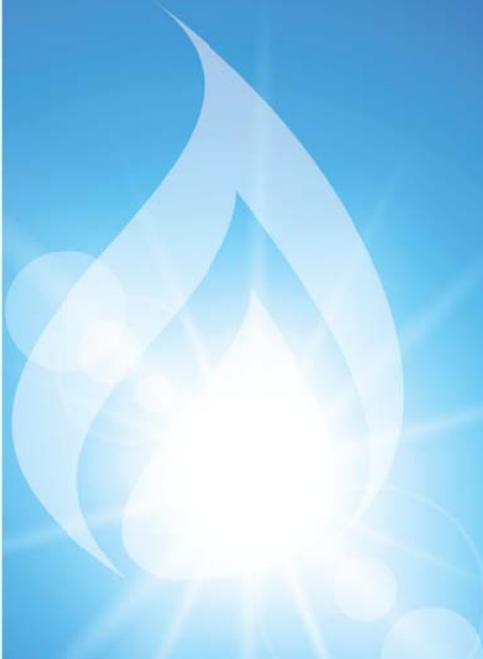
Ст. науч. сотр. Института технической теплофизики НАН Украины

mtv@biomass.kiev.ua

декабрь 2014 (1)



International Best Practices Guide for Landfill Gas Energy Projects



Агентство защиты окружающей среды США

2012

Благодарности

Агентство защиты окружающей среды США (U.S. Environmental Protection Agency (EPA)) выражает благодарность следующим лицам, принявшим участие в экспертной оценке данного издания:

- Ricardo Cepeda-Marquez, Фонд William J. Clinton, Мексика
- Daniel Fikreyesus, EchnoTech, Эфиопия
- Hamza Ghauri, Совет по развитию альтернативной энергетики, Пакистан
- Derek Greedy, Международная ассоциация по твердым отходам (ISWA), Рабочая группа по полигонам ТБО, Великобритания
- Falko Harff, CarbonBW Colombia S.A.S., Колумбия
- Basharat Hasan Bashir, Совет по развитию альтернативной энергетики, Пакистан
- Piotr Klimek, Институт нефти и газа, Польша
- Adrian Loening, Carbon Trade Ltd., Великобритания
- Mauricio Lopez, Caterpillar Inc., Соединенные Штаты
- Karen Luken, Фонд William J. Clinton, Соединенные Штаты Америки
- Alfonso Martinez Munoz, PASA, Мексика
- Yuri Matveev, НТЦ Биомасса, Украина
- Erika Mazo, CarbonBW Colombia S.A.S., Колумбия
- Ricardo Rolandi, Asociación de Residuos Sólidos (ARS), Аргентина
- Horacio Terraza, Inter-American Development Bank, Аргентина
- Richard Tipping, Chase Environmental, Великобритания
- Goran Vujic, Ассоциация по управлению твердыми отходами, Сербия
- Andrew Whiteman, Wasteaware/Resources and Waste Advisory Group, Великобритания

EPA также выражает благодарность следующим сотрудникам и представителям подрядчиков, внесшим свой вклад в подготовку данного руководства:

U.S. EPA Climate Change Division, Landfill Methane Outreach Program (LMOP)

- Tom Frankiewicz
- Swarupa Ganguli
- Chris Godlove
- Victoria Ludwig

Подрядчики EPA LMOP

- Eastern Research Group, Inc.: Amy Alexander, Stacy DeGabriele, Brian Guzzone and Amanda Singleton
- SCS Engineers: Brent Dieleman, Chad Leatherwood, Sandra Mazo-Nix, Dana Murray, Eric Peterson and Alex Stege
- Tetra Tech EM Inc.: Chris Bachman, Donna Boysen, Austin Oelschlager and Cathy McGirl
- MGM Innova
- Organic Waste Technologies (HK), Ltd

Международная ассоциация по твердым отходам (ISWA) является международной, независимой и некоммерческой ассоциацией, работающей в интересах общества в целях развития устойчивого управления отходами во всем мире. Рабочая группа ISWA по полигонам ТБО сосредоточена на проектировании, строительстве, регулировании и управлении полигонами ТБО как в развитых, так и в развивающихся странах.



Резюме

Управление твердыми бытовыми отходами является одним из самых трудоемких и дорогостоящих видов услуг, предоставляемых органами местного самоуправления в развитых и развивающихся странах. Местные власти часто сталкиваются с трудностями в определении наиболее приемлемых технологий управления твердыми бытовыми отходами и реализации проектов по их утилизации. Проекты по использованию энергии биогаза (LFGE) – небольшой, но важный компонент комплексного подхода к управлению твердыми бытовыми отходами (ТБО), учитывая, что использование полигонов ТБО продолжает оставаться преобладающим методом обращения с ТБО в большинстве стран. Помощь местным органам власти в выборе оптимальной стратегии и технологий для управления ТБО является критически важной.

Руководство «*Лучшие методы реализации проектов по энергетическому использованию биогаза на полигонах ТБО*», подготовленное в рамках выполнения программы Глобальные Метановые Инициативы (GMI), содержит обширный обзор примеров разработки международных проектов, приводит технологические, экономические и политические соображения, которые, как правило, влияют на успех реализации проектов LFGE. Целью руководства является стимулирование реализации экологически и экономически обоснованных проектов путем обеспечения заинтересованных сторон имеющейся информацией, инструментарием и услугами. При этом Руководство не предназначено для описания пошаговой процедуры разработки проекта.

Аудитория

Руководство содержит ценную информацию для представителей национальных, региональных и местных органов власти, владельцев свалок и полигонов, поставщиков энергетических услуг, промышленных предприятий, а также представителей некоммерческих организаций. Эти и другие заинтересованные стороны получают несомненную пользу от информации, представленной в данном руководстве, для разработки успешных проектов LFGE. Менее знакомые с предметом стороны узнают об основах комплексного управления ТБО и общих принципах выполнения проектов, получают информацию о существующих проектах LFGE и доступ к ключевым информационным ресурсам. Опытные заинтересованные стороны найдут в Руководстве технические рекомендации относительно реализации и эксплуатации проектов, получают представление о моделях для оценки образования и сбора биогаза, получают доступ к большому количеству информационных ресурсов и инструментов, приведенных в Руководстве, которые помогут им в принятии решения о целесообразности реализации проектов LFGE.

Лучшие методы

В Руководстве приводятся примеры передовых методов реализации основных аспектов проектов LFGE, обсуждаемые ниже.

Основные понятия комплексного управления ТБО. Быстрый рост населения и высокие темпы урбанизации в сочетании с увеличением благосостояния в развивающихся странах требуют пересмотра процессов управления отходами. Реализация комплексного управления ТБО с учетом внедрения лучших методов реализации проектов может обеспечить охрану здоровья человека и окружающей среды от опасности,

Лучшие методы преодоления барьеров для проектов LFGE

Использование руководства поможет преодолеть пять наиболее распространенных барьеров:

- Устранение недостатков проектирования и эксплуатации полигонов ТБО
- Проектирование и эксплуатация успешных проектов сбора и контроля биогаза
- Оценка количества биогаза, доступного для проекта
- Выбор технологии для получения энергии
- Обеспечение финансирования проекта

связанной с отходами. Обеспечение правильного сочетания методов управления ТБО для решения потребностей местного населения поможет обеспечить здоровье населения и чистую окружающую среду.

Устройство и эксплуатация мест захоронения ТБО. Повышение качества мест захоронения ТБО до стандартов правильно спроектированного и эксплуатируемого санитарного полигона будет способствовать улучшению сбора биогаза. Важно, чтобы заинтересованные стороны понимали, каким образом особенности полигона влияют на газообразование, содержание метана, эффективность сбора системы сбора биогаза, в том числе, каким образом недостатки конструкции и эксплуатации могут повлиять на образование биогаза. Проведение обучения помогает уменьшить вероятность возникновения таких недостатков. Хорошо спланированный и управляемый санитарный полигон будет генерировать биогаз, который может быть эффективно собран и использован, обеспечив таким образом уменьшение затрат в течение всего срока реализации проекта.

Проектирование, строительство и эксплуатация систем сбора и контроля биогаза. Реализация любого LFGE проекта включает проектирование, строительство и эксплуатацию системы сбора и контроля биогаза (GCCS). Такие системы требуют надлежащей инженерной проработки, строительства и эксплуатации квалифицированным персоналом для обеспечения максимального результата. В то время как использование надлежащих методов и обеспечение качества процедур во время строительства помогают обеспечить правильную работу и надежность системы, качество эксплуатации определяет успех проекта LFGE в целом. С помощью периодического мониторинга и регулирования параметров GCCS заинтересованные стороны смогут адаптироваться к постоянно изменяющимся параметрам полигона ТБО.

Технологии утилизации биогаза из ТБО для производства энергии. Общая осуществимость LFGE проекта для конкретного полигона зависит от многих факторов, таких как состав и количество отходов, качество и количество биогаза, наличие и расположение конечного потребителя. Понимание, оценка и выбор подходящих технологических решений для утилизации биогаза имеют важное значение для LFGE проектов. Проверенные и новые технологии обеспечивают практические решения для эффективной реализации LFGE проектов прямого использования биогаза и производства электроэнергии, а также для очистки биогаза с удалением паров воды, твердых частиц и других примесей.

Рыночные механизмы реализации проектов LFGE. Важно, чтобы заинтересованные стороны понимали, как политические и рыночные стимулы влияют на развитие потенциала проектов LFGE и поддерживают долгосрочную устойчивость этих проектов. Политические факторы и механизмы финансирования занимают определяющее место при оценке финансовых параметров проектов LFGE. Рыночные стимулы и финансовые механизмы могут варьироваться в зависимости от страны и региона. Спрос на возобновляемую энергию и конкурентоспособность этой энергии по сравнению с традиционными альтернативами должны учитываться на стадии планирования проекта LFGE для достижения наиболее эффективного результата.

Моделирование газообразования. Оценка количества биогаза из ТБО является важным компонентом оценки и разработки концепции проекта, потому что прогнозы сбора биогаза используются для оценки размера проекта, ожидаемых доходов, требований к проектированию, капитальных и эксплуатационных затрат. Тем не менее, точное прогнозирование количества биогаза и метана может быть затруднительным во многих случаях. Такой прогноз требует выбора и использования соответствующей модели газообразования из нескольких вариантов, учета местных условий, влияющих на образование биогаза и понимания неопределенностей, присущих процессу моделирования. Результат моделирования зависит от качества данных, используемых в модели, правильного использования таких факторов, как среднегодовой состав отходов, количество отходов и темпы его роста, а также опыта эксперта по моделированию.

Экономика и финансирование проектов. Экономическая жизнеспособность проекта LFGE опирается на использование финансовых механизмов для содействия развитию LFGE ресурсов. Варианты могут варьироваться в зависимости от страны, в целом они могут включать налоговые льготы, государственно-частное партнерство, финансирование с помощью облигаций/бондов, муниципальное финансирование, гарантии по займам и гранты. Важно, чтобы заинтересованные стороны понимали спектр финансовых механизмов, доступных для проекта LFGE. Необходимо тщательно оценить экономическую целесообразность вариантов, в том числе влияние неценовых факторов и выбрать наиболее жизнеспособный вариант реализации для достижения поставленных целей.

Содержание

Резюме	ES-1
Сокращения	ii
Введение	1
1. Основные понятия комплексного управления ТБО	3
2. Устройство и эксплуатация мест захоронения ТБО	11
3. Проектирование, строительство и эксплуатация систем сбора и контроля биогаза	21
4. Технологии утилизации биогаза из ТБО для производства энергии	33
5. Рыночные механизмы реализации проектов LFGE	51
6. Моделирование газообразования	63
7. Экономика и финансирование проектов	77
Приложения	
A Примеры проектов	
B Техника безопасности	

Сокращения

Единицы измерения, константы и символы

Btu	Британская тепловая единица
cm	Сантиметр (см)
CH ₄	Метан
CO	Оксид углерода
CO ₂ e	Эквивалент углекислого газа
°C	Градус Цельсия
DOC	Биоразлагаемый органический углерод
DOC _f	Доля DOC, подверженная разложению
ERU	Единица снижения выбросов (ЕСВ)
ft ³	Кубический фут
H ₂ S	Сероводород
ha	Гектар (га)
hr	Час
k	Скорость образования метана
km	Километр (км)
kPa	Килопаскаль (кПа)
kW	Киловатт (кВт)
kWh	Киловатт час (кВт·ч)
l/hr	Литр в час (л/час)
L ₀	Потенциал образования метана
m ²	Квадратный метр (м ²)
m ³	Кубический метр (м ³)
m ³ /hr	Кубический метр в час (м ³ /час)
MCF	Фактор коррекции метана
Mg	Мегаграмм (Мг)
MJ	Мегаджоуль (МДж)
mm	Миллиметр (мм)
MMTCO ₂ e	Миллион метрических тонн эквивалента углекислого газа
MW	Мегаватт (МВт)
N ₂	Азот
O ₂	Кислород
Psig	Фунт на квадратный дюйм
tCO ₂ e	Тонн эквивалента углекислого газа
µm	Микрон

Сокращения

AD	Анаэробное сбраживание
C&D	Строительные отходы (Строительство и Снос)
CALMIM	Калифорнийская инвентаризационная модель генерации метана на полигонах ТБО
CAR	Резерв климатических акций
CDM	Механизм чистого развития (МЧР)
CER	Сертифицированное снижение эмиссии парниковых газов
CFR	Кодекс федеральных правил
CHP	Комбинированное производство тепла и электроэнергии
CIGAR	Покрытый заглубленный анаэробный реактор
CNG	Сжатый природный газ
CQA	Обеспечение качества строительства
CREB	Облигация (бонд) чистой возобновляемой энергии
DUKES	Дайджест энергетической статистики Великобритании
ESMAP	Программа содействия управлению энергетическим сектором
EU	Европейский Союз
FGC	Топливный газовый компрессор
FiT	Фиксированный тариф (Feed-in tariffs)
GCCS	Система сбора и контроля биогаза
GHCN	Глобальная историческая климатологическая сеть
GHG	Парниковый газ
GMI	Глобальные метановые инициативы (программа Агентства защиты окружающей среды США)
HDPE	Полиэтилен высокого давления
IBAM	Бразильский институт муниципального управления
IPCC	Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК)
ISWA	Международная ассоциация твердых отходов
ISWM	Комплексное управление твердыми отходами
ITC	Инвестиционный налоговый кредит
Ji	Проекты Совместного Осуществления (ПСО)
JVETS	Добровольная схема торговли выбросами Японии
LandGEM	Модель эмиссии биогаза из ТБО
LCFS	Стандарт низко углеродного топлива
LCRS	Система сбора и удаления фильтрата
LFG	Биогаз (полигонный газ, свалочный газ)
LFGE	Энергия биогаза, получение энергии из биогаза
LMOP	Программа развития использования метана на полигонах ТБО Агентства защиты окружающей среды США
LNG	Сжиженный природный газ

MCF	Фактор коррекции метана
MDB	Международные банки развития
MFI	Международные финансовые организации
MRF	Сортировочная линия
MSW	Твердые бытовые отходы (ТБО)
NGO	Неправительственная (общественная) организация (НПО)
O&M	Эксплуатация и техническое обслуживание
OECD	Организация экономического сотрудничества и развития
PBF	Фонд общественного благосостояния
PDD	Проектно-техническая документация
PET	Потенциал эвапотранспирации
PoA	Программа мероприятий
PPA	Договор о закупке электроэнергии
PPE	Персональные средства защиты
PPP	Государственно-частное партнерство
PTC	Производственный налоговый кредит
PVC	Поливинилхлорид (ПВХ)
QA/QC	Процедуры контроля качества
REC	Сертификат на производство возобновляемой энергии
RES	Стандарт возобновляемого электричества
RFP	Запрос предложений
SWANA	Ассоциация твердых отходов Северной Америки
SWD	Захоронение твердых отходов
UK	Великобритания
U.S. EPA	Агентство защиты окружающей среды США
US	Соединенные Штаты
UNEP	Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде
UNFCCC	Рамочная Конвенция ООН об изменении климата (РКИК ООН)
USD	Доллар США
VCS	Верифицированный углеродный стандарт
WARM	Модель сокращения количества отходов
WTE	Производство энергии из отходов



Введение

Руководство «Лучшие методы реализации биогазовых энергетических проектов на полигонах ТБО», подготовленное в рамках выполнения программы Глобальные Метановые Инициативы (GMI), содержит обширный обзор примеров разработки международных проектов, приводит технологические, экономические и политические соображения, которые, как правило, влияют на успех реализации проектов LFGE. Целью руководства является стимулирование реализации экологически и экономически обоснованных проектов LFGE путем обеспечения заинтересованных сторон имеющейся информацией, инструментарием и услугами. При этом Руководство не предназначено для описания пошаговой процедуры разработки проекта.

Руководство содержит ценную информацию для представителей государственных, региональных и местных органов власти, владельцев свалок и полигонов, поставщиков энергетических услуг, промышленных предприятий, а также представителей некоммерческих организаций. Эти и другие заинтересованные стороны получают несомненную пользу от информации, представленной в данном руководстве, для разработки успешных проектов LFGE.

Руководство состоит из семи глав:

- Глава 1 – Основные понятия комплексного управления ТБО
- Глава 2 – Устройство и эксплуатация мест захоронения ТБО
- Глава 3 – Проектирование, строительство и эксплуатация систем сбора и контроля биогаза
- Глава 4 – Технологии утилизации биогаза из ТБО для производства энергии
- Глава 5 – Рыночные механизмы реализации проектов LFGE
- Глава 6 – Моделирование газообразования
- Глава 7 – Экономика и финансирование проектов

Подборка примеров успешных проектов LFGE в странах партнерах GMI приведена в Приложении А. Каждый пример содержит краткое описание проекта, достигнутых результатов и преодоленных в ходе реализации проекта барьеров. В Приложении В описаны меры по технике безопасности.



Информация о GMI

Программа GMI представляет собой добровольное, многостороннее партнерство, целью которого является сокращение глобальных выбросов метана и продвижение борьбы с ними, восстановление и использование метана в качестве ценного экологически чистого источника энергии. GMI достигает эту цель путем создания международной сети правительственных партнеров, представителей частного сектора, банков развития, университетов и неправительственных организаций (НПО) в целях наращивания потенциала, разработки стратегий и рынков, устранения барьеров для развития технологий сокращения эмиссии метана в странах-партнерах проекта. Данное руководство поддерживает цели и миссию GMI, обеспечивая инструментарий и необходимую информацию для заинтересованных сторон для развития успешных проектов LFGE. Подробная информация о GMI доступна на <http://globalmethane.org>.



Использование данного руководства

Руководство предназначено для описания основных понятий и лучших методов реализации проектов LFGE. Поскольку такие проекты выполняются в сложных политических, правовых, организационных и финансовых условиях, руководство не предлагает единого универсального решения. Дополнительные материалы и примеры, содержащие более полную информацию, приведены в выносных боксах и обширных сносках. Читателям рекомендуется посетить дополнительные ресурсы, содержащиеся в документе, для поиска ответов на конкретные вопросы, которые могут иметь отношение к отдельным проектам и темам.

Некоторые аспекты проектов LFGE не обсуждаются подробно. В частности, руководство не предоставляет подробные сведения о вопросах управления и регулирующих органах, потому что они отличаются друг от друга в развитых и развивающихся странах и в различных регионах по всему миру. Точно так же ограничена информация о стоимости проектов LFGE, потому что затраты могут значительно отличаться в разных странах и регионах в зависимости от многих факторов, в том числе стоимости материальных и трудовых ресурсов, импортных пошлин и налогов.

Руководство содержит ссылки на международные соглашения, программы и механизмы, изменяющиеся с течением времени. Например, рыночные механизмы Киотского протокола для достижения целевых показателей по сокращению выбросов парниковых газов, в том числе Механизма чистого развития (CDM) и проектов совместного осуществления (JI), постоянно развиваются. Данное руководство учитывает состояние механизмов CDM и JI на момент его подготовки. Экономические и регуляторные факторы, влияющие на жизнеспособность проектов LFGE, в том числе на наличие финансирования проекта через CDM и JI, также эволюционируют. Эти факторы включают в себя наличие торговых рынков для сертифицированных сокращений выбросов (углеродные кредиты) и возобновляемых источников энергии. Советы и рекомендации по финансированию проектов LFGE следует использовать с осторожностью, потому что механизмы финансирования могут изменяться в зависимости от страны и региона.

Ограничение ответственности

Руководство не является официальным документом. Читателям руководства рекомендуется изучить возможности использования лучших методов, описанных на следующих страницах, с учетом действующих нормативных требований в своих странах или муниципалитетах. Данный документ дает общую информацию о реализации проектов LFGE и не имеет целью предоставить полное описание факторов или соображений, которые могут иметь отношение к реализации проекта. Любые ссылки на частные компании, продукты или услуги приведены строго в информационных целях и не являются рекомендацией к использованию этого объекта, продукта или услуги.



ГЛАВА 1

Основные понятия комплексного управления ТБО

Численность населения в мире превышает 7 миллиардов человек. Спрос на доступ к санитарным условиям неуклонно возрастает в результате появления среднего класса в развивающихся странах. Ожидается, что к 2050 году население в мире превысит 9 миллиардов человек¹. Каждый год человечество генерирует более 2 млрд тонн отходов. Если общество продолжит двигаться в сторону образования отходов по образцу самых богатых городов и стран с высоким уровнем дохода, то к 2025 году ежегодно будут образовываться 7 миллиардов тонн отходов². Быстрый рост населения и высокие темпы урбанизации в сочетании с увеличением благосостояния в развивающихся странах требуют серьезного пересмотра системы управления отходами (см. Рисунок 1-1) и роли комплексного управления твердыми бытовыми отходами (ISWM) для защиты окружающей среды, минимизации загрязнения воздуха и воды, охраны здоровья населения, с максимальным учетом возможности получения добавленной стоимости (производство энергии и получение вторичных материалов).

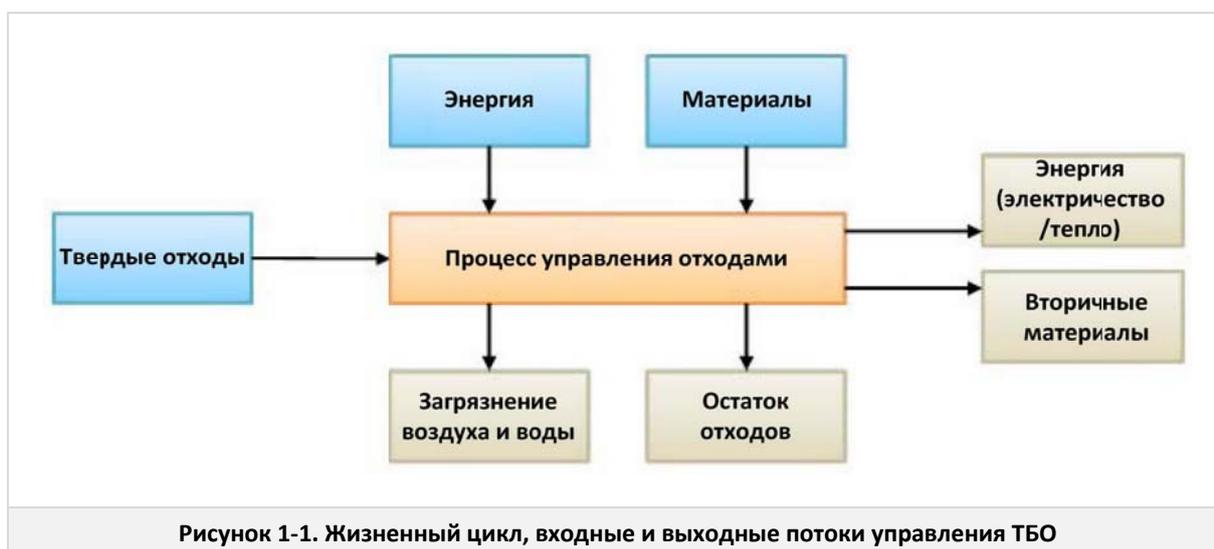


Рисунок 1-1. Жизненный цикл, входные и выходные потоки управления ТБО

В настоящее время от 30 до 60 процентов ТБО в городах развивающихся стран остаются несобранными, накапливаются и сжигаются на открытом воздухе³. Частично отходы сбрасываются в водоемы, ухудшая качество воды. Правильная утилизация отходов является одной из основных задач общественного здравоохранения и экологии, затрагивая интересы и богатых, и бедных, и представляет огромную проблему для растущих городов и поселков. Тем не менее, в результате быстрого увеличения населения и урбанизации, все большее число развивающихся стран начинает использовать ту или иную форму удаления ТБО (открытые свалки, контролируемые свалки или полигоны, санитарные полигоны) для управления процессом захоронения увеличивающегося количества ТБО (см. Рисунок 1-2). Во всем мире большая часть отходов попадает на свалки и полигоны, тем самым решая проблемы общественного здравоохранения, но создавая при этом дополнительные экологические риски. Полигоны обеспечивают анаэробные условия для отходов, что способствует образованию биогаза, состоящего из метана, углекислого газа и летучих органических соединений. Биогаз обладает неприятным запахом и потенциально содержит целый ряд

¹ Population Reference Bureau. April 2011. *World Population*. <http://www.prb.org/>.

² UN-HABITAT. 2010. *Solid Waste Management in the World's Cities, Water and Sanitation in the World's Cities*. <http://www.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=2918>.

³ Ibid.

загрязняющих веществ. Метан, образующийся на полигонах, имеет важное экологическое значение, являясь мощным парниковым газом (ПГ). Его способность удерживать тепло в атмосфере определяемая как "потенциал глобального потепления" более чем в 20 раз превышает аналогичную способность углекислого газа⁴.

Свалки и полигоны ТБО являются третьим по величине антропогенным источником выбросов метана, что составляет примерно 11 процентов от глобальной эмиссии метана или почти 799 миллионов тонн эквивалента двуоксида углерода (MMTCO_{2e}) в 2010 году.⁵

Количество образующегося метана зависит от состава, количества и влажности отходов, особенностей проектирования и методов эксплуатации полигона.

Санитарные полигоны, предназначенные для максимального анаэробного разложения отходов, производят больше метана, чем открытые свалки. Поскольку развивающиеся страны переходят к строительству контролируемых санитарных полигонов, величина эмиссии метана из ТБО будет расти с увеличением доли отходов, находящихся в оптимальных для образования биогаза условиях. В результате, сбор и контроль образования биогаза приобретает еще большее значение для управления газовых эмиссий. Например, в 1990-е годы, несколько крупных городов в Южной Африке имели проблемы с полигонами для захоронения отходов. Решение этих проблем позволило как увеличить сбор биогаза на существующих закрытых свалках, так и построить новые санитарные полигоны с максимальным выходом биогаза, использующимся для коммерческих целей⁷. Несколько муниципалитетов реализовали проекты сбора биогаза на санитарных полигонах и полигонах с улучшенной эксплуатацией.

Неконтролируемые свалки представляют собой наиболее дешевое и зачастую наиболее целесообразное техническое решение (см. Рисунок 1-3). Ввиду относительно высокой стоимости строительства санитарных полигонов города, как правило, не демонстрируют значительный прогресс в их строительстве, если только нормативно-правовая база и природоохранные органы не принуждают к этому⁸. Между тем, потребность в полигонах во многих развитых странах остается постоянной или неуклонно снижается в результате нормативных ограничений строительства новых полигонов. Директива Европейского Союза (ЕС) о полигонах ТБО предполагает, что все страны-члены ЕС обязаны сократить количество биоразлагаемых отходов, вывозимых на полигоны⁹. Например, Великобритания обязана к 2010 году уменьшить количество



Рисунок 1-2. Увеличение количества ТБО в развивающихся странах, прогноз до 2020 года⁵

⁴ U.S. EPA. Methane: Science – Global Warming Potentials. <http://www.epa.gov/methane/scientific.html>.

⁵ Gary Crawford, Veolia Environmental Services. 2011. *Incorporating the Waste Sector into a Country NAMA*. Presented at the GMI Partnership-Wide Meeting, Krakow, Poland, 13 October 2011. http://www.globalmethane.org/documents/events_land_101411_tech_crawford.pdf.

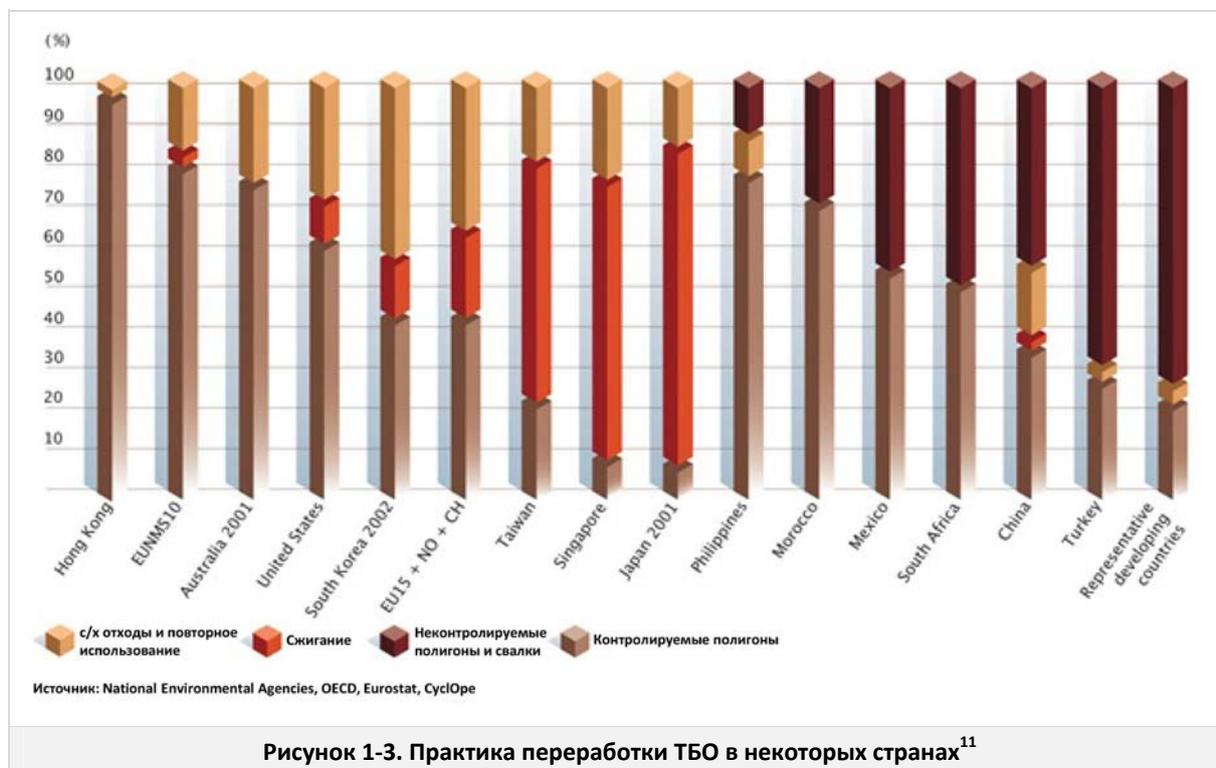
⁶ U.S. EPA. 2011. *DRAFT: Global Anthropogenic Emissions of Non-CO₂ Greenhouse Gases: 1990–2030*. EPA 430-D-11-003. <http://www.epa.gov/climatechange/EPAactivities/economics/nonco2projections.html>.

⁷ USAID. November 2004. *Draft Final: Study of the Market Potential for Recovered Methane in Developing Counties*. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADK799.pdf.

⁸ The World Bank. 2011. *Analysis of Technology Choices*. <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTURBANDEVELOPMENT/EXTUSWM/0,,contentMDK:20239704~menuPK:497751~pagePK:148956~piPK:216618~theSitePK:463841,00.html>.

⁹ http://ec.europa.eu/environment/waste/landfill_index.htm. On this page, a reader can read a summary, then find the actual Directive.

биоразлагаемых отходов, отправляемых на полигоны, до 75 процентов по сравнению с 1995 годом, до 50% к 2013 году, и до 35% к 2020¹⁰. В результате новые подходы к управлению отходами начинают быстро развиваться в общественной и институциональной политике на местном и национальном уровнях.



Управление твердыми бытовыми отходами является, как правило, одним из самых трудоемких и дорогостоящих видов услуг, предоставляемых органами местного самоуправления в развитых и развивающихся странах. Чиновники местного уровня часто имеют дело с компаниями, продающими технологии обращения с твердыми отходами. Применение многих технологий может быть нецелесообразным, в то время как должностные лица могут иметь ограниченный опыт для оценки технологической состоятельности предложений компаний. Неправильные предположения и неадекватное планирование должностными лицами проекта во многих случаях приводит к преждевременной остановке проекта вскоре после дорогостоящего запуска, эксплуатации и технического обслуживания. Помощь местным органам власти в выборе стратегии и технологии управления ТБО является критически важной.

¹⁰ International Solid Waste Association. 2011. State of the Nation Report, Chapter 3, England and Wales. May 2011 DRAFT.

¹¹ Gary Crawford, Veolia Environmental Services. 2011. *Incorporating the Waste Sector into a Country NAMA*. Presented at the GMI Partnership-Wide Meeting, Krakow, Poland, 13 October 2011. http://www.globalmethane.org/documents/events_land_101411_tech_crawford.pdf.

Основные компоненты интегрированной системы управления ТБО

Для решения глобальных проблем утилизации отходов, города и соответствующие государственные ведомства должны сосредотачиваться на разработке и реализации различных вариантов долговременной стратегии ISWM. Основные элементы системы ISWM показаны на рисунке 1-4 и описаны ниже.

Сокращение количества отходов.

Также упоминается как уменьшение источника образования отходов, избежание или предотвращение образования отходов, находится на вершине иерархии управления отходами. Агентство США по охране окружающей среды (EPA) определяет данный элемент как "проектирование, производство и использование продукции таким образом, чтобы уменьшить количество и токсичность отходов, образующихся по завершению продукцией срока ее полезного использования".¹²



Признавая, что наиболее эффективным способом уменьшения воздействия обращения с отходами на окружающую среду является снижение количества отходов, сокращение количества отходов направлено на изменение способа производства продукции для минимизации образования отходов. Например, реорганизация упаковки продукции и отказ от избыточных и ненужных материалов уменьшает количество отходов упаковки. Сокращение отходов имеет двойное преимущество. Уменьшается потребление сырья, экономится энергия на производство, а также уменьшается объем отходов, которые необходимо удалять и утилизировать. Сокращение отходов способствует сохранению природных ресурсов; уменьшает стоимость управления отходами и величину связанных с ними загрязнений, в том числе выбросов парниковых газов, способствует сохранению и профилактике.¹³

Повторное использование. Повторное использование продуктов является альтернативой однократного использования и снижает спрос на новые продукты, сырье и энергетические ресурсы, необходимые для производства и транспортировки. Повторное использование сохраняет сырье, снижает потребление энергии и выбросы от транспорта, приводит в результате к экономии затрат на обращение с отходами и сокращению выбросов парниковых газов. Например, многие страны поощряют использование матерчатых сумок вместо одноразовых пластиковых пакетов для продуктов питания. Тем не менее, существует ограниченное количество видов отходов, подходящих для повторного использования или хранения, о которых можно говорить в данном случае.

Переработка отходов. Переработка включает в себя сбор использованных материалов и переработку или вторичное производство из этих материалов полезных продуктов или материалов. Переработка таких материалов, как металлы, бумага, пластмассы и дерево, предотвращает выбросы ПГ за счет уменьшения количества твердых отходов, требующих удаления и замещения исходного сырья для производства продукции. Использование переработанных материалов также снижает выбросы парниковых газов от добычи, транспортировки и переработки первичного сырья. Переработка также сохраняет ценные ресурсы,

¹² U.S. EPA. August 1995. *Decision-Makers' Guide to Solid Waste Management, Volume II*. EPA 530-R-95-023. <http://www.epa.gov/wastes/nonhaz/municipal/dmg2/>.

¹³ International Solid Waste Association. 2009. *Waste and Climate Change: ISWA White Paper*.

предотвращая захоронение на свалках. Переработка может быть достигнута путем отдельного сбора вторсырья от населения и предприятий (разделение у источника) или путем сортировки смешанных отходов на сортировочных линиях (MRF) перед транспортировкой на мусоросжигательный завод или полигон ТБО (см. Рисунок 1-5). Переработка требует затрат энергии на транспортировку, собственно переработку и производство материалов, но, как правило, потребляет меньше энергии, чем производство продукции из первичного сырья. Это приводит к чистой экономии энергии и снижению выбросов. Переработка может включать биологическую обработку органических материалов, при этом производятся полезная энергия и с/г удобрения, такие как компост и продукты анаэробного сбраживания.



Рисунок 1-5. Линия по сортировке и переработке материалов

Компостирование использует естественное разложение органических веществ, таких, как пищевые и садово-парковые отходы, позволяет сократить объем отходов с образованием компоста, подобного гумусу материала, который можно добавлять в почву для повышения урожайности, аэрации и удержания питательных веществ. Крупномасштабное компостирование обычно реализуется в валках, а иногда в крупных емкостях, способствующих аэробному разложению органических веществ. Мелкомасштабное компостирование может быть использовано в качестве метода управления пищевыми и садовыми отходами в индивидуальных хозяйствах в непосредственной близости от места образования отходов, предотвращая или уменьшая образование отходов.

Анаэробное сбраживание (AD) подразумевает конверсию биоразлагаемого органического вещества в биогаз в присутствии микроорганизмов и в отсутствие кислорода. Биогаз, полученный в процессе биологического разложения, представляет собой смесь метана и диоксида углерода и может быть использован в качестве топлива для производства тепловой или электрической энергии.

Сокращение количества отходов, повторное использование и переработка позволяет уменьшить количество отходов, попадающее на полигоны ТБО во многих странах. Хотя это снижение имеет много положительных экологических преимуществ, оно уменьшает количество биогаза на полигонах и соответственно уменьшает возможность его сбора и полезного использования.

Производство энергии (WTE) является эффективным средством для преобразования отходов и значительно сокращает объем отходов и долю органического вещества, размещаемого на полигоне, что, в свою очередь, уменьшает образование метана. Под WTE обычно понимается контролируемое сжигание отходов в современных печах с контролем эмиссий и последующим производством пара или электричества. Другие технологии включают в себя газификацию, плазменную газификацию и пиролиз. Использование WTE уменьшает спрос на ископаемое топливо, что снижает выбросы парниковых газов. WTE также позволяет извлекать металлы из золы перед ее захоронением.¹⁴

Захоронение. Даже при наличии эффективного уменьшения количества отходов, использовании переработки и сжигания, всегда будут оставаться некоторая доля отходов, требующая захоронения. Полигон является местом для размещения таких отходов.

Санитарные полигоны являются основным способом захоронения ТБО в США и других развитых странах. Несмотря на меньшее распространение, использование санитарных полигонов приобретает все большее значение во многих развивающихся странах, например, в странах Латинской Америки. Санитарные полигоны разработаны и созданы для биологической, химической и физической стабилизации отходов, позволяющей снизить выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду (Рисунок 1-6).

¹⁴ Frankiewicz, T., C. Leatherwood, and B. Dieleman. 2011. *Landfill Gas Energy: An Important Component of Integrated Solid Waste Management*. LMOP LFG 34 Paper. [http://www.scsengineers.com/Papers/Leatherwood_Dieleman_\(2011\)_LFGE-Important_Component_of_Integrated_SWM.pdf](http://www.scsengineers.com/Papers/Leatherwood_Dieleman_(2011)_LFGE-Important_Component_of_Integrated_SWM.pdf).

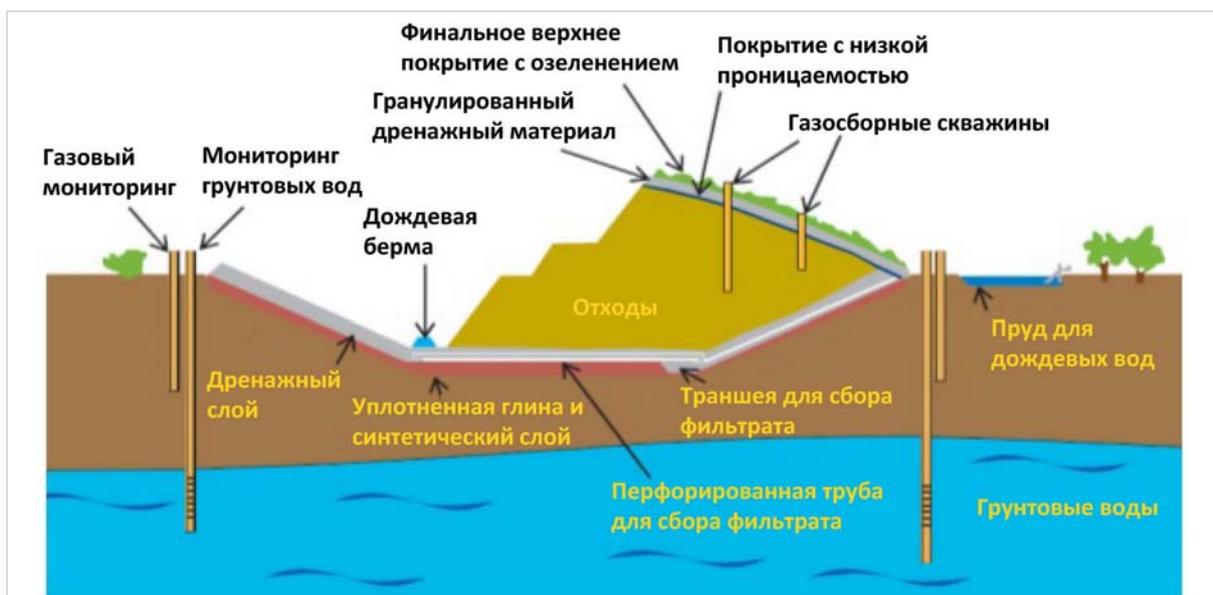


Рисунок 1-6. Современный санитарный полигон

И наоборот, неконтролируемые свалки, используемые сегодня в качестве основного способа захоронения твердых отходов в большинстве развивающихся стран, как правило, являются неудовлетворительными с точки зрения охраны окружающей среды. Неконтролируемые свалки могут создавать серьезные проблемы для здоровья населения за счет выбросов загрязнителей воздуха (например, не метановых органических соединений) и образования фильтрата, загрязняющего грунтовые и поверхностные воды, ухудшающего качество питьевой воды и связанной с водой пищи. Обитающие на свалках птицы и животные также могут быть источниками распространения болезней. Часто присутствующие на свалках неформальные сборщики отходов подвергаются воздействию опасных и токсичных химических веществ, потенциальных переносчиков болезней, физических травм (Рисунок 1-7).



Рисунок 1-7. Сборщики отходов на свалке в городе Цзилинь (Jilin), Китай

Вывод из эксплуатации или по возможности модернизация неконтролируемых или частично контролируемых свалок до санитарных и экологически безопасных полигонов является первым необходимым шагом на пути к устойчивому управлению ТБО. Реализация мелких последовательных улучшений строения и эксплуатации свалки в течение продолжительного периода времени может быть более успешной, чем попытка реализовать все необходимые изменения сразу. Например, применение ежедневной засыпки поверхности может стать первым шагом к снижению опасности для здоровья и распространения болезней, присущих неконтролируемым свалкам. Обустройство изолирующих слоев и дренажной системы для удаления фильтрата являются более трудоемкими и дорогостоящими мерами, требующими тщательного планирования и проектирования, как правило, необходимыми в долгосрочной перспективе для обеспечения адекватной защиты грунтовых и поверхностных вод.¹⁵

¹⁵ U.S. EPA. 2011. *RCRA Orientation Manual 2011: Resource Conservation and Recovery Act*. <http://www.epa.gov/wastes/inforesources/pubs/orientat/>.

Использование санитарных полигонов с «ручной» эксплуатацией может быть технически и экономически приемлемой альтернативой для небольших городских и сельских общин, не имеющих средств на приобретение оборудования, строительство и эксплуатацию обычного санитарного полигона. Строительство ручного санитарного полигона может быть реализовано без применения тяжелой техники и является адекватным для городов, генерирующих до 15 тонн отходов в сутки. При определении целесообразности строительства ручного санитарного полигона необходимо учитывать местные условия¹⁶.

Анаэробные условия возникают на неконтролируемых или контролируемых свалках и санитарных полигонах тогда, когда отходы оказываются на достаточной глубине и соответствующим образом уплотнены. В этих условиях бактерии разлагают органическое вещество отходов, с течением времени образуя биогаз (главным образом метан и углекислый газ). Биогаз может попадать в атмосферу неконтролируемым образом, накапливаться в теле полигона или же мигрировать в почву. Эмиссия метана является самым крупным источником глобальных выбросов ПГ в секторе отходов. Неконтролируемые выбросы биогаза создают проблемы, связанные с экологией, здравоохранением, выбросами токсичных веществ, распространением неприятных запахов. Биогаз может способствовать возникновению пожаров или взрывов в близлежащих домах и зданиях, в которых биогаз имеет свойство накапливаться. Возможность переноса биогаза может быть минимизирована с помощью пассивной или принудительной вентиляции полигона и сброса газа в атмосферу. Однако при этом создается вероятность дополнительного воздействия токсичных веществ на здоровье населения и окружающую среду. Сбор биогаза для сжигания на факеле или полезного использования в качестве источника энергии является предпочтительным методом ограничения выбросов, окисления метана и других неметановых органических соединений.

Социальное воздействие проектов производства энергии из биогаза на полигонах ТБО

Во многих развивающихся странах люди, живущие вокруг свалок, собирают и продают вторичное сырье. В процессе разработки биогазовых энергетических проектов необходимо учитывать, каким образом реализация проектов повлияет на условия жизни этих людей.

Роль комплексного управления ТБО (ISWM) в развивающихся странах

Несмотря на то, что существует признанная иерархия, выбор методов управления ТБО должен основываться на потребностях и средствах местного руководства, экологических нормах и требованиях национальных, региональных и местных органов власти, на наличии рынков сбыта для компоста, вторсырья и электричества. Каждая община должна самостоятельно решить, какой метод управления отходами лучше с

✓ Пример: Учет высокого содержания влажных органических отходов

Строительство мусоросжигательных заводов (WTE) в развивающихся странах с большим количеством влажных пищевых отходов может быть связано с проблемами эксплуатации и повышенными расходами, поскольку многие технологии WTE предназначены для сжигания отходов с малым содержанием влаги и высоким содержанием горючих материалов, таких как бумага и пластик. Это соображение является одним из многих, необходимых для обеспечения эффективного управления отходами.

учетом ее уникальных экологических потребностей, экономической ситуации и государственной политики. Кроме того, ни один процесс или технология не может обеспечить обращение со всеми видами отходов; поэтому для эффективного управления отходами должен быть рассмотрен целый ряд комплексных методов. Инициативы одной юрисдикции не всегда могут быть экспортированы в другую, необходимо учитывать локальный объем и состав отходов, инфраструктуру, экономические ресурсы, климат, культурные традиции и нормы, которые могут существенно различаться. Кроме того, необходимо учитывать экономические соображения для определения наиболее подходящего решения. Например, реализация проекта плазменной газификации для небольшой сельской общины с 25 тысячами жителей может оказаться нецелесообразной из-за высоких капитальных затрат на эту технологию. Ключом к эффективному внедрению комплексного

¹⁶ Jaramillo, Jorge. 2003. *Guidelines for the Design, Construction and Operation of Manual Sanitary Landfills*. <http://whqlibdoc.who.int/paho/2003/a85640.pdf>.

управления ТБО является разработка системы управления отходами, наилучшим образом удовлетворяющей местным потребностям и проблемам. Развивающиеся страны начинают осознавать необходимость комплексного подхода для реализации практики устойчивого управления отходами. Например, в Аргентине федеральное правительство приступило к реализации национальной стратегии ISWM, включающей закрытие неконтролируемых свалок и замену их на современные региональные санитарные полигоны для обслуживания населения и предприятий.

Роль сбора и утилизации биогаза из ТБО

Сбор биогаза является одним из важнейших компонентов ISWM. Использование биогаза для сжигания на факеле или полезное использование в энергетических целях является эффективным методом для снижения неконтролируемых выбросов в атмосферу и улучшения здоровья населения и качества окружающей среды. С учетом многочисленных экологических, социальных и экономических преимуществ утилизация биогаза играет важнейшую роль в управлении твердыми бытовыми отходами. Использование энергии биогаза - небольшой, но важный компонент комплексного подхода к управлению твердыми бытовыми отходами, учитывая, что использование полигонов ТБО будет еще долгое время оставаться преобладающим методом обращения с ТБО в большинстве стран мира.

Использование биогаза зависит от наличия политической и институциональной основы для поддержки и продвижения проектов LFGE. Например, Агентство защиты окружающей среды США (EPA) относит сжигание и захоронение ТБО в равной мере к экологически приемлемым вариантам обращения с ТБО.¹⁷ Тем не менее, уменьшение образования, переработка и компостирование являются более экологически предпочтительными вариантами обращения с отходами. В случае, если эти предпочтительные способы обращения с отходами не могут быть реализованы, а полигон является доступным вариантом, использование энергии, получаемой при разложении органической фракции ТБО, улучшает параметры проекта с точки зрения эмиссии ПГ. Там, где существуют свалки и полигоны, использование метана для производства энергии является лучшим способом сокращения выбросов ПГ и обеспечения альтернативы получению энергии из ископаемого топлива. На многих полигонах в развитых странах собирают биогаз и используют его для выработки электроэнергии с помощью двигателей или передают его по трубопроводам конечным потребителям, заменяя использование ископаемого топлива (например, в котлах, печах, горелочных устройствах или сушилах), или сжигая биогаз на факеле. Во многих странах существуют значительные возможности использования биогаза из ТБО для производства энергии, которые обсуждаются в последующих разделах данного руководства.

Экологические, социальные и экономические преимущества сбора и утилизации биогаза

Сбор биогаза для сжигания на факеле, прямого использования или производства электроэнергии обеспечивает экологические, социальные и экономические преимущества:

- Уменьшается эмиссия парниковых газов
- Увеличивается энергетическая независимость
- Достигается экономический эффект
- Создаются новые рабочие места
- Вносится вклад в местную экономику



Лучшие методы для системы ISWM и проектов LFGE

Использование лучших методов в системе управления отходами ISWM и проектах LFGE помогает обеспечению охраны здоровья человека и окружающей среды от опасности, связанной с ненадлежащим образом захороненными отходами. Нахождение правильного сочетания методов для удовлетворения потребностей местного сообщества помогает обеспечить более здоровое население и чистую окружающую среду.

¹⁷ Frankiewicz, T., C. Leatherwood, and B. Dieleman. 2011. *Landfill Gas Energy: An Important Component of Integrated Solid Waste Management*. LMOP LFG 34 Paper. [http://www.scsengineers.com/Papers/Leatherwood_Dieleman_\(2011\)_LFGE-Important_Component_of_Integrated_SWM.pdf](http://www.scsengineers.com/Papers/Leatherwood_Dieleman_(2011)_LFGE-Important_Component_of_Integrated_SWM.pdf).



ГЛАВА 2

Устройство и эксплуатация мест захоронения ТБО

Эта глава описывает способы обустройства и эксплуатации полигонов ТБО, обеспечивающие улучшение возможности сбора биогаза. Эти лучшие способы являются результатом опыта эффективного сбора биогаза, предпринимаемого в качестве обеспечения мер безопасности или же для соблюдения существующих нормативов. В главе обсуждаются необходимые для сбора биогаза особенности устройства полигонов, а также, каким образом отсутствие или неадекватное использование этих компонентов влияет на образование биогаза, содержание метана и эффективность сбора биогаза. Приведено описание основных используемых технологий, а также более продвинутых вариантов реализации каждого из компонентов, упомянутых в этой главе. В конце главы в табличном виде показаны наличие или отсутствие влияния описанных факторов на генерацию и сбор биогаза.

Во всем мире захоронение на полигонах и свалках по-прежнему остается наиболее распространенным методом утилизации твердых бытовых отходов. Типы используемых мест захоронения значительно варьируются в развитых и развивающихся странах, а также в сельских и городских районах. Места захоронения ТБО можно разделить на три группы, в зависимости от их основных характеристик: открытые неконтролируемые свалки, контролируемые полигоны/свалки и санитарные полигоны¹.

В таблице 2-1 приведены основные различия между тремя типами мест захоронения ТБО и негативные экологические и санитарные последствия, связанные с каждым типом. Существует прямая зависимость между типом и состоянием полигона/свалки и количеством биогаза, которое может быть собрано. По этой причине, различия между разными типами мест захоронения ТБО имеют существенное значение.


 Руководство по эксплуатации полигонов ТБО

Руководство международной ассоциации твердых отходов (ISWA) [Landfill Operational Guidelines \(Издание 2\)](#) содержит дополнительную информацию о строительстве и эксплуатации полигонов ТБО, не приведенную в данной главе.

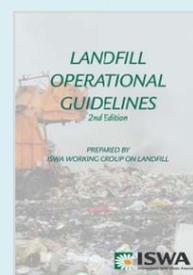


Таблица 2-1. Сравнение параметров мест захоронения ТБО

Фактор	Открытые свалки	Контролируемые полигоны/ свалки	Санитарные полигоны
Экологические факторы			
Атмосфера			
Возгорания, пожары	Обычное явление	Ограничены, но могут иметь место	Маловероятны
Выделение вредных газов	Да, если нет сбора	Да, если нет сбора	Да, если нет сбора
Сбор и контроль биогаза	Возможно, ожидается малая эффективность сбора	Вероятно, эффективность сбора зависит от состояния объекта	Вероятно
Неприятные запахи	Да	Вероятно, в зависимости от состояния объекта и наличия контроля биогаза	Минимально, в случае использования верхнего укрывающего слоя и контроля биогаза
Грунты/почва			
Изменение топографии	Да	Да	Да
Загрязнение (фильтрат)	Да	Возможно, в зависимости от состояния основы или изолирующего слоя	Нет
Миграция газа	Да	Возможно, в зависимости от состояния объекта	Нет

¹ International Energy Agency. 2009. *Turning a Liability into an Asset: the Importance of Policy in Fostering Landfill Gas Use Worldwide*. <http://www.iea.org/papers/2009/landfill.pdf>.

Фактор	Открытые свалки	Контролируемые полигоны/ свалки	Санитарные полигоны
Вода (поверхностные и подземные воды)			
Наличие преимущественных направлений стока	Нет	Возможно, в зависимости от состояния объекта	Да
Загрязнение	Вероятно поверхностных и подземных вод	Возможно в случае использования проницаемых покрытий	Минимально
Наличие системы мониторинга	Нет	Нет	Да
Флора			
Изменение поверхностной растительности	Да	Да	Да
Фауна			
Изменение разнообразия	Вероятно	Да	Нет
Контроль переносчиков болезней	Нет	Потенциально, в зависимости от состояния объекта	Нет
Социальноэкономические факторы			
Ландшафт			
Изменение состояния	Да	Да, может быть минимизировано визуальными средствами (например, с помощью лесопосадок)	Да, может быть минимизировано визуальными средствами (лесопосадки)
Население			
Угроза здоровью	Да	Потенциально, в зависимости от состояния объекта	Потенциально, в зависимости от состояния объекта
Негативное восприятие	Да	Да	Да, улучшается в случае использования земли после окончания эксплуатации
Экологическое обучение	Нет	Да, в некоторых случаях	Да, с тщательным планированием
Экономические факторы			
Уменьшение стоимости земли	Да	Да	Да
Официальное трудоустройство	Нет	Да	Да
Изменение использования земли	Да	Да	Да
Социальные факторы			
Неформальные сборщики отходов	Да	Да, в некоторых случаях	Нет

2.1 Устройство санитарного полигона

Целью строительства санитарного полигона является обеспечение безопасной утилизации отходов, защита здоровье человека и окружающей среды. Санитарные полигоны должны предусматривать защиту почвы, грунтовых и поверхностных вод, а также воздуха. Другая важная цель обустройства санитарного полигона заключается в обеспечении максимального количества размещаемых отходов в пределах имеющегося объема полигона с учетом геометрии, стабильности склонов и будущего потенциального применения. Кроме того, хорошо продуманный и эксплуатируемый санитарный полигон обеспечивает экономию в течение всего срока эксплуатации, потому что профилактические меры часто являются менее дорогостоящими, чем усилия по смягчению последствий, связанных с плохо спроектированным и эксплуатируемым полигоном.

Санитарный полигон проектируется с учетом достижений постоянно развивающейся современной науки, с использованием новых технологий и методов. После проверки новые технологии используются в качестве стандартных, а в некоторых случаях принимаются в качестве рекомендованных. Предписывающие стандарты рекомендуют материалы, проектные и строительные нормы для использования в процессе проектирования санитарных полигонов. В отличие от этого, стандарты эффективности основаны на определении целей и задач, необходимых для достижения и обеспечивают разработчику гибкость в выборе материалов, дизайна и способов строительства для достижения заявленных целей и задач.

Эффективный полигон представляет собой полностью интегрированную систему, соответствующую требованиям регулятора, ответственного за контроль реализации норм проектирования. Во многих случаях регулятор руководствуется директивным подходом, требующим использования для строительства полигонов определенных технологий. Такой подход используется в США, Австралии и Германии. Тем не менее, в некоторых случаях или при особых обстоятельствах разрешается использование других видов технологий, если они ранее продемонстрировали обеспечение эквивалентной степени защиты окружающей среды. В некоторых странах принят данный подход, что позволяет гибко использовать технологии в процессе проектирования и строительства с учетом стандартных характеристик.

✓ Пример: Руководство по строительству полигонов ТБО

В Бразилии не существует норм для строительства полигонов ТБО, однако Бразильский институт муниципального управления (IBAM) опубликовал руководство по комплексному управлению твердыми отходами (ISWM), которое содержит рекомендации по строительству полигонов. Реализацию рекомендаций руководства можно увидеть на некоторых полигонах страны.

✓ Пример: Правила проектирования полигонов ТБО

В Соединенных Штатах все муниципальные полигоны ТБО должны соответствовать федеральным нормам 40 Code of Federal Regulations (CFR) Part 258 (RCRA Subtitle D), которые определяют критерии для муниципальных полигонов ТБО.²

Такая гибкость особенно важна в тех случаях, когда использование базовых технологий является более предпочтительным.

Стандарты строительства полигонов ТБО, определяющие конкретные технологии или описывающие необходимые для реализации параметры, широко распространены в развитых странах. Однако зачастую такие стандарты отсутствуют в развивающихся странах. Общий закон об управлении твердыми отходами может упоминать о необходимости строительства нижнего противодиффузионного экрана, дренажа фильтрата, верхнего противодиффузионного экрана и вентиляции биогаза.

В некоторых странах руководства по строительству и эксплуатации полигонов ТБО публикуются профессиональными инженерными ассоциациями или другими учреждениями, а рекомендации таких руководств используются на практике. Использование стандартов других, более развитых, стран широко распространено в развивающихся странах, не имеющих собственных стандартов или инженерных ассоциаций. В последующих разделах описаны важные компоненты устройства полигона ТБО, в том числе нижний противодиффузионный экран, система сбора и управления фильтратом, устройство склонов и поверхностного укрывающего слоя.

Нижний противодиффузионный экран

Целью сооружения нижнего противодиффузионного экрана (НПФЭ) является защита почвы и грунтовых вод от загрязнения, источником которого является слой отходов. НПФЭ создает непроницаемый барьер между слоем отходов и подстилающими грунтами с грунтовыми водами и сооружается на всей площади полигона для предотвращения горизонтальной и вертикальной миграции загрязняющих веществ. НПФЭ также служит в качестве барьера для миграции биогаза в окружающую почву. Биогаз распространяется по пути наименьшего сопротивления, при наличии барьера биогаз будет искать другие пути для того, чтобы покинуть толщу отходов.

НПФЭ может иметь как простую, так и сложную структуру. Использование конкретного варианта НПФЭ зависит от условий на полигоне, климата, размера полигона, стоимости, строительных норм и требований, применимых к региону или стране, где расположен полигон. Выбор соответствующей системы НПФЭ на основе физических свойств участка и местных условий обеспечивает эффективность проектирования и сооружения НПФЭ. Например, полигоны, расположенные на грунтах с большой проницаемостью и высоким уровнем грунтовых вод, требуют НПФЭ с высокой степенью защиты – комбинацию глины и геомембраны.

² Electronic Code of Federal Regulations, Title 40, Part 258 (Criteria for Municipal Solid Waste Landfills). http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&tpl=/ecfrbrowse/Title40/40cfr258_main_02.tpl

Полигоны, расположенные в сухом климате с заглубленными грунтовыми водами, не требуют высокой защиты. Однако и в этом случае рекомендуется использовать НПФЭ, обеспечивающий минимальный барьер для миграции биогаза.

Система НПФЭ может состоять из одного или комбинации следующих компонентов:

- Глина со средней проницаемостью, уплотненная для достижения определенной минимальной проницаемости. Общая рекомендация для глины - проницаемость меньше 10^{-6} см/с³. Она обычно достигается с помощью слоя глины толщиной 60 см, уплотненного до толщины 15 см.
- Различные типы геосинтетических материалов, включая: геосетки, геотекстиль или геомембраны.

Описание различных материалов, используемых для сооружения НПФЭ, и информацию о различных противofiltrационных системах можно найти в различных справочных материалах, в том числе в *Solid Waste Landfill Engineering and Design* by McBean et al. и [Landfill Types and Liner Systems Fact Sheet](#), подготовленных в университете штата Огайо⁴. На стоимость системы НПФЭ могут влиять многие факторы. Например, расстояние до источника глины и затраты на ее транспортировку могут привести к большим вариациям стоимости НПФЭ. Кроме того, расходы на перевозку геомембраны из страны в страну или транспортировку на большое расстояние также могут привести к увеличению стоимости.

Документирование реальной формы НПФЭ (фиксация горизонтальных и вертикальных координат) является обязательным условием. Нижние отметки положения НПФЭ будут необходимы для определения объема отходов. Кроме того, точные отметки положения дна имеют критическое значение при сооружении вертикальных газосборных скважин для того, чтобы избежать бурения через слой НПФЭ.

Система сбора и управления фильтратом

Устройство и задачи. Фильтрат представляет собой жидкость, образующуюся в теле полигона в результате контакта с толщей отходов. В фильтрате присутствуют высокие концентрации органических и неорганических веществ, которые могут быть токсичными. Фильтрат может содержать как растворенные химические вещества, такие как хлориды, натрий, железо, алюминий, взвешенные вещества, так и осаждаемые химические вещества, частицы отходов и колонии бактерий. Фильтрат возникает из двух источников: влаги, изначально содержащейся в ТБО, а также внешних источников - атмосферных осадков. На полигонах, где атмосферные осадки являются основным источником формирования фильтрата, управление ливневыми водами имеет решающее значение для минимизации его образования. Чем лучше управление ливневыми водами, тем эффективнее управление фильтратом. Эффективное управление ливневыми водами особенно важно во влажных тропических регионах.

Основные проблемы, связанные с фильтратом, заключаются в миграции и загрязнении поверхностных и подземных вод, а также препятствии для сбора биогаза из-за накопления фильтрата в газосборных скважинах. Проблема контроля фильтрата решается на начальной стадии выбора места строительства полигона, а также соответствующим проектированием, строительством и эксплуатацией. Система контроля и дренажа фильтрата (LCRS) предназначена для сбора, дренажа, накопления и очистки фильтрата на полигоне или за его пределами.

Большое количество фильтрата препятствует эффективному сбору биогаза, поскольку фильтрат может накапливаться и блокировать поступление биогаза в скважину. Поэтому установка адекватной системы сбора и дренажа фильтрата способствует удалению фильтрата из массы отходов и обеспечивает эффективную работу системы сбора и контроля биогаза.

³ California Integrated Waste Management Board. *Landfill Facility Compliance Study Task 6 Report - Review of MSW Landfill Regulations from Selected States and Countries*. 2004.

⁴ McBean, E., Rover, F. and Farquhar, G. *Solid Waste Landfill Engineering and Design*. Englewood Cliffs: Prentice, 1995.

Система удаления фильтрата обычно включает дренажный слой, сооруженный над НПФЭ. Дренажный слой обеспечивает накопление и перемещение фильтрата над НПФЭ. Как правило, в дренажном слое устанавливается сеть труб для транспортировки фильтрата в пункт сбора (например, лагуну или резервуар)⁵. Типичное устройство дренажа фильтрата показано на рисунке 2-1. Обратите внимание на направление уклона. Дно полигона должно иметь наклон для обеспечения движения фильтрата к дренажным трубам (рисунок 2-2).

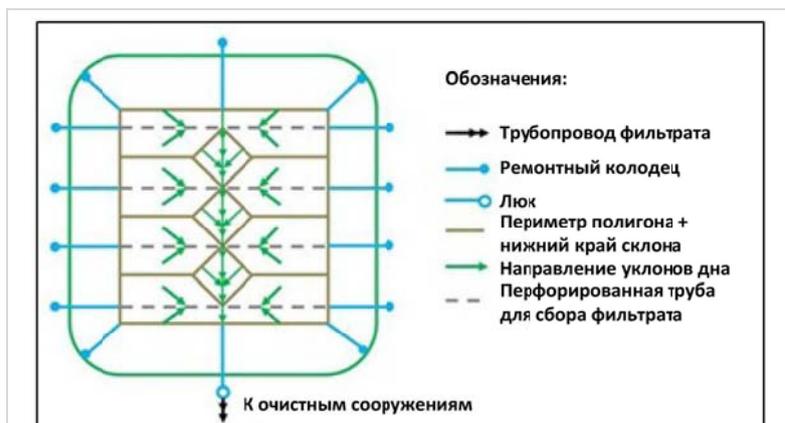


Рисунок 2-1. Типичное устройство дренажа фильтрата (вид сверху)

В некоторых развивающихся странах дренаж фильтрата совмещается с вентиляцией биогаза. Система дренажа фильтрата на многих полигонах основана на гравитации. Однако, плохая проницаемость органического материала делает гравитацию неэффективной для перемещения фильтрата. Использование насосов может в некоторых случаях улучшить циркуляцию фильтрата.

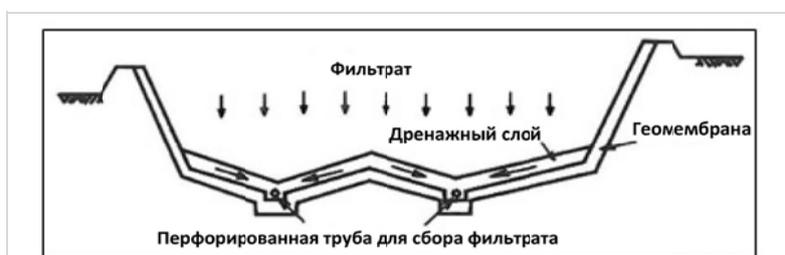


Рисунок 2-2. Дренаж фильтрата (вертикальный разрез)

В гравитационных системах, если через газосборные скважины не поступает биогаз из-за давления в массе отходов, возможна интрузия воздуха и возникновение полу-аэробных условий. Полу-аэробная толща отходов выделяет меньше биогаза из-за того, что активность метановых бактерий подавляется. Если используется активная система сбора биогаза, совмещенная с вентиляционными скважинами, которые также используются для дренажа фильтрата, необходимо помнить о минимизации интрузии воздуха в массу отходов.

После сбора фильтрата существуют разные варианты по его переработке. Эти варианты включают очистку на месте (например, аэрацию или обратный осмос), использование местных очистных сооружений, сброс в поверхностные воды, транспортировку на городские очистные сооружения, испарение (см. главу 4) и рециркуляцию (см. ниже).

Рециркуляция фильтрата. Некоторые полигоны используют рециркуляцию фильтрата в качестве основной стратегии управления. Фильтрат собирают и рециркулируют через толщу отходов, используя поверхностные или заглубленные методы. Рециркуляция фильтрата увеличивает содержание воды в толще отходов, что увеличивает скорость генерации биогаза. Тем не менее, системы рециркуляции фильтрата следует использовать только на хорошо управляемых, стабильных полигонах для того, чтобы избежать возникновения проблем с накоплением фильтрата и потерей устойчивости склонов.

Руководство Мирового Банка

Издание Мирового Банка [Руководство по подготовке энергетических биогазовых проектов в Латинской Америке и странах Карибского Бассейна](#) обсуждает преимущества, недостатки, а также особенности использования технологии рециркуляции фильтрата.

⁵ Hickman, H. Jr. *Principles of Integrated Solid Waste Management*. American Academy of Environmental Engineers. 1999.

Контроль склонов

Склоны полигонов не должны превышать соотношение 3:1 (3 горизонтали и 1 вертикаль). Большие уклоны могут вызвать нестабильность, что может привести к разрушению склона, эрозии и потере почвенного покрова. Потеря почвенного покрова и в конечном итоге, эрозия, может привести к прорывам фильтрата и биогаза, а также инфильтрации воздуха в толщу отходов. Инфильтрация воздуха в толщу отходов может привести к возникновению внутренних пожаров. Если на полигоне установлена система сбора биогаза, инфильтрационный воздух может попасть в систему, разбавить биогаз и тем самым снизить его качество. На рисунке 2-3 приведены рекомендации по устройству склонов на полигонах ТБО.

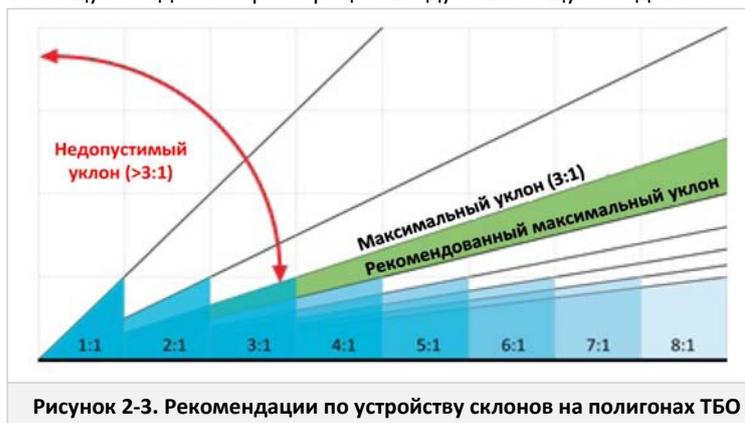


Рисунок 2-3. Рекомендации по устройству склонов на полигонах ТБО

Боковые склоны должны быть менее крутыми, например, в соотношении 5:1 в сейсмически активных районах или в районах со слабыми почвами⁶. Геотехническая оценка или анализ устойчивости склонов помогают определить безопасный уклон. В процессе определения углов наклона необходимо учитывать последующий вариант землепользования. Например, на участках земли, которые могут в последствие использоваться в сельском хозяйстве, следует использовать меньшие углы наклона (от 10:1 до 15:1), чтобы также поможет бороться с эрозией. Уменьшение уклонов уже существующих полигонов также может потребоваться для смягчения проблем, описанных выше⁷.

Финальное покрытие

Целью финального покрытия является: (1) снижение инфильтрации осадков в толщу отходов, тем самым уменьшение генерации фильтрата, (2) минимизация инфильтрации воздуха в массу отходов, (3) обеспечение эффективного дренажа поверхностных вод, и (4) контроль выбросов биогаза. Для эффективного сбора биогаза финальное покрытие уменьшает образование фильтрата и ограничивает выбросы биогаза, что позволяет повысить эффективность его сбора. Однако, на полигонах, не имеющих НПФЭ, финальное покрытие будет блокировать выбросы биогаза в атмосферу и способствовать его проникновению в грунты вокруг и под толщей отходов (миграция метана). Миграция метана связана с проблемой безопасности и должна быть сведена к минимуму. Установка активного сбора и контроля биогаза является эффективным методом для минимизации миграции метана.

Финальные покрытия могут включать в себя различные компоненты, такие, как буферный слой на границе отходов, газовые каналы, композитные газонепроницаемые слои, почвенные покрытия, противозерозионный слой (верхний слой почвы) и растительный покров.

Для сбора биогаза наиболее важным фактором является проницаемость покрытия. Проницаемость влияет на эффективность системы сбора биогаза. Слои с низкой проницаемостью сводят к минимуму эмиссию газа в атмосферу, интрузию воздуха и проникновение влаги в массу отходов. Они также могут помочь улучшить производительность газосборных скважин. Тип финального покрытия должен учитываться при проектировании системы сбора биогаза, а окончательный вариант покрытия может изменить параметры сбора биогаза. Например, снижение газовых эмиссий с помощью геосинтетики реализуется с целью максимизации сбора биогаза и сведения к минимуму инфильтрации воздуха.

⁶ Ibid.

⁷ Datta, M., and Vittal, P. 2010. *Stability of Cover Systems for Landfills and Old Waste Dumps*. Presented at the International Conference on Sustainability Solid Waste Management, Chennai, India, 5-7 September, 2010. http://www.swf.ait.ac.th/IntlConf/Data/ICSSWM%20web/FullPaper/Session%20VI%20A/6_A3%20_Dr.Manoj%20Datta_.pdf.

Кроме того, финальное покрытие должно предусматривать контроль ливневых вод для предотвращения эрозии покрытия. Одним из наиболее распространенных и эффективных типов управления ливневыми водами является сооружение террас/берм. Бермы устраиваются вдоль боковых склонов полигона ТБО для направления движения воды и снижения ее скорости. Бермы ставятся на расстоянии от 4 до 10 метров по вертикали, обеспечивая устойчивость склонов. Верхняя часть полигона должна иметь форму купола. Наконец, рекомендуемые окончательные боковые уклоны полигона не должны быть круче, чем 3:1.

2.2 Эксплуатация полигонов ТБО

В данном параграфе обсуждаются лучшие методы эксплуатации полигонов ТБО.

Заполнение полигона/План завоза отходов

Последовательность заполнения полигона отходами влияет на генерацию и условия сбора биогаза. Последовательность заполнения также влияет на систему управления ливневыми водами, систему сбора биогаза и перемещение грунтов. Реализация плановой последовательности заполнения может способствовать эффективной эксплуатации (особенно при влажной погоде), помогает в оптимизации операций заполнения, планировании подъездных дорог и дренажных систем, а также способствует разработке и реализации долгосрочных целей эксплуатации полигона ТБО. Планы заполнения должны быть основаны на прогнозе размещения отходов и должны обеспечивать эффективную установку системы сбора биогаза на отдельных картах или ячейках полигона по мере их заполнения.

Эксплуатация активного участка полигона

Ежедневная эксплуатация имеет важное влияние на потенциал сбора биогаза. Область, где отходы выгружаются, выравниваются и уплотняются, называется активным/рабочим участком. Он должен иметь минимальную площадь для того, чтобы отходы быстро уплотнялись и покрывались, минимизируя тем самым инфильтрацию воды, унос отходов ветром, привлечение грызунов и распространение запахов. На рабочем участке должен поддерживаться небольшой уклон с помощью бульдозера или компактора для замедления проникновения воды и минимизации, таким образом, образования фильтрата. Другие факторы, такие как материал покрытия, контроль пожаров и требования заказчиков также должны быть приняты во внимание при определении размера рабочего участка.

Слой или подъем представляет собой серию прилегающих рабочих участков одинаковой высоты. Высота подъема, как правило, поддерживается в диапазоне от 2 до 5 метров, так как эти высоты не будут вызывать проблемы устойчивости склонов, а также будут способствовать эффективному уплотнению отходов. Рисунок 2-4 показывает пример формирования слоя отходов. Окончательная поверхность формируется в процессе добавления слоев. Глубина полигона не менее чем 10 метров рекомендуется для более быстрой генерации биогаза, потому что большая глубина отходов способствует возникновению анаэробных условий. Большая глубина толщи отходов также позволяет организовать сбор биогаза с помощью меньшего количества скважин (см. главу 3).

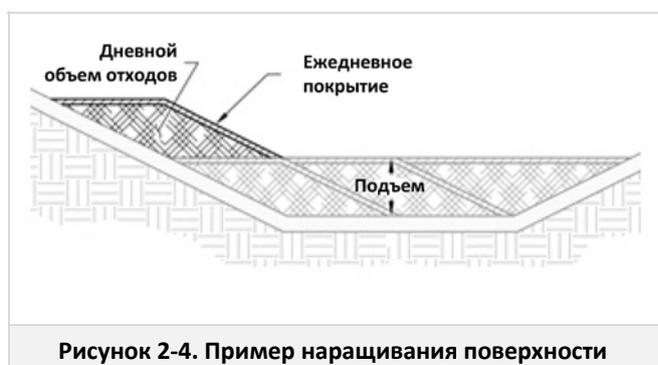


Рисунок 2-4. Пример наращивания поверхности

Если газосборные скважины устанавливаются на активных полигонах ТБО, необходимо позаботиться о том, чтобы защитить газосборные трубы от попадания воздуха и возможного ущерба от воздействия тяжелой техники. Руководство, подготовленное Международной Ассоциацией Твердых Бытовых Отходов ([ISWA Field Procedures Handbook for the Operation of Landfill Biogas Systems](#)) содержит более подробную информацию об особенностях эксплуатации полигонов ТБО.

Уплотнение отходов

Плотность отходов, достигаемая в процессе уплотнения, оказывает влияние на потенциальное количество биогаза, которое может образоваться в течение всего срока существования полигона. Учитывая, что полигоны, как правило, проектируются на основе объема, увеличение плотности отходов позволяет также разместить большее количество отходов в заданном объеме. Поэтому, чем больше масса отходов, размещенная на полигоне ТБО, тем больше биогаза будет образовано. Уплотнение отходов также улучшает анаэробные условия, необходимые для генерации биогаза, потому что при уплотнении уменьшаются воздушные карманы в массе отходов. Общие экономические показатели полигона улучшаются за счет увеличения уплотнения отходов, поскольку дополнительное количество ТБО может быть размещено в фиксированном объеме. Повышение уплотнения отходов также обеспечивает владельцам полигона и другие преимущества, такие как ограничение проницаемости массы отходов, минимизацию оседания поверхности в процессе биологического разложения отходов, снижение потребности в покрывающих грунтах. Кроме того, уплотнение отходов ограничивает возможность возникновения возгораний.

Ежедневное/промежуточное покрытие

Ежедневное покрытие наносится на поверхность рабочего участка в конце каждого дня. Основными целями засыпки являются снижение инфильтрации осадков, ограничение ливневых поверхностных стоков, контроль запахов и грызунов, а также предотвращение пожаров. Временное покрытие также содействует генерации и более эффективному сбору биогаза. Применение ежедневных временных покрытий отделяет отходы от внешней среды, что является основным условием для анаэробного разложения отходов. Материал покрытия также служит барьером, ограничивающим эмиссию биогаза в атмосферу.

Несколько типов материалов могут быть использованы в качестве ежедневного покрытия. Во многих случаях выбор материала зависит от локальной доступности и стоимости. Типичным покровным материалом является почва. Однако, есть и другие используемые материалы, например, глина, песок или альтернативные покрытия (например, брезент, формовочный песок или загрязненные почвы). Использование других материалов может зависеть от их доступности и стоимости. Общая рекомендация заключается в распределении материала в виде ровного слоя 15 см над отходами в конце рабочего дня и удалении максимального количества материала утром следующего дня. Удаление важно для продления срока службы полигона при ограничении количества материала в объеме полигона.

Проницаемость покровного материала влияет на генерацию биогаза. Материалы с большой проницаемостью, как песок, обеспечивают более высокие темпы проникновения влаги, что приводит к более влажным отходам и увеличению скорости образования биогаза. Использование материалов с малой проницаемостью, таких как глина, снизит влажность и инфильтрацию воздуха в массу отходов. Однако, если материалы с малой проницаемостью не удалены на следующий день, внутри полигона будут возникать слои, способствующие накоплению фильтрата и препятствующие движению биогаза к системе сбора. Это условие может привести к накоплению фильтрата в скважинах, а также вытеканию фильтрата через боковые склоны полигона.

Промежуточные покрытия используются на тех участках, где отходы не принимаются в течение длительного периода времени (например, 1 год), для обеспечения аналогичных защитных функций. Промежуточные покрытия, как правило, имеют толщину менее 1 метра и должны быть удалены перед возобновлением захоронения ТБО. Удаление промежуточного покрытия восстанавливает доступное для ТБО пространство и уменьшает количество зон с накоплением воды, которые могут возникнуть на поверхности промежуточного слоя при использовании малопроницаемых материалов.

Дренаж фильтрата

Эффективный дренаж фильтрата важен для правильного функционирования полигона. Если система дренажа не работает, фильтрат будет накапливаться в массе отходов, приводя к нестабильности склонов и нарушению работы системы сбора биогаза. Соответствующие меры предосторожности необходимы в процессе разработки как ручных, так и автоматических систем дренажа фильтрата и сбора биогаза для

предотвращения засорения системы. Закупорка системы дренажа фильтрата происходит из-за одного (или более) следующих факторов: накопление осадков, биологические наросты, разрыв или деформация труб. Еще одним важным фактором является создание резервуаров необходимого размера для хранения и переработки фильтрата, гарантирующих, что дополнительные и непредвиденные объемы фильтрата могут быть эффективно размещены и обработаны.

Возгорания

Возгорания отходов представляют серьезную опасность, а некоторые трудно поддаются тушению. В то время, как пожары на хорошо управляемых полигонах ТБО случаются редко, их часто можно видеть на неуправляемых или плохо управляемых свалках. Предотвращение пожаров является чрезвычайно важной задачей эксплуатации полигона ТБО не только из-за возможных повреждений инфраструктуры и склонов, но и риска для здоровья человека, безопасности и окружающей среды. Пожары могут повлиять на потенциал сбора биогаза: либо физически уничтожить систему сбора биогаза, либо путем сжигания органических отходов, которые и производят биогаз.

Существуют два типа пожаров на полигонах ТБО - поверхностные и внутренние. Поверхностные пожары могут быть вызваны завезенными тлеющими отходам, поджогом, легко воспламеняемыми материалами. Поверхностные пожары можно вызвать с помощью механизмов, работающих на полигоне, причиной таких пожаров может быть курение. На открытых свалках сборщики отходов могут инициировать пожар, чтобы найти ценные материалы для утилизации, например, металлы. Чтобы избежать поверхностных пожаров, оператор должен соблюдать правила в процессе выгрузки отходов, определить специальные места для курения и иметь огнетушители на всех механизмах.

Подземные пожары могут происходить близко к поверхности или глубоко в массе отходов. Такие пожары требуют значительного количества ресурсов для тушения. Большинство внутренних пожаров возникает в следствие инфильтрации воздуха в массу отходов. Однако, они являются результатом взаимодействия трех факторов, необходимых для любого пожара: топлива, кислорода и тепла. Большая часть отходов состоит из горючих материалов и, наряду с биогазом, представляет собой топливо. Тепло может быть выделено путем микробной активности или спонтанных химических реакций внутри массы отходов. Кислород может проникнуть в процессе захоронения отходов или непосредственно поступать через поверхность.

Существуют несколько методов выявления подповерхностных пожаров - от осмотра изменений физического состояния массы отходов (появление дыма, просадки и трещины поверхности, возникновение отверстий) до контроля внутренней температуры тела отходов и концентрации окиси углерода в биогазе. Чтобы избежать подповерхностных пожаров, рекомендуется ограничить возможности интрузии воздуха, контролировать физическое состояние полигона, а также поддерживать целостность покрытий на закрытой части полигона. Если на полигоне установлена система сбора биогаза, необходимо балансировать скважины, контролировать в них температуру и состав газа (см. главу 3 для получения дополнительной информации о балансировке и поддержании системы сбора и контроля биогаза.)

Предупреждение возгораний

В качестве общей меры пресечения возгораний на полигоне должен быть реализован план пожарной безопасности. ISWA приводит классификацию пожаров на полигонах ТБО и необходимые уровни готовности, а также предлагает рекомендации по первым действиям, методам уменьшения вероятности и предотвращения таких пожаров⁸.

2.3 Условия на полигоне и их воздействие на подготовку проекта сбора биогаза

Условия эксплуатации в развивающихся странах зачастую соответствуют плохо управляемым или открытым свалкам. Сохранение этих условий будет препятствовать развитию успешных биогазовых проектов. Ранее в этой главе обсуждались минимальные условия, необходимые для оптимального сбора биогаза. Поскольку многие из этих условий соответствуют конструкции и эксплуатации санитарных полигонов, строительство

⁸ ISWA. January 2010. *Landfill Operational Guidelines*. Second Edition.

новых или модернизация старых свалок до состояния санитарного полигона будет иметь преимущества, как связанные с санитарными полигонами, так и с возможностью прибыльного сбора и утилизации биогаза. Таблица 2-2 показывает качественную оценку того, каким образом условия на полигонах в развивающихся странах влияют на успешное развитие проектов сбора биогаза, а также на технические параметры, такие, как содержание метана в биогазе или долю собранного биогаза. Уровень воздействия (не изменяется, увеличивается, уменьшается) для разных параметров показан в таблице 2-2.

Таблица 2-2. Условия, влияющие на разработку проектов сбора биогаза

Компонент	Актуальные условия	Генерация биогаза	Содержание метана в биогазе	Эффективность сбора биогаза
НПФЭ	Отсутствуют или неадекватные	Не изменяется	Не изменяется	Уменьшается
	Адекватные	Увеличивается	Не изменяется	Увеличивается
Система сбора и удаления фильтрата	Отсутствуют или неадекватные	Уменьшается	Уменьшается	Уменьшается
	Адекватные	Увеличивается	Увеличивается	Увеличивается
Финальное покрытие	Отсутствуют или неадекватные	Уменьшается	Уменьшается	Уменьшается
	Адекватные	Увеличивается	Увеличивается	Увеличивается
Операции по заполнению	Отсутствуют или неадекватные	Уменьшается	Уменьшается	Уменьшается
	Адекватные	Увеличивается	Увеличивается	Увеличивается
Уплотнение	Отсутствуют или неадекватные	Уменьшается	Уменьшается	Уменьшается
	Адекватные	Увеличивается	Увеличивается	Увеличивается
Ежедневное и/или промежуточное покрытие	Отсутствуют или неадекватные	Уменьшается	Уменьшается	Уменьшается
	Адекватные	Увеличивается	Увеличивается	Увеличивается
Склоны	Отсутствуют или неадекватные	Уменьшается	Уменьшается	Уменьшается
	Адекватные	Увеличивается	Увеличивается	Увеличивается
Контроль возгораний	Отсутствуют или неадекватные	Уменьшается	Уменьшается	Уменьшается
	Адекватные	Увеличивается	Увеличивается	Увеличивается

Наконец, многие из видов влияния, показанные выше, могут быть учтены в процессе моделирования газообразования. Параметры моделирования будут обсуждаться в главе 6 «Моделирование газообразования».



Лучшие методы разработки и эксплуатации полигонов ТБО

Улучшение условий на полигоне до состояния правильно спроектированного и эксплуатируемого санитарного полигона, вероятно, увеличит количество собранного биогаза. Важно, чтобы заинтересованные стороны понимали, как различные аспекты влияют на количество биогаза, содержание метана и эффективность сбора, в том числе, как недостатки конструкции и эксплуатации могут повлиять на генерацию биогаза. Профессиональное обучение может свести к минимуму такие недостатки. Хорошо спланированные и управляемые санитарные полигоны будут генерировать биогаз, который можно собрать и использовать, обеспечив доход в течение всего срока реализации проекта.



ГЛАВА 3

Проектирование, строительство и эксплуатация систем сбора и контроля биогаза

Любой биогазовый проект включает проектирование, строительство и эксплуатацию системы сбора и контроля биогаза (GCCS). Целью системы GCCS является извлечение биогаза из толщи отходов и его передача на устройство для сжигания или использования энергии. Типичная система GCCS содержит следующие основные компоненты: газосборные скважины, трубопроводы для транспортировки биогаза, систему отвода конденсата, воздуходувки и факельную систему, а также систему мониторинга и контроля.

В этой главе обсуждаются концепции и соображения для проектирования, строительства и эксплуатации GCCS. Эти системы требуют надлежащего проектирования, строительства и эксплуатации обученным персоналом для решения возникающих проблем и получения максимального результата. Увеличение эффективности сбора биогаза, когда количество собранного газа приближается к количеству образованного биогаза, улучшает экологические результаты, такие, как снижение эмиссии парниковых газов (ПГ) и контроль запахов, а также повышает экономическую отдачу, так как возможный доход проекта зависит от количества собранного биогаза (например, для использования энергии).



Возможности обучения

Для эксплуатации системы GCCS необходим опытный и соответствующим образом обученный персонал. Программа GMI предлагает возможности обучения эксплуатации полигонов и систем сбора биогаза. Посетите веб-сайт для большей информации о [будущих возможностях обучения](#).

3.1 Устройство системы сбора

Конструкция системы GCCS зависит от ожидаемой величины сбора биогаза, типа и глубины отходов, местных условий и статуса (открытый или закрытый полигон), а также общих целей биогазового проекта. На этапе строительства необходимо использовать надлежащие способы и процедуры обеспечения качества для гарантирования нормальной работы и надежности системы. Наконец, эксплуатация системы определяет успех любого проекта. Проведение периодического мониторинга и корректировки системы GCCS является необходимым, поскольку условия на объекте постоянно меняются. Изменения условий на полигоне вызваны заполнением отходами рабочих участков, деградацией органического материала, оседанием отходов и погодными условиями. В последующих разделах представлена более подробная информация о проектировании, строительстве и эксплуатации систем GCCS.

Газосборные скважины

Сбора газа начинается в скважинах, в которые попадает биогаз из толщи отходов. Газосборные скважины, как правило, состоят из перфорированной пластиковой трубы, окруженной гравием или другим агрегатным материалом, установленной в пробуренной толще отходов ниже поверхности полигона. Над поверхностью газосборная скважина оборудована оголовком для регулировки величины разрежения и отбора проб биогаза. Ориентация этих скважин может быть вертикальной или горизонтальной. Решение использовать вертикальные и/или горизонтальные скважины зависит от индивидуальных особенностей полигона и целей биогазового проекта.

Вертикальные скважины обычно устанавливаются там, где прекращен завоз отходов или там, где заполнение отходов не будет проводиться в течение года или более. Тем не менее, они могут быть установлены и на эксплуатируемых участках с продолжающимся размещением отходов. Однако, такой подход может привести к увеличению затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание. На рисунке 3-1 приведен пример вертикальной газосборной скважины.

Компоненты вертикальной скважины включают трубу с перфорацией (круглые отверстия или прорези) в нижней части, гравийную засыпку, грунтовую засыпку, бентонитовую пробку и оголовок скважины. Иногда

для вертикальных скважин используются трубы из поливинилхлорида (ПВХ), потому что ПВХ более устойчив к деформациям, вызванным воздействием тепла или давления в глубоких слоях отходов, чем полиэтилен высокой плотности (HDPE). Тем не менее, трубы из ПВХ могут быть более хрупкими с течением времени и быстрее разрушаться. По этой причине, полиэтиленовые трубы более предпочтительны и чаще успешно используются для сооружения вертикальных скважинах. Бентонитовая пробка используется для предотвращения проникновения воздуха с поверхности в скважину. Бентонит представляет собой вид глины, расширяющийся при увлажнении и служащий по этой причине эффективным уплотнителем.¹ Использование пластиковых прокладок вокруг скважины также возможно для предотвращения инфильтрации воздуха. Величина разряжения (вакуума) на скважине (и общая производительность GCCS) может быть ограничена эффективностью уплотнения между перфорированной частью трубы, поверхностью толщи отходов и верхних грунтов. Глубина скважины зависит от глубины отходов и, как правило, заканчивается на расстоянии от 3 до 5 м до дна полигона.

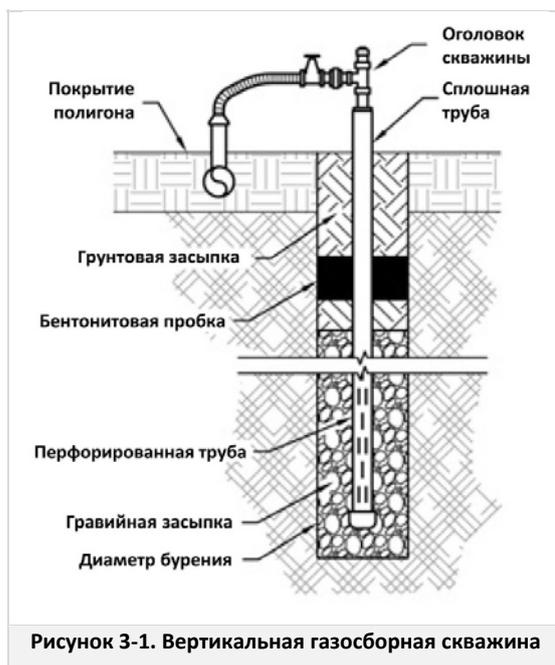


Рисунок 3-1. Вертикальная газосборная скважина

В некоторых ситуациях вертикальные скважины могут сооружаться на рабочих картах, принимающих отходы. В этих случаях обычно устанавливаются дополнительные вертикальные бетонные или стальные трубы, являющиеся барьером между отходами и гравием. Этот бетонный или стальной барьер может быть перфорирован или удален после заполнения отходами, чтобы позволить в дальнейшем извлечь биогаз из скважин.

Диаметр бурения вертикальных скважин обычно находится в диапазоне от 20 до 90 см, при этом устанавливаются трубы диаметром от 5 до 15 см. В качестве минимальных рекомендуется диаметр бурения 30 см и диаметр центральной трубы 10 см. Использование бурения и труб большего диаметра, как правило, увеличивает сбор биогаза в результате увеличения площади поверхности газотбора. Размещение и расстояние между вертикальными скважинами на полигоне зависит от различных факторов, в том числе:

- Глубины отходов
- Глубины скважин
- Уровня фильтрата
- Степени уплотнения отходов
- Типа ежедневной засыпки (если используется)
- Наличия финального покрытия
- Целей проекта сбора биогаза

Горизонтальные скважины могут быть установлены в процессе захоронения отходов. Такие скважины используются тогда, когда желателен сбор биогаза до закрытия полигона. На рисунке 3-2 приведен пример горизонтальной газосборной скважины. Горизонтальные скважины помещают в траншею в пределах толщи отходов. Траншея засыпается гравием (или другим агрегатным материалом, например, измельченными шинами или битым стеклом). Перфорированная труба устанавливается вдоль центральной оси траншеи. Использование геотекстиля рекомендуется в верхней части скважины для уменьшения засорения гравия

¹ U.S. EPA, Office of Solid Waste and Emergency Response (5306W). EPA 530-F-97-002. 7/97. Geosynthetic Liners Used in MSW Landfills.

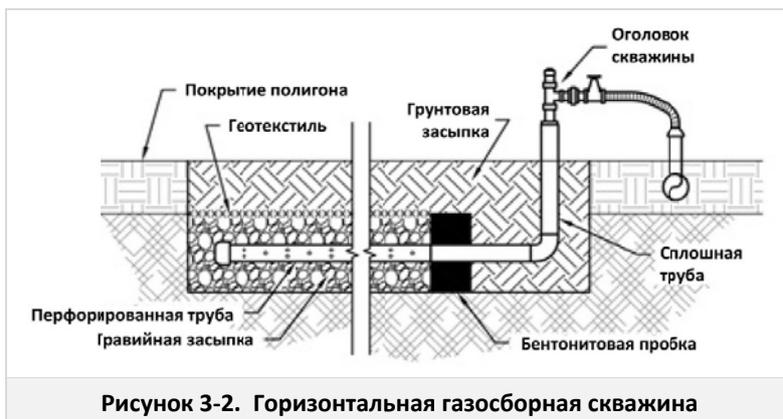
отходами. Расстояние между горизонтальными скважинами обычно составляет от 30 до 40 метров друг от друга. Перфорированные трубы, как правило, имеют диаметр от 10 до 20 см.

При планировании размещения газосборных скважин следует учитывать общие цели проекта. В случае необходимости соблюдения нормативных требований или смягчения экологических проблем, разработчик системы GCCS может включить дополнительные компоненты для достижения большего контроля выбросов, даже если эти компоненты не являются экономически целесообразными для получения энергии. Однако, если проект реализуется по экономическим причинам, например, проект по сокращению выбросов парниковых газов или использованию энергии, приоритетом при определении степени покрытия полигона скважинами являются экономические соображения.

Эксплуатация полигона и общие цели системы GCCS определяют, будут ли использоваться вертикальные или горизонтальные скважины, или те и другие одновременно. Таблица 3-1 суммирует некоторые общие преимущества и недостатки вертикальных и горизонтальных скважин.

Таблица 3-1. Преимущества и недостатки вертикальных и горизонтальных газосборных скважин

Вертикальные скважины		Горизонтальные скважины	
Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
Минимальное влияние на эксплуатацию при размещении на закрытых участках полигона	Дополнительные затраты на эксплуатацию и ТО при размещении на активных участках	Облегчен ранний сбор биогаза	Увеличенная инфильтрация воздуха при отсутствии достаточного покрытия отходов
Наиболее распространенная конструкция	Доступность соответствующего оборудования	Снижение потребности в специализированной строительной технике	Повышенная вероятность затопления и возникновения проблем из-за оседания полигона
Надежность и доступность для осмотра	Задержка сбора газа при установке после закрытия полигона	Позволяет добычу биогаза на активных участках	



✓ **Пример: Учет затрат при планировании размещения скважин**

Неглубокие скважины собирают меньше биогаза, чем глубокие скважины и требуют более плотную расстановку для достижения полного сбора биогаза на мелких участках полигона. В результате могут существенно увеличиться капитальные и эксплуатационные затраты при небольшом уровне сбора биогаза. Поэтому, если экономика имеет первостепенное значение, разработчик системы GCCS может отказаться от сооружения некоторых мелких скважин для того, чтобы минимизировать затраты.

Компоненты оголовков скважин

Оголовки скважин, как правило, располагают над поверхностью для обеспечения возможности регулирования давления газа и отбора проб биогаза. Оголовки состоят из следующих частей: регулирующей задвижки, порта для мониторинга и, в некоторых случаях, измерителя газового потока. Задвижка позволяет регулировать разряжение в каждой отдельной скважине. Оголовки скважин часто снабжаются несколькими портами для измерений, при этом персонал может одновременно определять температуру, давление и состав биогаза. Измерение параметров позволяют отслеживать реакцию системы GCCS на изменение разряжения, а также выявить потенциальные проблемы и устранить неисправности, которые могут возникать в системе. Регулярный контроль скважин способствует оптимальным условиям эксплуатации и обеспечивает эффективное техническое обслуживание системы. Кроме того, оголовок скважины может включать устройство контроля расхода газа (например, диафрагму или трубку Пито) с помощью измерения перепада давления и последующего пересчета газового потока. Верхняя часть трубы должна иметь съемную крышку для доступа в скважину и внутреннего осмотра, а также удаления жидкости в случае необходимости. Высокий уровень жидкости (фильтрата) в скважине может уменьшить сбор биогаза, особенно, если жидкость находится выше уровня перфорации трубы и препятствует попаданию в нее биогаза.



Рисунок 3-3. Оголовок скважины

Отводящие и магистральные трубопроводы

Трубопроводы предназначены для транспортировки биогаза из отдельных скважин к газодувке и факелу. Трубопроводы должны обеспечивать передачу необходимого объема биогаза, свести к минимуму потери давления и обеспечить необходимое разряжение в отдельных скважинах. Первичные боковые отводы труб соединяют каждую скважину с вторичными трубопроводами большего диаметра. В свою очередь вторичные трубы подают биогаза в магистральные трубопроводы, которые транспортируют весь газ, собранный в скважинах.

Трубопроводы должны быть рассчитаны на предполагаемый максимальный расход биогаза для того, чтобы свести к минимуму будущую модернизацию системы в случае, если количество биогаза будет увеличиваться. Диаметр труб должен учитывать потери давления в результате трения, а также возможные блокировки конденсатом, который может накапливаться в местах проседания труб.

Трубопроводы могут быть установлены над поверхностью или на определенной глубине. В таблице 3-2 описаны некоторые общие преимущества и недостатки каждого из подходов.

Таблица 3-2. Преимущества и недостатки наземной и подземной системы трубопроводов

Наземная система		Подземная система	
Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
Снижение стоимости в незамерзающих регионах, наличие верхнего покрытия и отсутствие доступа для сборщиков отходов	Трубы должны быть защищены от атмосферного воздействия. Тепловое расширение может приводить к трещинам и нарушению сварочных соединений	Может приводить к уменьшению расходов на эксплуатацию	Дороговизна монтажа
Лучшие возможности для осмотра, ремонта и модернизации	Более сложное техническое обслуживание верхнего покрытия (например, скашивания травы)	Визуально более привлекательны, чем наземные трубопроводы	

Управление конденсатом

Конденсат представляет сконденсированные пары воды или жидкость, образующуюся при охлаждении биогаза. Есть много факторов, которые влияют на количество образующегося конденсата, в том числе температура и количество биогаза. Кроме того, на количество образующегося конденсата могут влиять климатические условия. В процессе сбора биогаз охлаждается и теряет способность удерживать влагу в виде пара. Конденсация воды может ограничить, а в некоторых случаях, полностью заблокировать поток биогаза в трубопроводной системе. Системы GCCS должны разрабатываться с учетом возможности образования большого количества конденсата для предотвращения его негативного воздействия на эффективный сбор биогаза.

Трубопроводы проектируются с учетом отвода конденсата в нижние точки, в которых конденсат может быть удален из системы герметическими погружными насосами или же подан обратно в толщу отходов. Как правило, укладка труб с наклоном не менее 3-5 процентов обеспечивает дренаж конденсата даже в том случае, если трубы будут проседать вместе с оседанием массы отходов. Если предполагается сброс конденсата в тело полигона, низкая точка должна соединяться с герметичным отводом конденсата (водяной замок) для предотвращения попадания воздуха в трубы. Замок должен обеспечить достаточный перепад давления, соответствующий максимальному ожидаемому разряжению в системе (плюс определенный запас прочности).

После того, как биогаз собран и подан за пределы тела полигона, из него необходимо удалить остаточную влагу и твердые частицы. Удаление влаги и частиц необходимо для уменьшения абразивного и агрессивного действия сырого биогаза на воздуходавку и другие компоненты системы, а также обеспечения эффективного сжигания в факеле или другом устройстве. Твердые частицы обычно удаляют с применением механического фильтра. Наиболее распространенным устройством для контроля влажности является сепаратор влаги, представляющий собой большой цилиндрический сосуд, уменьшающий скорость биогаза и стимулирующий тем самым конденсацию паров воды. Для дополнительного осушения и удаления частиц часто используется уловитель капельной влаги, представляющий собой экран из мелкой проволочной или пластиковой сетки, через который пропускается влажный биогаз. При этом отделяются и собираются капельки воды, которые были слишком малы для выпадения в сепараторе. Экран из проволочной сетки может быть подвержен коррозии. Такая система также отсеивает другие частицы, содержащиеся в потоке биогаза.

Типичная система управления конденсатом перекачивает собранный конденсат в один или несколько резервуаров для хранения перед очисткой, повторным использованием или удалением. Собранный конденсат обычно смешивается с фильтратом перед очисткой или переработкой.

Газодувка и факельная площадка

Газодувка и факельная установка являются важной частью системы GCCS. Газодувка обеспечивает разряжение, используемое для откачки биогаза из толщи отходов. Она также обеспечивает необходимое давление на факеле или устройстве для выработки энергии. Факельная система используется для сжигания биогаза, во многих случаях она требуется для контроля запахов или смягчения воздействия на окружающую среду или здоровье человека. По возможности газодувка и факельная система располагаются рядом с системой сбора биогаза и энергетическим устройством. Факел должен быть установлен вдали от деревьев, линий электропередач и других объектов, которые могут воспламениться или пострадать от действия тепла.

После очистки биогаз подается на газодувку, на входе которой существует разряжение, соответствующее требованию оптимального сбора биогаза. Выходное давление газа регулируется в соответствии с потребностью факела или энергетического устройства. Биогаз обычно проходит через систему учета для измерения скорости потока биогаза. Основное устройство учета - расходомер. В системах непрерывного мониторинга метана необходимо измерять массовый расхода метана в биогазе. Мониторинг особенно важен в случае, если полигон выполняет обязательства по сбору биогаза или участвует в проекте по сокращению выбросов ПГ. Реализация энергетических проектов также может потребовать измерения

количества метана для мониторинга теплотворной способности биогаза (например, в МДж/м³) и общего количества полученной энергии (МДж/месяц).

Факел

Существуют два типа факельных устройств: (1) открытый факел (свеча) и (2) закрытый факел (наземный факел), как показано на рисунке 3-4. Открытые факела состоят из длинной вертикальной трубы, горелки и ограничителя пламени. Должным образом спроектированные и эксплуатируемые открытые факела могут достичь эффективности сжигания 98%. Они, как правило, гораздо меньше, чем закрытые факела. Открытые факела менее дорогостоящи, просты в установке и эксплуатации по сравнению с закрытыми факелами.

Закрытые факела, должным образом спроектированные и эксплуатируемые, могут достигать эффективности деструкции метана 99% или более. Одним существенным недостатком этого типа устройств является то, что они дороже в установке и эксплуатации, чем открытые факела.

Тип и номинальная мощность газодувки и факельного устройства определяются ожидаемым количеством биогаза (см. главу 6) и общими целями проекта. На полигонах с продолжающимся захоронением отходов при установке газодувки и факельных систем необходимо учитывать потребность переработки возрастающего количества биогаза, собранного с участием большего количества отходов. Факел используется во всех биогазовых проектах, часто в сочетании с утилизацией энергии. Факел может работать непрерывно в случае, если количество биогаза превышает потребности утилизации энергии или же периодически, в основном во время запусков или вынужденных остановок оборудования.



Рисунок 3-4. Открытый (слева) и закрытый факел (справа)

3.2 Строительство системы сбора и контроля биогаза

После разработки и согласования (если необходимо) проекта системы GCCS можно начинать строительные работы. Для строительства необходимо использовать проверенные методы. Должна быть реализована программа контроля качества для того, чтобы система была построена в соответствии с конструктивными требованиями (например, соблюдением уклона труб и глубин скважин). Инженерные решения должны учитывать вероятность возникновения непредвиденных обстоятельств в процессе строительства. Надзор за строительством важен для определения потенциальных изменений в конструкции системы, необходимых для учета реальных условий и документирования реального состояния системы.

Строительная техника

Соответственные методы строительства важны для обеспечения успешного функционирования системы GCCS. Отдельное квалифицированное физическое или юридическое лицо должно быть определено или нанято для обеспечения качества строительства (CQA), для контроля и документирования используемых методов. Как правило, первым шагом в строительстве GCCS является бурение вертикальных скважин (или монтаж горизонтальных скважин). Важно контролировать глубину бурения при сооружении вертикальных скважин. Поскольку бурение проводится по индивидуальным параметрам для каждой скважины, контролер должен в каждом случае проверить высоту и глубину скважины и подтвердить, что они соответствуют строительным чертежам, а бурение не достигнет дна полигона и не повредит нижний защитный экран. Вертикальные скважины обычно бурятся диаметром от 20 до 90 см, который обеспечивает достаточно

эффективный сбор биогаза. Наиболее желательным типом установки для бурения твердых бытовых отходов является ковшевой бур. Этот тип буровой установки использует большой навесной цилиндр с режущими лезвиями на кромке. Однако, этот тип буровой установки может быть недоступен во многих странах, поэтому допустимо использовать стандартный шнек. Кроме того, бурильщики часто не имеют или имеют ограниченный опыт бурения ТБО и не хотят использовать более дорогой ковшевой метод, опасаясь, что режущий инструмент может быть поврежден. На рисунке 3-5 показан процесс бурения вертикальной скважины с помощью ковшевого бура.



Рисунок 3-5. Бурение газосборной вертикальной скважины

При выборе буровой компании важно иметь четкое понимание того, какое оборудование будет использоваться. Подрядчик должен осознавать цели бурения. Неподходящее буровое оборудование может привести к чрезмерной потере времени. Кроме того, такое оборудование может привести в последующем к непреднамеренным проблемам эксплуатации, которые могут ограничить сбор биогаза или привести к проникновению воздуха в отходы. После того, как выбрано наилучшее доступное и экономически целесообразное буровое оборудование, может потребоваться корректировка протокола бурения и процедур монтажа эффективных газосборных скважин.

Важно, чтобы контролер качества строительства (CQA) в процессе бурения тщательно наблюдал и фиксировал состояние отходов на разных глубинах с постоянным интервалом. Контролируемые параметры включают в себя содержание влаги (например, насыщенные, очень влажные, влажные или сухие отходы), наличие фильтрата, глубину покрывающего слоя, состав отходов и степень их биологической деградации. Эта информация важна для оценки возможной необходимости переноса места бурения скважины, а также для будущего анализа реальной производительности каждой скважины. Например, если отходы насыщены фильтратом, то в будущем в процессе эксплуатации возможно затопление скважины. В этом случае в скважине целесообразно установить откачивающий насос для удаления жидкости и эффективного сбора биогаза. Для того, чтобы оптимально использовать материалы во время монтажа вертикальных скважин, трубы должны быть отрезаны и соединены друг с другом после того, как каждая скважина пробурена и точная длина требуемой трубы известна. Перфорация или прорези также обычно нарезаются в последнюю очередь.

Строительство вертикальных скважин необходимо проводить с учетом правил техники безопасности. Отходы, попадающие на поверхность из скважины, должны размещаться таким образом, чтобы жидкость из отходов стекала обратно в скважину для того, чтобы свести к минимуму контакт с жидкостью и отходами. Скважина должна быть накрыта, когда бурение не проводится для того, чтобы свести к минимуму опасность падения персонала в шурф скважины.

Горизонтальные скважины строятся с помощью рытья траншеи на поверхности рабочей области полигона. Траншеи, как правило, раскапываются так, чтобы вместить слой гравия 70-см шириной и 100 см глубиной с трубой вдоль центральной оси. Приблизительно 15 метров сплошной трубы используются, прежде чем скважина достигнет края массы отходов для того, чтобы избежать инфильтрации воздуха в трубу. Длина сплошного участка трубы может меняться в зависимости от конфигурации массы отходов. Сплошной участок трубы может обсыпаться бентонитом для предотвращения проникновения воздуха в толщу отходов. После сооружения горизонтальной скважины отходы могут размещаться над ней. По достижению толщины слоя отходов около 4 м можно собирать биогаз, создавая разряжение в трубе.

Обращение с отходами бурения

Нельзя оставлять шурфы или траншеи не накрытыми в ночное время суток. Кроме того, любые отходы или почвенные материалы бурения из вертикальной скважины или горизонтальной траншеи должны быть соответствующим образом утилизированы в активной части полигона. Удаление образующихся отходов из зоны бурения должно быть непрерывным процессом. После завершения бурения все отходы, образующиеся в процессе бурения, должны быть удалены и соответствующим образом складированы на активной части полигона.

Процедуры контроля качества строительных работ

Процедуры контроля качества строительных работ важны для правильного монтажа системы сбора и контроля биогаза, а также для документирования отклонений от проекта. Предпочтительно, чтобы проектировщик получил чертежи реального расположения нижнего фильтрационного экрана и глубины отходов. Если такие чертежи отсутствуют, проектировщик должен изучить исходные чертежи. На основании имеющихся чертежей и предпочтительных положений скважин должны быть рассчитаны глубины отходов в местах расположения скважин и соответствующие глубины самих скважин. Итоговые чертежи должны быть рассмотрены квалифицированным инженером-контролером для перепроверки расчетов – расположения скважин, глубины отходов и вертикальных отметок.

Перед началом строительства геодезист должен отметить место расположения каждой скважины и маршруты газосборных трубопроводов. Вертикальные отметки и номера скважин должны быть записаны на разметочных стойках, расположенных в каждой отмеченной точке. Записанные данные обследования должны включать в себя горизонтальные и вертикальные отметки скважин, а также глубину и уклоны газосборных труб. В случае отсутствия или поломки одной или более стоек, места расположения скважин должны быть уточнены перед повторной их установкой. Попытки установки без предварительного уточнения могут привести к неверному определению места скважины и, в конечном итоге, повреждению нижнего защитного экрана.

Уточненные данные должны быть предоставлены проектировщику для сравнения с существующими строительными чертежами, пересмотра и обновления в случае необходимости. Пересмотренные строительные чертежи должны быть переданы подрядчику бурения. Как правило, рекомендуется, чтобы проектировщик утвердил окончательные строительные чертежи. Контролер качества CQA должен проверить строительные чертежи вместе с бурильщиком, владельцем полигона, генеральным подрядчиком, а также любыми другими заинтересованными сторонами и убедиться, что все согласны с планом бурения. Хорошей практикой является совместный осмотр полигона контролером, подрядчиком, бурильщиком и подтверждение, что буровые установки и вспомогательное оборудование имеют доступ ко всем скважинам. Может возникнуть необходимость переноса положения одной или нескольких скважин,

если их предлагаемое расположение не может быть реализовано доступными средствами. Контролер качества должен присутствовать на полигоне в течение всего периода строительства.

В процессе строительства скважин и монтажа трубопроводов важно, чтобы проектировщик или контролер вели точный учет положения и глубины расположения трубопроводов, расположения фитингов, таких как, например, тройники, которые определяет точки подключения труб. Другие важные элементы конструкции, такие как отводы конденсата, также должны быть задокументированы на чертежах, фиксируя любые отклонения от проектного плана. Фактические чертежи должны быть подготовлены для документирования местоположения скважин, трубопроводов и ответственных конструкций. Данная информация необходима для эксплуатации и технического обслуживания поля газосборных скважин, для будущих строительных работ, а также может быть затребована контролирующими органами.

3.3 Эксплуатация системы сбора и контроля биогаза

Основные положения

Как правило, система GCCS работает на постоянной основе. Тем не менее, условия на полигоне ТБО постоянно меняются, меняется во времени и количество собранного биогаза, которое также отличается для разных участков полигона. Изменения условий на полигоне ТБО могут происходить по разным причинам, например, из-за:

- Инфильтрации воздуха через укрывающий слой почвы
- Разного количества завозимых отходов и их возраста
- Изменения атмосферного давления
- Количества атмосферных осадков и влажности отходов
- Изменения состава отходов
- Степени уплотнения

Эти изменения требуют проведения периодического мониторинга и регулировки разряжения на каждой скважине для того, чтобы поддержать или увеличить эффективность сбора, предотвратить развитие чрезмерного разряжения, минимизировать проблемы, связанные с выбросами биогаза или потенциальной его миграции, а также для оптимизации параметров энергетического биогазового проекта. Контроль также может помочь обнаружить нежелательные подповерхностные возгорания, которые могут возникнуть из-за чрезмерного разряжения на оголовках скважин (стимулирование попадания кислорода в массу отходов). Местные или национальные нормы могут также влиять или даже определять правила эксплуатации и технического обслуживания.

Мониторинг должен проводиться с достаточной частотой, обеспечивая оптимальную эксплуатацию и эффективное техническое обслуживание системы. Как правило, процедура мониторинга включает проверку параметров биогаза на оголовках скважин и осмотр поверхности отходов. Типичные параметры контроля оголовков скважин включают:

- Объемный расход газа
- Концентрацию метана
- Концентрация кислорода
- Концентрацию углекислого газа
- Концентрацию балансовых газов (обычно азот (N₂))
- Температуру
- Давление

В дополнение к перечисленным параметрам, измерения оксида углерода (CO) и сероводорода (H₂S) дают представление о наличии подземных возгораний и опасности коррозионного воздействия биогаза.

Запуск

Запуск системы GCCS может быть связан с первоначальным запуском системы или повторным пуском после вынужденной остановки. Хотя стандартный протокол запуска является полезным, на каждом полигоне целесообразно разработать индивидуальную процедуру запуска.

Во время запуска отдельные скважины корректируются и балансируются для достижения стабильного режима газоотбора без использования избыточного разряжения на скважинах. Система может потребовать дальнейшую балансировку разряжения скважинного поля и давления на выходе газодувки для достижения надлежащего давления на входе факела или энергетического устройства. Газодувка должна контролироваться во время пуска на предмет возникновения необычного шума, температуры или чрезмерной вибрации.

Перед подачей биогаза включается система зажигания, которая обеспечивает розжиг факела и стабильное горение биогаза в случае, если первоначальный расход газа меньше минимального значения, необходимого для устойчивой работы факела.

Во время запуска необходимо контролировать разные аспекты работы системы сбора биогаза для обеспечения ее бесперебойной эксплуатации, включая положение шибберов регулирующих задвижек клапанов скважинного поля, задвижек на магистральных трубопроводах, подачу топлива на розжиг факела (например, пропана). Операторы также должны следить за возможными утечками газа в процессе запуска. После того, как получено стабильное горение факела, оцениваются давление и расход биогаза в системе.

Ежедневные операции

Рутинная эксплуатация предполагает проведение мониторинга системы для обеспечения высокой эффективности сбора биогаза и ограничения чрезмерного разряжения на скважинах и подсоса воздуха. Наличие разряжения на скважине может указывать на то, что биогаз отбирается из массы отходов и попадает в систему. Необходимо отметить, что разряжение на скважине может присутствовать без потока биогаза в случае, если скважина заблокирована высоким уровнем фильтрата или другими факторами. По этой причине измерения потока или скорости газа являются необходимыми. Разряжение на скважине может зависеть от состояния соседних скважин, поэтому регулировка скважинного поля требует знаний о состоянии полигона, в том числе исторических.

В целом можно отметить, что эффективное функционирование системы предполагает удержание величины перечисленных ниже параметров в пределах следующих диапазонов:²

- Метан (CH₄): от 46 to 55 процентов
- Кислород (O₂): от 0 to 0.5 процентов
- Азот (N₂): от 2 to 14 процентов
- Оксид углерода (CO): менее 25 объемных частей на миллион
- Температура газа на оголовке скважины: 52-60 градусов Цельсия (°C)

Полигоны ТБО и системы сбора биогаза могут различаться между собой. На некоторых полигонах указанные значения параметров не могут быть достигнуты. Присутствие азота и кислорода в смеси биогаза является результатом проникновения воздуха через поверхность массы отходов или утечек в системе трубопроводов. В последнем случае отношение содержания азота к кислороду будет примерно равным соотношению 4:1, что характерно для атмосферного воздуха. В случае инфильтрации воздуха отношение может превышать указанное выше. Важно понимать, что низкое содержание кислорода не обязательно указывает на отсутствие инфильтрации воздуха. Аэробные бактерии в почвенном покрытии или в

² Solid Waste Association of North America (SWANA). 1997. *Landfill Gas Operation and Maintenance Manual of Practice*. <http://www.nrel.gov/docs/legosti/fy97/23070.pdf>.

поверхностном слое отходов могут потреблять кислород в процессе проникновения воздуха в массу отходов и перемещения в направлении газосборной скважины. Поэтому в случае, когда инфильтрация воздуха в толщу отходов происходит в результате слишком высокого разряжения, отношение азота к кислороду в полученной газовой смеси в скважине может быть намного больше, чем соотношение 4:1.

Газодувка должна контролироваться во время пуска на предмет возникновения необычного шума, температуры или чрезмерной вибрации. Для устойчивого сжигания на факел должен подаваться поток биогаза с достаточным содержанием метана. Производитель обычно декларирует минимальный поток биогаза, необходимый для стационарной работы факела. Во многих случаях определяется динамический диапазон работы факела ("turndown" ratio). Зачастую открытые факельные устройства имеют динамический диапазон 10:1. Это означает, что для поддержания стационарного режима работы факела, рассчитанного на расход 1000 м³/час, требуется минимальный расход биогаза 100 м³/час. Закрытые факельные устройства имеют различные конфигурации, которые влияют на диапазон регулировки. Зачастую динамический диапазон закрытых факелов соответствует соотношению 5:1.

Остановка

Системные отключения могут быть плановыми или неплановыми. В запланированном случае отключение может быть использовано для полного осмотра системы и технического обслуживания. Планируемые отключения и техническое обслуживание могут быть согласованы для эффективного использования проста системы.

Системные отключения также бывают неплановыми. Причинами неплановых отключений могут быть следующие факторы:

- Недостаточный поток биогаза на факеле или в энергетическом устройстве. Например, блокирование главного трубопровода фильтратом может серьезно ограничить величину сбора биогаза.
- Недостаточная концентрация метана на факеле или в энергетическом устройстве. Например, работа бульдозера рядом с оголовком скважины может привести к повышению содержания кислорода и понижению содержания метана в биогазе.
- Отказ воздуходувки. Владельцы проекта часто устанавливают резервные воздуходувки для того, чтобы избежать полного отключения системы в случае выхода из строя основного устройства. Для некоторых полигонов следует проявлять осторожность для того, чтобы гарантировать отсутствие миграции газа или проблем с распространением неприятных запахов в случае полного отключения (отсутствия сбора биогаза).

Формальные процедуры ТО

Формальное планирование технического обслуживания и ведение документации важны для того, чтобы обслуживание происходило в полном соответствии с существующими правилами. Регулирующие органы могут потребовать у оператора ведения определенных записей по техническому обслуживанию.

Техническое обслуживание

Эксплуатация системы сбора зависит от эффективного технического обслуживания, которое разделяется на следующие категории:

- Плановое – запланированное ТО на периодической основе, ежедневное, ежемесячное, ежегодное или один раз в несколько лет для предотвращения сбоев системы, обеспечения надежности измерений и оптимизации эксплуатации. Документирование планового технического обслуживания полезно при рассмотрении истории обслуживания оборудования, поиске неисправностей и решении потенциальных проблем.
- Рутинное – проводится в ходе обычных операции или в процессе мониторинга.
- Незапланированное/аварийное – может потребоваться из-за отказа компонентов системы или в чрезвычайных ситуациях. По определению, аварийное обслуживание является незапланированным, но оператор может эффективно использовать случившиеся события для проведения обслуживания и предотвращения системных сбоев в будущем. Системные сбои должны быть исследованы для

определения причин и разработки превентивных мер по устранению сбоев в будущем. Анализ причин возникновения проблем является полезным.

Система сбора биогаза. Система сбора биогаза подвергается различным стрессам, возникающим из-за оседания массы отходов, коррозии или старения материалов (в том числе деградации пластика под действием ультрафиолета), повреждения тяжелыми механизмами и мусоровозами, контактирующими со скважинами и трубопроводами. Типичные операции по техническому обслуживанию системы сбора газа включают в себя:

- Ремонт и замену поврежденных скважин и задвижек
- Удаление «пробок» фильтрата или конденсата
- Ремонт компонентов системы, поврежденных автотранспортом
- Перекладку или замену труб из-за оседания массива отходов
- Замен изношенных компонентов

Крупные ремонтные работы могут потребовать временной остановки газодувки и факельной системы.

Газодувка и факельная система. Газодувки подвержены вибрации, износу ремней и подшипников, повреждению уплотнений. Износ компонентов требует рутинного и планового технического обслуживания, а также особого внимания к звукам во время запуска и остановок системы. Факельные устройства могут испытывать тепловые воздействия, которые могут усугубляться в случае работы факела при температурах выше рекомендованных производителем. Техническое обслуживание обычно включает в себя осмотр факела на предмет тепловых повреждений, осмотр системы подачи вспомогательного топлива и запальной свечи, предотвращение накопления конденсата и проверку общего механического состояния. Для оценки эффективности работы факела может быть проведено специальное тестирование.

Требования по обеспечению качества для проектов снижения эмиссии ПГ

Проекты по сокращению выбросов ПГ основаны на мониторинге генерации и монетизации снижения эмиссии ПГ или углеродных кредитах. По этой причине разработчик проекта соответствующим проектным протоколом определяет требования по мониторингу, включая требования к точности измерений, измерительным точкам и параметрам, частоте калибровки приборов как части процедур по обеспечению контроля качества (QA/QC).

Цель процедур по обеспечению контроля качества QA/QC, связанных с системами мониторинга, является демонстрация того, что мониторинг системы работают правильно, что соответствующие процедуры по обслуживанию и калибровке выполняются, и что измеренные параметры (расход газа, температура сжигания на факеле и содержание метана) являются точными в пределах допустимой погрешности. Процедуры QA/QC также включают конкретные требования к хранению данных для того, чтобы продемонстрировать возможность проверки сокращения выбросов ПГ, как правило, на ежегодных интервалах времени.



Лучшие методы для проектирования, строительства и эксплуатации систем GCCSs

В основе любой биогазового энергетического проекта (LFGE) на полигоне ТБО находятся проектирование, строительство и эксплуатация системы сбора и контроля биогаза (GCCS). Системы GCCSs требуют надлежащего проектирования, строительства и эксплуатации квалифицированным персоналом для достижения максимального полезного результата. В то время как использование надлежащих методов и процедур обеспечения качества в ходе строительства помогают обеспечить правильную работу и надежность системы, эксплуатация системы GCCS определяет успех всего проекта LFGE. С помощью периодического мониторинга и корректировки системы GCCS заинтересованные стороны могут адаптироваться к постоянно изменяющимся условиям на полигоне ТБО.



ГЛАВА 4

Технологии утилизации биогаза из ТБО для производства энергии

Существуют несколько способов эффективного использования биогаза для получения энергии. Однако основными и них являются прямое использование и производство электроэнергии. В этой главе дается обзор технологий энергетической утилизации биогаза. В том числе приводятся новые технологии, применимые при определенных условиях. В главе также обсуждается процедура оценки и выбора технологий использования энергии, в завершении дискутируются варианты подготовки биогаза.

В таблице 4-1 показаны последние данные об установленной электрической мощности биогазовых энергетических проектов в Австралии, Канаде, Великобритании и США, а также в развивающихся странах и странах с переходной экономикой. В дополнение к этим проектам производства электроэнергии базы данных киотских проектов CDM и JI показывают, что дополнительные 219 мегаватт (МВт) генерирующих мощностей планируется установить на полигонах и свалках в рамках реализации проектов, зарегистрированных в РКИК ООН (UNFCCC).

Таблица 4-1. Электрическая мощность биогазовых энергетических проектов в некоторых странах

Страна	Развивающиеся страны/ переходные экономики		Австралия	Канада	Великобритания	США
	CDM	JI				
Мощность, МВт	242	13	164	67	1,012	1,730

Источник: [United Nations Environmental Programme \(UNEP\) CDM Pipeline spreadsheet and JI Pipeline spreadsheet](#) на 1 октября 2011; [Australian Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities - Map of operating renewable energy generators in Australia](#) на 6 августа 2010; Департамент энергии и изменения климата, [Digest of United Kingdom Energy Statistics \(DUKES\)](#) на 2010; [Global Methane Initiative \(formerly prepared under Methane to Markets Partnership\) Landfill Subcommittee Country-Specific Profile and Strategic Plan for Canada](#) на 2005; [U.S. EPA LMOP Landfill and LFG Energy Project Database](#) на 30 сентября 2011 года.

Хотя подобный уровень статистических данных отсутствует для других типов проектов, данные о прямом использовании биогаза доступны в нескольких странах-партнерах программы GMI. Канада сообщила в 2010 году о 10 проектах прямого использования биогаза для отопления и промышленного применения на химических и гипсовых заводах¹. Соединенные Штаты сообщают о 152 действующих проектах прямого использования биогаза по состоянию на сентябрь 2011 года. Эти проекты работают в нескольких секторах экономики, для отопления таких учреждений, как школы, больницы и военные базы, а также энергоснабжения коммерческих теплиц, производств аквакультур, цемента, бумаги, продуктов питания и автомобилей². Согласно базам данных CDM и JI, в настоящее время в 38 проектах биогаз сжигается на факеле, генерируя углеродные кредиты по линии РКИК ООН, еще 50 проектов находятся на стадии регистрации в РКИК ООН. Эти 88 проектов обеспечивают значительные возможности для более широкой утилизации энергии биогаза с помощью прямого использования или производства электроэнергии.

Как местные, так и иностранные разработчики международных проектов должны учитывать, что проекты на полигонах ТБО, даже использующие подобные технологии,

Осуществимость проектов

Осуществимость проекта для конкретного полигона будет зависеть от многочисленных технических и экономических факторов, таких как состав и количество отходов, качество и количество биогаза, наличие и расположение потребителя биогаза, наличие капитала, расходы на эксплуатацию и ТО, варианты финансирования.

¹ Global Methane Initiative (formerly prepared under Methane to Markets Partnership) Landfill Subcommittee. 2005. *Country-Specific Profile and Strategic Plan for Canada*. http://www.globalmethane.org/documents/landfills_cap_canada.pdf.

² U.S. EPA LMOP. Landfill and LFG Energy Project Database. <http://www.epa.gov/lmop/projects-candidates/>.

могут отличаться друг от друга с точки зрения затрат из-за специфических факторов, таких как бизнес-риски, пошлины и налоги, наличие материалов, стоимость рабочей силы, разрешительные процедуры и возможные источники доходов проекта. Кроме того, разработчики международных проектов должны учитывать валютные риски (см. главу 7 «Экономика и финансирование проектов» с более детальным обсуждением стоимости проектов LFG Energy.)

4.1 Технологии прямого использования биогаза



Рисунок 4-1. Монтаж трубопровода на полигоне Brazil MARCA в Кариасике, Бразилия

В Соединенных Штатах, Австралии и многих европейских странах, таких как Швеция, Германия и Нидерланды, биогаз используется в коммерческих целях, замещая такие виды топлива, как природный газ, мазут или уголь в течение более чем 30 лет³. Хотя в других странах биогаз используется в течение меньшего времени, но и здесь прямое использование подтвердило свою состоятельность и экологическую эффективность. В случае прямого использования собранный биогаз потребляется на месте или подается конечному потребителю по специальному трубопроводу, как правило, изготовленному из полиэтилена высокой плотности (HDPE) (см рисунок 4-1) или другого материала, например, нержавеющей стали. Длина трубопровода в первом приближении определяет экономическую целесообразность проекта. Трубопроводы, подающие биогаз в радиусе до 8 км от полигона, часто

экономически целесообразны. Более длинные трубопроводы могут окупаться в зависимости от количества собранного биогаза, потребности в топливе конечного потребителя и цены замещаемого топлива. Трубопроводы должны быть оборудованы средствами для удаления конденсата или перед входом в трубу или в промежуточных пунктах. Биогаз можно сжигать в котлах или другом оборудовании, приспособленном для использования биогаза, таком как сушилки, обогреватели, печи, горелки, реформеры, газовые холодильные машины и прочие тепловые устройства. Биогаз хорошо подходит для операций, имеющих устойчивый и постоянный спрос на топливо. Периодические процессы с переменным спросом на топливо нежелательны, так как снижение потребления биогаза приводит к увеличению доли факельного сжигания.

Котлы

Котлы используют биогаз в качестве топлива для производства пара или горячей воды (Рис. 4-2). Пар, полученный с помощью котла, можно использовать для отопления помещений, в промышленных процессах или выработки электроэнергии с помощью паровых турбин.

Для использования биогаза в существующих котлах обычно требуется модификация горелок и системы топливоподачи (например, подключения трубопровода подачи биогаза). Практически любой коммерческий или промышленный котел может быть приспособлен для сжигания биогаза отдельно или в смеси с другим топливом. Оборудование для модернизации



Рисунок 4-2. Водяной котел на полигоне Gaoantun в Пекине, Китай

³ U.S. EPA LMOP. Landfill and LFG Energy Project Database. <http://www.epa.gov/lmop/projects-candidates/index.html>. and IEA Bioenergy. 2003. "Municipal Solid Waste and its Role in Sustainability." http://www.ieabioenergy.com/media/40_IEApositionpaperMSW.pdf.

котлов является коммерчески доступным и широко используется, однако местные условия и особенности должны быть приняты во внимание во время подготовки и проектирования. В частности, необходимо учитывать количество доступного биогаза по сравнению с потребностями в паре и мощностью котла на объекте⁴. Величина затрат, связанных с дооснащением котлов, будет варьироваться в зависимости от типа котла, типа исходного топлива и возраста оборудования.

В дополнение к модификации горелки и трубопроводов подачи топлива, модернизация включает автоматический или ручной процесс управления для автоматизации подачи топлива и работы котла. Типичные подходы включают:

- Установку автоматического контроля системы подачи топлива для блендирования биогазом исходного топлива с целью поддержания совместного сжигания и обеспечения немедленного переключения топлива в случае потери давления биогаза в системе. Такая модернизация обеспечивает бесперебойную подачу топлива и гибкость совместного сжигания топлива.
- Установку ручного управления котла вместо автоматической системы управления технологическим процессом. Это модернизация лучше всего подходит для случаев, когда котел не нуждается в источнике бесперебойного пара на случай или там, где установлены резервные источники пара. В этом случае используется ручное управление, а система эксплуатации котла не интегрирована в автоматическую систему управления технологическим процессом⁵.

Биогаз применяется в котлах разной величины от небольших котельных, используемых для обогрева зданий, школ и больниц, до крупных промышленных объектов, обеспечивающих паром целлюлозно-бумажные, автомобильные и другие крупные производственные предприятия. Биогаз может вызывать коррозию (если недостаточно сухой), что приводит к необходимости доработки стандартного котельного оборудования. Таблица 4-2 показывает оценочную величину котельных биогазовых установок в США для конкретных приложений.

 **Использование биогаза в котлах**

Для более подробной информации об использовании биогаза в котлах см. [LMOP fact sheet](#) о модернизации котлов.

Таблица 4-2. Типичные размеры котлов на биогазе

Технология/Применение	Потребление энергии (МДж/час)	Оценка расхода биогаза (м ³ /час)*
Малые котлы: школы, больницы, отопление на собственные нужды	200 - 6700	11 - 350
Средние котлы (больницы)	17 000 – 22 200	880 - 1200
Промышленные паровые котлы	9600 – 160 000	510 - 8500

* в предположении 50% содержания метана. Источник: [U.S. EPA LMOP Landfill and LFG Energy Project Database](#), апрель 2011.

Примеры: использование биогаза в котлах

В 2011 году на полигоне Gaoantun в Пекине, Китай, собиралось в среднем 2500 м³/час биогаза при содержании метана 60%. Часть биогаза использовалась в котле на полигоне для обеспечения душевых горячей водой. Смотрите приложение А, пример проекта на полигоне Gaoantun.

Региональный полигон [Three Rivers](#) в Южной Каролине, США, использует биогаз для обеспечения парового котла. Пар обеспечивает промышленные процессы на бумажном комбинате Kimberly-Clark Beech Island.

⁴ U.S. EPA LMOP. 2009. *Adapting Boilers to Utilize Landfill Gas: An Environmentally and Economically Beneficial Opportunity*. <http://epa.gov/lmop/documents/pdfs/boilers.pdf>.

⁵ Global Methane Initiative. 2010. *Landfill Gas Energy Technologies*. http://www.globalmethane.org/Data/1022_LFG-Handbook.pdf.

Горелки, сушки и обжиговые печи

Печи различной конструкции и устройства для сушки могут использовать биогаз в качестве замены или дополнения к традиционным видам топлива (см. рисунок 4-3) при производстве цемента, кирпича, керамики, железа и стали, изделий из древесины. Для небольших приложений (таких как местные кирпичные или гончарные мастерские) биогаз может обеспечить всю или большую часть энергетических потребностей. Для предприятий с большим потреблением энергии биогаза может быть недостаточно для удовлетворения 100% потребности в топливе. В этом случае биогаз используется в качестве дополнительного топлива. При этом биогаз обеспечивает экономию средств, особенно для производителей, зависящих от импортных или нестабильных поставок топлива.

Как правило, для прямого использования требуется ограниченная подготовка газа (например, удаление конденсата и фильтрация частиц). В некоторых случаях может потребоваться модификация сжигающего оборудования для адаптации к низкой теплотворной способности биогаза. С экологической точки зрения сжигание должно обеспечивать соответствующую продолжительность удержания в пламени и температуру для надлежащей степени деструкции компонентов биогаза.

В дополнение к промышленному использованию, некоторые муниципалитеты используют биогаз в качестве топлива для сушки во вращающихся барабанах или сжигания осадка сточных вод на местных очистных сооружениях. Часто свалки и очистные сооружения расположены рядом, и биогаз может компенсировать расходы по очистке сточных вод для муниципалитета. Например, обезвоженный и гранулированный осадок бытовых сточных вод может быть продан производителям органических удобрений⁶. В таблице 4-3 показаны типичные размеры проектов прямого использования биогаза в Соединенных Штатах.



Рисунок 4-3. Стекольная мастерская в Центре возобновляемой энергии EnergyXchange, Сев. Каролина, США

Таблица 4-3. Типичные размеры проектов прямого использования биогаза

Технологии/Применение	Оценка расхода биогаза (м ³ /час)*	Количество проектов в США
Сушки: осадки сточных вод	470 - 1300	4
Сушки: промышленность	1400 - 3100	3
Печи: металлургия	510 - 2400	3
Обжиговые печи: кирпичная и цементная промышленность	680 - 3400	12
Художественные мастерские (керамика, стекло, металл)	34 - 68	3

* в предположении 50% содержания метана. Источник : [U.S. EPA LMOP Landfill and LFG Energy Project Database](http://www.epa.gov/lmop/landfill-and-lfg-energy-project-database) , апрель 2011.



Примеры: использование биогаза для мастерских и кирпичных заводов

Центр возобновляемой энергии EnergyXchange использует биогаз, собранный на полигоне округа Янси-Митчелл (Yancey-Mitchell) в Северной Каролине, США для работы гончарных и стеклодувных печей. Кроме того, тепло биогаза используется в теплицах и зданиях на полигоне.

Биогаз на полигоне Star Ridge в штате Алабама, США, используется в качестве топлива для кирпичного завода компании Дженкинс. См. Приложение А.

⁶ Public Works Magazine, January 2011. *Self-Sustaining Biosolids Drying*. <http://www.pwmag.com/industry-news.asp?sectionID=760&articleID=1481422>.

Инфракрасные нагреватели

Инфракрасные нагреватели генерируют энергию высокой интенсивности (тепло), поглощаемое поверхностями пола и других объектов (см. рисунок 4-4). Инфракрасные нагреватели эффективны для точечного обогрева, но также используются для обогрева больших площадей⁷. Существуют два вида биогазовых инфракрасных нагревателей: керамические (светлые) и трубчатые (темные). Керамические инфракрасные нагреватели состоят из перфорированной керамической пластины, покрытой алюминиевым рефлектором и воздухозаборником для смеси газа и воздуха, оборудованным электрическим клапаном. Керамические инфракрасные обогреватели работают при температуре от 800 и 1000 °С, их КПД достигает 93%. Трубчатые инфракрасные нагреватели состоят из газовой горелки, излучающей трубы и экрана и работают при температурах от 400 и 600 °С.

Инфракрасный нагрев, использующий биогаз в качестве топлива, успешно применяется на нескольких полигонах в Канаде и США. Он идеально подходит в случае, если отапливаемый объект находится на полигоне или поблизости от него. Например, это может быть помещение, используемое работниками полигона ТБО. В зависимости от климата в месте установки инфракрасный нагреватель может использоваться только в течение холодного сезона, что будет ограничивать использование биогаза. Инфракрасные нагреватели потребляют небольшое количество биогаза, относительно недорого и просты в установке и эксплуатации. Существующие проекты используют от 20 до 50 м³/ч биогаза. Менее 50 м³/час биогаза необходимо для нагрева около 600 квадратных метров помещения⁸. Инфракрасные нагреватели не требуют или требуют минимальную подготовку биогаза при условии, что в нем не содержатся силоксаны.



Рисунок 4-4. Инфракрасные нагреватели на полигоне в г. Хмельницкий, Украина

✓ Примеры: биогаз для инфракрасного нагрева

Полигон г. Хмельницкий использует биогаз для ИК-нагревателей, установленных в помещении гаража. ИК-нагреватели преобразуют энергию биогаза в тепло, поглощаемое поверхностями. Проект включает разработку и строительство системы сбора и очистки биогаза, а также сооружение транспортного трубопровода.

Испарение фильтрата

Биогаз может использоваться для испарения фильтрата, уменьшающего объем и затраты на переработку путем испарения воды и получения более концентрированного объема сточных вод (см. рисунок 4-5). Испарение фильтрата является хорошим решением для полигона, где утилизация фильтрата невозможна или обходится слишком дорого, или где образуются большие объемы фильтрата при существующих пространственных ограничениях. Тем не менее, некоторые побочные продукты испарения фильтрата (например, концентраты или соли) должны быть утилизированы безопасным способом или переработаны. Испарители фильтрата имеют низкие требования по потреблению биогаза. Современные испарители прямого действия потребляют примерно 330 м³/час биогаза, испаряя при этом 1670 л/час воды⁹.

⁷ D.T. Mears, Optimum Utility Systems. 2001. *Biogas Applications for Large Dairy Operations: Alternatives to Conventional Engine-Generators*. http://www.manure.umn.edu/assets/cornell_biogas_applications.pdf.

⁸ D.D. Dillah, January 2006. *Heating Landfill Facilities Using Infrared Heaters – Part 2 and Project 2*. <http://www.epa.gov/lmop/documents/pdfs/conf/9th/dillah.pdf>.

⁹ Shaw LFG Specialties, LLC. 2007. *The Future of LFG Utilization*. http://www.globalmethane.org/expo_china07/docs/postexpo/landfill_zeng.pdf.

Существуют три категории коммерческих систем испарения фильтрата: распылительного типа, прямой инжекции и наиболее распространенная – испарительная емкость. Основные особенности, отличающие эти различные системы испарения, заключаются в методах передачи тепла фильтрату и обработки удаляемого пара.

Большинство доступных коммерческих систем используют метод прямого контакта, при котором тепло передается фильтрату непосредственно от горячих газов – продуктов сгорания. В зависимости от производителя испарителя, блок сгорания биогаза может быть расположен в верхней части испарительной емкости, при этом горячие газы пропускают через небольшой сосуд с фильтратом в нижней части емкости, или на боковой части емкости, при этом горячие газы выпускаются через погруженные в фильтрат трубки внутри емкости.

Некоторые коммерческие системы используют опосредованную передачу тепла. В этом случае тепло от горелки передается фильтрату через стенки теплообменника. Твердые частицы, содержащиеся в фильтрате, могут вызвать образование накипи на теплообменных поверхностях, поэтому для поддержания работоспособности теплообменников необходима регулярная очистка¹⁰.



Рисунок 4-5. Испаритель фильтрата на полигоне El Verde в г. Леон, Мексика

✓ Примеры: испарение фильтрата

Примером использования испарения фильтрата является установка на полигоне El Verde в Леоне (León), Мексика, работающая с 2010 года (мощность 1890 л/час). См. Приложение А.

4.2 Производство электроэнергии

Биогаз может быть использоваться в качестве топлива в двигателях внутреннего сгорания или турбинах, приводящих в движение электрические генераторы. Электроэнергия может использоваться для собственных потребностей, например, питания газодувки активной системы сбора биогаза или испарителя фильтрата или, более вероятно, для продажи в местную электрическую сеть¹¹. Производство электроэнергии из биогаза имеет место в большинстве энергетических биогазовых проектов в мире.

Двигатели внутреннего сгорания

Наиболее распространенной технологией утилизации биогаза для малых и средних энергетических проектов является использование двигателей внутреннего сгорания (Рисунок 4-6). Двигатели внутреннего сгорания доступны в различных размерах с электрической мощностью от менее 0,2 МВт до более 3,0 МВт¹². Для обеспечения мощности 1 МВт необходимо от 500 до 540 м³/час биогаза при содержании метана 50%. Двигатели



Рисунок 4-6. Двигатель внутреннего сгорания GE Jenbacher на полигоне Simprodeso в г. Монтеррей, Мексика

¹⁰ Global Methane Initiative. 2010. *Landfill Gas Energy Technologies*. http://www.globalmethane.org/Data/1022_LFG-Handbook.pdf.

¹¹ ISWA. *ISWA Landfill Operational Guidelines*. 2nd Edition.

[http://www.wief.net/programs_events/ISWA_Landfill_Operational_Guidelines_2nd_Edition\[1\].pdf](http://www.wief.net/programs_events/ISWA_Landfill_Operational_Guidelines_2nd_Edition[1].pdf).

¹² Loening A. November 2010. "Biogas Technology Applications."

http://www.globalmethane.org/documents/events_land_20101209_loening.pdf.

внутреннего сгорания, использующие биогаз в качестве топлива, являются коммерчески доступными и могут приобретаться как в виде модульных блоков, так и в виде единой генерирующей линейки двигателей. Зачастую устанавливается ряд двигателей в контейнерах для того, чтобы обеспечить добавление или удаление отдельных двигателей в зависимости от меняющегося с течением времени потока биогаза. Многие производители разработали двигатели специально для использования биогаза из ТБО и других видов биогазов, при этом они в состоянии продемонстрировать примеры работы таких двигателей.

✓ Примеры: использование биогаза из ТБО для производства электроэнергии

Примеры использования биогаза из ТБО для производства электроэнергии:

- Проект на полигоне Loma Los Colorados в Сантьяго, Чили, начат в 2009 году с выработки электроэнергии мощностью 2 МВт. В настоящее время выполняется второй этап проекта и достигнута мощность 11.89 МВт. Второй этап будет включать установку дополнительных 9.9 МВт. После начала третьего этапа будет достигнута мощность 21.78 МВт.
- На полигоне в São João (Сан-Паулу), Бразилия с 2007 года работает система сбора и утилизация биогаза с установленной мощностью 22 МВт. См. Приложение А.

Газовые турбины

Примером энергетического устройства большей мощности является газовая турбина. Биогазовые турбины похожи на турбины на природном газе, за исключением того, что в первом случае из-за сравнительно низкого качества биогаза используется в два раза больше регулирующих клапанов и форсунок¹⁴. На большинстве газовых турбин, работающих на полигонах, используется простой цикл и один вал. Газовые турбины, как правило, имеют большую мощность, чем двигатели внутреннего сгорания и доступны в диапазоне мощностей от 1 МВт до 10 МВт и более (Рисунок 4-7)¹⁵. Несмотря на то, что турбины меньшего размера или "микротурбины" (1 МВт) также используются на полигонах, они не получили широкого распространения. Большинство энергетических проектов, использующих турбины в США, работают в диапазоне от 3 до 5 МВт и требуют устойчивого потока биогаза не менее 2000 м³/час. Газовые турбины доступны в модульном и интегрированном вариантах. Модульные системы обеспечивают гибкость при изменении качества и потока биогаза.



Рисунок 4-7. Подача двух видов топлива в широком диапазоне чисел Воббе в «солнечную» газовую турбину¹³

Газовые турбины требуют подачу топлива под высоким давлением в диапазоне от 165 до 200 фунтов на квадратный дюйм (psig). Поэтому перед турбиной должен устанавливаться топливный газовый компрессор (FGC). Компрессор является наиболее чувствительной частью оборудования с точки зрения обеспечения долгосрочной надежности объекта. Требования к степени сжатия, как правило, определяют уровень переработки биогаза, который в свою очередь, влияет на стоимость эксплуатации и технического обслуживания энергетической установки. Обеспечение требуемого давления биогаза может потреблять значительную часть генерируемой мощности, в результате чего эффективность преобразования энергии будет ниже.

¹³ Middough. City of Toledo, OH Landfill Gas 10 MW Combined Cycle Cogeneration Facility. <http://www.middough.com/Business/Industrial/Energy.aspx>.

¹⁴ SCS Engineers. 1997. *Comparative Analysis of Landfill Gas Utilization Technologies*. <http://www.nrbp.org/pdfs/pub07.pdf>.

¹⁵ Ibid, Loening.

Комбинированное производство тепла и электроэнергии

Некоторые проекты по производству электроэнергии могут увеличить свою эффективность за счет использования когенерации. Теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) или когенерационные установки производят электроэнергию и используют отходящее тепло в полезных целях. Тепловая энергия может использоваться для локального обогрева, охлаждения или технологических нужд, а также подаваться по трубам соседним промышленным или коммерческим потребителям, обеспечивая при этом дополнительный источник дохода для проекта¹⁶. Когенерация часто является лучшим экономическим вариантом для конечных потребителей, расположенных вблизи полигона или для проектов, где конечный потребитель имеет достаточный спрос как на электроэнергию, так и на тепло¹⁷.

✓ Пример: использование биогаза для ТЭЦ

Примером использования биогаза на ТЭЦ является полигон [YTV Ämmäsuol](#) в Финляндии. Проект использует биогаз для теплоснабжения и производства электроэнергии.

📖 Каталог ТЭЦ на биомассе

Для дополнительной информации о ТЭЦ смотрите сайт [Biomass CHP Catalog of Technologies](#) партнерства Агентства защиты окружающей среды США.

4.3 Новые технологии использования биогаза

В дополнение к широко используемому прямому сжиганию биогаза и производству из него электроэнергии, описанному выше, существуют новые технологии, перспективные на международном уровне. Эти технологии пока не получили широкомасштабного распространения, но могут быть привлекательными технически и экономически при определенных условиях.

Обогащение биогаза до качества природного газа

Биогаз может быть очищен для того, чтобы получить эквивалент природного газа в трубопроводной системе, сжатого природного газа (CNG) или сжиженного природного газа (LNG). Обогащенный до биометана биогаз может подаваться в газопровод природного газа и использоваться для промышленных целей. CNG и LNG могут использоваться в качестве моторного топлива для механизмов на полигоне, мусоровоз или других автомобилей, приспособленных для использования этих видов топлива. Газовое топливо, полученное из биогаза, должно удовлетворять стандартам качества, установленным регулирующими органами или независимыми организациями для производных из биогаза видов топлива для того, чтобы считаться взаимозаменяемым с природным газом¹⁸. Для соответствия этим стандартам необходима очистка биогаза для увеличения содержания метана и уменьшения содержания углекислого газа, азота, кислорода и паров воды. Современные технологии подготовки газа являются относительно

📖 Дополнительная информация

Дополнительная информация о преобразовании биогаза до качества природного газа может быть найдена в главе 3 [the LMOP LFG Energy Project Development Handbook](#).

дорогими. Мембранные методы или очистка газа при переменном давлении требуют повышения газового давления, эксплуатация и техническое обслуживание таких систем может быть относительно сложной. Проекты очистки биогаза, как правило, осуществляются на очень больших полигонах или там, где существует высокий спрос на сжатый или сжиженный природный газ. Чаще это имеет место в США, чем в других странах. Кроме того,

¹⁶ U.S. EPA Combined Heat and Power Partnership. *Catalog of CHP Technologies*. http://www.epa.gov/chp/documents/catalog_of_%20chp_tech_entire.pdf.

¹⁷ U.S. EPA. 2012. *Landfill Gas Energy: A Guide to Developing and Implementing Greenhouse Gas Reduction Programs*. http://www.epa.gov/statelocalclimate/documents/pdf/landfill_methane_utilization.pdf.

¹⁸ Pierce, J. SCS Engineers. 2007. *Landfill Gas to Vehicle Fuel: Assessment of Its Technical and Economic Feasibility*. SWANA 30th Annual Landfill Gas Symposium (4-8 March, 2007), Monterey, California. http://www.scsengineers.com/Papers/Pierce_LFG_to_Vehicle_Fuel_SWANA2007.pdf.

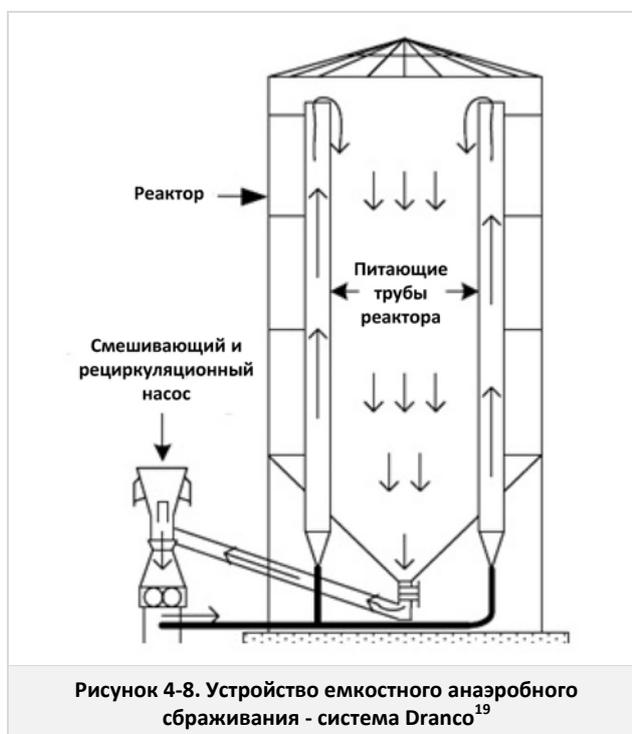
тщательное управление работой системы сбора биогаза (оголовки скважин) может быть необходимым для того, чтобы ограничить попадание кислорода и азота в биогаз. Основной причиной наличия кислорода и азота в биогазе является воздух, проникающий через поверхность свалки и попадающий в систему сбора газа. Наличие воздуха часто можно минимизировать путем регулирования разряжения на скважинах и улучшения герметичности верхнего покрытия полигона.

Пиролизные печи

Пиролиз является одним из видов низкотемпературного сжигания отходов, проводимого в условиях, близких к анаэробным. Пиролиз может использоваться для уничтожения органических соединений, содержащихся в инфекционных отходах больниц. В пиролизных печах отходы преобразуются в горючие газы или жидкости, которые затем могут быть использованы в качестве дополнительного топлива. Печь также может использовать некоторое количество биогаза в качестве дополнительного источника топлива. Поток биогаза 170 м³/час может быть достаточным.

Анаэробное сбраживание

Анаэробное сбраживание (AD) ТБО не является технологией сбора биогаза. Анаэробное сбраживание используется на некоторых полигонах в качестве альтернативы захоронению и сбору биогаза из отходов. Анаэробное сбраживание также используется в некоторых случаях для переработки отдельно собранных пищевых отходов. Существуют два основных подхода – использование емкостей или же наземных конструкций. Первый подход, использующий надземные емкости для переработки отходов (Рисунок 4-8), широко используется для очистки сточных вод. Целью емкостных конструкций является ускорение разложения ТБО обычно в термофильных условиях для достижения повышенных темпов производства метана. В отличие от этого, в наземных конструкциях, таких как покрытые наземные анаэробные реакторы (CIGAR), используется гибкое покрытие над органической фракцией ТБО. Это устройство широко используется в сельском хозяйстве для переработки навоза, а также очистки промышленных сточных вод. В случае переработки органической фракции ТБО данный подход требует разбавления водой для обеспечения циркуляции в реакторе. Как правило, ТБО в реакторе перемешивают с фильтратом, а разложение отходов происходит при более низких температурах, характерных для мезофильных условий. Органическая фракция ТБО (или отдельно собранные пищевые отходы) используются в качестве исходного сырья в закрытых анаэробных реакторах, в которых отходы разлагаются бактериями в контролируемых анаэробных условиях для получения биогаза, содержащего метан от средней до высокой концентрации. Полученный биогаз, как правило, используется для производства электроэнергии. При использовании реакторов практически 100% биогаза собирается и полезно используется, в то время как эффективность сбора биогаза на полигонах и свалках существенно ниже.



¹⁹ "Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment of Municipal Organic Solid Waste." California Integrated Waste Management Board.

4.4 Выбор оптимальной технологии

Для полигона, на котором планируется сбор биогаза, преимущественным выбором технологии утилизации будут производство электроэнергии или прямое использование биогаза в качестве топлива. Оптимальный выбор технологии утилизации для конкретного полигона будет зависеть от ряда факторов. Общие соображения для выбора соответствующих технологий включают:

- Гарантии доставки отходов (состав и количество)
- Расстояние до электрической сети
- Местные и нормативные требования
- Количество биогаза и его изменение во времени
- Наличие поблизости конечных потребителей для прямого использования биогаза
- Возможности продажи электроэнергии (инфраструктура и нормативно-правовая база)
- Собственные потребности в тепле и электроэнергии
- Капитальные и эксплуатационные затраты на систему утилизации, включая затраты на подготовку и транспортировку биогаза
- Финансовые факторы (ожидаемые доходы от продажи электроэнергии или биогаза для прямого использования, углеродные кредиты, другие финансовые стимулы, варианты финансирования и возврат инвестиций) — см. Главу 7
- Наличие местных поставщиков оборудования и услуг
- Наличие местных операторов для эксплуатации и обслуживания оборудования
- Возможность заключения контрактов (купля-продажа электроэнергии и права на газ) — см. главу 5.

Обсуждение прямого использования биогаза

Основные преимущества прямого использования биогаза для производства тепла заключаются в максимальном использовании энергии газа, низких требованиях к подготовке газа, возможности смешивания с другими видами топлива. Непосредственные тепловые приложения продемонстрированы в широком диапазоне мощностей проектов, в которых с помощью биогаза удовлетворяются требования конечного потребителя или обеспечивается дополнение к основному расходу топлива потребителем. Прямое использование биогаза может быть наиболее полезно в случае, когда местные правила или рынки электроэнергии ограничивают продажу электроэнергии из биогаза (см. главу 5 для получения дополнительной информации о рынках электроэнергии).

Факторы, которые следует учитывать при оценке целесообразности проекта прямого использования тепла биогаза, включают в себя:

- **Энергетические потребности конечного потребителя с точки зрения количества и качества биогаза.** Количество биогаза и содержание в нем метана должны быть рассмотрены по сравнению с потребностями в тепле и паре на объекте, а также с входной мощностью сжигающего оборудования. Конечные потребители с большими суточными или сезонными колебаниями спроса на топливо являются менее желательными, так как биогаз собирается на полигоне с относительно постоянной скоростью. Хранение биогаза для отложенного спроса на объекте нецелесообразно²⁰. Кроме того, при анализе экономической целесообразности необходимо учитывать качество газа и, в случае необходимости, способ его подготовки для конкретного потребителя.
- **Требования к модернизации, необходимой для использования биогаза.** Существуют также соображения для конечного потребителя, разрабатывающего оборудование либо для совместного использования биогаза с другими видами топлива, либо использования биогаза в качестве основного

²⁰ ESMAP. 2004. *Handbook for the Preparation of Landfill Gas to Energy Projects in Latin America and the Caribbean*. <http://www.esmap.org/esmap/node/1106>.

топлива с природным газом или другим топливом в качестве резервного источника. Система подачи топлива перед использованием биогаза должна быть изменена. Необходимо установить горелки и систему управления для подачи топлива, как описано в разделе 4.1. Модификация горелок и системы управления технологическими процессами требуется при использовании котлов. Печи кирпичных и цементных производств, как правило, способны работать в широком диапазоне качества топлива и не требуют высоких затрат на модернизацию.

- **Расположение конечного потребителя.** Расположение конечного потребителя определяет необходимую длину и размещение биогазового трубопровода. Полигон должен быть расположен недалеко от конечного потребителя (как правило, на расстоянии менее 10 или 15 км) для обеспечения адекватного возврата инвестиций в проект, так как капитальные и эксплуатационные затраты на трубопровод длиной более чем 10 км могут сделать себестоимость поставляемого биогаза менее конкурентоспособной по сравнению с традиционными видами топлива. Тем не менее, большее расстояние может быть экономически целесообразным в зависимости от количества биогаза на полигоне, потребления энергии конечным потребителем и цен на топливо²¹. Кроме того, расположение конечного потребителя определяет маршрут трубопровода. Пересечение железной дороги, водных путей или крупных транспортных магистралей будет влиять на стоимость и целесообразность строительства трубопровода.
- **Вопросы стоимости.** Затраты, связанные с подготовкой биогаза, трубопроводом и модернизацией оборудования для использования биогаза, а также эксплуатацией и техническим обслуживанием, должны быть учтены. Экономика биогазового проекта улучшается с приближением конечного потребителя к полигону. Кроме того, особенности прокладки трубопровода будут влиять на затраты и цену, по которой биогаз может быть доставлен и продан конечному потребителю²². Конечный пользователь должен инвестировать в оборудование, способное переключаться между биогазом и традиционными видами топлива для устранения риска долгосрочной неопределенности и изменчивости потока биогаза, а также изменения его качества. Долгосрочная финансовая стабильность конечного потребителя также должны быть учтены. Для возврата инвестиций может потребоваться срок действия проекта от 10 до 15 лет. Обратитесь к главе 7 для получения дополнительной информации о стоимости биогазовых проектов.

Факторы, имеющие значение при оценке целесообразности прямого использования биогаза, включают:

- **Инфракрасные нагреватели или другие виды отопления.** Малый объем биогаза, необходимый для работы инфракрасных нагревателей или небольших котлов, используемых для отопления школ и административных зданий, и сезонный характер отопительной нагрузки могут сделать такие проекты экономически непривлекательными, если только на полигоне уже не установлена система сбора и сжигания биогаза. Однако, инфракрасные нагреватели могут быть установлены на базе уже существующих систем сбора, сжигания или энергетического использования биогаза, поскольку инфракрасные нагреватели используют малое количество биогаза, которое в противном случае, возможно, было бы сожжено на факеле.
- **Испарение фильтрата.** Системы испарения фильтрата, как правило, экономически целесообразны только там, где есть достаточный запас биогаза для испарения всего объема образующегося фильтрата, а затраты на альтернативные методы очистки и удаления фильтрата высоки. Обычно требуется примерно 0,15 м³ биогаза для испарения 1 литра фильтрата²³. Существуют испарители разной производительности, экономические параметры таких установок улучшаются с увеличением производительности.

²¹ World Resources Institute. 2002. *Opportunities with Landfill Gas*. http://pdf.wri.org/gpmdg_corporate_guide_02.pdf.

²² U.S. EPA. 2012. *Landfill Gas Energy: A Guide to Developing and Implementing Greenhouse Gas Reduction Programs*. http://www.epa.gov/statelocalclimate/documents/pdf/landfill_methane_utilization.pdf.

²³ Instytut Nafty i Gazu. 2010. *Landfill Gas Energy Technologies*. http://www.globalmethane.org/Data/1022_LFG-Handbook.pdf.

Обсуждение технологий производства электроэнергии

Географические ограничения и необходимость модификации оборудования, связанные с прямым использованием биогаза можно преодолеть с помощью использования биогаза для производства электроэнергии непосредственно на полигоне. В целом, двигатели внутреннего сгорания показали себя в качестве наиболее экономически эффективной и надежной технологии для производства электроэнергии из биогаза, особенно для проектов средней величины. Газовые турбины являются вариантом для биогазовых проектов, способных обеспечить генерирующую мощность, по крайней мере, от 3 до 5 МВт²⁴. Другие факторы, которые должны быть оценены для производства электроэнергии из биогаза, включают в себя:

- **Электрический коэффициент преобразования (КПД).** Электрический КПД является показателем того, какая часть энергии биогаза может быть преобразована в электрическую энергию. Электрический КПД изменяется в зависимости от выбранной технологии. Двигатели внутреннего сгорания имеют более высокую эффективность, чем большинство газовых турбин. Однако, установка на большой высоте над уровнем моря или высокие температуры окружающей среды могут снизить эффективность двигателей внутреннего сгорания
- **Потенциал выработки электроэнергии.** Надежность оборудования для производства электроэнергии и непрерывность поставки биогаза определяют фактическое количество выработанной электроэнергии.
- **Техническое обслуживание и ремонт.** Потребность и приоритет любых запасных частей должна оцениваться с учетом их наличия в конкретной стране, а также времени, которое может потребоваться для их импорта²⁵. Эксплуатация энергетической установки в соответствии со спецификациями оборудования и проведение регулярного планового технического обслуживания позволяют снизить износ частей и планировать остановки, тем самым снижая вынужденные простои. Разработка плана рутинных мероприятий и регулярный анализ состояния моторного масла важны для выявления оператором эксплуатационных проблем на ранней стадии.
- **Способность реагировать на изменение количества биогаза.** Модульное устройство двигателей внутреннего сгорания и газовых турбин обеспечивает гибкое увеличение мощности в ответ на увеличение или уменьшение производства биогаза²⁶. Двигатели внутреннего сгорания или микротурбины могут добавляться с меньшим шагом прироста мощности и с меньшими капитальными затратами по сравнению с газовыми турбинами.
- **Наличие точки подключения к сети.** Как правило, биогазовые энергетические проекты полагаются на существующую инфраструктуру для поставки электроэнергии в сеть, потому что затраты на строительство новой инфраструктуры могут оказаться слишком высокими. Разработчик проекта должен изучить наличие и типы близлежащих линий электропередач и подстанций. Наличие линии электропередач, подходящих для обеспечения подключения к электросети и подстанциям, является преимуществом для развития проекта. Подключение к сети может быть связано со значительными инвестиционными затратами и требует тщательного исследования системы разрешений и согласований, которая может значительно варьироваться в зависимости от местных условий.
- **Вопросы стоимости.** Проектные расходы включают капитальные и трудовые затраты на приобретение и установку оборудования, используемого для подготовки биогаза и выработки электроэнергии, а также текущие затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание (персонал и материалы, используемые для эксплуатации, планового технического обслуживания и ремонтов, в том числе плановых периодических). Двигатели внутреннего сгорания имеют сравнительно низкую удельную капитальную стоимость на кВт, но более высокие затраты по эксплуатации и ТО по сравнению с газовыми турбинами²⁷. Дополнительная информация о стоимости проектов приводится в Главе 7.

²⁴ World Resources Institute. 2002. *Opportunities with Landfill Gas*. http://pdf.wri.org/gpmdg_corporate_guide_02.pdf.

²⁵ Ibid.

²⁶ ESMAP. 2004. *Handbook for the Preparation of Landfill Gas to Energy Projects in Latin America and the Caribbean*. <http://www.esmap.org/esmap/node/1106>.

²⁷ ISWA. *ISWA Landfill Operational Guidelines*. 2nd Edition.

[http://www.wief.net/programs_events/ISWA_Landfill_Operational_Guidelines_2nd_Edition\[1\].pdf](http://www.wief.net/programs_events/ISWA_Landfill_Operational_Guidelines_2nd_Edition[1].pdf).

4.5 Подготовка биогаза

Перед использованием биогаза из него обычно удаляют остаточную влагу (конденсат), не собранную в системах удаления конденсата, а также твердые частицы и другие примеси. Требования к подготовке газа зависят от его конечного применения. Первичной операцией, как для производства электроэнергии, так и прямого использования является удаление влаги, так как биогаз насыщен парами воды, которые могут вызвать коррозию оборудования. Минимальная обработка необходима для прямого использования биогаза в котельных, печах или горелочных устройствах. Системы очистки биогаза для электроэнергетических проектов обычно включают ряд фильтров для удаления загрязнений, которые могут повредить компоненты двигателя и турбины и снизить эффективность работы системы. Основное внимание в этом разделе уделяется подготовке газа перед прямым использованием и производством электроэнергии.

Типы систем подготовки биогаза

Системы подготовки биогаза можно разделить на первичные и вторичные. Большинство систем первичной обработки включают удаление паров воды и фильтрацию для удаления остаточной влаги и твердых частиц. Удаление свободной воды и конденсата использует физические принципы в простом устройстве - расширительной емкости или конденсатоотводчике (Рисунок 4-9). Емкость замедляет скорость движения биогаза до величины, достаточной для гравитационного осаждения жидкости. Конденсатоотводчик должен располагаться в непосредственной близости от входа газодувки. Собранная жидкость дренируется или собирается в емкость для временного хранения. Конденсатоотводчики способны перерабатывать большие потоки газа (более 10000 м³/час) и удалять более 1 литра жидкости в минуту²⁸.

В новых проектах для удаления водяного пара из биогаза зачастую используются охлаждение и сжатие. Охлаждение биогаза вызывает конденсацию паров воды. Конденсат после охладителя собирается и удаляется насосом через сифон. Типичные температуры охлаждения газа находятся в диапазоне от -4 до 10 °С. Сжатие перед охлаждением приводит к дополнительному осушению газа. Величина сжатия газа обычно определяется расстоянием до системы утилизации, и ее требованиями к давлению на входе. Обычно давление на входе находится в диапазоне от менее 100 до 700 кПа. Удаление воды приводит к повышению эффективности и защите оборудования. Растворимые в воде соединения хлора и галогенов также удаляются с конденсатом²⁹.

Системы вторичной очистки предназначены для обеспечения существенно большей степени очистки по сравнению с первичными системами. Системы вторичной очистки могут использовать несколько этапов очистки в зависимости от технических характеристик газа, необходимого конечному потребителю. Эти этапы могут включать в себя как физические, так и химические методы очистки. Тип системы вторичной очистки биогаза также зависит от компонентов, которые должны быть удалены по требованию конечного потребителя. Наиболее часто из биогаза удаляются следующие микропримеси:



Рисунок 4-9. Отвод конденсата перед факелом на полигоне Gaoantun, Китай

²⁸ United Kingdom Environment Agency. *Guidance on Gas Treatment Technologies for Landfill Gas Engines*. <http://publications.environment-agency.gov.uk/pdf/GEHO0311BTON-e-e.pdf>.

²⁹ ESMAP. 2004. *Handbook for the Preparation of Landfill Gas to Energy Projects in Latin America and the Caribbean*. <http://www.esmap.org/esmap/node/1106>.

- Силоксаны:** Силоксаны могут содержаться в бытовых и коммерческих продуктах и попадать в твердые отходы и сточные воды (представляют проблему на полигонах, принимающих осадки сточных вод). Силоксаны попадают в биогаз и превращаются в диоксид кремния в процессе его сжигания. Диоксид кремния (основной компонент песка) откладывается на внутренних поверхностях двигателей внутреннего сгорания и газовых турбин, а также на трубах котлов, снижая при этом производительность оборудования и повышая затраты на техническое обслуживание. Потребность в удалении силоксанов зависит от их содержания в биогазе (может варьироваться от полигона к полигону) и рекомендаций производителя энергетического оборудования. Удаление силоксанов может быть дорогостоящей и сложной процедурой, поэтому решение инвестировать в систему удаления силоксанов должно приниматься для каждого конкретного проекта отдельно. На рисунке 4-10 изображена схема одного из вариантов системы удаления силоксанов. Рисунок 4-11 показывает конкретный пример такой системы, установленный на свалке.

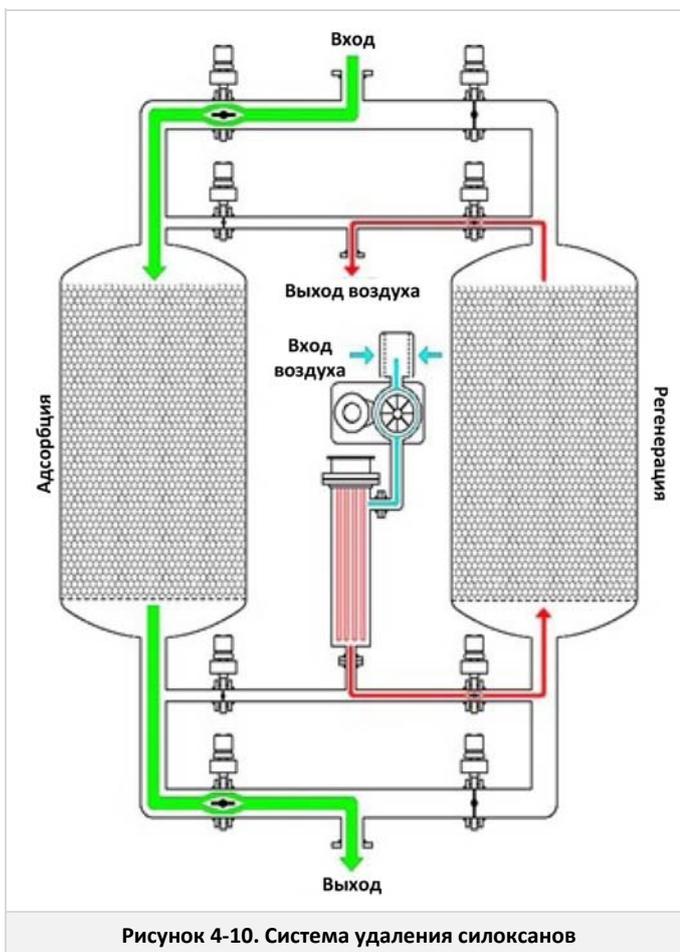


Рисунок 4-10. Система удаления силоксанов



Рисунок 4-11. Удаление силоксанов на электростанции Lorraine в городе Оберлин, Огайо, США

- Соединения серы:** Эти соединения, содержащие сульфиды и дисульфиды (сероводород), вызывают коррозию в присутствии влаги. Содержание этих соединений может быть относительно низким и часто биогаз не требует дополнительной очистки на полигонах, принимающих только типичные ТБО. Однако содержание соединений серы имеет тенденцию к повышению на полигонах, принимающих строительные отходы. В этом случае дополнительная очистка, скорее всего, будет необходимой.

Наиболее распространенными технологиями, используемыми для вторичной очистки, являются адсорбция и абсорбция. Адсорбция заключается в физическом осаждении загрязняющих веществ на поверхности адсорбента, например, активированного угля или силикагеля. Адсорбция представляет собой типичную технологию для удаления силоксанов из биогаза. Абсорбция (поглощение) заключается в химической или физической реакции примесей с растворителем или твердым реагентом. Абсорбция представляет собой типичную технологию для удаления из биогаза соединений серы.

Для обеспечения дополнительной очистки биогаза могут использоваться системы фильтрации. Твердые частицы, содержащиеся в потоке биогаза, могут привести к повреждению или износу оборудования. Содержание частиц можно контролировать либо путем пропускания потока газа через слой фильтра (сетка из нержавеющей стальной проволоки или геотекстиль), или, альтернативно, с помощью циклонного сепаратора. Циклоны способны удалять частицы размером до 15 мкм (или даже 5 мкм для циклонов высокой эффективности), в то время как механический фильтр эффективен до 2 мкм. Обе системы склонны к закупорке и, следовательно, требуют периодического технического обслуживания для удаления накопившихся твердых частиц.

Обсуждение технологий подготовки биогаза

Подготовка биогаза для энергетического проекта может варьироваться от простого удаления влаги и твердых частиц до более дорогого удаления агрессивных и абразивных примесей³⁰. Конкретные типы и особенности применения оборудования для утилизации могут потребовать различных уровней подготовки биогаза. Основным способом подготовки биогаза является удаление насыщенных водяных паров, снижающее расходы на дальнейшее техническое обслуживание оборудования. Очистка топливного газа приводит к существенному уменьшению коррозии и снижает затраты на техническое обслуживание в течение всего срока использования оборудования³¹. Уровень очистки и соответствующие затраты зависят от требований конечного потребителя к чистоте газа. Например, силоксаны вызывают гораздо меньше проблем для котлов, чем для двигателей или турбин.

Компромиссный выбор упрощенной и менее дорогой подготовки увеличивает необходимость обслуживания оборудования. Использование системы подготовки увеличивает начальные капитальные затраты, в то время как отказ от нее или выбор упрощенной системы подготовки, скорее всего, приведет к увеличению долгосрочных расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание, а также к необходимости замены оборудования. Для большинства полигонов рекомендуется использовать систему охлаждения, осушения и фильтрации биогаза для удаления свободных жидкостей и твердых частиц перед подачей в двигатели или компрессоры. Использование методов очистки от сероводорода или силоксанов зависит от требований конкретного проекта и содержания загрязнений в биогазе.

На практике, на полигонах, где было принято решение не устанавливать системы охлаждения, зачастую в процессе эксплуатации двигателей сталкиваются с проблемами коррозии из-за воздействия кислоты, формированием твердых частиц в зоне горения, проводят более частую замену масла и периодическое техническое обслуживание. В некоторых случаях наблюдается экстремальный износ цилиндров двигателя. Отсутствие надлежащей очистки приводит к накоплению соединений кремния на элементах внутренней конструкции охладителей и турбо-наддува, что также приводит к дополнительным затратам на обслуживание.

4.6 Энергетические биогазовые технологии и их стоимость

В таблице 4-4 приводится обобщение для энергетических технологий, описанных в данной главе. В таблице 4-5 представлены типичные капитальные и ежегодные затраты на базе биогазовых проектов, реализованных в США.

³⁰ ISWA. *ISWA Landfill Operational Guidelines*. 2nd Edition.

[http://www.wief.net/programs_events/ISWA_Landfill_Operational_Guidelines_2nd_Edition\[1\].pdf](http://www.wief.net/programs_events/ISWA_Landfill_Operational_Guidelines_2nd_Edition[1].pdf).

³¹ Ibid.

Таблица 4-4. Производство энергии из биогаза

Преимущества	Недостатки	Требования к подготовке газа
Прямое использование биогаза средней калорийности		
Котлы, сушки, тепло промышленных процессов		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Возможность утилизировать максимальное количество биогаза ▪ Экономическая целесообразность ▪ Минимальная потребность в удалении конденсата и фильтрации ▪ Не требует большого количества биогаза, возможность смешивать биогаз с другими видами топлива 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Затраты зависят от длины газопровода; потребитель должен располагаться на небольшом расстоянии 	Потребность улучшить качество газа или модернизировать оборудование
Инфракрасные нагреватели		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Относительно недороги ▪ Простая установка ▪ Не требуют большое количество биогаза ▪ Могут устанавливаться параллельно с другим вариантом использования 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Сезонные колебания могут ограничивать потребление биогаза 	Умеренное удаление конденсата и фильтрация
Испарение фильтрата		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Вариант для полигона с дорогой переработкой фильтрата 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Высокие капитальные затраты 	Умеренное удаление конденсата и фильтрация
Электричество		
Двигатель внутреннего сгорания		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Высокий КПД по сравнению с газовыми и микротурбинами ▪ Соответствие мощности выходу биогаза на многих полигонах ▪ Невысокая удельная стоимость по сравнению с газовыми турбинами и микротурбинами ▪ Увеличение эффективности в случае полезного использования тепла ▪ Возможность добавить/удалить двигатель при изменении количества биогаза 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Относительно высокая стоимость технического обслуживания ▪ Относительно высокие газовые эмиссии ▪ Экономические параметры могут быть недостаточными в странах с низкой стоимостью электроэнергии 	Как минимум необходима первичная подготовка биогаза; для улучшения рабочих параметров двигателя может потребоваться вторичная подготовка
Газовая турбина		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Экономика зависит от мощности, удельная стоимость на кВт уменьшается при возрастании мощности, кроме того улучшается эффективность ▪ Увеличение эффективности в случае полезного использования тепла ▪ Большая устойчивость к коррозии ▪ Низкая эмиссия оксидов азота ▪ Относительная компактность 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Падение эффективности в случае работы на неполной нагрузке ▪ Требуется высокого давления газа ▪ Высокие паразитные нагрузки ▪ Экономические параметры могут быть недостаточными в странах с низкой стоимостью электроэнергии 	Как минимум необходима первичная подготовка биогаза; для улучшения рабочих параметров турбины может потребоваться вторичная подготовка

Преимущества	Недостатки	Требования к подготовке газа
Микротурбины		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Требуется низкий поток биогаза ▪ Может работать при низком содержании метана в биогазе ▪ Низкая эмиссия оксидов азота ▪ Относительно простое подключение ▪ Возможность добавить/удалить отдельные микротурбины при изменении количества газа 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Экономические параметры могут быть непривлекательными в странах с низкой стоимостью электроэнергии 	Требуют достаточно дорогую первичную и вторичную подготовку биогаза
Прямое использование биогаза высокой калорийности		
Биометан (аналог природного газа)		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Может поставляться в сети природного газа 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Высокие затраты из-за необходимости жесткой регулировки скважин для ограничения попадания в биогаз кислорода и азота 	Требует комплексную и потенциально дорогую очистку биогаза
Сжатый (CNG) или сжиженный (LNG) биометан		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Альтернативное моторное топливо для техники на полигоне и мусоровозов, также может поставляться на коммерческий рынок 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Высокие затраты из-за необходимости жесткой регулировки скважин для ограничения попадания в биогаз кислорода и азота 	Требует комплексную и потенциально дорогую очистку биогаза

Расходы, представленные в таблице 4-5, были получены с использованием модели Агентства защиты окружающей среды США LMOP LFG Cost v2.3, которая оценивает затраты на реализацию проектов, используя данные биогазовых проектов, реализованных в США. Оценки, проведенные с использованием модели LFGCost, являются ориентировочными и могут быть использованы только для первичного ознакомления. Неопределенность этих оценок составляет от +/-30 до +/-50 процентов от величины затрат. Детальная оценка целесообразности проекта должна проводиться квалифицированными специалистами до начала проектирования, строительных работ, приобретения материалов или заключения договоров на поставку или приобретение энергии. Более того, разработчик проекта должен рассмотреть дополнительные факторы неопределенности, связанные с уникальными условиями конкретных стран, поскольку показанные здесь данные представляют затраты на проекты в США. Затраты могут варьироваться в зависимости от страны из-за разных импортных пошлин, величины и количества налогов, стоимости труда, материалов, получения разрешений и выполнения норм. Расходы, приведенные ниже, не включают в себя затраты на сбор газа и факельные системы.

В течение первого года работы эксплуатационные расходы включают стоимость электричества для работы компрессора и системы сепарации, а также обычные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание системы доставки биогаза и энергетического оборудования. Ежегодные расходы могут возрастать из-за изменения стоимости электроэнергии, местных условий и рабочей силы.

Таблица 4-5. Типичные капитальные и ежегодные затраты для биогазовых проектов на полигонах ТБО

Технология		Капитальные затраты (2012 USD)		Ежегодные затраты (2013 USD)	
Прямое использование биогаза средней calorificity					
Прямое использование	Мощность (м³/час):	340	1020	340	1020
Фильтр, компрессор и осушение на общей раме		\$848,000	\$983,000	\$58,000	\$85,000
Газовый трубопровод до границ проекта ³²		\$1,717,000	\$1,717,000		
Общие кап. затраты + непредвиденные расходы		\$2,565,000	\$2,700,000		
Доп. затраты на модернизацию котлов					
Трубопровод потребителя до котла ³³		\$292,000	\$292,000		
Измерительная станция		\$81,000	\$81,000		
Модернизация котла для бесшовного контроля		\$109,000	\$155,000		
Общие кап. затраты + непредвиденные расходы		\$3,047,000	\$3,228,000		
Электроэнергия					
Двигатель - когенерация³⁴	Мощность (МВт):	1	3	1	3
Компрессор/подготовка, двигатель/генератор, работы, здания и рекуперация тепла		\$1,985,000	\$5,923,000	\$185,000	\$552,000
Газовый трубопровод ³³		\$173,000	\$173,000		
Трубопровод для воды и циркуляционный насос ³⁵		\$304,000	\$304,000		
Двигатель-генератор³⁴	Мощность (МВт):	1	3	1	3
Компрессор/подготовка, двигатель/генератор, работы и здания		\$1,665,000	\$4,995,000	\$184,000	\$553,000
Турбина³⁴	Мощность (МВт):	3	5	3	5
Компрессор/подготовка, двигатель/генератор, работы и здания		\$6,340,000	\$9,496,000	\$398,000	\$664,000
Прямое использование биогаза средней calorificity					
Подача в газовую сеть	Мощность (м³/час):	1020	3400	1020	3400
Компрессор, сепараторы, осушение для поставки в газовую сеть		\$4,094,000	\$8,741,000	\$266,000	\$886,000
Трубопровод ³²		\$1,717,000	\$1,717,000		
Общие кап. затраты + непредвиденные расходы		\$5,811,000	\$10,458,000		



Лучшие методы утилизации энергии биогаза из ТБО

Общая осуществимость энергетического проекта для конкретного полигона зависит от множества факторов, таких как состав и количество отходов, качество и количество биогаза, а также наличие и расположение подходящего конечного потребителя. Понимание, оценка и выбор соответствующих технологий утилизации биогаза имеет значение для общей целесообразности и успешности биогазовых проектов. Проверенные и новые технологии предлагают практические решения для эффективного осуществления проектов прямого использования биогаза и выработки электроэнергии, включая подготовку биогаза с удалением влаги, частиц и других примесей.

³² Предполагается, что длина биогазового трубопровода составляет 5 миль, труба на территории потребителя не учитывается

³³ Предполагается, что длина биогазового трубопровода на территории потребителя составляет 0,5 миль

³⁴ Стоимость электрического подключения не учитывается (может сильно отличаться в зависимости от местных условий)

³⁵ Предполагается, что длина трубопровода для воды составляет 0,5 миль



ГЛАВА 5

Рыночные механизмы реализации проектов LFGE

Устойчивый рынок биогазовых энергетических проектов может содействовать достижению широкого спектра национальных и локальных целей, в том числе устойчивому экономическому развитию на местном уровне; сокращению выбросов парниковых газов; локальной энергетической безопасности; смягчению негативных экологических воздействий полигонов ТБО, таких как качество воздуха, распространение запахов и загрязнение грунтовых вод¹. Такие проекты могут служить инструментом хеджирования высоких цен на импортируемые энергоносители, а также могут повысить надежность энергоснабжения с помощью обеспечения базовой нагрузки в электрической сети и повышения доступности электроэнергетики.

Жизнеспособность биогазового сектора является прямым результатом спроса на возобновляемые источники энергии и их конкурентоспособности по сравнению с традиционными альтернативами. Другие политические и рыночные факторы также могут иметь значительное влияние на финансовую состоятельность биогазовых проектов на полигонах ТБО. Эти факторы включают в себя наличие рынков для вновь появляющихся товаров, таких как углеродные кредиты и кредиты на возобновляемую энергию, а также целый ряд финансовых механизмов, которые способны, особенно во взаимном сочетании, улучшить финансовую отдачу от инвестиций в биогазовые проекты.

В этой главе дается обзор политических и финансовых механизмов, имеющих отношение к формированию жизнеспособного рынка биогазовых проектов на полигонах ТБО. В первом разделе представлены механизмы, применимые к основным видам использования биогаза на полигонах, в остальных разделах рассмотрены политические и финансовые механизмы, которые могут быть использованы в некоторых или же во всех случаях. Глава призвана помочь заинтересованным лицам понять ключевые аспекты функционирования рынка, связанного с финансированием биогазовых проектов на полигонах ТБО.

5.1 Стимулирование основных видов использования биогаза

К основным видам энергетического использования биогаза относятся: производство электроэнергии, прямое использование биогаза, подача биометана в трубопроводы природного газа и получение моторного топлива. Далее рассмотрены ключевые факторы, стимулирующие каждый из этих видов использования.

Производство электроэнергии

Проекты LFGE могут производить электроэнергию для экспорта в распределительные электрические сети. Политика сетей может иметь огромное влияние на финансовую жизнеспособность проектов. Стимулирующая политика может сформировать определенность на рынке, тем самым обеспечив возможности для привлечения финансирования в проекты LFGE.

Стандарты подключения определяют технические процедуры, используемые для подключения генерирующих систем к электросети. Разработчики проекта должны исследовать стандарты присоединения перед началом проекта и оценить, как они влияют на техническую и финансовую жизнеспособность проекта. Стандарты подключения могут быть серьезной проблемой при оценке осуществимости проекта LFGE.

Стандарты подключения содержат технические и контрактные соглашения, заключаемые между владельцами электрогенерирующего объекта и электрических сетей. Коммунальные комиссии или другие органы, как правило, устанавливают стандарты для подключения к электрическим распределительным сетям и стандарты для подключения к линиям передачи электроэнергии высокого напряжения.

¹ International Energy Agency. 2009. "Turning a liability into an asset: The importance of policy in fostering landfill gas use worldwide."

✓ **Пример: стимулирующие стандарты подключения в штате Айова, США**

Аналогично другим, недавно принятым правилам подключения во многих штатах США, стандарты штата Айова предусматривают четыре уровня рассмотрения запросов на подключение к сетям. Проект должен соответствовать всем требованиям данной классификации для того, чтобы иметь право на ускоренное рассмотрение. Уровень необходимого рассмотрения, как правило, определяется на основе пропускной способности системы, наличия сертификации системных компонентов известной испытательной лаборатории, типа подключения к радиальной схеме распределения или к локальной сети. Основные определения для каждого уровня следующие²:

Уровень 1: Сертифицированная в лаборатории система на базе инвертора мощностью 10 кВт или менее.

Уровень 2: Сертифицированная в лаборатории система мощностью 2 МВт или менее, подключенная к радиальной распределительной системе или сотовой сети единого потребителя.

Уровень 3: Сертифицированная в лаборатории система на базе инвертора мощностью 50 кВт или менее, подключенная к локальной сети без возможности экспорта; или сертифицированная в лаборатории не экспортирующая система, подключенная к радиальному распределительному контуру, в котором общая мощность генераторов не превышает 10 МВт (с учетом распределенной генерации заявителя)

Уровень 4: Системы мощностью 10 МВт или менее, не удовлетворяющие условиям первых уровней, включая все системы, использующие несертифицированные компоненты и системы, требующие дополнительных работ со стороны сетей, необходимых для подключения.

Льготные тарифы (Feed-in Tariff (FIT)) представляют собой нормативный подход, улучшающий финансовые показатели проектов использования возобновляемых источников энергии, например, проектов LFGE. Данный подход обязывает сетевые компании принимать электроэнергию от проектов, использующих возобновляемые источники энергии. В частности, электрические сети обязаны приобретать по повышенной цене электроэнергию, выработанную из биогаза. Наличие льготных тарифов обеспечивает разработчикам проектов рынок для электроэнергии, произведенной с помощью проекта LFGE. Применение такого подхода может также включать требование заключать долгосрочные соглашения о закупке электроэнергии (PPA) с поставщиком возобновляемой энергии, что повышает доверие инвесторов и снижает стоимость капитала для инвестиций в данные проекты.

Использование льготных тарифов принято в 45 странах, в том числе в Европе, Южной Америке, Северной Америке, Юго-Восточной Азии, Центральной Азии, на Ближнем Востоке и в Австралии. Они также используются во многих странах на субнациональном уровне⁴.

✓ **Пример: льготные тарифы – Таиланд³**

В 2007 году (с изменениями в 2009 году) правительство Таиланда приняло льготные тарифы в виде добавки к коммунальным тарифам, дифференцированной по видам технологий и мощности, и гарантированной на 7-10 лет. Солнечная энергетика получила около \$0,27/кВт·ч. Крупные проекты биомассы получили самые низкие добавки - около \$0,01/кВт·ч. Дополнительные субсидии также предоставляются для проектов использования биодизеля в отдаленных районах. По состоянию на март 2010 года было установлено 1364 МВт ВИЭ и планировалось 4104 МВт (подписанные PPA). Биомасса составляет основную часть проектов: 1292 МВт (эксплуатация) и 2119 МВт (стадия соглашения PPA).

² Iowa Administrative Code. Chapter 45: Electronic Interconnection of Distributed Generation Facilities.

<https://www.legis.iowa.gov/DOCS/ACO/IAC/LINC/03-21-2012.Chapter.199.45.pdf>

³ "Feed-in premium for renewable power." Organisation for Economic Co-operation and Development, International Energy Agency. <http://www.iea.org/textbase/pm/Default.aspx?mode=re&id=4410&action=detail>.

⁴ "Feed-in Tariff." Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.

<http://www.ren21.net/RenewablesPolicy/OverviewonPolicyInstruments/RegulatoryPolicies/FeedinTariff/tabid/5628/Default.aspx>.

Балансовые измерения электроэнергии позволяют операторам проектов LFGE компенсировать потребление электроэнергии на собственные нужды. В результате общее количество электроэнергии, подаваемой оператору энергетической компанией, уменьшается. Оператор платит за "чистый" баланс потребленной электроэнергии. В некоторых случаях собственная генерация может превышать потребности в электроэнергии. Осуществление балансовых измерений позволяет операторам продавать излишек электроэнергии местной энергетической компании и получать доход, равный стоимости электроэнергии, поставляемой в сеть. Избыток электроэнергии отправляется компании-поставщику электричества или через второй счетчик или через единственный двунаправленный счетчик электроэнергии. Такой подход позволяет проекту LFGE производить и использовать электроэнергию на месте, сохраняя доступ к сетевой электроэнергии, а также создает источник дохода для проекта LFGE путем продажи излишков электричества. Система балансовых измерений существует на национальном уровне ориентировочно в 13 странах⁵.

Прямое использование биогаза

Как правило, биогаз, добываемый на полигонах, имеет теплотворную способность в два раза ниже по сравнению с природным газом. Как уже обсуждалось в главе 4, биогаз подходит не для всех видов использования, однако он дешевле и, следовательно, может быть более привлекательным для случаев, не требующих высокой плотности энергии топлива. В случаях прямого использования транспортировка газа покупателю, как правило, осуществляется с помощью специального трубопровода. Биогаз может использоваться в качестве топлива в котлах, сушилках, печах, теплицах и тепловых двигателях. Отрасли, в которых возможно прямое использование биогаза, включают автомобилестроение, химическую, пищевую, фармацевтическую промышленность, производство цемента и кирпича, бытовой электроники и продуктов питания, очистку сточных вод, а также отопление, например, тюрем и больниц.

✓ Пример: теплоснабжение в г. Тыргу-Муреш (Târgu Mures), Румыния

Трубопровод длиной 6.5 км подает биогаз с полигона [Târgu Mures](#) на 4 котельные системы теплоснабжения города

✓ Пример: полигон в Ванкувере

С 1990 года на полигоне в городе Ванкувер в Канаде работает активная система сбора биогаза. В 2003 году существующая система сбора была расширена, что позволило компании Maxim Power Corporation проложить трубопровод к тепличному хозяйству CanAgro. В результате биогаз используется для генерации и продажи электроэнергии компании В.С. Hydro мощностью 5,55 МВт, а также продажи тепла теплицам CanAgro в количестве 100 тыс. ГДж/год. В целом энергетический проект производит примерно 500 тыс. ГДж в год. В результате город ежегодно получает доход в размере около \$ 400 000 в течение всего срока действия 20-летнего контракта.

Ключевое отличие, являющееся общим для всех прямых видов использования биогаза, является чистый и возобновляемый характер биогаза, который, как правило, заменяет использование менее экологически чистых, и, зачастую, невозобновляемых видов энергии. По этой причине существует широкий спектр программ стимулирования использования возобновляемых источников энергии на разных уровнях власти, которые могут снизить затраты на реализацию проекта. Эти программы могут использовать разные инструменты - облигации, займы под низкий процент, субсидии, а также ряд налоговых льгот. Данные инструменты обсуждаются далее в разделе 5.3. Например, в штате Орегон, США, Департамент энергетики

предлагает с 1981 года государственные налоговые кредиты и займы на выгодных условиях в рамках реализации программы [State Energy Loan Program](#) для проектов возобновляемых источников энергии. С 1984 года программа обеспечила поддержку проектов на сумму 454 миллиона долларов США.

⁵ "Net Metering." Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. <http://www.ren21.net/RenewablesPolicy/OverviewonPolicyInstruments/RegulatoryPolicies/NetMetering/tabid/5648/Default.aspx>.

Подключение к сетям природного газа

Обогащение биогаза для получения биометана, аналогичного сетевому природному газу, требует удаления CO₂ и других примесей. Основными препятствиями для подачи биогаза в распределительные сети природного газа, как правило, является стоимость обогащения биогаза и отсутствие норм, касающихся требований к качеству газа, процедуры инъекции и соответствующих измерений. Четкие инструкции и правила необходимы для продвижения инвестиций в обогащение биогаза, стандартизированные процедуры помогают сократить время и затраты, необходимые для доступа к трубопроводной сети. Другие факторы, влияющие на продажу биометана в газовые сети, включают в себя тип трубопроводов (распределительные или магистральные) и особенности энергетической политики. Основное преимущество при подключении к газовым сетям заключается в доступе к обширному рынку. На европейском рынке такой доступ обеспечен обновленной директивой 2009 ЕС, которая предусматривает «недискриминационное подключение» к транспортной сети природного газа при условии соблюдения технических стандартов и норм безопасности⁶.

Директива ЕС о подключении возобновляемых источников⁷

- Статья 16 (7): Государства-члены должны гарантировать, что применение тарифов на передачу и распределение не дискриминирует электроэнергию из возобновляемых источников, в частности, в периферийных районах. Государства-члены должны гарантировать, что применение тарифов на передачу и распределение не дискриминирует использование газа из возобновляемых источников.

Пример: инъекция биогаза в распределительные сети природного газа⁸

На свалке Сантьяго-Норте в Чили биогаз будет обогащаться с учетом требований спецификаций газовой компании Metrogas S.A., при этом большая часть неметановых компонентов газа будет удаляться перед инъекцией в распределительную сеть. По оценкам разработчика проекта, для подачи в распределительные сети за год в среднем будет обогащаться 70 миллионов кубометров биогаза, что эквивалентно 1238 ТДж/год в течение первого 7-летнего периода кредитования проекта, что снизит потребление природного газа в среднем на 37 млн кубометров в год. Газ будет использоваться для отопления в домах и офисах, а также в качестве моторного топлива для автомобилей. Сокращение выбросов ПГ за первый 7-летний период кредитования составит 420 тысяч тонн в эквиваленте диоксида углерода, в среднем на 60 969 т CO_{2-экв} в год.

Моторное топливо

После обогащения из биогаза можно получить аналоги сжатого природного газа (CNG) или сжиженного природного газа (LNG), каждый из которых можно использовать в качестве моторного топлива. Распространенным вариантом использования CNG или LNG, полученных из биогаза на полигонах ТБО, является топливо для автомобилей и механизмов, работающих на полигоне, а также мусоровозов или других коммунальных транспортных средств. По данным Европейской комиссии, 19 процентов от общего объема выбросов парниковых газов и 28 процентов выбросов CO₂ в ЕС можно отнести к транспортному сектору, в котором на автомобили приходится более 90 процентов от общего объема выбросов ЕС, связанных с транспортом. В период с 1990 по 2005 годы выбросы, связанные с транспортом, увеличились в ЕС для пассажирского (28%) и грузового (62%) транспорта при том, что общий объем выбросов ЕС снизился. По этой причине ЕС считает важным использовать возобновляемые источники природного газа, например,

⁶ Official Journal of the European Union. 2009. *DIRECTIVE 2009/73/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in natural gas and repealing Directive 2003/55/EC.*

⁷ Official Journal of the European Union. 2009. *DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009, Article 16.*

⁸ “Metrogas – Biogas injection to the natural gas distribution grid.” United Nations Framework Convention on Climate Change. Clean Development Mechanism, Project Design Document Form. Section A.2, p. 2.

биогаз в качестве моторного топлива для достижения своих целей по сокращению эмиссии парниковых газов⁹.

Стандарт на топливо с низким содержанием углерода (LCFS) может способствовать использованию биогаза в качестве моторного топлива из-за низких выбросов парниковых газов, связанных с полным жизненным циклом CNG или LNG из биогаза¹¹. В США Калифорния является первым штатом, принявшим стандарт LCFS, который является одним из нескольких требований Акта о глобальном потеплении 2006 года. Стандарт [California LCFS](#) требует, чтобы, по крайней мере, 10% снижения интенсивности выбросов углерода к 2020 году в Калифорнии достигалось за счет использования топлива на транспорте. Расчет интенсивности выбросов углерода включает в себя полный жизненный цикл производства, транспортировки, распределения и использования топлива. Программа реализации включает в себя кредитную торговлю для уменьшения затрат на достижение заявленных целей. Хотя программа в настоящее время оспаривается в судебной системе, штат работает над ее осуществлением.

Европейская инициатива «Зеленые автомобили»¹⁰

Для содействия снижению эмиссии ПГ на транспорте европейская инициатива о зеленых автомобилях поощряет три категории мероприятий:

- Исследования и разработки, в основном за счет грантов на экологизацию автомобильного транспорта. Бюджет: 1 млрд Евро, из которых 500 млн Евро от Европейской комиссии, 500 млн Евро от промышленности и государств-членов
- Поддержку промышленных инноваций через кредиты Европейского инвестиционного банка; бюджет 4 млрд Евро в год (в дополнение к существующим кредитам)
- Государственные закупки, снижение налоговых и регистрационных сборов для автомобилей с низкими выбросами CO₂.

Пример: использование биогаза в качестве альтернативного топлива для городских автобусов в Линчепинге (Linköping), Швеция¹²

В начале 1990-х годов шведский город Линчепинг перевел свой автобусный парк на альтернативное топливо для снижения локального загрязнения воздуха дизельными автобусами. В качестве первой альтернативы использовался природный газ. В конечном итоге было решено использовать в качестве моторного топлива для автобусов биогаз, производимый на месте. Биогазовая установка, работающая в Линчепинге, позволяет уменьшить выбросы CO₂ от городского транспорта на 9000 тонн в год, а также снизить локальные выбросы пыли, оксидов серы и азота.

5.2 Торговые рынки

Увеличение озабоченности из-за изменения климата и появление рынков для углерода и возобновляемых источников энергии являются важным источником спроса на биогаз, который является возобновляемым аналогом природного газа, способным замещать не возобновляемые источники ископаемого природного газа. Новые рынки представляют собой дополнительный источник дохода для проектов LFGE, который может сделать их реализацию более привлекательной в финансовом отношении.

Торговля углеродными кредитами

Совместное Осуществление и **Механизм Чистого Развития** приводят к сокращению выбросов метана с возможностью получить дополнительный доход для проекта LFGE в случае, если полученные сокращения

⁹ Ibid.

¹⁰ "Developing greener road transport." European Commission. http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/developing-greener-road-transport_en.html.

¹¹ Argonne National Laboratory. 2010. *Well-to-Wheels Analysis of Landfill Gas-Based Pathways and Their Addition to the GREET Model*. <http://www.transportation.anl.gov/pdfs/TA/632.PDF>.

¹² "100% Biogas for Urban Transport in Linköping, Sweden: Biogas in Buses, Cars and Trains." Biogas in the Society. http://www.iea-biogas.net/download/linkoping_final.pdf.

соответствуют требованиям для создания углеродных квот, например, полученным в соответствии с "гибкими механизмами" Киотского протокола. Один из механизмов, известный как "Совместное Осуществление", который описан в статье 6 Киотского протокола, позволяет стране, имеющей обязательства по ограничению выбросов ПГ в рамках Киотского протокола (в приложении В "Стороны", см. Таблицу 5-1), приобрести единицы сокращения выбросов (ERU), полученные при реализации проекта сокращения или устранения выбросов ПГ в другой стране Приложения В. При этом ERU могут быть засчитаны стране-покупателю для достижения ее целей Киотского протокола.

Таблица 5-1. Стороны Киотского протокола Приложение В¹³

Страна	Цель (1990** - 2008/2012)
ЕС-15*, Болгария, Чешская Республика, Эстония, Латвия, Лихтенштейн, Литва, Монако, Румыния, Словакия, Словения, Швейцария.	-8%
США***	-7%
Канада, Венгрия, Япония, Польша	-6%
Хорватия	-5%
Новая Зеландия, Российская Федерация, Украина	0
Норвегия	+1%
Австралия	+8%
Исландия	+10%

* 15 государств, бывшие членами ЕС в 1997 году на момент принятия Киотского протокола, приняли обязательства по снижению выбросов ПГ на 8%. Обязательства могут быть перераспределены между собой в соответствии со схемой, известной как "bubble", в результате чего страны могут иметь разные индивидуальные цели, но в сочетании выполнить общую цель для группы стран. В ЕС достигнута договоренность о перераспределении целей между странами-членами.

** Некоторые страны имеют базовый год, отличный от 1990.

*** США обозначили намерения не ратифицировать Киотский протокол.

Примечание: Хотя Беларусь и Турция перечислены в Приложении I Конвенции, они не включены в Протокол Приложения В, так как они не являлись Сторонами Конвенции на момент принятия протокола.

Совместное осуществление предлагает стране-покупателю ERU гибкие и экономически эффективные средства выполнения части своих обязательств по Киотскому протоколу, в то время как страна-продавец привлекает иностранные инвестиции и передачу технологий в рамках проектов, генерирующих ERU. По состоянию на октябрь 2011 года были зарегистрированы 33 проекта LFGE, предполагающие генерацию ERU в рамках механизмов совместного осуществления¹⁴.

Однако в мире проекты CDM занимают центральное место для получения дополнительного дохода в проектах сбора и уничтожения метана на полигонах ТБО. Как определено в статье 12 Киотского протокола, CDM позволяет стране, имеющей обязательства по сокращению или ограничению выбросов ПГ по Киотскому протоколу (приложение В) реализовать проект по сокращению выбросов (например, LFGE) в развивающихся странах (страны, не входящие в Приложение В). Эти проекты по сокращению выбросов могут заработать сертифицированные единицы сокращения выбросов (CER), каждая из которых эквивалентна одной тонне CO₂ и может быть засчитана для выполнения целей Киотского протокола¹⁵. Эти сокращения позволяют странам приложения В выполнять свои обязательства за счет использования CER, полученных в процессе реализации проектов по сокращению выбросов ПГ в рамках CDM в развивающихся странах.

¹³ "Countries included in Annex B to the Kyoto Protocol and their emissions targets." United Nations. Framework Convention on Climate Change. Kyoto Protocol: Targets. http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/3145.php.

¹⁴ "JI projects." UNEP Risoe Centre. <http://cdmpipeline.org/ji-projects.htm>.

¹⁵ "Clean Development Mechanism (CDM)." United Nations. Framework Convention on Climate Change. http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/clean_development_mechanism/items/2718.php.

При оценке проектов LFGE необходимо принимать во внимание потенциальный доход от продажи CER, так как этот доход может сделать проект жизнеспособным или даже коммерчески выгодным.

Доход от продажи CER, улучшая экономические параметры проекта LFGE, помогает удовлетворить требование CDM к "дополнительности", которое предполагает, что без реализации CER проект LFGE был бы невозможен. По состоянию на октябрь 2011 года в рамках механизма CDM было зарегистрировано 193 проекта LFGE¹⁶.

Другие кредитные программы, в том числе обязательные и добровольные, также существуют, например, Схема торговли выбросами в ЕС, инициированная в 2003 году или аналогичная схема торговли выбросами в Новой Зеландии ([New Zealand Emission Trading Scheme](#)), первая обязательная схема за пределами Европы. Австралия приняла налоговый углеродный закон для энергоемких отраслей промышленности, который предполагает торговлю квотами на выбросы, начиная с 2015 года.¹⁷ Китай объявил торговые программы для выбросов основных городов и провинций в 2013 году, ожидается последующее расширение до национального уровня.¹⁸ На субнациональных уровнях, штат Калифорния в США внедряет компоненты углеродной программы [cap-and-trade](#) и работает над тем, чтобы связать эту программу с соответствующими программами канадской провинции Квебек.¹⁹ Существуют также добровольные рынки, например, в Японии - Voluntary Emission Trading Scheme (JVETS)²⁰, а также такие, как [the Verified Carbon Standard \(VCS\)](#) и [the Climate Action Reserve \(CAR\)](#). Альтернативные инструменты рынка рассматриваются или появляются в таких странах, как Бразилия, Китай, Индия, Мексика и Республика Корея.

Рынки возобновляемой энергии

Рынки возобновляемых источников энергии стимулируются требованием производить или закупать определенную часть электроэнергии с использованием ВИЭ, таких, например, как проекты LFGE. Возобновляемые энергетические требования могут называться по-разному в зависимости от страны. Например, в Соединенных Штатах они, как правило, называются Стандартами возобновляемого электричества (Renewable Electricity Standard), в Великобритании возобновляемыми обязательствами (Renewables Obligation), в ЕС возобновляемыми или квотными обязательствами. Возобновляемые энергетические требования предписывают, что поставщики электроэнергии должны документировать тип топлива, который был использован для генерации закупаемой или продаваемой электроэнергии и требуют, чтобы определенная часть электроэнергии была произведена из возобновляемых источников топлива. Страны часто устанавливают график поэтапного внедрения требований возобновляемых источников энергии, которые увеличивают процент ВИЭ с течением времени. Такие графики могут включать в себя особые

Определение дополнительной

Документ Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (UNFCCC) [Средство демонстрации и оценки дополнительной](#) описывает, каким образом можно определить соответствует ли проект требованиям дополнительной CDM. Более подробная информация может быть найдена по адресу <http://cdm.unfccc.int/Reference/tools/>.

✓ Пример: возобновляемые обязательства

Обязательства по возобновляемой энергетике используются во многих странах, включая Бельгию, Индию, Италию, Швецию, Великобританию, Польшу и Румынию

¹⁶ "CDM projects grouped by types." UNEP Risoe Centre. <http://cdmpipeline.org/cdm-projects-type.htm>.

¹⁷ "Clean energy legislation." Australian Government. Department of Climate Change and Energy Efficiency. <http://www.climatechange.gov.au/en/government/clean-energy-future/legislation.aspx>.

¹⁸ "China to pilot carbon trading scheme: NDRC." China Daily. http://www.chinadaily.com.cn/bizchina/2011-11/23/content_14145909.htm.

¹⁹ "Amendments to the California Cap on Greenhouse Gas Emissions and Market-Based Compliance Mechanisms to Allow for the Use of Compliance Instruments Issued by Linked Jurisdictions." Discussion Draft. California Air Resources Board. March 30, 2012. <http://www.arb.ca.gov/cc/capandtrade/draftregquebeclink.pdf>.

²⁰ "Japan's Voluntary Emissions Trading Scheme (JVETS)." Office of Market Mechanisms Climate Change Policy Division, Ministry of the Environment, Japan. May 2011. <http://www.env.go.jp/en/earth/ets/jvets1105.pdf>.

требования по отдельным источникам энергии (например, биогазу), определенные в терминах генерирующих мощностей или розничных продаж электроэнергии.

Нормативно-правовые подходы часто включают торговую систему, в которой производители ВИЭ могут получить сертификат возобновляемой энергии (REC) за каждую единицу произведенной электроэнергии. Сертификаты позволяют участникам и регуляторам рынка отслеживать количество и тип покупаемой или продаваемой возобновляемой энергии. Сертификаты позволяют также финансово вознаградить производителей возобновляемой энергии, потому что RECs могут быть проданы производителям и поставщикам электроэнергии. Компании, покупающие сертификаты, могут передать их регулирующему органу для выполнения своих обязательств по доле ВИЭ. Таким образом, регулирование ВИЭ может обеспечить дополнительную гибкость соответствия путем использования рынка и снижения затрат на соблюдение требований. По крайней мере, 13 стран используют требования по доле использования возобновляемых источников энергии.

Обязательства Европейского Союза²¹

- Статья 16 (9): если уместно, государства-члены должны оценить необходимость расширения существующей инфраструктуры газовой сети с целью облегчения интеграции газа из возобновляемых источников.
- Статья 16 (10): если уместно, государства-члены должны требовать от операторов системы транспорта газа и операторов систем распределения на их территории публиковать технические правила в соответствии со статьей 6 Директивы 2003/55/ЕС Европейского парламента и Совета от 26 июня 2003 года относительно общих правил для внутреннего рынка природного газа, в частности, в отношении правил сетевого подключения, которые включают качество газа, одорирование газа и требования к давлению газа. Государства-члены должны также требовать у операторов систем передачи и распределения газа публиковать тарифы на подключение возобновляемых источников газа на основе прозрачных и недискриминационных критериев.

Регулирование возобновляемых источников энергии

Существующие правила могут применять мультипликатор (множитель) для каждой единицы электроэнергии, произведенной по заданной технологии (например, биогаз из ТБО) для поддержки конкретных технологий ВИЭ. Например, для биогаза множитель пять обеспечит проекту пять сертификатов на каждую единицу произведенной электроэнергии из биогаза. Такие мультипликаторы могут использоваться для формирования доходов, инвестиций и создания рабочих мест для определенного типа ВИЭ или обеспечения "сетевого паритета" путем повышения конкурентоспособности ВИЭ с традиционными ископаемыми источниками энергии. Правила могут предусматривать штрафы для энергетических поставщиков, не выполнивших обязательства по доле ВИЭ, ограничивать стоимость закупки возобновляемой энергии или приостанавливать требование закупки возобновляемой энергии, если стоимость выполнения обязательств оказывается слишком высокой.

5.3 Финансовые механизмы

В дополнение к созданию нормативных требований, энергетическая политика правительства может быть направлена на поощрение различных целей энергетики. Энергетическая политика на многих уровнях может определять цели и способствовать развитию технологий путем предоставления финансовых стимулов для содействия развитию биогазовых энергетических ресурсов. Конкретное выражение этих подходов может быть разным, оно может изменяться со временем, политика и приоритеты правительства могут различаться между странами и внутри стран. В каждом конкретном проекте необходимо учитывать возможности использования финансовых механизмов, а также учитывать вероятность ограничения финансовых преимуществ или их изменение во времени, в том числе возможное завершение сроков их действия.

²¹ Official Journal of the European Union. 2009. *DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009*, Article 16.

Налоговые стимулы

Правительства имеют уникальную возможность влиять на финансовую жизнеспособность проекта путем предоставления налоговых льгот. Эти льготы могут быть разработаны для того, чтобы уменьшить налоговое бремя проектов пропорционально капитальным затратам или полезному выходу проекта. Например, на федеральном уровне в Соединенных Штатах есть такие программы, как налоговые кредиты для производства электроэнергии из ВИЭ (ПТС), и налоговые кредиты для инвестиций в энергетику (ИТС).

Государственно-частное партнерство

Термин государственно-частное партнерство (PPP) относится к договорам между государственным и частным секторами, которые позволяют часть услуг или работ, которые традиционно выполнялись государственными структурами, передать частному сектору для разработки инфраструктуры или предоставления услуг, с четкой договоренностью о разделении ответственности, доходов и рисков.

Государственно-частное партнерство включает ряд подходов для использования опыта или капитала частного сектора. Например, выполнение услуг, которые традиционно поставляются государственными структурами, могут быть переданы посредством контрактов частному сектору. Альтернативно, услуги могут быть публично администрированы с использованием частного сектора, участвующего в финансировании, строительстве, эксплуатации и, возможно, в распределении собственности на активы.

Облигации (бонды)

Государственные полигоны или конечные потребители энергии могут использовать налоговые облигации для финансирования проектов LFGE. Эти облигации могут быть экономически эффективным способом финансирования проекта, так как процентная ставка по ним часто ниже, чем коммерческие процентные ставки, облигации к тому же могут погашаться в течение длительных периодов времени. В Соединенных Штатах разработана федеральная программа облигаций для чистых возобновляемых источников энергии (CREBs). Такой подход обеспечивает налоговый кредит для держателей облигаций, а не процентные платежи²⁴.

Муниципальное финансирование

Прямое муниципальное финансирование представляет собой использование бюджета местного правительства для финансирования проектов LFGE, при котором устраняется необходимость получения внешнего финансирования или использования внешних партнеров и потенциально избегаются задержки,



Государственно-частное партнерство

Канадский совет по государственно-частному партнерству определяет такое партнерство как:²² совместное предприятие между государственным и частным секторами, построенное на опыте каждого из партнеров, отвечающее наилучшим образом четко определенным общественным потребностям посредством соответствующего распределения ресурсов, рисков и выгод.



Пример: государственно-частное партнерство

Международная финансовая корпорация Всемирного банка рекомендует правительству Косово реализовать реабилитацию и эксплуатацию существующих полигонов ТБО в соответствии с оптимальной экологической практикой и директивой ЕС о полигонах ТБО на базе государственно-частного партнерства. В настоящее время полигоны, эксплуатируемые Косовской управляющей компанией, представляют собой обычные мусорные свалки²³.

²² The Canadian Council for Public-Private Partnerships. <http://www.pppcouncil.ca/resources/about-ppp/definitions.html>.

²³ International Finance Corporation. *IFC Advisory Services in Public-Private Partnerships: Ongoing transactions in Europe & Central Asia*. http://www1.ifc.org/wps/wcm/connect/5215e1004983917a84c4d6336b93d75f/ActiveMandates_ECA.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=5215e1004983917a84c4d6336b93d75f.

²⁴ National Renewable Energy Laboratory. 2009. *Fact Sheet Series on Financing Renewable Energy Projects: Financing Public Sector Projects with Clean Renewable Energy Bonds (CREBs)*. <http://www.nrel.gov/docs/fy10osti/46605.pdf>.

связанные с необходимостью оценки проекта. Однако, муниципалитеты не всегда обладают ресурсами для финансирования всего проекта и часто нуждаются в привлечении альтернатив, например, таких, как государственно-частное партнерство. Кроме того, муниципалитетам может потребоваться общественное одобрение финансируемых проектов, что может привести к увеличению времени реализации проектов.

Кредитные гарантии

Правительства, а также некоторые международные банки (например, Всемирный банк (WB), [Африканский банк развития \(AfDB\)](#), [Азиатский банк развития \(ADB\)](#), [Европейский банк реконструкции и развития \(EBRD\)](#), Межамериканский банк развития (IDB) могут предоставить гарантии по кредитам более мелким кредиторам для проектов, поддерживающих определенные цели, например, для проектов ВИЭ. Эти гарантии по кредитам могут быть особенно полезными в тех случаях, когда мелкие кредиторы не имеют достаточно опыта работы с ВИЭ или в финансировании, или с тем и другим одновременно и по этой причине не могут обеспечить благоприятные условия для перспективных проектов использования возобновляемых источников энергии. Наличие гарантии кредита помогает предоставить кредиты для этих проектов, тем самым поддержать коммерциализацию ВИЭ, обеспечить экономический рост, экологические выгоды и формирование более стабильного и безопасного энергоснабжения.



Пример: кредиты для ВИЭ

Африканский банк развития и Eskom, крупнейшая электрическая компания Южной Африки, подписали кредитное соглашение по развитию возобновляемых источников энергии на сумму 365 млн долларов США для поддержки долговременных планов Южной Африки по созданию низко углеродной энергетики. Использование и ускорение льготного климатического финансирования является существенным для достижения экономической жизнеспособности некоторых чистых технологических решений.²⁵

Акционерное финансирование

Потребность финансирования проектов LFGE может привлекать инвесторов, готовых финансировать весь или часть проекта в обмен на долю в структуре его собственности. Такие инвесторы обычно могут использовать государственные или частные источники финансирования.

Частный капитал. Потенциальные инвесторы включают разработчиков, поставщиков оборудования, поставщиков газа, промышленные предприятия и часто инвестиционные банки. Эти возможности обычно имеют более низкие операционные издержки и могут обеспечить финансирование быстрее, чем другие варианты. Тем не менее, финансирование с помощью частного капитала может быть более дорогим по сравнению с альтернативами из-за требований к более высокой доходности. Кроме того, инвесторы могут рассчитывать на получение выгоды от предоставления финансирования, контрактов на обслуживание или продажи оборудования, а также части денежных потоков.

Государственный капитал. Многие правительства используют различные подходы для того, чтобы направить финансовую поддержку крупных проектов в других странах, если развитие этих проектов отвечает финансовым, социальным и политическим критериям инвестирования страны. Эти подходы включают финансовую поддержку от международных организаций, упомянутых выше, WB, AfDB, ADB, EBRD, IDB, а также нескольких групп в рамках Организации Объединенных Наций. Кроме того, во многих странах существуют агентства, которые инвестируют в проекты напрямую или в дополнение к поддержке международных организаций. Примерами таких «двусторонних» учреждений являются Немецкий банк развития (KfW), Канадское агентство международного развития (CIDA) и Французское агентство развития (AFD)²⁶.

²⁵ “AfDB, Eskom Sign USD365M Renewable Energy Loans.” African Development Bank Group. <http://www.afdb.org/en/news-and-events/article/afdb-eskom-sign-usd365m-renewable-energy-loans-8385/>.

²⁶ For more information, see: <http://www.climatefundsupdate.org/global-trends/global-finance-architecture>.



Инвестиционный форум для возобновляемых источников энергии

Инвестиционный форум для возобновляемых источников энергии был создан в 2003 году для развития сотрудничества между инвесторами в проектах, связанных с возобновляемыми источниками энергии. Форум занимается проектами, уменьшающими или устраняющими зависимость от ископаемого топлива и другими технологиями высокого риска и стоимости. Первоначальные критерии отбора для рассмотрения проектов-кандидатов включают в себя:

- Проверенная технология с многолетней историей коммерческого использования, соответствующая масштабу предполагаемого спонсором проекта.
- Опытная, умеющая репутацию команда спонсоров и менеджеров.
- Активы и кредитная история выше среднего уровня для руководителей и спонсоров.
- Разумные сроки возврата инвестиций.
- Проект должен иметь достаточный потенциал для обслуживания долга, который может быть продемонстрирован тщательно структурированными и подробными финансовыми планами на весь период действия проекта.
- В зависимости от вида договора о закупке электроэнергии спонсоры проекта должны учитывать возможные изменения цен на энергоносители, техническое обслуживание оборудования, амортизацию и стоимость наемного труда.

Общественные фонды

Общественные фонды (PBFs), представляющие собой финансовый ресурс, создаваемый с использованием платы за коммунальные услуги клиентов, являются еще одним механизмом поддержки проектных целей (например, разработки проектов LFGE). Доход от платы за коммунальные услуги клиентов может быть использован государственными учреждениями и правительствами для того, чтобы повысить доступность возобновляемых источников энергии, и может иметь результатом инвестиции в проекты LFGE. Общественные фонды могут администрировать общественно-полезные корпорации, зафрахтованные правительством для поддержки определенного общественного блага. Орган государственной власти может быть одним из видов общественно-полезной корпорации, взявшим на себя роль обеспечения общественной инфраструктуры (например, проектов LFGE) и может иметь полномочия по регулированию или поддержанию общественного имущества (например, оборудования проекта). В Соединенных Штатах общественные фонды работают в 30 штатах и округе Колумбия²⁷.

Гранты

Грантовые программы могут предложить поддержку для широкого спектра технологий получения и использования биогаза из ТБО или могут фокусироваться на продвижении определенной технологии. Гранты могут предоставляться в коммерческом, промышленном, коммунальном, образовательном или государственном секторах. Эти программы часто призваны обеспечивать часть стоимости систем и оборудования для сбора и утилизации биогаза из ТБО. Кроме того, гранты могут сосредотачиваться на исследованиях и разработках, технико-экономических обоснованиях, демонстрационных проектах или поддержке коммерциализации проектов. Доступные средства гранта, как правило, распределяются на конкурсной основе.

²⁷ U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy. 2010. *Public Benefit Funds: Increasing Renewable Energy & Industrial Energy Efficiency Opportunities*. http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/states/pdfs/pbf_factsheet.pdf.



Примеры: гранты в возобновляемую энергетику

В Соединенных Штатах [Казначейством](#) разработана грантовая программа для поддержки инвестиций в возобновляемые источники энергии, что позволяет владельцу объекта получать единовременные выплаты в размере 30% стоимости строительно-монтажных затрат, если объект является амортизируемым²⁸. Другие возможности получения грантов доступны в США с использованием государственных и частных источников²⁹.

[Болгарская кредитная линия эффективности и возобновляемой энергетики \(BEERECL\)](#) предоставляет гранты до 15% от величины инвестиций, необходимых для реализации квалифицировавшихся проектов, включая биогаз.



Лучшие методы использования рыночных стимулов развития проектов LFGE

Важно, чтобы заинтересованные стороны понимали, как политические и рыночные стимулы влияют на биогазовые ресурсы и поддерживают долгосрочную устойчивость развития проектов LFGE. Политика и механизмы финансирования занимают центральное место в оценке финансовой жизнеспособности проектов LFGE. Поскольку движущие силы рынка и финансовые механизмы варьируются в зависимости от страны и региона, спрос на возобновляемые источники энергии и их конкурентоспособность по сравнению с альтернативами должны тщательно оценивать на этапе планирования проекта LFGE для того, чтобы наилучшим образом сочетать возможности для получения прибыли.

²⁸ U.S. Department of the Treasury. Recovery Act. <http://www.treasury.gov/initiatives/recovery/Pages/1603.aspx>.

²⁹ U.S. Department of Energy and North Carolina State University. Database of State Incentives for Renewables and Efficiency. Summary Maps. <http://www.dsireusa.org/summarymaps/index.cfm?ee=1&RE=1>.



ГЛАВА 6

Моделирование газообразования

В процессе рассмотрения владельцем полигона ТБО или разработчиком проекта технической и экономической целесообразности проекта LFGE на первом этапе необходимо оценить объем биогаза (в частности, метана), который может быть получен в процессе реализации проекта. Во многих случаях на полигоне не установлена активная система сбора биогаза, а данные о потоке газа отсутствуют. В тех случаях, когда активная система сбора биогаза существует, измерения расхода биогаза и содержания метана позволяют судить об истории генерации биогаза и метана, но не дают информации о будущем потенциале сбора биогаза. По этой причине использование модели для оценки сбора биогаза является важным инструментом для планирования проекта сжигания или энергетического использования биогаза.

В этой главе дается представление об некоторых общедоступных моделях образования биогаза, описываются особенности их применения для оценки сбора метана на полигонах ТБО. Содержание главы охватывает следующие вопросы:

1. Обзор генерации, эмиссии и сбора биогаза
2. Факторы, влияющие на генерацию биогаза
3. Доступные модели
4. Данные, необходимые для моделирования генерации и сбора биогаза
5. Оценку эффективности сбора биогаза
6. Неопределенности и адекватность моделей газообразования.

Затраты, связанные с осуществлением моделирования газообразования, не рассмотрены, потому что моделирование зависит от характерных для проекта факторов, существенно различающихся от страны к стране.

6.1 Генерация, эмиссия и сбор биогаза

Использование модели газообразования требует понимания различных путей распространения генерируемого биогаза, и того, каким образом модель может быть использована для оценки генерации и сбора биогаза. Полный учет объема биогаза требует идентификации всех слагаемых в правой части следующего уравнения:

$$\text{Генерация} = \text{собранный газ} + \text{несобранный газ, проникающий через покрытие} + \text{окисление метана в покрывающих слоях} + \text{миграция в почве} + \text{изменение объемного накопления}$$

Собранный биогаз является единственным компонентом, который может быть точно измерен. Другие компоненты, как правило, точно неизвестны. Таким образом, модели газообразования не могут быть полностью проверены с помощью данных измерений собранного биогаза, потому что неучтенные параметры могут быть причиной потенциальной погрешности расчетов.

¹ SCS Engineers. 2009. *Methane Emission Reductions Achieved by Landfill Gas Projects in Developing Countries*.

Полученные уроки

Многие проекты LFGE в развивающихся странах не смогли достичь результата по сбору биогаза, ожидаемого в начале проекта. Во многих случаях проекты были основаны на завышенных результатах, основанных на неверном применении модели газообразования¹. Например, использование моделей для санитарных полигонов США не дает адекватного результата для свалок в развивающихся странах из-за абсолютно разных характеристик отходов и условий на свалках. В последние несколько лет разработаны модели газообразования, подходящие для оценки объема биогаза в развивающихся странах. Эти модели обеспечивают более реалистичные прогнозы сбора биогаза и метана.



Оценка работоспособности модели

Работоспособность модели может быть оценена на полигонах с активной системой сбора биогаза, если имеются данные о потоке биогаза и концентрации метана. Однако, эти оценки должны быть получены на участках, имеющих систему сбора газа, на которых собирается большая часть генерируемого биогаза.

Моделирование генерации биогаза

Первоначально модели газообразования были предназначены для оценки газовых выбросов в атмосферу на полигонах ТБО. Модель Агентства защиты окружающей среды США Landfill Gas Emissions Model (LandGEM)² была разработана как инструмент для оценки выбросов различных компонентов биогаза на полигонах США. Другой вариант модели, предназначенный для международного использования, разработан Межправительственной группой экспертов по изменению климата IPCC (МГЭИК)³. Эти модели обычно игнорируют миграцию биогаза в почве и изменение его объемного накопления и либо игнорируют окисление метана в покрывающих слоях, либо определяют его по умолчанию (например, 10%). Это делается для того, чтобы вычесть его из величины генерации для определения эмиссии. Например, модель LandGEM не включает расчет окисления, а модель IPCC использует значение по умолчанию в размере 10% от величины несобранного биогаза для управляемых полигонов, имеющих окисляющие укрывающие слои и 0% для всех других полигонов и свалок. Последние полевые исследования позволили получить данные о значительно большей величине окисления, чем 10% на полигонах с хорошим почвенным покровом и эффективной системой сбора биогаза. Эти недавние исследования нашли свое отражение в новой модели выбросов метана California Landfill Methane Inventory Model (CALMIM)⁴, опубликованной в 2011 году. В модели CALMIM обеспечивается реалистичный учет окисления метана. Модель не рассматривает генерацию биогаза, вместо этого она моделирует процессы, контролируемые эмиссию, в том числе виды и толщину покрытия, площадь, покрытую системой сбора биогаза, а также сезонное изменение скорости окисления метана.



Дополнительные ресурсы

Некоторые модели, оценивающие эмиссию метана на полигонах ТБО, не обсуждаются в данной главе, например, [U.S. EPA's Waste Reduction Model \(WARM\)](#), а также [British Environment Agency's GasSim2.5](#).

Моделирование сбора биогаза

Сбор биогаза можно оценить с помощью модели путем умножения генерации биогаза на "эффективность сбора", величину, определяющую фактическую или ожидаемую способность системы сбора улавливать образующийся биогаз. Для полигонов, не имеющих установленной системы сбора, эффективность сбора может быть определена с помощью значения по умолчанию (например, 75% для полигонов США, планирующих современную систему сбора) или значения, рассчитанного на основании характеристик полигона и предложенного проектного решения системы сбора (если существует). Эффективность сбора на объектах с существующими системами сбора может быть определена обратным образом с помощью деления реальной величины собранного биогаза на величину генерации, определенную с помощью модели. Кроме того, она может быть оценена независимо от модели на основании характеристик полигона, покрытия системы сбора биогаза и данных об эксплуатации⁵. Методология отчетов U.S. EPA для оценки

² U.S. EPA. May 2005. *Landfill Gas Emissions Model (LandGEM), Version 3.02*. EPA 600-R-05-047.

<http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/landgem-v302-guide.pdf> and <http://www.epa.gov/ttn/catc/products.html#software>.

³ IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 5, Chapter 3. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf.

⁴ See for example, Bogner et al. 2010. *Improved Understanding of Seasonal Methane Oxidation In Landfill Cover Soils: An Important Component of a New IPCC Tier IV Greenhouse Gas (GHG) Inventory Methodology*. SWANA 33rd Annual LFG Symposium. 8-11 March 2011, San Diego, CA.

⁵ SCS Engineers. January 2009. *Current MSW Industry Position and State-of-the-Practice on LFG Collection Efficiency, Methane Oxidation, and Carbon Sequestration in Landfills*.

http://www.scsengineers.com/Papers/Sullivan_SWICS_White_Paper_Version_2.2_Final.pdf.

выбросов биогаза содержит инструкции по оценке эффективности сбора в зависимости от типа покрытия и доли полигона, охваченной газосборными скважинами⁶. Модели для конкретных стран, разработанные программой GMI, включают методы оценки эффективности сбора и обсуждаются более подробно в следующем разделе. Рисунок 6-1 иллюстрирует пример расчета эффективности сбора для проекта, в котором система сбора биогаза установлена в 2003 году, а прием отходов на полигон прекращен в 2011 году⁷.

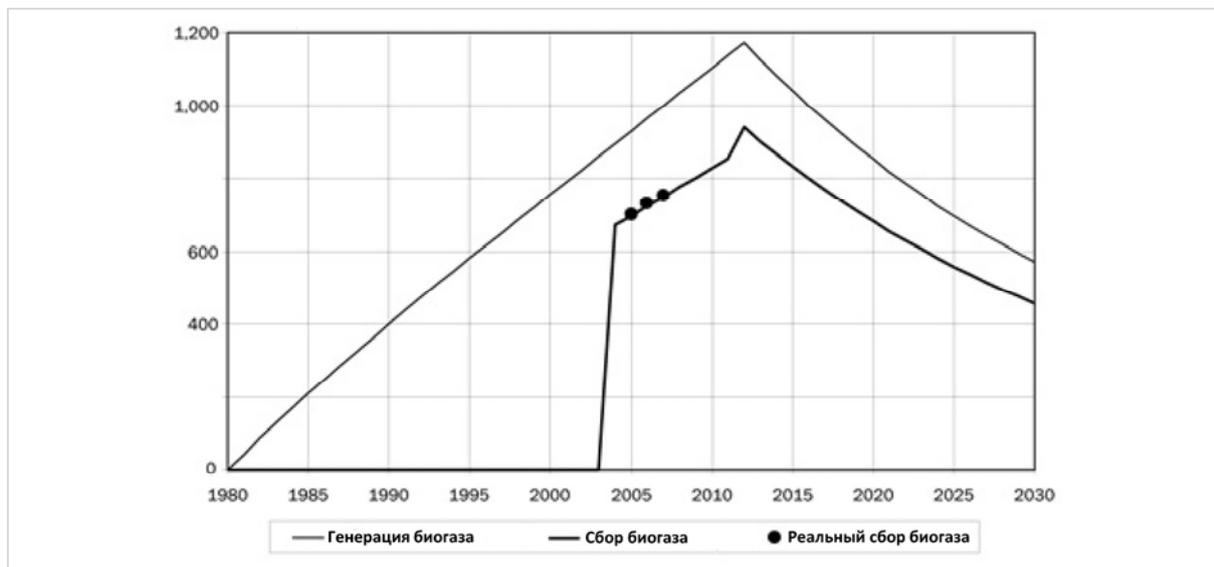


Рисунок 6-1. Пример временной зависимости генерации и сбора биогаза

Когда модели газообразования используются для оценки сбора биогаза вместо эмиссии газов в атмосферу, полученные результаты могут быть проверены с использованием эксплуатационных данных по сбору и оценки эффективности сбора. Однако, оценки эффективности сбора могут содержать существенную погрешность. Эффективность сбора особенно трудно оценить на открытых свалках или плохо управляемых полигонах, где условия, практика управления объектов, состав отходов и климат могут иметь значительные вариации и могут существенно отличаться от правильно эксплуатируемых санитарных полигонов.

Модели газообразования должны учитывать возможное влияние различий в местных условиях и других факторах на оценку величины сбора биогаза. Например, модели для конкретных стран могут включать местные факторы и характеристики свалок или полигонов, в том числе состав отходов, климат и данные измерения величины сбора, полученные в существующих проектах. Эти модели также могут автоматически рассчитывать эффективность сбора или содержать инструкции по оценке эффективности сбора на основе типов и толщины покрытия, степени охвата полигона системой сбора биогаза и других влияющих факторов.

Оценка сбора биогаза с использованием модели является одним из важнейших компонентов подготовки проекта и оценки его технической и экономической целесообразности. Прогнозы по сбору биогаза используются для оценки проектных решений, капитальных и эксплуатационных затрат, масштабов проекта и ожидаемых доходов от продажи единиц снижения выбросов и/или энергии. В частности, разработка и реализация конструктивных параметров системы сбора биогаза, а также предпроектное планирование (технико-экономическое обоснование) сильно зависят от модельных оценок. Детальный прогноз будущего сбора биогаза, выполненный опытным экспертом, может определить требования к конструкции системы на различных этапах выполнения проекта с учетом возможного переноса участков захоронения отходов.

⁶ U.S. EPA Greenhouse Gas Reporting Program. 40 CFR Part 98, subpart HH- Municipal Solid Waste Landfills, <http://www.epa.gov/climatechange/emissions/subpart/hh.html>.

⁷ U.S. EPA. 2010. *LFGE Energy Project Development Handbook*. <http://www.epa.gov/lmop/publications-tools/handbook.html>.



Требования к моделям для регистрации проектов

Если проект сбора биогаза реализуется в рамках сертифицированного потока доходов по сокращению выбросов ПГ, таких как CDM или проект совместного осуществления, то моделирование используется как часть процесса регистрации с помощью заданного способа расчета, описанного в имеющихся руководствах (“tools”)⁸. Инициатор проекта (владелец полигона или разработчик проекта) должен подготовить проектно-техническую документацию (PDD) на планируемый проект, включающую прогнозы получения CERs за счет деструкции метана (в случае сжигания на факеле) или продажи электрической и/или тепловой энергии (в случае энергетического проекта).

6.2 Факторы, влияющие на генерацию биогаза

Базовые знания о факторах, влияющих на формирование биогаза, важны для понимания процесса моделирования. Биогаз образуется под действием микроорганизмов, которые начинают разлагать органические отходы с задержкой от 3 до 6 месяцев после захоронения при условии, что отходы находятся в анаэробных условиях. Скорость генерации биогаза, вызванной разложением отходов, зависит от ряда факторов окружающей среды, в том числе влажности, температуры, наличия кислорода и степени биоразлагаемости отходов. Влияние каждого из этих факторов можно описать следующим образом:

- **Влажность** является одним из наиболее важных факторов, влияющим на формирование биогаза. Образование биогаза увеличивается с увеличением влажности, потому что высокое содержание влаги в отходах способствует увеличению скорости их распада, однако общее количество биогаза, образующее в течение длительного времени («выход биогаза»), не возрастает с увеличением количества влаги выше минимального порога, необходимого для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов, ответственных за генерацию биогаза. Влажность может изменяться в широких пределах на полигонах, расположенных в пустынях или тропиках или в пределах региона на полигонах с рециркуляцией фильтрата. Среднегодовое количество осадков, как правило, используется в качестве заменителя влажности, поскольку влажность в массе отходов трудно контролировать.
- **Температура** повышаясь, вызывает увеличение генерации биогаза примерно до 57°C. При более высоких температурах количество биогаза уменьшается, более высокие температуры указывают скорее на аэробные, чем на анаэробные условия, которые могут привести к возникновению подповерхностных пожаров. В то время, как низкие температуры могут распространяться через поверхность отходов и уменьшать генерацию биогаза, в частности, на небольших, мелких свалках, большая часть отходов на крупных объектах изолирована от внешней среды и нагревается из-за микробиологической активности. Влияние температуры на образование биогаза является комплексным, температурные профили в пределах массы отходов слишком разнообразны для использования в моделях, хотя некоторые модели используют для расчетов температуру наружного воздуха.
- **Кислород** в воздухе может проникать в массу отходов и ингибировать производство биогаза анаэробными микроорганизмами. Значительная часть отходов на неглубоких участках и участках без покрытия (или с плохим покрытием) могут быть затронуты инфильтрацией воздуха и уменьшением генерации биогаза. Системы сбора биогаза также могут способствовать повышению инфильтрации воздуха, особенно если они используются агрессивно.
- **Биоразлагаемость отходов** имеет важное влияние на количество и скорость генерации биогаза. Высоко разлагаемые органические материалы, например пищевые отходы, будут производить биогаз быстро, но потреблятся быстрее, чем менее разлагаемые материалы, например, бумага, производящая биогаз медленно, но в течение длительного времени. Такие материалы, как дерево, демонстрируют минимальную деградацию и производят минимальное количество биогаза. Неорганические материалы не производят биогаз⁹.

⁸ United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Methodological Tool. “Emissions from solid waste disposal sites.” <http://cdm.unfccc.int/Reference/tools/index.html>.

⁹ Pierce, Jeffrey, Les LaFontaine and Ray Huitric, SWANA. 2005. *Landfill Gas Generation and Modeling: Manual of Practice (Final Draft)*.

6.3 Доступные модели

Первый и вероятно самый важный этап в процессе моделирования заключается в выборе подходящей модели для оценки проекта сбора биогаза. Данный раздел приводит информацию о доступных моделях, включая модели LandGEM, IPCC, а также модели GMI для отдельных стран. Обсуждаются параметры моделей, используемые расчетные методы и соображения для их использования для прогноза сбора биогаза. Существующие руководства и другие сопутствующие документы описывают базовые предположения для каждой из моделей, а также содержат инструкции по их применению.

Скорость разложения отходов максимальна после размещения отходов на полигоне и постепенно снижается в течение десятилетий в результате возрастания доли разложившихся отходов. Максимум газообразования на полигоне обычно имеет место в течение двух лет после завершения захоронения отходов. Зависимость генерации биогаза описывается в моделях с помощью экспоненциального уравнения разложения первого порядка, в котором предполагается, что генерация биогаза выходит на максимум с определенной задержкой (время до начала генерации метана) и после этого уменьшается по экспоненциальному закону по мере потребления органической фракции отходов.

LandGEM

Модель [LandGEM](#) использует уравнение разложения первого порядка для расчета скорости образования метана в единицах газового потока ($\text{м}^3/\text{год}$), ($\text{фут}^3/\text{мин}$) или массы (мегаграмм в год ($\text{Мг}/\text{год}$)). Модель была разработана для официальной отчетности по газовым выбросам в США, но часто используется для моделирования сбора биогаза как США, так и других странах. Модель использует следующее соотношение для оценки генерации метана:

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 k L_0 \left[\frac{M_i}{10} \right] (e^{-k t_{ij}})$$

где:

- Q = максимальный ожидаемый поток образующегося метана ($\text{м}^3/\text{год}$)
- i = временной шаг, равный 1 году
- n = (расчетный год) – (год начала захоронения отходов)
- j = временной шаг, равный 0.1 года
- k = скорость образования метана (1/год)
- L_0 = потенциал образования метана ($\text{м}^3/\text{Мг}$)
- M_i = масса отходов, захороненная в i-м году (Мг)
- t_{ij} = возраст j-той части отходов массы M_i захороненной в i-м году (десятичные доли года)

Уравнение используется для оценки образования метана на основании количества отходов, накопленных к данному году. Многолетний подход разработан для возможности варьирования прогнозного года. Общее количество генерируемого биогаза равно потенциалу образования метана, поделенному на долю содержащегося в биогазе метана. Например, количество биогаза в 2 раза больше количества метана при условии, если биогаз содержит 50% метана ($Q_{\text{LFG}} = Q/0.5 = 2Q$).

Другими, кроме массы отходов, основными параметрами уравнения разложения первого порядка являются скорость образования метана (k) и потенциал образования метана (L_0), описанные ниже:

- **Скорость образования метана (k)** описывает, как быстро отходы разлагаются и генерируют метан. Величина (k) связана с полупериодом P жизни отходов следующим соотношением: $P = \ln(2)/k$. В случае малых значений k генерация метана ограничена, потому что лишь относительно малая часть отходов разлагается и образует биогаз в течение определённого промежутка времени. При больших значениях k большая часть отходов разлагается и образует биогаз за этот же период. Высокие значения k имеют следствием большое количество образующегося биогаза в процессе захоронения отходов, но также и быстрое уменьшение количества биогаза после закрытия полигона из-за быстрого разложения не воспламеняемых отходов. Генерация биогаза на полигоне может быть воспроизведена с помощью двух

гладких кривых – возрастающей и убывающей.¹⁰ Несколько факторов влияют на значения k , главными среди которых являются тип отходов, определяющий способность к разложению определенного вида органических отходов, а также влажность, определяемая в модели на основании величины годовых атмосферных осадков.

- **Потенциал образования метана (L_0)** описывает общее количество метана, которое может быть получено из тонны отходов в результате их максимально возможного разложения. Потенциал образования метана зависит практически только от состава отходов. Высокое содержание целлюлозы в отходах приводит к высокому значению L_0 . Несмотря на то, что потенциал образования метана может не реализовываться на очень сухих полигонах, считается, что он не зависит от влажности выше определенного ее порога.

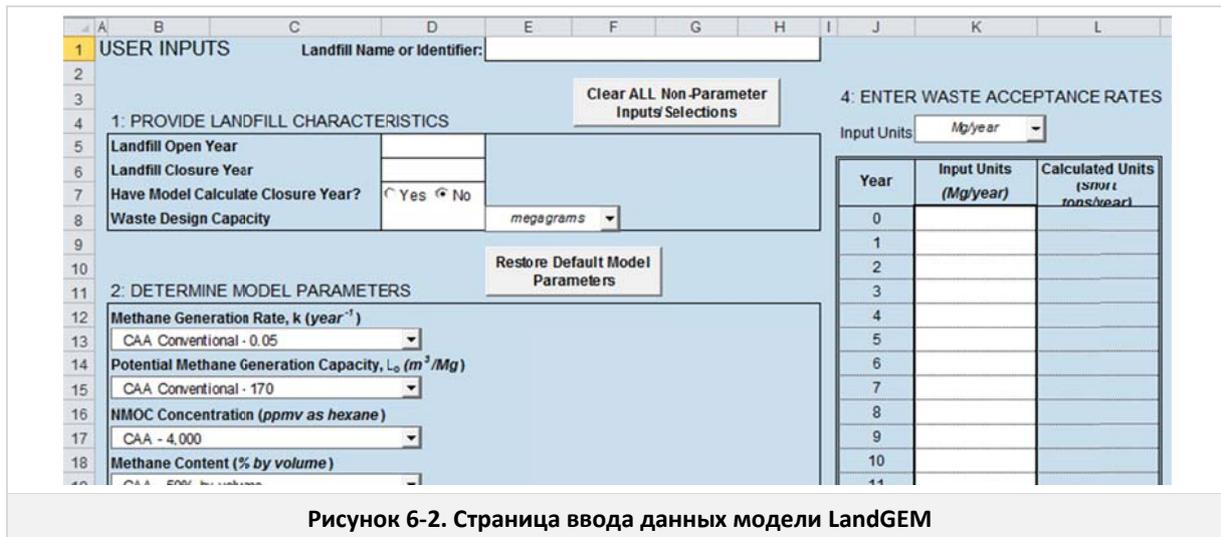


Рисунок 6-2. Страница ввода данных модели LandGEM

Ограничения модели LandGEM при использовании за пределами США. На начальной странице модели пользователь имеет возможность использовать значения по умолчанию для переменных k и L_0 в зависимости от того, применяется модель для определения соответствия закону США о чистом воздухе (U.S. Clean Air Act) или других целей (например, составления кадастра), сухого или нормального климата, наличия или отсутствия системы рециркуляции фильтрата для ускорения биоразложения (биореактор или “влажные” условия) (см. Рисунок 6-2). Значения по умолчанию для k и L_0 применимы для моделирования генерации биогаза на полигонах США, но часто неприменимы для полигонов и свалок ТБО за пределами страны, которые могут демонстрировать очень разные условия захоронения и состав отходов, вызывающие драматические изменения в количестве генерируемого биогаза. Поскольку модель LandGEM основана на большом количестве данных, полученных на полигонах США, она предполагает, что объект моделирования представляет собой санитарный инженерный управляемый полигон. Поэтому модель может быть непригодной для неуправляемых свалок с плохим или отсутствующим верхним покрытием, неэффективным уплотнением отходов, высоким уровнем фильтрата и другими факторами, ограничивающими генерацию и эффективный сбор биогаза. Более того, модель LandGEM может быть непригодна для стран с существенно отличающимися климатическими условиями или другим составом отходов. Ниже обсуждаются международные модели, разработанные для учета и устранения имеющихся ограничений, вызванных специфическими условиями на свалках ТБО.

¹⁰ See for example Figure 2-1 in U.S. EPA, 2010, *LFG Energy Project Development Handbook* (<http://www.epa.gov/lmop/publications-tools/handbook.html>), which shows different LFG generation curves produced by k values of 0.02 and 0.065.

Полигоны ТБО в развивающихся странах не только находятся в отличных от США климатических условиях, но и принимают разные по составу отходы. Например, типичные ТБО в США содержат около 18% пищевых отходов и 22% бумаги. В развивающихся странах ТБО часто содержат более 50% пищевых отходов и менее 15% бумаги¹¹. Благодаря повышенному содержанию пищевых отходов ТБО в развивающихся странах деградируют и производят биогаз быстрее, чем в США. Таким образом, использование более высоких значений k по сравнению с США необходимо для того, чтобы корректно учесть отличие состава отходов даже без учета климата. Такие значения k не предусмотрены в модели LandGEM, если только они не определяются пользователем. Кроме того, высокий процент пищевых отходов вызывает иной характер распада отходов с течением времени. Пищевые отходы распадаются быстрее, чем другие органические материалы, но и истощаются быстрее после завершения захоронения.

✓ Пример: Ограничение модели LandGEM для влажности

Диапазон значений k по умолчанию в модели LandGEM для не биореакторных полигонов (сухие и нормальные условия) ограничен величиной 0,02 для полигонов, имеющих менее 635 мм атмосферных осадков в год и 0,04 или 0,05 для полигонов с большим количеством осадков. Этот диапазон значений соответствует типичному диапазону значений влажности, имеющих место на большинстве полигонов в США. Однако в большинстве тропических стран имеются регионы с количеством осадков более 2000 мм/год или даже 4000 мм/год. LandGEM не рассчитана для моделирования в таком влажном климате.

Отходы с высоким содержанием пищевых отходов демонстрируют быстрое снижение образования биогаза после закрытия полигона, потому что пищевые отходы имеют короткий период полураспада (что отражается в большем значении k). Через несколько лет, когда пищевые отходы в основном распадутся, на полигоне останутся только медленно разлагающиеся органические материалы (например, бумага). Эти материалы являются менее продуктивными для генерации биогаза, потому что они деградируют более медленными темпами. Изменения в содержании отдельных компонентов отходов, ответственных за генерацию биогаза, приводят к изменению скорости образования метана k . Эти изменения не могут быть учтены в модели LandGEM, предлагающей единственное значение k для всех видов отходов. Таким образом, модель LandGEM использует неизменную «среднюю» скорость распада отходов. Хотя это ограничение не может быть причиной большой ошибки для моделирования в США, оно может привести к переоценке долгосрочной генерации биогаза после закрытия полигона с высоким содержанием пищевых отходов. Мало того, что значение k по умолчанию не подходит для моделирования во многих странах, применение одного значения k для всех видов отходов неоправданно, особенно в случае большого содержания пищевых отходов, когда генерация биогаза значительно изменяется во времени.

Модель IPCC

[Модель IPCC](#) была разработана в 2006 году. Модель имеет несколько преимуществ по сравнению с LandGEM для прогнозов в разных странах, включая использование индивидуальных параметров для разных категорий отходов, обладающих разной скоростью распада. Модель была разработана для стран в целом и использует удельные величины образования отходов на одного жителя и информацию о величине населения. Модель также учитывает количество уже собираемого биогаза и окисление метана. Хотя первоначально модель была разработана для оценки генерации метана в целом в стране, она также может быть адаптирована для прогнозов на отдельном полигоне. Стандартная методология учета снижения эмиссии парниковых газов для проектов, предполагающих регистрацию в соответствии с механизмом CDM, использует метод расчета и переменные модели IPCC¹².

Также как и LandGEM, модель IPCC использует уравнение разложения первого порядка, содержащее переменные - количество завезенных в течение года отходов и скорость распада отходов (или скорость

¹¹ U.S. EPA. November 2008. *Municipal Solid Waste in the United States: 2007 Facts and Figures*. <http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/pubs/msw07-rpt.pdf>.

¹² CDM. *Methodological Tool: Emissions from solid waste disposal sites, Version 06.0.0*. <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-04-v6.0.0.pdf>.

образования метана, значение k). Расчеты не используют непосредственно значение L_0 , (потенциал образования метана), но включают другие переменные, определяющие значение L_0 , например, долю биоразлагаемого углерода (DOC), долю биоразлагаемого углерода, подверженную разложению (DOC_i) и фактор коррекции метана (MCF).

В отличие от LandGEM, модель IPCC включает возможности, делающие ее пригодной для моделирования на полигонах за пределами США, в том числе:

- Возможность ввода пользователем данных о составе отходов с разделением на следующие категории: пищевые, садовые, бумага, древесина и солома, текстиль, подгузники, осадок сточных вод и промышленные отходы. Если данные о составе отходов отсутствуют, модель по умолчанию обеспечивает региональные значения. Модель также определяет разные значения DOC для каждого вида отходов на основании количества биоразлагаемого органического углерода.
- Определение значений k для различных видов отходов, сгруппированных в четыре категории в зависимости от их скорости распада. Например, пищевые отходы и осадки сточных вод (категория 1) имеют самые высокие значения k , после чего следуют садовые отходы, подгузники и промышленные отходы (категория 2), бумага и текстиль (категория 3), и, наконец, древесина и солома (категория 4), характеризующиеся самыми медленными темпами распада.
- Возможность использовать четыре варианта климатических зон на основании среднегодовой температуры, величины осадков и, для умеренного климата величины испаряемости (эвапотранспирации, PET). Климатические зоны делятся на влажные тропические, влажные умеренные, сухие тропические и сухие умеренные. Модель присваивает значения k для каждой категории отходов на основании климатических условий и скорости распада.
- Использование понижающего фактора MCF, учитывающего степень аэробного распада отходов (доля объема без генерации метана) на неуправляемых свалках.

Наличие описанных выше свойств делает модель IPCC наилучшим доступным в настоящее время инструментом для оценки генерации биогаза на полигонах и свалках ТБО в большинстве стран мира. Тем не менее, поскольку это глобальная модель, точность модельного прогноза для индивидуальных стран является ограниченной. В частности, учет влияния атмосферных осадков на генерацию биогаза основан на ограниченном количестве категорий.

Ограничения модели IPCC

В то время как использование четырех климатических зон модели IPCC представляет собой шаг вперед по сравнению с двумя соответствующими категориями LandGEM, в модели существуют определенные недостатки и ограничения, в том числе:

- (1) Температура имеет меньшее влияние на генерацию биогаза, чем атмосферные осадки, ей не должен присваиваться одинаковый вес при определении климатических категорий;
- (2) Данные об испаряемости, как правило, отсутствуют для большинства мест и не должны быть основанием для определения климатических зон в регионах с умеренным климатом, даже если они являются научно более обоснованными;
- (3) Использование величины осадков 1000 мм/год для разделения тропического климата на сухой и влажный более уместно, чем порог 635 мм/год в модели LandGEM, однако это также грубая попытка учета воздействия атмосферных осадков в широком диапазоне возможных значений. Например, в большинстве районов Колумбии количество осадков превышает 1000 мм/год, а в некоторых областях превышает 2000 мм/год. Тем не менее, модель IPCC будет использовать одинаковые значения k для всех регионов, подразумевая, что нет никаких заметных эффектов от увеличения осадков от 1000 до 2000 мм/год.

Модели для стран программы GMI (Глобальные метановые инициативы)

В рамках выполнения программы GMI были разработаны [модели для конкретных стран](#), которые используют структуру моделей LandGEM или IPCC, но дополняют ее подробной информацией о странах, более реалистично отражающей местные условия, влияющие на генерацию и возможности сбора биогаза. Эти модели были разработаны для непрофессиональных пользователей и могут быть полезными для оценки сбора биогаза в каждой из конкретных стран потому что:

- Все восемь моделей GMI для конкретных стран были разработаны после изучения региональных условий, в том числе климатических, и автоматически назначают параметры k and L_0 , наилучшим образом соответствующие месту расположения объекта.
- Большинство моделей автоматически рассчитывают эффективность сбора на основе ответов а вопросы о следующих факторах: общие условия на объекте (свалка или управляемый полигон); глубина отходов; практика уплотнения отходов; размер активного участка полигона; тип нижнего противофильтрационного экрана; процент поверхности полигона, на котором установлены газосборные скважины; доля полигона с ежедневным, промежуточным и финальным покрытием; наличие повышенного уровня фильтрата. Те модели, которые не рассчитывают эффективность сбора автоматически, содержат описание процедуры ее оценки.
- Модели GMI, разработанные для Колумбии, Мексики и Украины, имеют следующие дополнительные особенности:
 - В моделях приводятся составы отходов по умолчанию, основанные на детальном анализе отходов в этих странах, поэтому пользователь не обязан иметь информацию о составе отходов (модель для Центральной Америки также обладает этой особенностью).
 - Определение значений k , соответствующих местным условиям, основано на анализе среднего уровня атмосферных осадков в регионах страны и разделении каждой из стран на четыре климатические зоны для учета региональных различий.
 - Автоматический расчет графика завоза отходов на основании минимально необходимой информации (год открытия полигона, количество ТБО для последнего года эксплуатации или количество накопленных на последний год ТБО, скорость увеличения ежегодного количества ТБО).
 - Поправки для учета доли аэробного разложения ТБО (MCF) и воздействия возможных возгораний, обычных на неуправляемых свалках, способных существенно уменьшить количество образующегося биогаза (модели для Китая, Филиппин и Таиланда также обладают этой особенностью).
 - Использование структуры модели IPCC с определением отдельных значений k и L_0 для четырех категорий отходов, различающихся скоростью разложения. Такой многокомпонентный подход для реализации модели первого порядка позволяет избежать возникновения описанных выше проблем, связанных с единственным k , и понять, что значительные изменения типа отходов требуют изменения структуры модели, а также значений входных параметров.
 - Модель позволяет пользователю переопределять входные параметры вместо значений по умолчанию (кроме k и L_0). Эта функция позволяет корректировать эффективность сбора на основании измеренного потока биогаза на полигонах и свалках с уже установленными системами сбора биогаза.

Модели для стран	
	LandGEM, США GMI, Центр. Америка
	Модель GMI, Китай
	Модель GMI, Колумбия
	Модель GMI, Эквадор
	GMI, Мексика 2.0
	GMI, Филиппины
	Модель GMI, Таиланд
	Модель GMI, Украина

6.4 Данные, необходимые для моделирования генерации и сбора биогаза

Независимо от типа используемой модели газообразования, обоснованность результатов модели во многом будет определяться качеством входных данных. Как часто говорят о математическом моделировании "мусор на входе, мусор на выходе". Таким образом, необходимо тщательно подходить к подготовке данных, используемых для моделирования газообразования. В этом разделе приведены рекомендации по получению и применению данных, необходимых для работы моделей GMI и IPCC, но не содержатся инструкции по реализации

процедур моделирования или объяснение модельных расчетов, которые описаны в соответствующих инструкциях. Обсуждается подход "лучшие методы" для сбора всей необходимой информации, в том числе общий метод использования нескольких источников данных для выполнения единой задачи, например, взаимный контроль истории захоронения отходов и оценки количества накопленных отходов (см. ниже).

Различие методов сбора данных

Поскольку методы сбора и качество данных могут существенно различаться в разных странах, не существует единого метода подготовки данных, пригодного для всех случаев.

Оценка графика завоза отходов

Ежегодное количество ТБО, вывозимых на полигон, является критически важным входным параметром модели, существенным образом влияющим на прогнозируемое образование биогаза. При рассмотрении исторических записей об утилизации отходов, пользователь модели должен знать об их источнике и надежности. Основаны ли данные о количестве отходов на количестве мусоровозов? Когда были установлены весы на въезде на полигон, как оценивался вес до их установки? Для периодов времени с отсутствием фактических данных о количестве отходов темпы утилизации отходов могут быть восстановлены на основании следующей информации:

- **Оценка количества отходов на основании записей о количестве и объеме мусоровозов.** Оценка количества отходов требует перехода от объема грузовиков к весу отходов на основании оценки их плотности. Разные загрузки мусоровозов могут иметь существенно разную плотность в зависимости от категории отходов (например, строительные отходы имеют большую плотность, чем обычные ТБО), поэтому регистрация данных об источнике отходов также является необходимой.
- **Год открытия полигона и скорость возрастания ежегодного количества отходов.** Модели требуют определить первый год эксплуатации, так как фактическая или предполагаемая дата открытия полигона является важным элементом данных, которые должны быть получены. Поскольку темпы роста утилизации отходов связаны с ростом населения, они могут быть оценены или проверены с помощью данных о населении. Как минимум, год начала эксплуатации и темпы роста утилизации должны быть связаны с количеством накопленных отходов, или, по крайней мере, оценкой вывоза отходов для одного года.
- **Расчетное количество накопленных отходов.** Количество накопленных отходов можно приблизительно оценить по схеме полигона, имеющей указание масштаба, а также оценке средней глубины отходов. Топографические карты и чертежи полигона с указанием рельефа могут использоваться для разработки более детальных оценок глубины и объема отходов. После того как получен объем отходов он должен быть преобразован в массу отходов с использованием соответствующей реальной плотности. Этот переход может быть причиной погрешности, потому что плотность полигона может изменяться в широких пределах в зависимости от условий эксплуатации и состава отходов, а также от объема грунтов, использованных для пересыпки (если учитываются в расчетах). Типичная плотность свалок и полигонов в развивающихся странах составляет от 0,6 до 0,8 т/м³, однако возможны и отклонения от этого диапазона в зависимости от различных условий эксплуатации

Контроль истории завоза отходов с использованием оценки накопленного объема или массы отходов является хорошей практикой с учетом того обстоятельства, что на старых свалках данные о завозе отходов могут отсутствовать или иметь большую неопределенность.

Прогноз графика завоза отходов

Прогноз интенсивности завоза отходов требует использования, как минимум, оценки темпов роста количества отходов и, либо даты закрытия полигона, либо общей проектной (или остаточной) мощности полигона с учетом актуальной плотности отходов. Рекомендуется также сделать независимую оценку года достижения проектной мощности полигона для проверки даты закрытия. Однако, дата закрытия полигона может определяться разрешительной системой или другими причинами, что может помешать полному заполнению полигона в соответствии с проектной мощностью.¹³

Морфологический состав отходов

Состав отходов влияет на количество и темпы образования биогаза из-за разного количества и скорости распада отдельных биоразлагаемых категорий отходов. Определение состава отходов является распространенным видом исследований во многих странах, проводимым муниципалитетами или университетами для помощи в разработке программ управления твердыми отходами. В то время как данные о составе отходов могут быть недоступны для конкретных полигонов, для которых проводится моделирование, часто можно найти исследования для других городов или регионов страны. В таких случаях следует сравнить данные о составе отходов из разных источников и оценить, какие данные наиболее обоснованы. Однако во многих случаях могут отсутствовать и альтернативные данные.

Необходимо оценить надежность данных о количестве и составе отходов. Например, полигон может принимать большое количество строительных отходов, которые могут регистрироваться на входе, но не учитываться в данных о составе отходов. В таких случаях при моделировании дополнительные строительные отходы должны быть вычтены из входных потоков отходов.

Наконец, любые значительные изменения в составе отходов, ожидаемые в будущем, должны быть рассмотрены и учтены. Например, состав отходов может существенно измениться, если ожидается большой контракт на утилизацию промышленных отходов или реализация программы по сортировке и повторному использованию органических отходов. Будущие изменения в составе отходов могут быть учтены в модели IPCC, однако для модели LMOP в данном случае потребуется использование отдельных модулей для отражения условий до и после ожидаемого изменения.

Климатические данные

Модели IPCC и GMI присваивают значения k в зависимости от климата и состава отходов. Лучшим источником достоверных данных о климате во всем мире является сайт [World Climate](http://WorldClimate.com), на котором представлены обработанные данные наблюдений поверхностной температуры, атмосферных осадков и давления Глобальной исторической климатологической сети (GHCN). Данные приведены по имени ближайшего муниципалитета и сгруппированы на одной веб-странице по всем климатическим станциям в пределах одного градуса долготы и широты. Данные сети не покрывают некоторые удаленные регионы мира. Другие климатические веб-сайты включают сайт Всемирной метеорологической организации [World Weather Information Service](http://WorldWeatherInformationService.com) и сайт [Weather Base](http://WeatherBase.com). При моделировании следует выбирать ближайшую метеостанцию с длинным рядом климатических данных. Для некоторых рядов измерений атмосферных осадков неизвестна достоверность, они не должны использоваться в случае, если показания значительно отличаются от данных ближайших пунктов измерения.

Климатические данные сети GHCN

Глобальная сеть GHCN представляет собой базу данных о климате, разработанную в США Национальным центром [National Climatic Data Center](http://NationalClimaticDataCenter.gov) и центром Национальной лаборатории Oak Ridge [Carbon Dioxide Information Analysis Center](http://CarbonDioxideInformationAnalysisCenter.gov) для мониторинга и исследования изменения климата.

Управление полигоном, фактор коррекции метана и влияние возгораний

Модель IPCC и некоторые из моделей GMI используют фактор коррекции метана (MCF) при расчете генерации биогаза на неуправляемых свалках для учета аэробного распада отходов, в процессе которого

¹³ (Прим. переводчика) На практике в Украине распространена другая ситуация, когда свалки перегружены и эксплуатируются после достижения проектной мощности из-за отсутствия новых полигонов.

метан не образуется¹⁴. Модель IPCC использует эту поправку и определяет величину MCF равной 0,8 (снижение на 20%) для неуправляемых свалок глубже 5 метров и равной 0,4 (снижение на 60%) для неуправляемых свалок глубиной менее 5 метров.

Модели GMI для Китая, Таиланда, Филиппин, Колумбии, Мексики и Украины используют поправочный коэффициент "пожар" для учета потребления органического материала при возгораниях и пожарах, который не используется для выработки биогаза. Применение данного поправочного коэффициента требует получения информации об объеме или площади поверхности полигона, подвергшихся воздействию огня и степени этого воздействия (оценивается тремя степенями - низкой, средней и высокой).

6.5 Оценка эффективности сбора

Условия на полигоне и практика эксплуатации

Некоторые из моделей GMI автоматически рассчитывают эффективность сбора на основании данных, вводимых пользователем в ответ на вопросы об условиях на полигоне и практики его эксплуатации. Для того, чтобы ответить на эти вопросы, пользователь модели должен собрать информацию по следующим вопросам:

- **Методы эксплуатации полигона.** Правильно эксплуатируемые полигоны будут иметь некоторые характеристики (наличие грунтового покрытия, уплотнение и выравнивание отходов, контроль размещения отходов, контроль неформального сбора отходов, контроль возгораний, наличие системы дренажа фильтрата), которые позволяют достичь эффективности сбора биогаза выше, чем на неконтролируемых свалках.
- **Глубина отходов.** Мелкие полигоны требуют сооружения неглубоких скважин, которые являются менее эффективными из-за склонности к инфильтрации воздуха. Модели GMI используют поправки к эффективности сбора в случае, если средняя глубина отходов составляет менее 10 метров.
- **Тип и проницаемость покрытия.** Эффективность сбора будет самой высокой в местах с низкой проницаемостью верхнего грунтового слоя, который ограничивает эмиссию биогаза в атмосферу, инфильтрацию воздуха в систему сбора биогаза и инфильтрацию атмосферных осадков в отходы. Информация о доле полигона, покрытой ежедневным, промежуточным и финальным покрытием необходима для выполнения расчета эффективности сбора моделями GMI.
- **Нижний изолирующий экран.** Полигоны с глиняным или синтетическим нижним экраном будут иметь более низкие показатели миграции биогаза в окружающие грунты и, соответственно, более высокую эффективность сбора биогаза. Информация о доле полигона, имеющей синтетический или глиняный нижний экран необходима для выполнения расчета эффективности сбора моделями GMI.
- **Уплотнение отходов.** Неуплотненные отходы будут стимулировать более высокую инфильтрацию воздуха, уменьшение качества газа, и, таким образом, более низкую эффективность сбора. Модели GMI требуют информация о наличии уплотнения отходов на регулярной основе.
- **Размер активной площадки для захоронения отходов.** Неуправляемые свалки с обширной площадью захоронения отходов будут иметь тенденцию к снижению эффективности сбора биогаза по сравнению с управляемыми полигонами, где захоронение отходов происходит на ограниченной площади.
- **Управление фильтратом.** Высокий уровень фильтрата может резко ограничить эффективность сбора, в частности, на свалках с большим количеством атмосферных осадков, плохим дренажом и ограниченным грунтовым покрытием. Свидетельства высокого уровня фильтрата включают просачивание фильтрата на склонах, наличие на поверхности луж и стоков. Степень воздействия фильтрата рассчитывается в моделях GMI на основании величины осадков и наличия визуальных свидетельств о появлении фильтрата, особенно после дождя.

¹⁴ Неуправляемые свалки ТБО не соответствуют определению МГЭИК для управляемых полигонов ТБО, которые "должны иметь контроль размещения отходов (т.е. иметь ограничение площади захоронения, контроль неформального сбора, контроль возгораний), а также, по меньшей мере, один из следующих факторов: (I) наличие покрывающего слоя; (II) механическое уплотнение; (III) выравнивание отходов". (IPCC, 2006, табл. 3.1). Свалки, для которых информация отсутствует, считаются неуправляемыми.

Варианты модели GMI, считающие эффективность сбора биогаза автоматически, используют указанную выше информацию для расчета поправки к максимальному сбору, достижимому для эффективно эксплуатируемой системы сбора биогаза. Другие модели GMI обеспечивают пользователя инструкциям о том, как применять поправки для расчета эффективности сбора. Заинтересованные лица могут использовать одно из руководств пользователя модели GMI (например, модели для Центральной Америки) для получения инструкций по расчетам эффективности сбора

Степень покрытия полигона системой сбора

В то время как условия на полигоне и практика эксплуатации ограничивают пределы достижимой эффективности сбора биогаза, основным фактором, определяющим текущую эффективность сбора, является доля отходов, находящихся в зоне влияния активного сбора биогаза, известной как "степень покрытия скважинами". Степень покрытия рассчитывается путем деления площади поверхности отходов, находящейся в пределах влияния существующих или планируемых газосборных скважин, к общей площади полигона. Степень покрытия учитывает, в какой степени скважины покрывают все участки с отходами, и в какой степени установленные скважины эффективно отбирают биогаз. Степень покрытия системы сбора равна нулю до запуска системы и будет меняться с течением времени в районах активного захоронения в процессе появления новых участков захоронения и расширения системы сбора биогаза. Неуправляемые свалки и полигоны, продолжающие принимать отходы, а также полигоны с высоким содержанием пищевых отходов во влажном климате, будут иметь значительно отличающуюся от 100% степень покрытия вследствие следующих факторов:

- На свалках с нерешенными вопросами охраны или большим количеством неконтролируемых сборщиков мусора сложно установить оборудование в удаленных местах и достичь хорошего покрытия системой сбора.
- Газосборные скважины не могут избежать значительного подсоса воздуха в местах с открытой поверхностью отходов, поэтому установка скважин должна быть отложена до формирования верхнего покрытия. В сочетании с вопросами охраны и безопасности это ограничение означает, что скважины не могут быть установлены до тех пор, пока участок полигона не будет закрыт, засыпан и огражден.
- Газосборные скважины не могут быть установлены в районах с крутыми, неустойчивыми склонами, районах складирования грунтов или других местах с ограниченным доступом для оборудования.
- В то время как модели GMI включают поправки эффективности сбора для учета небольших глубин отходов и высокого уровня фильтрата, дополнительные поправки могут потребоваться для учета ограниченного покрытия системой сбора в районах, где тонкий слой отходов или повышенный уровень фильтрата препятствует установке скважин или ограничивает их глубину.
- Если существует большая задержка (от 1 года до 2 лет) между размещением отходов и установкой скважин в результате вышеописанных проблем, возможно существенное снижение количества биогаза, доступного для сбора на свалках с высоким содержанием пищевых отходов и влажным климатом. Сочетание высокой биоразлагаемости отходов и высокой влажности приводит к высокой скорости генерации биогаза и быстрому потреблению (короткий период полураспада) большей части органического материала в течение времени, предшествующего сбору биогаза.
- Многие страны не имеют опыта и знаний в области проектирования, установки, эксплуатации и технического обслуживания систем сбора биогаза. Эти страны могут обращаться за внешней помощью, но эксперты из других стран могут быть не знакомы с особенностями условий в развивающихся странах, где методы, используемые в развитых странах, могут быть неуспешными. Такие программы, как GMI, существуют для того, чтобы помочь развивающимся странам в реализации подобных проектов.

Достижимые значения эффективности сбора. Учитывая, что условия на некоторых свалках ограничивают достижимые значения эффективности сбора, можно порекомендовать следующие максимальные значения эффективности, которые не следует превышать при оценке величины сбора биогаза с использованием прогноза генерации:

- На открытых свалках и полигонах: 50% в условиях влажного климата и 60% для сухого климата.

- На закрытых свалках и полигонах: 70%.
- На действующих инженерных полигонах: 75% в условиях влажного климата и 80% для сухого климата.
- На закрытых инженерных полигонах: 85%.

Необходимо обратить внимание, что эти максимальные значения могут быть достигнуты только в наилучших условиях и при наличии усилий по успешной реализации проекта с учетом ограничений каждой из категорий свалок и полигонов. Фактические показатели эффективности сбора будут в большинстве случаев ниже из-за условий на площадке и ограниченности имеющихся ресурсов для решения проблем, связанных с эффективностью сбора.

6.6 Неопределенность и адекватность моделей газообразования

При обсуждении неопределенностей, связанных с моделями газообразования, необходимо упомянуть следующие аспекты:

- Невозможность проверки моделей, особенно когда они используются для оценки газовой эмиссии из-за отсутствия измеренных значений для большинства параметров, входящих в уравнение генерации биогаза.
- Невозможность напрямую контролировать условия внутри толщи отходов, влияющие на генерацию биогаза, например, такие, как влажность (что требует использования в модели заменителей в виде количества осадков).
- Длинный список данных, необходимых для моделирования, также необходимость проведения оценок и использования альтернативных методов определения данных из-за их качества или отсутствия.
- Многие проблемы, возникающие при моделировании на неуправляемых свалках, значительно отличаются от ситуации на управляемых полигонах и оказывают воздействие на генерацию и сбор биогаза, которое трудно поддается количественной оценке.

Инструкции для модели IPCC содержат детальное обсуждение факторов, влияющих на неопределенность, и разделяют их на неопределенности, вызванные использованием метода затухания первого порядка, а также входными параметрами и данными модели. В конечном счете, точность модели может быть проверена только путем сравнения модельного прогноза сбора биогаза с будущими измерениями газового потока. Из-за этого требования список потенциальных источников погрешностей включает способность предсказать будущие условия на полигоне и использование исторических данных.

В заключение для модели IPCC делается вывод, что неопределенность, связанная с методом расчета намного меньше, чем неопределенность, связанная с выбором параметров или данных, а также приводится таблица оценок неопределенности для каждого параметра или категории данных. Большинство оценок показывает значительную неопределенность (в пределах от 5 до 50%), которые в сочетании, указывают на очень большой потенциал для погрешности. Несмотря на то, что несколько источников погрешностей могут компенсировать друг друга и ограничивать накопление погрешности, общий потенциал для появления погрешности остается значительным. Операторы модели должны быть бдительными в своих усилиях по ограничению потенциальных погрешностей на каждом шаге процесса моделирования.



Лучшие методы моделирования газообразования

Оценка образования биогаза из ТБО является важным компонентом оценки концепции проекта, так как прогнозы по сбору используются для оценки размера проекта, ожидаемых доходов, проектных требований, капитальных и эксплуатационных затрат. Точный прогноз генерации метана может оказаться сложным. Он требует выбора и использования соответствующей модели среди нескольких вариантов, учета местных условий, влияющих на генерацию биогаза и понимания неопределенностей, присущих моделированию. Результат прогноза зависит от качества используемых данных, а также надлежащего рассмотрения таких факторов, как состав отходов, график завоза и темпы роста количества отходов, что требует участия опытного пользователя модели.



Экономическая жизнеспособность проектов LFGE в значительной мере опирается на поиск подходящих механизмов финансирования, оценке экономической целесообразности различных вариантов использования и выборе наиболее приемлемого варианта для достижения целей заинтересованных сторон (например, финансовые цели, охрана здоровья населения и окружающей среды, уменьшение изменения климата). В главе 5 был представлен обзор основных типов рыночных стимулов, которые могут поддерживать реализацию проектов LFGE, в главе 6 содержатся рекомендации по использованию модели для оценки количества биогаза. В этой главе рассматриваются финансирование на уровне проекта, обсуждаются критические факторы и механизмы для оценки экономических показателей развития проекта LFGE, приводятся инструкции по выполнению экономического анализа.

Процесс экономической оценки проекта, как правило, включает в себя четыре основных этапа, показанных на рисунке 7-1. Эти этапы часто выполняются несколько раз для каждого варианта проекта по мере подтверждения первоначальных решений, влияющих на результаты оценки, и по мере получения дополнительной информации. В следующих разделах процесс оценки рассматривается более подробно, приведены примеры и ресурсы, которые помогают в оценке.



7.1 Этап 1: Оценка механизмов и инструментов финансирования

Идентификация подходящих финансовых и инвестиционных механизмов, применяемых для финансирования проектов LFGE, является проблемой каждого разработчика проекта. В некоторых странах эти проблемы могут усугубляться дополнительными факторами, такими, как отсутствие местных кредиторов или опыта финансирования проектов LFGE. Как следствие, одним из первых и наиболее важных шагов в процессе оценки проекта является выявление и оценка имеющихся механизмов и инструментов финансирования. Заинтересованные стороны, разрабатывающие проект LFGE (например, владелец свалки или сторонний разработчик) должны изучить доступные источники и виды финансирования, потому что эти факторы должны быть включены и оценены в экономическом анализе. В некоторых случаях, достаточная финансовая поддержка может быть доступна на приемлемых условиях из одного источника; в других случаях, полный объем финансирования потребует комбинации нескольких вариантов финансирования.

В последнее время было создано большое количество финансовых инструментов для поддержки развития возобновляемых технологий и проектов. Проекты LFGE могут финансироваться за счет различных механизмов и организаций, таких как углеродные рынки CDM или механизмов совместного осуществления Киотского протокола, различных банков и частных инвесторов, а также международных ресурсов. Варианты

финансирования и организации-спонсоры, обсуждаемые в разделе, не представляют исчерпывающий перечень, но призваны показать часто используемые и представительные варианты финансирования.

Киотский протокол и другие механизмы снижения эмиссии парниковых газов

Как было описано в главе 5, [Киотский протокол Рамочной конвенции ООН об изменении климата](#) определяет рамочные условия для достижения целей по сокращению выбросов парниковых газов для некоторых промышленных развитых стран на основе использования механизмов CDM (МЧР) или JI (СО).

Механизмы CDM и JI могут быть важными источниками финансирования проектов LFGЕ. Рисунок 7.2 показывает распределение проектов CDM, в том числе и для проектов LFGЕ. Потенциальными покупателями сокращений выбросов могут быть правительства, частные компании, корпорации, фонды и многосторонние организации, такие как Всемирный банк. Многие международные биогазовые проекты финансируются за счет продажи CER или AAU третьим сторонам. Другие проекты были профинансированы



Всемирным банком с использованием контрактов на приобретение ERU после верификации независимым аудитором и выпуска ERU в качестве киотского актива. Меньшее число проектов финансируются владельцами проектов, которые продают полученные ERU различным углеродным фондам. Тем не менее, сокращение углеродных выбросов, полученное с использованием любых механизмов, должно быть одобрено соответствующим органом, таким как Исполнительный Совет РКИК ООН, перед тем, как рассматривать его в качестве источника будущих доходов.

Совсем недавно РКИК ООН разработал [Программу деятельности \(PoA\)](#), добровольные скоординированные действия частных или государственных компаний, реализующих политику, меры или поставленные цели, ведущие к сокращению антропогенных выбросов парниковых газов. Мероприятия, координируемые в рамках PoA, могут быть зарегистрированы в качестве одного проекта CDM, который будет обеспечивать реализацию небольших проектов, упрощая и удешевляя их разработку и реализацию (например, объединение нескольких небольших проектов LFGЕ может улучшить экономику в целом).

В то время как механизмы CDM и JI содействовали реализации многочисленных проектов, существует неопределенность для развития подобных проектов в пост-Киотский период (после 2012 года). Поскольку глобальные политические и практические подходы продолжают развиваться, для разработчиков новых проектов важно понимать, как возможные изменения могут повлиять на требования по сокращению выбросов для того, чтобы претендовать на соответствие проектов этим требованиям¹.

Во время саммита по изменению климата в декабре 2010 года в Канкуне, Мексика, участники согласились мобилизовать 100 млрд долларов в год до 2020 года (Зеленый климатический фонд) для реализации мер по смягчению последствий изменения климата и адаптации к нему². Таким образом могут формироваться альтернативные механизмы финансирования для того, чтобы заполнить потенциальный вакуум, образовавшийся в результате изменений механизмов CDM и JI. Кроме того, [Схема торговли выбросами ЕС](#) будет продолжать работать в рамках Фазы III (2013-2020 годы). Средства Всемирного банка (см. ниже), которые используются для покупки сокращений выбросов ПГ проектов в развивающихся странах или в странах с переходной экономикой, скорее всего, по-прежнему будут доступны и могут превратиться в основной источник финансирования сокращения выбросов в пост-Киотский период.

¹ These updates can be found at <http://unfccc.int/2860.php>.

² British Embassy Berlin. "The Road to \$100 bn." <http://ukingermany.fco.gov.uk/en/news/?view=News&id=658618582>.

Программы и стимулы развития возобновляемой энергетики (не связанные с углеродным финансированием) также могут быть доступны в некоторых странах и должны быть оценены при рассмотрении возможных доходов и экономической целесообразности проекта. Существуют также дополнительные механизмы и программы кредитования сокращения выбросов ПГ такие, как обязательные, например, [Схема торговли выбросами ЕС \(EU ETS\)](#), [Система торговли выбросами CO₂ Нидерландов](#), [Схема торговли выбросов \(ETS\) Новой Зеландии](#) (первая обязательная схема пределами за пределами Европы), так и добровольные рынки торговли углеродными производными, такие как [Verified Carbon Standard \(VCS\)](#) и счетчик (over-the-counter, OTC). Альтернативные инструменты рынка рассматриваются или появляются в таких странах, как Австралия, Бразилия, Китай, Индия, Мексика и Республика Корея⁴. Для более детального рассмотрения доходов, в том числе денежных потоков от продажи электроэнергии, пара, биогаза или других производных продуктов, см. раздел 7.2.



Пример: Другие механизмы финансирования

[Немецкий акт о возобновляемых источниках энергии](#) определяет фиксированный тариф 9 цент/кВт·ч для систем мощностью до 500 кВт и 6.16 цент/кВт·ч в диапазоне от 500 кВт до 5 МВт, который оператор сети должен заплатить за электроэнергию, произведенную из биогаза на полигонах ТБО.

За последних пять более 80 проектов производства электроэнергии из ТБО было реализовано в Польше с использованием фиксированного тарифа и других стимулов³.

Финансирование банков и инвестиционные агентства

Банки играют важную роль в предоставлении кредитов на проекты LFGE. Многие банки предлагают специальные условия кредитования для правительств и компаний в этом секторе, такие как низкие процентные ставки, длительные сроки амортизации и специальные пакеты финансирования. Большинство коммерческих банков требует быстрой оплаты, но некоторые банки развития могут быть готовы к более длительным срокам погашения. На кредитные условия влияют финансовое состояние владельца проекта, опыт реализации подобных проектов и состояние существующих соглашений и разрешений. Обеспечение надлежащих гарантий может быть одним из основных препятствий для развития проектов LFGE.



Использование углеродных кредитов

Такие углеродные кредиты как CER могут улучшить экономику проектов LFGE. Однако получение традиционного долгового финансирования через банки более вероятно для таких проектов.

Согласование планируемых объемов биогаза часто представляет собой большую проблему для разработчиков проекта, убеждающих финансистов, оценивающих проект. Если энергетический проект рассматривается для полигона, где биогаз уже собирается и сжигается, то ожидаемый объем биогаза можно предсказать с большей уверенностью. В противном случае важно избежать переоценки количества метана с помощью использования подходящих моделей и реалистичных предположений об эффективности сбора газа, учитывающих местную специфику. Как уже обсуждалось в

главе 6, [Инструменты моделирования](#) были разработаны для ряда стран в рамках программы GMI⁵. Разработчики проектов по выработке электроэнергии сталкиваются с дополнительными трудностями в получении финансирования, которое включает в себя учет неопределенности, связанной с подключением к локальной или региональной сети и продажей электроэнергии по выгодной цене⁶.

Несколько типов банков, финансирующих проекты LFGE, описаны ниже.

³ Piotr Klimek. "Landfill Gas to Energy Projects in Poland." Presented at the GMI Partnership-Wide Meeting, Krakow, Poland, 14 October 2011. http://www.globalmethane.org/documents/events_land_101411_tech_klimek.pdf.

⁴ The World Bank. "State and Trends of the Carbon Market 2010." May 2010.

http://siteresources.worldbank.org/INTCARBONFINANCE/Resources/State_and_Trends_of_the_Carbon_Market_2010_low_res.pdf.

⁵ These countries include Central America, China, Colombia, Ecuador, Mexico, Philippines, Thailand and Ukraine. Additional information can be found at <http://www.globalmethane.org/tools-resources/tools.aspx#three>

⁶ U.S. EPA. *LFGE Energy Project Development Handbook*. <http://www.epa.gov/lmop/publications-tools/handbook.html>

Международные банки развития (МДВ) являются учреждениями, предоставляющими финансовую поддержку и профессиональные консультации для экономического и социального развития в развивающихся странах⁷. МДВ включают [Группу Всемирного Банка](#) и четыре региональных банка развития: [Африканский банк развития \(AfDB\)](#), [Азиатский банк развития \(ADB\)](#), [Европейский банк реконструкции и развития \(EBRD\)](#) и [Межамериканскую группу банков развития \(IDB\)](#).

Роль Всемирного банка заключается в том, чтобы стимулировать глобальный углеродный рынок, снижающий стоимость сокращения выбросов парниковых газов и поддерживающий устойчивый рост в развивающихся странах.⁸ Всемирный банк работает с проектами по сокращению выбросов ПГ с целью их дальнейшего развития до стадии сделок углеродного финансирования и официального признания в качестве проекта CDM.

- Подразделение Всемирного банка [Carbon Finance Unit \(CFU\)](#) состоит из 13 фондов, каждый из которых отличается отраслевой или географической направленностью.⁹ Контракты CFU на приобретение сокращения выбросов ПГ реализуются через один из этих фондов - Prototype Carbon Fund (PCF). PCF заключает контракты на покупку сокращений выбросов ежегодно или периодически по мере их верификации независимым аудитором.
- Подразделение Всемирного банка [Climate Investment Funds \(CIF\)](#) объединяет фонды, помогающие развивающимся странам осуществлять проекты с низким уровнем выбросов ПГ в рамках устойчивого к изменению климата развития. Пользуясь поддержкой CIF, 45 развивающихся стран осуществляют преобразования в области экологически чистых технологий, устойчивого управления лесами, повышения доступа к энергии с помощью возобновляемых источников энергии и устойчивого к изменению климата развития.
- Фонд чистых технологий ([Clean Technology Fund](#)) направлен на содействие развитию низко углеродной экономики с помощью финансирования коммерчески доступных экологически чистых энергетических технологий в развивающихся странах, а также инвестиций в национальные планы, включающие низко углеродные цели.
- Фонд [Strategic Climate Fund](#) помогает наиболее уязвимым странам развивать климатически устойчивые экономики и принимать меры по предотвращению исчезновения лесов.

✓ **Пример: Международный банк развития в Китае**

Международная финансовая корпорация (IFC) и Промышленно-коммерческий банк Китая (ICBC) разработали специальную программу [China Utility-Based Energy Efficiency Program \(CHUEE\)](#) для обеспечения кредитования проектов возобновляемой энергетики и энергоэффективности, включая биогазовые проекты на полигонах ТБО. Программа CHUEE стремится объединить финансовые учреждения, коммунальные предприятия и поставщиков энергоэффективного оборудования для того, чтобы "создать новую модель финансирования для продвижения энергетической эффективности".

Субрегиональные банки, созданные в целях развития, также классифицируются как международные банки, поскольку они принадлежат группам стран. Субрегиональные банки включают:

- [Corporación Andina de Fomento \(CAF\)](#)
- [Банк развития на Карибах \(CDB\)](#)
- [Центральноамериканский банк экономической интеграции \(CABEI\)](#)
- [Восточно-африканский банк развития \(EADB\)](#)

⁷ The World Bank. "Multilateral and Bilateral Development Agencies." <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTABOUTUS/0,,contentMDK:20040612~menuPK:41694~pagePK:51123644~piPK:329829~theSitePK:29708,00.html>.

⁸ The World Bank. "10 Years of Experience in Carbon Finance." http://siteresources.worldbank.org/INTCARBONFINANCE/Resources/Carbon_Fund_12-1-09_web.pdf.

⁹ Although these funds do not target LFGE projects specifically, the objectives of many of the funds (such as supporting the implementation of renewable energy projects) are compatible with LFGE projects.

Международные финансовые организации (МФИ) включают банки и фонды, кредитующие развивающиеся страны. Они отличаются от MDB тем, что имеют более узкую структуру собственности и членства и сосредотачиваются на специальных секторах или видах деятельности. МФИ включают:

- [Европейскую Комиссию](#) и [Европейский инвестиционный банк \(EIB\)](#)
- [Международный фонд развития аграрного сектора \(IFAD\)](#)
- [Исламский банк развития \(IDB\)](#)
- [Фонд развития северных стран \(NDF\)](#) и [Северный инвестиционный банк \(NIB\)](#)
- [Фонд ОПЕС международного развития \(OFID\)](#)

Национальные и местные банки обеспечивают кредитные линии для экологических проектов. Некоторые национальные и местные банки предлагают специальные кредитные линии для снижения эмиссии ПГ с более низкими процентными ставками и на более длительные сроки.

✓ Пример: Национальный банк

В Бразилии банк [Banco do Nordeste's](#) предлагает в рамках программы Cresce Nordeste кредиты с низкими процентными ставками и длительными сроками погашения для экологических проектов, в том числе проектов по производству альтернативной энергии и обращения с отходами. Cresce Nordeste работает в рамках программы, направленной на предоставление кредитов для предпринимателей, инвестирующих в Северо-Восточном регионе Бразилии.

Двусторонние Банки и экспортно-инвестиционные агентства стремятся поощрять и финансировать проекты, которые имеют стратегическое значение для развивающихся стран. Существуют более двух десятков учреждений двустороннего развития и специализированные инициативы по всей Европе, Северной Америке, Австралии и Японии¹⁰. Примеры двусторонних учреждений включают в себя:

- [Экспортно-импортный банк США \(Ex-Im Bank\)](#) имеет мандат Конгресса для поддержки использования возобновляемых источников энергии и директивы, что 10% всех транзакций должны быть направлены на возобновляемые источники энергии и экологические проекты. Сотрудники Эксимбанка обрабатывают экологические операции и предлагают ряд стимулов, в том числе продолжительность возврата кредитов до 18 лет, 30% поддержки местных расходов, капитализированные проценты во время строительства, блокировку процентной ставки по прямым займам и возможность оплаты в качестве маржи над процентной ставкой.¹¹
- [Корпорация зарубежных частных инвестиций \(OPIC\)](#) поддерживает американские инвестиции в развивающиеся рынки по всему миру, предоставляя инвесторам финансирование, гарантии, страхование политических рисков и поддержку частных акционерных инвестиционных фондов.
- Немецкое агентство [Germany Trade and Invest](#) поддерживает развитие технологий возобновляемых источников энергии в ассоциации с Германским обществом по техническому сотрудничеству в рамках Программы развития (PDP) для развивающихся стран.
- Корпорация [Commonwealth Development Corporation \(CDC\)](#), принадлежащая правительству Великобритании, мобилизует частные инвестиций в развивающиеся страны. Инвестируя в коммерчески устойчивые проекты в развивающихся странах, CDC стремится привлечь других инвесторов, демонстрируя историю успеха.

Для более полного списка двусторонних экспортных и инвестиционных агентств, смотрите список Всемирной ассоциации инвестиционных агентств [Outward Investment Agencies](#).

¹⁰ <http://www.climatefundsupdate.org/global-trends/global-finance-architecture>.

¹¹ Export-Import Bank of the United States. "Key Industries at Export-Import Bank: Renewable Energy, Power Generation and Related Services." <http://www.exim.gov/products/special/keyindustries.cfm#renew>.

Финансирование частными инвесторами и лизинговые соглашения

Частные инвесторы могут финансировать проекты LFGE полностью или частично. Потенциальные инвесторы включают разработчиков, поставщиков оборудования, поставщиков газа, промышленные компании и инвестиционные банки. Частные инвесторы вкладывают средства в компании с портфелями проектов по сокращению выбросов, а также в отдельные проекты в зависимости от конкретной ситуации. Некоторые частные инвесторы развивают собственные проекты по сокращению выбросов, в то время как другие обеспечивают портфель акций и продают свои акции с течением времени. Обе группы инвесторов работают с финансовыми учреждениями для того, чтобы обезопасить финансирование проектов в своих портфелях. Частные инвесторы, как правило, хотят получить более высокую отдачу от своих инвестиций, чем банки.

Лизинговое финансирование может быть вариантом для некоторых проектов LFGE. При таком подходе, разработчик проекта сдает в аренду все или часть активов проекта у инвестора. Существует две обычно используемые формы лизингового финансирования для проектов LFGE.

Возвратный или обратный лизинг используется, когда инвестор, уплативший налоги, запрашивает налоговые льготы и передает часть этой суммы в пользу арендной стоимости, которую запрашивает разработчик за пользование проектом. Разработчики должны заплатить полную стоимость до конца лизингового периода при желании сохранить права на проект.

Сквозной лизинг используется, когда разработчик передает проект в аренду инвестору, который платит налоги на протяжении определенного количества лет (например, 5 лет), в течение которых налоговые льготы или гранты передаются инвестору. Когда лизинг завершается, разработчику возвращается контроль над проектом бесплатно.¹²

Прямые частные инвестиции осуществляются в основном частными инвестиционными компаниями, венчурными компаниями или инвесторами, специализирующимися на инновациях. Каждый тип инвестора имеет свой собственный набор целей, предпочтений и инвестиционных стратегий и предоставляет оборотный капитал для проекта для получения различных результатов (например, возврат инвестиций). Долевое финансирование может обеспечить преимущества для владельца проекта путем зачета определенной части расходов (например, стоимости капитала) и распределения рисков между участниками. Норма доходности, требуемая инвесторами, как правило, высокая и владелец проекта, как правило, должен отказаться от некоторого контроля над активами в пользу инвестора.



Пример: Частные инвестиции

Sistemas de Energía Internacional SA (SEISA) – мексиканская инженеринговая компания, специализирующаяся на сервисе потребления энергии. Компания предлагает лизинговые услуги, с помощью которых она проектирует, реализует и управляет развитием проекта. При расторжении договора клиент может выбрать покупку и эксплуатацию объекта, или клиент может приобрести активы и оставить команду экспертов Seisa ответственными за эксплуатацию и техническое обслуживание объекта. В 2001 году Seisa принимала участие в проектировании, строительстве и реализации первого биогазового энергетического проекта в Латинской Америке. Биогаз до сих пор используется в семи двигателях мощностью 1 МВт каждый.

Грантовое финансирование

Гранты правительственных источников или банков развития могут в некоторых случаях обеспечить финансирование проекта. Например, [Североамериканский банк развития \(NADB\)](#) предлагает гранты для общественных и частных организаций, участвующих в разработке проектов экологической инфраструктуры в приграничном регионе между США и Мексикой. Возможность использования грантов варьируется значительно от страны к стране.

¹² J. Marciano. "Financing Strategies for Landfill Gas Projects."

http://www.epa.gov/lmop/documents/pdfs/conf/13th/marciano_landfill_gas.pdf.

Финансирование за счет внутренних ресурсов

Возможность взимать налоги дает государственным органам возможности для финансирования, обычно недоступные для частного сектора. Эти возможности описаны в главе 5.

Муниципальное бондовое финансирование используется, когда местное правительство выпускает облигации для финансирования проекта LFGE на муниципальном полигоне или для муниципального конечного потребителя.

Прямое муниципальное финансирование использует бюджет города, округа, владельца полигона или других муниципальных органов для реализации проекта LFGE. Такой подход исключает необходимость получения внешнего финансирования.

7.2 Этап 2: Оценка капитальных затрат, расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание, доходов от продажи энергии и углеродных единиц

В этом разделе обсуждаются расходы и доходы от реализации проектов LFGE на существующих полигонах. Расходы, связанные со строительством и эксплуатацией самих полигонов, не затрагиваются (в том числе расходы, связанные с приобретением земли, разрешениями на вывоз отходов, эксплуатацией, закрытием и рекультивацией полигонов).

Определение капитальных и эксплуатационных затрат

Стоимость проекта LFGE обычно состоит из капитальных затрат, таких как приобретение и монтаж оборудования, а также операционных затрат - расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание проекта. Общие для проектов LFGE элементы стоимости перечислены ниже.

Капитальные затраты включают:

- Стоимость закупки, доставки и установки оборудования, бурение и монтаж скважин (включая импортные пошлины и налоги)
- Проектирование и администрирование (внешний и внутренний инжиниринг и проектирование)
- Получение разрешений и оплата сборов
- Подготовка площадки и коммуникаций (например, электрические подключения)
- Стоимость запуска и оборотного капитала.

Операционные затраты включают ежегодные затраты, связанные с эксплуатацией оборудования (включая газовые скважины, систему подготовки газа и трубопроводы):

- Запасные части и материалы
- Заработная плата и обучение
- Расходы на коммунальные услуги
- Затраты на финансирование (например, юридические, плата за предоставление кредита)
- Налоги
- Администрирование
- Лизинг или арендная плата

Учитывая диапазон возможных условий в различных проектах и странах, величина каждого из видов затрат может сильно отличаться, более того, приведенный список не может считаться исчерпывающим. Например, дополнительные расходы могут быть связаны с регистрацией и мониторингом в проектах CDM или JI.

Особенности терминологии

В финансовом секторе капитальные расходы могут быть отнесены к капитальным затратам (CAPEX), а затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание к операционным расходам (OPEX).

Капитальные и операционные затраты

Капитальные и операционные расходы могут отличаться в зависимости от технологии (например, производство электроэнергии для продажи в сеть или продажа газа конечному потребителю для использования в котле) и должны быть учтены в финансовой модели. Кроме того, необходимо получить коммерческие предложения поставщиков на конкретное оборудование (такое как трубопроводы, факельные установки или двигатели), которые также должны учитываться в финансовой оценке. В следующих разделах описаны конкретные факторы, которые могут повлиять на стоимость для двух наиболее распространенных типов проектов LFGE: производство электроэнергии и прямое использование биогаза. Разработчики проекта могут оценить затраты, связанные с каждым из этих типов проекта для того, чтобы определить более выгодный вариант.

Производство электроэнергии. Наиболее распространенными вариантами технологии, доступными для проектов по выработке электроэнергии, являются двигатели внутреннего сгорания (ДВС) и газовые турбины. Каждая из этих технологий, как правило, подходит для определенных размеров проекта, как показано в таблице 7-1. Например, стандартные ДВС подходят для малых и средних проектов, в то время как газовые турбины лучше приспособлены для больших проектов. ДВС имеют сравнительно низкую удельную стоимость на кВт, но требуют более высоких затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание, чем газовые турбины. Типичные затраты на эксплуатацию и ТО покрывают стоимость обучения и заработную плату операторов электростанции, запасные части и другие материалы, а также регулярное техническое обслуживание. Расходы, представленные в таблице 7-1, приведены для условий США. Фактические затраты по проектам могут отличаться от этих данных в зависимости от конкретных условий и факторов, например, таких, как обсуждаемые ниже для проектов прямого использования биогаза. Кроме того, затраты на подключение к сетям и ежегодные затраты на передачу электроэнергии могут значительно меняться в зависимости от размера проекта, политики и требований электрических сетей.

Таблица 7-1. Стоимость проектов по производству электроэнергии

Технология	Оптимальный размер проекта	Стоимость (\$/кВт)*	Операционные затраты (\$/кВт)*
Малые двигатели внутреннего сгорания	≤ 1 МВт	\$ 2300	\$ 210
Большие двигатели внутреннего сгорания	≥ 800 кВт	\$ 1700	\$ 180
Газовые турбины	≥ 3 МВт	\$ 1400	\$ 130

* доллары США 2010 года¹³.

Модульный характер двигателей внутреннего сгорания и газовых турбин обеспечивает гибкость для постепенного увеличения мощности в ответ на увеличение производства биогаза¹⁴. Двигатели внутреннего сгорания могут добавляться с меньшим шагом мощности по сравнению с газовыми турбинами и с меньшими капитальными затратами.

В проектах комбинированного использования тепла и электроэнергии тепловая энергия может быть использована для отопления, охлаждения или технологических нужд. Кроме того, она может быть подана по трубам соседним промышленным или коммерческим потребителям, обеспечивая дополнительный источник дохода для проекта¹⁵. Когенерация часто является лучшим экономическим вариантом для проектов с конечным потребителем, расположенным поблизости от полигона и имеющим достаточную потребность, как в электрической, так и в тепловой энергии¹⁶.

¹³ U.S. EPA. *LFG Energy Project Development Handbook*. <http://epa.gov/lmop/publications-tools/handbook.html>.

¹⁴ Ibid.

¹⁵ U.S. EPA Combined Heat and Power Partnership. "Catalog of CHP Technologies." http://www.epa.gov/chp/documents/catalog_of_%20chp_tech_entire.pdf.

¹⁶ U.S. EPA. 2012. *Landfill Gas Energy: A Guide to Developing and Implementing Greenhouse Gas Reduction Programs*. http://www.epa.gov/statelocalclimate/documents/pdf/landfill_methane_utilization.pdf.

Прямое использование. Проекты прямого использования, такие как подача биогаза в котлы, горелки, сушилки, печи или инфракрасные нагреватели, могут быть оправданными, если конечный потребитель находится в пределах разумного расстояния от полигона. Расположение потребителя диктует необходимую длину и расположение биогазового трубопровода. Затраты на трубопровод зависят от требуемой длины, а также от наличия препятствий на маршруте, например, автомобильных или железных дорог, или водных объектов. Кроме того, на стоимость проекта влияет диаметр трубопровода. Для проектов с увеличением расхода газа с течением времени часто наиболее целесообразно использовать трубу, рассчитанную на максимально ожидаемый поток газа в течение всего срока реализации проекта, и добавлять компрессорное оборудование по мере увеличения расхода газа.

Затраты на проекты прямого использования могут варьироваться в зависимости от требований потребителя к количеству и качеству биогаза. Предварительная подготовка биогаза будет необходима для потребителей, нуждающихся в более высоком качестве газа, что может оказаться слишком затратным для некоторых проектов. Однако, даже газ низкого качества обычно требует удаления паров воды¹⁷. Затраты на проект прямого использования, как правило, включают в себя следующие основные компоненты:

- Сжатие и очистку биогаза (удаление паров воды и механических частиц) для подготовки использования газа в оборудовании конечного потребителя (см. главу 5).
- Трубопровод для транспортировки газа до конечного потребителя.

Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание в проектах прямого использования включают закупку запасных частей, материалов, зарплату персонала по обслуживанию систем отвода конденсата (или любых других систем очистки биогаза), эксплуатацию и техническое обслуживание биогазовых трубопроводов, а также техническое обслуживание оборудования конечного потребителя (если предусмотрено договором).

Существующие котлы, горелки, сушилки и печи требуют модификации для использования биогаза. Соответствующие затраты будут варьироваться в зависимости от типа горелочного устройства, исходного топлива и возраста аппарата. Кроме того, конечный потребитель должен вложить деньги в оборудование, способное переключаться между биогазом и традиционным видом топлива для исключения риска отсутствия топлива из-за неопределенности и изменчивости потока биогаза.

Инфракрасные нагреватели и испарители фильтрата не требуют модернизации, но для них существуют свои особенности при оценке затрат. Из-за сезонного характера отопления ИК-нагреватели могут быть экономически непривлекательными для некоторых полигонов в качестве самостоятельного проекта. Тем не менее, нагреватели хорошо работают, особенно в условиях холодного климата, в паре с другим проектом, так как они используют небольшое количество биогаза. Испарители фильтрата могут быть экономически эффективными в тех случаях, когда очистка фильтрата обходится дорого или вообще отсутствует.

Таблица 7-2 приводит стоимость типичного проекта прямого использования для условий США. Затраты на проекты LFGE, даже использующих подобные технологии, могут широко варьироваться в зависимости от конкретного полигона, страны и региональных факторов, таких как пошлины и налоги (например, налог на добавленную стоимость), валютные и бизнес риски, наличие материалов, расходы на оплату труда и разрешительные процедуры. Например, проекты в Аргентине могут достичь экономии при использовании местных факельных устройств, но могут заплатить больше за импортные двигатели.

Таблица 7-2. Стоимость проектов прямого использования биогаза

Компонент	Типичные кап. затраты*	Операционные затраты*
Компрессор и очистка	\$ 565/м ³ /час	\$53/м ³ /час
Трубопровод и отвод конденсата	\$ 205 000/километр (км)	Незначительные

* доллары США 2010 года, для системы мощностью 1700 м³/час.¹⁸

¹⁷ ESMAP. "Handbook for the Preparation of Landfill Gas to Energy Projects in Latin America and the Caribbean." <http://www.esmap.org/esmap/node/1106>.

¹⁸ U.S. EPA. *LFGE Energy Project Development Handbook*. <http://epa.gov/lmop/publications-tools/handbook.html>.

Оценка доходов от продажи электроэнергии и углеродных кредитов

Доход от продажи электроэнергии

В процессе оценки вариантов финансирования предполагаемые доходы от реализации энергии и других источников, а также стимулы могут быть рассмотрены одновременно. Продажа энергии и углеродные доходы включают денежные потоки от продажи электроэнергии, пара, газа или других производных продуктов (углеродных кредитов и кредитов возобновляемой энергии). Потенциальными рынками для этих продуктов являются коммунальные и промышленные предприятия, коммерческие или государственные учреждения и энергетические компании.

Производство электроэнергии. Основной доход от проекта производства электроэнергии формируется продажей электроэнергии в сеть. Величина доходов зависит от тарифа на электроэнергию, по которому покупается или продается электроэнергия, произведенная в рамках проекта LFGE. Тариф на электроэнергию для новых проектов зависит от нескольких факторов, характерных для местной электрической компании и вида договора, имеющегося в распоряжении проекта. Иногда электричество продается третьему лицу по цене меньшей, чем розничные тарифы на электроэнергию. Когда оценивается экономика проекта, важно рассмотреть вопрос о возможности использования полученной электроэнергии на полигоне, заместив потребление электричества из сети. Это электричество можно учесть не по курсу продажи, а по курсу покупки электричества из сети, который часто бывает значительно выше.

Прямое использование. Цена биогаза определяет доходы для проектов прямого использования. Часто цены на биогаз сопоставимы с ценой природного газа, однако цены будут варьироваться в зависимости от результатов переговоров с потребителем, типа контракта и других факторов¹⁹. В общем, разработчики проекта должны рассмотреть, обеспечивает ли цена, которую платит конечный потребитель, экономию энергии, компенсирующую издержки модификаций в котлах, промышленных нагревателях, печах и горелочных устройствах, необходимых для сжигания биогаза.

Углеродные доходы

Киотский протокол создал рынок для развития проектов в рамках механизмов CDM и JI. Многие компании вошли на этот рынок для того, чтобы воспользоваться возможностями развития, причем большая часть ранних проектов была направлена на уничтожение метана полигонов из-за относительной простоты и относительно высокой эффективности (потому что 1 тонна метана эквивалентна 21 тонне углекислого газа). Некоторые компании вошли на рынок с небольшим опытом разработки биогазовых проектов. Большинство проектов факельного сжигания было реализовано исключительно из-за углеродных кредитов. Подобные проекты являются новым делом для многих развивающихся стран, при этом существующая практика обращения с отходами, условия на свалках, устройство и эксплуатация систем сбора биогаза, а также другие факторы, ограничивающие сбор биогаза, могут создать значительные проблемы для получения энергии. Несмотря на это, существует растущий интерес к развитию проектов и переходу от факельного сжигания к производству энергии.

Большая часть проектов CDM на полигонах ТБО получает углеродные кредиты только за сжигание биогаза на факеле, а не за производство энергии из биогаза. Это связано с существованием неопределенности (перед установкой системы сбора газа) о количестве газа, которое может быть собрано и количестве электричества, которое может быть произведено,



Пример: Льготные электрические тарифы

В Таиланде существуют льготные тарифы на возобновляемую энергию. С 2007 года правительство страны предлагает добавку к регулярной тарифу на электроэнергию \$ 0.057-0.071 (USD) за кВт·ч. Электричество, полученное из биогаза ТБО, имеет право на \$ 0,071 за кВт·ч²⁰.

¹⁹ Ibid.

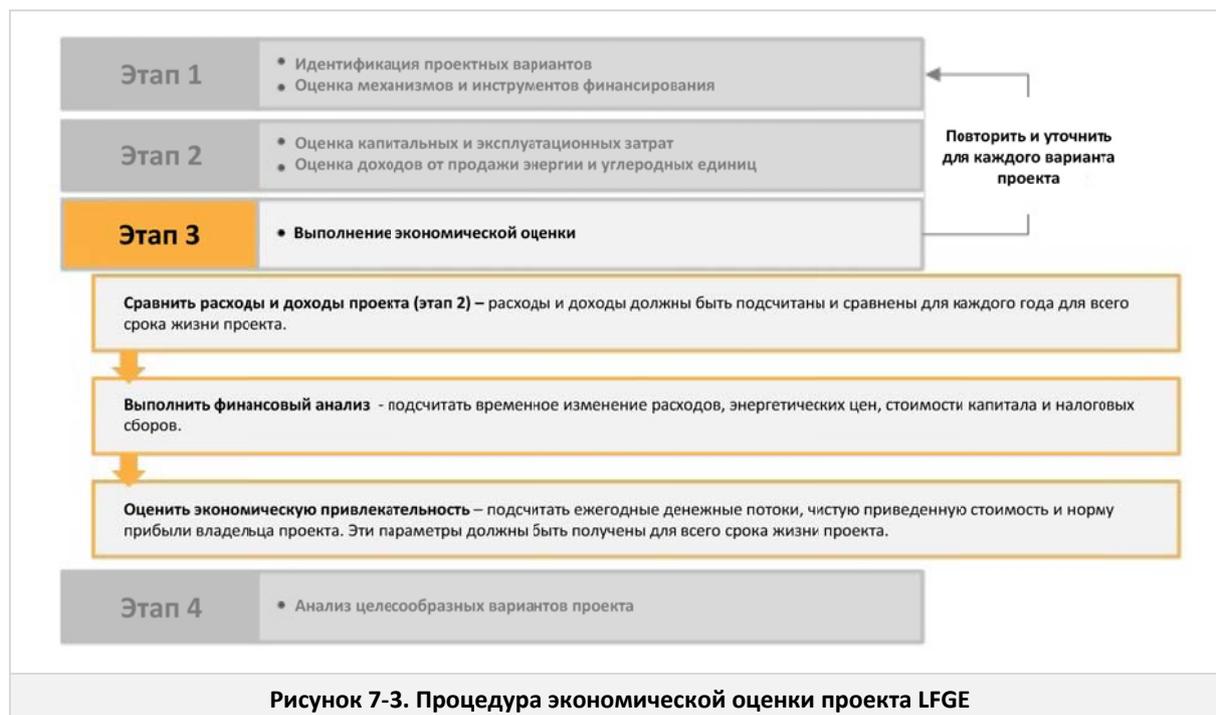
²⁰ International Energy Agency. Global Renewable Energy Policies and Measures. 2010.
<http://www.iea.org/textbase/pm/?mode=re&id=4410&action=detail>.

а также неопределенностью с возможностью и ценой продажи электрической энергии местным распределительным сетям.

7.3 Этап 3: Выполнение экономической оценки

Процесс экономической оценки

Экономическая оценка помогает определить, является ли проект целесообразным для конкретного полигона. Основные этапы этого процесса показаны на рисунке 7-3.



Информация о расходах и доходах, получаемая на этапе 2, является базой для финансового анализа каждого из вариантов проекта. Существует немного публично доступных финансовых моделей для этого вида анализа, и те, что имеются, едва ли могут быть легко адаптированы для условий конкретных стран и проектов LFGE. Общедоступные модели или электронные таблицы могут быть пригодны для начального скрининга, однако, более сложный финансовый анализ, учитывающий большое количество факторов, изложенных в данном руководстве, требуется для определения степени готовности инвестиционного проекта и принятия решения о привлечении собственных средств или финансовой поддержки внешних источников. Разработчики проектов и инвесторы, как правило, проводят финансовый анализ с использованием собственных моделей, адаптированных к условиям региона, страны, а также типу и масштабу проекта, что позволяет получить более надежные финансовые результаты, соответствующие необходимому уровню инвестиционного анализа.

Руководства и методы оценки

Издание РКИК ООН [Guidelines on the Assessment of Investment Analysis](#) содержит общее руководство по расчетам, формату и сравнительному инвестиционному анализу для проектов CDM.

Издание РКИК ООН [Tool for the Demonstration and Assessment of Additionality](#) содержит информацию о том, как выполнить инвестиционный анализ и определить, является ли предлагаемый проект экономически целесообразным.

7.4 Этап 4: Анализ целесообразных вариантов

После завершения первоначального экономического анализа для каждого варианта проекта должно быть проведено сравнение для того, чтобы определить, какой вариант наилучшим образом отвечает целям участников проекта. После сравнения может оказаться, что некоторые опции являются неконкурентоспособными и могут быть отброшены без дальнейшего рассмотрения. С другой стороны, один из вариантов может показать лучшие результаты, поэтому для него будет необходимо провести более детальное исследование. Вполне вероятно, что несколько вариантов энергетического проекта могут оказаться жизнеспособными, в результате может потребоваться сравнительный экономический анализ каждого из вариантов для выбора наиболее перспективного с учетом всех, в том числе и неценовых факторов. Методы сравнения для определения наиболее перспективного варианта включают в себя:

1. Прямое сравнение следующих финансовых показателей для всех вариантов:
 - a. Ежегодные денежные потоки
 - b. Чистая приведенная стоимость
 - c. Покрытие долгов
 - d. Норма прибыли
2. Рассмотрение неценовых факторов.

Неценовые факторы могут повлиять на реализацию проекта LFGE и должны рассматриваться в экономическом анализе. Эти неценовые факторы часто не могут быть учтены количественно в рамках экономического анализа и включают:

- **Наличие, качество и количество биогаза.** Риск обеспечения количества и качества биогаза связан с тремя с тремя обстоятельствами:
 1. Количество отходов, доступных для получения биогаза;
 2. Характеристики отходов, производящих биогаз; и
 3. Условия на полигоне или свалке, определяющие процесс анаэробной декомпозиции с производством биогаза.

Некоторые из видов рисков или неопределенностей могут быть уменьшены с помощью проведения насосных тестов в сочетании с моделированием газообразования для подтверждения фактического качества и количества биогаза. Фактический расход биогаза является одним из основных факторов для определения размеров проекта прямого использования или производства электроэнергии наряду с уточненной моделью газообразования, необходимой для определения экономических показателей проекта²¹. Рисками доступности биогаза можно управлять, применяя консервативные поправки для оценки эффективности сбора биогаза, предусматривая возможность недостачи биогаза. Поэтапное развитие и наращивание мощности проекта помогает минимизировать риски, связанные с капитальными затратами. Неспособность учесть риски может привести к завышенному прогнозу сбора биогаза (и соответствующих доходов), который не будет реализован. Такой прогноз может привести к более высоким затратам по проекту из-за большей мощности оборудования и получению худших по сравнению с ожидаемыми финансовых показателей. Участие в проекте опытных пользователей моделей газообразования и разработчиков проектов может снизить эти риски (см. главу 6).

Производительность и надежность оборудования. Технологии сбора и использования биогаза хорошо развиты и достаточно надежны, однако, условия на конкретных свалках могут ограничивать применение и эффективность выбранных технологий. Тем не менее, усилия квалифицированного персонала, понимающего суть процессов сбора биогаза и основных операций на полигоне ТБО, может снизить риски до минимума²².

²¹ ESMAP. "Handbook for the Preparation of Landfill Gas to Energy Projects in Latin America and the Caribbean." <http://www.esmap.org/esmap/node/1106>.

²² Ibid.

- **Строительство.** Наличие материалов (например, пластиковых труб) может повлиять на график реализации строительства и, как следствие, на стоимость проекта. В некоторых странах такие материалы, как HDPE, могут быть недоступны, их нужно будет импортировать или заменять на аналоги местного производства (например, нержавеющей сталь). Замена может увеличить стоимость или повлиять на надежность проекта.
- **Факторы политического и бизнес-риска.** Следующие факторы могут повлиять на выполнимость проекта и должны быть учтены: валюта и метод платежей, особенности коммерческого права, наличие защиты договоров, а также вероятность коррупции и национализации²³. Многие из этих факторов не поддаются количественной оценке, но представляют собой реальные барьеры для реализации проектов. Валюта, используемая для оплаты инвесторами проекта, также может быть фактором риска. Однако, этот риск может быть уменьшен путем взаимной привязки разных валют (например, местной к евро или доллару) в договоре для защиты от девальвации валюты

Существуют дополнительные факторы, которые следует учитывать для проектов по выработке электроэнергии, такие как:

- **Доступ к электрической сети.** Мощность и расположение точки подключения в локальной сети будет влиять на осуществимость проекта. Расстояние до точки подключения и строительство линии электропередач влияет на экономику проекта (стоимость линии передач будет возрастать с увеличением расстояния). Политика в отношении подключения и величина платы за подключение также может увеличить расходы проекта.

Дополнительные факторы, которые должны быть учтены для проектов прямого использования биогаза, включают:

- **Расстояние от полигона до конечного потребителя.** Месторасположение источника биогаза по отношению к расположению оборудования, потребляющего биогаз, а также принадлежность и вид объектов, расположенных между ними, влияют на выполнимость проекта. Например, если трубопровод должен пересекать водные объекты, то количество пересечений, длина каждого пересечения (направленное бурение под рекой увеличивает расходы), а также наличие мостов необходимо принимать во внимание.
- **Требования конечного потребителя биогаза.** Общее количество биогаза, необходимое для оборудования конечного потребителя, котлов, горелок или печей должно быть рассмотрено с учетом постоянства во времени (24 часа в сутки, 7 дней в неделю) или изменения на ежедневной или сезонной основе. Одним из источников информации является количества подводимого тепла и его изменение во времени с помощью традиционного топлива, замещаемого биогазом. Требования к подготовке биогаза, определяемые видом потребления, также необходимо учитывать, как было описано в главе 4.



Пример: фактор политического риска

Например, разработчик вступает в договор с владельцем полигона для создания, владения и эксплуатации проект LFGE на 15 лет. Если проект национализирован правительством на шестой год контракта, как будут компенсированы затраты разработчика?



Лучшие методы экономической оценки и финансирования

Экономическая жизнеспособность проекта в значительной мере опирается на наличии финансовых механизмов поддержки развития биогазовых ресурсов. Конкретные механизмы зависят от страны, но могут включать налоговые льготы, государственно-частное партнерство, бондовое финансирование, использование муниципальных фондов, кредитные гарантии и гранты. Важно, чтобы заинтересованные стороны имели представление о спектре финансовых механизмов, доступных для их проекта, внимательно оценивали экономическую целесообразность разных вариантов с учетом неценовых факторов и выбирали наиболее жизнеспособный вариант проекта для удовлетворения своих целей.

²³ Ibid.



Лучшие методы реализации
биогазовых энергетических проектов
на полигонах ТБО

Приложение А
Примеры проектов



В приложении А приведены примеры 15 успешных биогазовых проектов на полигонах ТБО в странах-партнерах программы GMI. Каждый пример включает краткую информацию о проекте, достигнутые экологические и социальные результаты, барьеры, преодоленные в ходе реализации проекта. Приводятся ресурсы для получения дополнительной информации, а также контакты для каждого конкретного случая.

Примеры проектов



№.	Название и месторасположение полигона	Тип проекта
1	Полигон Loma Los Colorados, Сантьяго, Чили	Производство электроэнергии
2	Полигон Norte III-B, Буэнос Айрес, Аргентина	Сжигание на факеле, производство электроэнергии
3	Полигон São João, Сан Пауло, Бразилия	Производство электроэнергии
4	Полигон Brazil MARCA, Кариасика, Бразилия	Производство электроэнергии
5	Полигоны Curva de Rodas и La Pradera, Медельин, Колумбия	Сжигание на факеле
6	Полигон Nejara, Нехапа, Сальвадор	Производство электроэнергии
7	Полигон El Verde, Леон, Гуанахуато, Мексика	Сжигание на факеле с переходом на производство электроэнергии
8	Полигон Greenwood Farms, Техас, США	Биометан
9	Полигон Star Ridge, Алабама, США	Прямое использование
10	Полигон Yancey-Mitchell County, Северная Каролина, США	Прямое использование
11	Полигон Barucz, Краков, Польша	Производство электроэнергии
12	Приморский полигон, Мариуполь, Украина	Сжигание на факеле с переходом на производство электроэнергии
13	Полигон Gaoantun, Пекин, Китай	Производство электроэнергии и прямое использование
14	Полигон Jiaozishan, Нанкин, Китай	Прямое использование
15	Полигон Daegu-Bangcheon-Ri, Тэгу, Южная Корея	Прямое использование

Большее количество примеров доступно на сайте GMI: <http://www.globalmethane.org/projects/>.

ПОЛИГОН LOMA LOS COLORADOS ♦ САНТЬЯГО ♦ ЧИЛИ

Полигон Loma Los Colorados расположен в 63 километрах к северу от Сантьяго, Чили, поблизости от селения Монтенегро. Полигон эксплуатируется компанией **KDM Energia S.A.** Полигон принимает 64% твердых бытовых отходов (ТБО), образующихся в регионе Сантьяго, предоставляя услуги по утилизации отходов 24 муниципалитетам. С мая 2003 года более чем 90% образующихся ТБО перевозится по железной дороге от перегрузочной станции, расположенной в районе Quilicura (Киликура, центр Сантьяго). Энергетический биогазовый проект на полигоне Loma Los Colorados был зарегистрирован в качестве проекта **Механизма чистого развития (МЧР)** 17 марта 2007 года. В 2009 году начал работу первый этап проекта с производства электроэнергии мощностью 2 МВт. В настоящее время реализуется этап II, добавлено 9,9 МВт, общая установленная мощность достигла 11,89 МВт. Этап III предусматривает установку дополнительной мощности 21,78 МВт.

Электрическая система в Чили обладает одной из самых простых разрешительных систем в мире. Законы No. 20018 и No. 19440 позволяют владельцу любого объекта электроэнергетики продавать электроэнергию во взаимосвязанную сеть и получать плату за энергию. Дополнительные правила были приняты в 2006 году. Правила предусматривали упрощение доступа к сети для проектов возобновляемой энергетики до 20 МВт, что позволило улучшить экономические и правовые условия для реализации этих проектов.

Информация о проекте может быть найдена на сайте UNFCCC: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1166695034.41/view>, Проект No. 0822: "Loma Los Colorados Landfill Gas Project."

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	
	Год открытия	1996
	Год закрытия (ожидаемый)	2045
	Количество накопленных отходов в 2010 году (тонн)	22 млн
	Проектная мощность полигона (тонн)	100 млн
	Текущая площадь захоронения (га)	70
	Ожидаемая площадь захоронения (га)	210
	Описание проекта	
	Тип проекта	Производство электроэнергии
	Запуск	2009
	Газосборные скважины	280, вертикальные
	Мощность факела/воздуходувки (м ³ /час)	10 000
	Средний поток биогаза в 2010 году (м ³ /час)	8000 при 48% CH ₄
	Среднее снижение эмиссии (тонны CO ₂ э/год)	582 400
Этап I – Общие инвестиции (оценка, USD)	\$3 млн	
Этапы I, II and III – Общие инвестиции (оценка, USD)	\$40 млн	



Полигон Loma Los Colorados



Транспортировка ТБО по ж/д



Факел/газодувка



Электростанция Loma Los Colorados

Экологические преимущества

- Проект сокращает около 582 400 тонн эквивалента эмиссии углекислого газа (CO₂e) ежегодно.
- Улучшает стабильность склонов, уменьшает вероятность возгораний, распространения биогаза и запахов.
- Сводит к минимуму загрязнение воздуха, устраняет выбросы не метановых органических соединений и других загрязняющих веществ.
- Обеспечивает возобновляемую энергию для 200 тысяч жителей.
- Перевозка отходов по железной дороге исключает выбросы ранее используемых грузовых автомобилей.
- Обеспечивает экономичную возобновляемую электроэнергию для сети.
- Диверсифицирует производство электроэнергии в стране, улучшает энергетическую безопасность.

Социальные преимущества

- Создает рабочие места для строительства, эксплуатации и технического обслуживания проекта.
- Ожидается улучшение обслуживания в 14 округах в регионе полигона.
- Регулярно посещается студентами университетов в качестве национального демонстрационного проекта.

Преодоленные барьеры

- Первый биогазовый проект CDM на полигонах ТБО в Чили.
- Отсутствие промышленности поблизости от полигона ограничивает возможности прямого использования биогаза
- Доступ в сеть малых проектов возобновляемых источников энергии был ограничен некоторыми техническими и правовыми факторами.
- Цены на возобновляемую энергию были ограничены: на открытом рынке, цены должны конкурировать с более крупными традиционными источниками энергии.
- К проекту применялись строгие ограничения на выбросы оксидов азота (NO_x), в результате необходимо использование дорогостоящих фильтров NO_x, а также дорогостоящих систем удаления силоксанов.

Дополнительная информация

- Закон о возобновляемой энергетике 20257 был принят в 2008 году. Законом предусмотрено, что, по крайней мере, 5% всей электроэнергии должно быть произведено из возобновляемых источников в 2010 году, и 10% к 2024 году. Стандарт возобновляемой энергии в сочетании с ростом цен в сети привел к повышению выплат проектам использования возобновляемых источников энергии и вызвал всплеск их развития. Другие требования для получения права на подключение к электросети отсутствуют.
- Общий объем инвестиций на этапе II включает затраты на увеличение максимальной проектной мощности 33,67 МВт, подготовку газа, систему контроля дымовых газов, 20-километровую линию электропередач и подстанцию.

Контактная информация

KDM Energia S. A.

Sergio Durandean Stegmann, Gerente General
Av. Isadora Goyenechea No. 3621, Torre B Piso 14,
Las Condes, Santiago, Chile
Phone: +56 2 389-3228
sdurandean@guk.cl

ПОЛИГОН NORTE III-B ♦ БУЭНОС АЙРЕС ♦ АРГЕНТИНА

Полигон **Norte III-B** расположен в районе Сан Мигуел (San Miguel) провинции Буэнос Айрес. Полигон принимает отходы города Буэнос Айрес и некоторых муниципалитетов, расположенных в непосредственной близости от него. В рамках контракта с **Coordinación Ecológica Area Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE)** от 16 декабря 2005 года компания **Ecoayres Argentina S.A.** получила лицензию на сбор биогаза на полигоне. Основной целью проекта было снижение эмиссии парниковых газов с помощью сбора и сжигания биогаза, получаемого в результате анаэробного разложения отходов, включая использование части газа для производства электроэнергии. Ecoayres Argentina S.A. неслла ответственность за строительство и управление системой сбора и сжигания биогаза, а также производство электроэнергии и все необходимые инвестиции в рамках **Механизма Чистого Развития (МЧР)**, в то время, как CEAMSE оставалась владельцем и оператором полигона.

Строительство системы сбора биогаза было начато в марте 2006 года. В октябре 2006 года компания Ecoayres Argentina S.A. завершила первый этап регистрации проекта в рамках механизма МЧР, получив национальное одобрение принимающей страны. Одобрение страны-инвестора – Великобритании – было получено в ноябре 2007 года. В феврале 2007 года компания **Det Norske Veritas (DNV)** закончила процесс валидации. Регистрация проекта завершена 27 апреля 2007 года усилиями **United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)**. Биогазовый двигатель запущен в августе 2010 года.

Информация о проекте может быть найдена на сайте UNFCCC: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1171431768.63/view>, Проект No. 0928: "Methane Recovery & Effective Use of Power Generation Project Norte III-B Landfill."

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	
	Год открытия	2005
	Год закрытия	2010
	Количество накопленных отходов (тонн)	15 млн
	Площадь захоронения (га)	82.5
	Описание проекта	
	Тип проекта	Факел с минимальной генерацией электроэнергии на собственные нужды
	Запуск:	Система сбора март 2008 Биогазовый двигатель август 2010
	Газосборные скважины	270 вертикальных скважин (активных и неактивных)
	Мощность факела/воздуходувки (м³/час)	13 000
	Средний поток биогаза в 2010 году (м³/час)	9200 при 58% CH ₄
	Снижение эмиссии в 2010 году (тонны CO ₂ э)	669 600
	Капитальные затраты (оценка, USD)	\$10 млн



Вид с высоты на полигон Norte III-B



Газосборная сеть

Экологические преимущества

- Сокращение 669 600 тонн эмиссии эквивалента углекислого газа (CO₂e) в 2010 году.
- Уменьшение распространения неприятных запахов.
- Уменьшение рисков взрывов и возгораний.
- Снижение потребления электричества в распределительной сети и уменьшение эмиссии парниковых газов.
- Минимизация загрязнения воздуха, устранение эмиссии неметановых органических соединений и других загрязняющих веществ.

Социальные преимущества

- Создает рабочие места и возможности для обучения, связанные с выполнением проекта.
- Обеспечивает ресурсы для передачи знаний и технологий в Аргентине.

Преодоленные барьеры

- В Аргентине существуют ограниченные возможности для финансирования проекта. Проект не был бы финансово привлекательным без регистрации в качестве проекта МЧР и получения прибыли в результате продажи Сертифицированного Снижения Эмиссии (CERs).
- Недостаток местных технологий и опыта для строительства, эксплуатации и технического обслуживания систем сбора биогаза на полигонах ТБО.

Дополнительная информация

- Стоимость регистрации проекта МЧР составила \$121 652 (USD).

Контактная информация

Ecoayres Argentina S.A.
Ricardo Luis Bocco
Climate Change Unit, Manager
Buenos Aires, C1001AAS, Argentina
Phone: + 54 11 60912819
rbocco@bra.com.ar

Ecoayres Argentina S.A.
Juan Pablo Weihs
Engineering Department
Buenos Aires, C1001AAS, Argentina
Phone: + 54 11 60912822
jpweihs@bra.com.ar

ПОЛИГОН SÃO JOÃO ♦ САН-ПАУЛУ ♦ БРАЗИЛИЯ

Полигон **São João** расположен поблизости от муниципалитета Сан-Паулу (**São Paulo**), крупнейшего бразильского города, ежедневно производящего 15 000 тонн отходов. На полигоне образуется большое количество биогаза, при этом большая часть теряется в атмосфере в результате пассивной дегазации. В июне 1996 года Агентство защиты окружающей среды США (EPA) выполнило исследование, в результате которого было установлено, что на полигоне **São João** может быть реализован проект производства электроэнергии.

В апреле 2006 года Муниципалитет Сан-Паулу инициировал регистрацию проекта и поиск финансирования в рамках **Механизма Чистого Развития (МЧР) United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)**. Город выбрал бразильскую компанию **Biogás Energia Ambiental S/A (Biogás)**, специализирующуюся на сборе биогаза для руководства проектом на полигоне. Компания Biogás начала строительство системы сбора в мае, а электрической станции в июне 2007 года. Эксплуатация проекта началась в 2008 году. Энергетический блок состоит из 16 двигателей индивидуальной мощностью 1.54 МВт. Общая электрическая мощность составляет 22.4 МВт. Три факела сжигают все излишки биогаза, неиспользуемые для производства электроэнергии.

Информация о проекте может быть найдена на сайте UNFCCC: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1145141778.29/view>, Проект No. 0373: "São João Landfill Gas to Energy Project."

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	
	Год открытия	1992
	Год закрытия	2008
	Количество накопленных отходов (тонн)	24 млн
	Площадь захоронения (га)	70
	Описание проекта	
	Тип проекта	Производство электроэнергии
	Запуск	2008
	Газосборные скважины	160 вертикальных скважин
	Мощность факела/воздуходувки (м³/час)	373 при 50% CH ₄
	Средний поток биогаза в 2009 году (м³/час)	11 555 при 50% CH ₄
	Снижение эмиссии в 2009 году (тонны CO ₂ e)	876 797
	Капитальные затраты (оценка, USD)	\$2.8 млн



Станция дегазации (1) & энергетический блок (2)



Схема станции дегазации и энергетического блока



Газовый трубопровод

Экологические преимущества

- Сокращение более 3 млн тонн эмиссии эквивалента углекислого газа (CO₂e) за период с 2007 по 2010 год.
- Минимизация эмиссии парниковых газов и летучих органических соединений в атмосферу, влияющих на загрязнение атмосферы и распространение неприятных запахов.
- Снижение рисков здоровью человека, проблем с возгораниями и фильтратом.

Социальные преимущества

- В соответствии с прогнозом проект должен направлять 85% генерируемого электричества (общая мощность до 22.4 МВт) в распределительные сети Бразилии S-SE-CO.
- Создает рабочие места, связанные со строительством, эксплуатацией и техническим обслуживанием проекта.
- Обеспечивает возможности для обучения студентов через программы передачи технологий "Ver-de-Perto".
- Продвигает модель энергетических биогазовых проектов в Бразилии, которые могут быть воспроизведены.
- Обеспечивает доходы от сокращений выбросов ПГ, которые могут использоваться совместно с муниципалитетом Сан-Паулу, увеличивая доступный денежный поток для других инвестиций по обращению с отходами, таких как закрытие незаконных свалок, повышение уровня осведомленности о надлежащей практике управления отходами и других экологических проектов.

Преодоленные барьеры

- Удаленное расположение, сложности рельефа и ограничения на выбросы в атмосферу NO_x были барьерами для реализации проекта.
- Просчеты с оценкой характеристик линии передачи привели к нерациональному использованию мощности.
- Преобладание производства гидроэлектроэнергии в Бразилии ограничивает стимулы для инвестиций в другие возобновляемые ресурсы.
- В Бразилии в результате отсутствия местных технологий и опыта возможности биогазовых энергетических проектов изучены недостаточно.
- Отсутствие экологических норм для активного сбора и сжигания биогаза из ТБО ухудшает экономическую эффективность проектов по производству электроэнергии.
- Проект São João являлся первым проектом такой величины на полигонах ТБО в Бразилии, поэтому финансовые ресурсы были ограничены из-за наличия рисков. Углеродные доходы имели важное значение для осуществления этого проекта.

Дополнительная информация

- Даже не достигнув максимальной электрической мощности в сентябре 2009 года, энергетический проект на полигоне São João был самым крупным проектом, зарегистрированным UNFCCC и одним из самых крупных в мире.
- Стоимость регистрации проекта МЧР составила \$161 888 (USD).

Контактная информация

Руководство проекта:

ARCADIS Tetraplan

Cíntia Philippi Salles / Juliana Justi Pedott

São Paulo, SP, Brazil

CEP 01406 - 200

+55 11 3060-8457

cintia.salles@tetraplan.com.br

iuliana.iusti@tetraplan.com.br

Разработчик проекта:

Biogás Energia Ambiental S/A

Júlio César do Prado

Av. Sapopemba, km 33, Bairro Jardim

São Paulo, SP, Brazil

CEP 08380 - 130

+55 11 2734-8862

iulio@saoioao-ambiental.com.br

ПОЛИГОН BRAZIL MARCA ♦ КАРИАСИКА ♦ БРАЗИЛИЯ

Энергетический проект на полигоне Brazil MARCA является совместной инициативой финансовой экологической компании **EcoSecurities Ltd.** и местной компании **MARCA Construtora e Servicos**, специализирующейся на эксплуатации полигонов ТБО. Целью проекта был сбор и утилизация биогаза на полигоне ТБО компании. Поставщиком оборудования была компания **Biogas Technology Ltd (Biogas)** из Великобритании. В феврале 2004 года EcoSecurities Ltd. подала первый пакет документов (PDD) в рамках **Механизма Чистого развития (МЧР)**. В июле 2005 года EcoSecurities Ltd. подала вторую версию PDD, в которой использовались базовая линия и методология AM0003 "Упрощенный финансовый анализ для проектов сбора биогаза на полигонах ТБО," и которая была одобрена **United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)**. Проект на полигоне MARCA включает 11 МВт установленной электрической мощности. Разработчик планирует расширить систему сбора газа на двух недавно закрытых участках полигона для увеличения потока газа до 2500 м³/ч и генерации электроэнергии.

В августе 2005 года компания MARCA завершила первый этап регистрации проекта МЧР и получила национальное одобрение проекта Бразилией. Одобрение стран-инвесторов – Великобритании и Японии - было получено в сентябре и августе 2005 года соответственно. В ноябре 2005 года компания **Det Norske Veritas (DNV)** завершила процесс валидации проекта. Регистрация проекта UNFCCC завершилась 23 января 2006 года.

Информация о проекте может быть найдена на сайте UNFCCC: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1132565688.17/view>, Проект No. 0137: "Brazil MARCA Landfill Gas to Energy Project."

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	
	Год открытия	1995
	Год закрытия (ожидаемый)	2017
	Количество накопленных отходов в 2005 году (тонн)	1.34 млн
	Проектная мощность полигона (тонн)	4.7 млн
	Описание проекта	
	Тип проекта	Производство электроэнергии
	Запуск	июль 2005
	Газосборные скважины	67 вертикальных скважин
	Мощность факела/воздуходувки (м ³ /час)	1500
Средний поток биогаза в 2011 году (м ³ /час)	662 при 48% CH ₄	
Среднее снижение эмиссии (тонны CO ₂ э)	20 500	
Капитальные затраты (оценка, USD)	\$1.1 млн	



Биогазовый трубопровод



Факельная станция

Экологические преимущества

- Сокращение в среднем на 20 500 тонн эмиссии эквивалента углекислого газа (CO₂e) ежегодно.
- Снижение рисков здоровью человека, проблем с возгораниями и фильтратом, распространением биогаза, уменьшение разрушения стратосферного озонового слоя и образования озона на уровне земли.
- Уменьшение загрязнения воздуха, эмиссии неметановых органических соединений и других загрязняющих веществ.

Социальные преимущества

- Обеспечивает электроэнергию для местной сети, замещая использование ископаемого топлива для производства электроэнергии.
- Демонстрирует передовые практики для улучшения стандартов управления полигонами и вносит вклад в глобальное устойчивое развитие.
- Уменьшает риск токсичного воздействия на местную общину и окружающую среду в результате неконтролируемого распространения биогаза.
- Продвигает чистые технологии и содействует меньшей зависимости от общей сети электроэнергии с помощью локального производства.

Преодоленные барьеры

- Консервативные оценки финансового анализа, проведенного в рамках подготовки проекта, показали, что инвестиции в проект при существующей внутренней норме рентабельности не являются экономически привлекательными.
- Существующее в Бразилии государственное предпочтение для производства гидроэлектроэнергии доминирует в энергетическом секторе и ограничивает стимулы для инвестиций в другие возобновляемые источники энергии.
- Отсутствие адекватного сбора и утилизации биогаза на полигоне было обусловлено существующими нормативами.

Дополнительная информация

- Проект использовал базовый сценарий и процедуру мониторинга (AM0003), в рамках которых показано, что реализация проекта не является базовым сценарием, а снижение эмиссии является дополнительной к той, которая имела бы место без реализации проекта. Стоимость регистрации МЧР составила \$30 000 (USD).

Контактная информация

Руководство проекта:
EcoSecurities Ltd.
Pedro Moura Costa
Director
Oxford, UK
Phone: +44 1865 297483
Pedro@ecosecurities.com

Руководство проекта:
MARCA Construtora e Serviços
Sérgio Almenara Ribeiro
Director
Cariacica, Espírito Santo, Brazil
Phone: +55 27 3337 7748
marcacs@escelsa.com.br

Разработчик проекта:
Biogas Technology Ltd.
Ian Gadsby
Managing Director
Sawtry, Cambridgeshire, UK
Phone: +44 1487 831701
ian.gadsby@biogas.co.uk

ПОЛИГОНЫ CURVA DE RODAS & LA PRADERA ♦ МЕДЕЛЬИН ♦ КОЛУМБИЯ

В январе 2007 года коммунальное предприятие **Empresas Varias de Medellin (EEVVM)** и полигон **La Pradera** подписали соглашение с университетом **University of Antioquia** в Медельине по управлению сбором и сжиганием биогаза на полигонах ТБО. Соглашение, единственное в биогазовом секторе, было подписано не только для осуществления проекта, но и для обеспечения научно-исследовательских и практических возможностей обучения для технического университета и его студентов. Кроме того, университет приобрел акции проекта. Университет опубликовал открытый запрос для поиска стратегического партнера для развития проекта факельного сжигания биогаза в рамках **Механизма чистого развития (МЧР)** одновременно на двух полигонах. В результате было подано четыре предложения. В сентябре 2007 года университет определил разработчиком компанию **Consortium Green Gas Colombia (Green Gas)**, Колумбия. Green Gas приступила к строительству на полигонах в январе 2008 года. Три месяца спустя, университет закончил первый этап регистрации проекта в рамках МЧР и получил национальное одобрение принимающей страны, Колумбии. Разрешение страны-инвестора, Великобритании, было получено после того, как в августе 2008 года был завершен процесс валидации (проверки) проекта с помощью компании **TÜV** из Германии. Проект был зарегистрирован **Рамочной конвенцией Организации Объединенных Наций об изменении климата (UNFCCC)** 6 февраля 2009 года. До этого проекта ни один из полигонов страны не имел активных систем сбора и утилизации биогаза. Пассивные системы сбора существовали, но многие скважины не эксплуатировались, а существующие факельные системы были крайне неэффективными. В результате реализации проекта были установлены активные системы сбора и сжигания биогаза на факеле на обоих полигонах с возможностью дальнейшего производства электроэнергии, которое планируется на полигоне La Pradera.

Информация о проекте может быть найдена на сайте UNFCCC: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/TUEV-RHEIN1218645656.52/view>, Проект No. 2183: "Curva de Rodas and La Pradera Landfill Gas Management Project."

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	Curva de Rodas	La Pradera
	Год открытия	1984	2003
	Год закрытия	2003	2027 (ожидаемый)
	Количество отходов в 2003 году (тонн)	8.5 млн	3.5 млн
	Мощность полигона (тонн)	8.5 млн	10.7 млн
	Текущая площадь под отходами (га)	33	10
	Проектная площадь отходов (га)	33	30
	Описание проекта		
	Тип проекта	Факел	Факел
	Запуск	июль 2008	декабрь 2008
Газосборные скважины	84 вертикальных	45 вертикальных	
Газосборные пункты	10	5	
Мощность факела/воздуходувки (м ³ /час)	3000	2000	
Поток биогаза в 2009 году (м ³ /час)	634 при 37% CH ₄	1465 при 50% CH ₄	
Снижение эмиссии (тонны CO ₂ э)	24 349 (2009)	179 574 (2010)	



Полигон Curva de Rodas и факельная станция



Полигон La Pradera Landfill и факельная станция



Экологические преимущества

- Снижение эмиссии ПГ на 203 923 тонн в эквиваленте углекислого газа (CO₂e) в 2020 году.
- Уменьшение запахов, рисков возгораний и распространения биогаза в окружающую среду.
- Улучшение стабильности склонов в результате уменьшения давления в теле полигона из-за активного отбора биогаза.
- Уменьшение загрязнения воздуха, эмиссии неметановых органических соединений и других загрязняющих веществ.

Социальные преимущества

- Обеспечение возможности исследовательских работ и передачи технологий для университета Antioquia, а также усиление позиций университета в качестве ведущей организации в секторе высшего образования Колумбии. Обеспечение практических возможностей для обучения, связанных с возобновляемыми источниками энергии и изменением климата для студентов технического университета.
- Создание рабочих мест в процессе строительства, эксплуатации и технического обслуживания проекта.
- Доход от полученных единиц сертифицированного снижения эмиссии (CER) используется для проведения исследований в университете Antioquia.
- Дополнительный доход от продажи CERs используется EENV для улучшения экологического менеджмента на полигоне, включая рекультивацию полигона.

Преодоленные барьеры

- Моделирование газообразования привело к переоценке производства биогаза на полигоне Curva de Rodas и, как следствие, переоценке мощности факельного оборудования.
- Расположение полигона La Pradera в сельской местности и отсутствие промышленности в регионе ограничивает возможности прямого использования биогаза.
- Низкие цены на электроэнергию и отсутствие стимулов развития возобновляемой энергетики ограничивает экономическую целесообразность энергетических биогазовых проектов. Кроме того, отсутствие значительного собственного потребления электроэнергии ограничивает потенциал электрогенерирующих проектов.

Дополнительная информация

- Более низкий, чем ожидалось, поток биогаза на полигоне Curva de Rodas привел к неэффективной эксплуатации факельной установки. В результате проект на полигоне Curva de Rodas был выведен из эксплуатации, а факел перемещен в декабре 2009 года на полигон La Pradera для увеличения суммарной мощности сжигания. Green Gas получила одобрение UNFCCC на модификацию PDD проекта МЧР в феврале 2011 года.
- Стоимость регистрации МЧР составила \$31 964 (USD).

Контактная информация

Руководство проекта:
Universidad de Antioquia
Luis Fernando Restrepo Aramburo
Director Oficina de Asesoría Jurídica
Medellín, Antioquia, Colombia
Phone: +57 2 210-6558
luisrestrepoaramburo@gmail.com

Разработчик проекта:
Green Gas
Miguel Delgado
Gerente de Proyectos
Palm Beach, Florida, USA
Phone: +1 561 676-9890
miguel.delgado@greengas.net

ПОЛИГОН НЕЖАРА ♦ НЕХАПА (НЕЖАРА) ♦ САЛЬВАДОР

Полигон Nejara получает твердые бытовые отходы (ТБО) в районе метрополии Сан-Сальвадор с рамках 20-летнего соглашения **MIDES S.E.M. de CV (MIDES)**, владельца и оператора полигона. С 1999 по июнь 2005 года на полигоне было размещено примерно 2,7 млн тонн ТБО. Как ожидается, количество ТБО увеличится до 12,5 млн тонн к 2024 году. Экологическое воздействие, вопросы здравоохранения и безопасности окружающей среды для населения, а также энергетического потенциала были причиной рассмотрения разработчиком проекта и бывшим владельцем полигона **Biothermica Energie Inc. (Biothermica)** технико-экономического обоснования минимизации этих последствий. При этом оценивался и потенциал энергетического использования биогаза. В 2005 году Biothermica заключила соглашение с MIDES для разработки, строительства и эксплуатации системы сбора и сжигания биогаза на факеле, а также строительства электростанции в рамках **механизма чистого развития (МЧР)**.

В сентябре 2005 года Biothermica завершила первый этап регистрации проекта в рамках МЧР и получила национальное подтверждение принимающей страны, Сальвадора. Подтверждение страны-инвестора, Канады, было получено в ноябре 2005 года. Процесс валидации проекта был завершен в декабре 2005 года компанией **Det Norske Veritas (DNV)**. Регистрация проекта **Рамочной конвенцией Организации Объединенных Наций об изменении климата (UNFCCC)** была завершена 12 марта 2006 года. Biothermica начала строительство системы сбора и сжигания на факеле в феврале 2006 года. В марте 2008 года Biothermica продала проект компании **AES Nejara Gas Ltda (AES Nejara)**, дочернему предприятию Корпорации AES. AES Nejara расширила систему сбора биогаза в ответ на увеличение генерации биогаза. Кроме того, AES Nejara разработала проект электростанции мощностью 6 МВт, который был реализован в мае 2011 года. На полигоне имеется потенциал увеличения мощности до 24 МВт.

Информация о проекте может быть найдена на сайте UNFCCC: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1134486361.05/view>, Проект No. 0167: "Landfill Gas to Energy Facility at the Nejara Landfill Site, El Salvador."

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	
	Год открытия	1999
	Год закрытия (ожидаемый)	2024
	Количество накопленных отходов (тонн)	6 млн
	Проектная мощность полигона (тонн)	12.5 млн
	Площадь отходов (га)	80
	Описание проекта	
	Тип проекта	Производство электроэнергии
	Запуск	июнь 2006
	Газосборные скважины	134 вертикальных скважин
	Средний поток биогаза в 2010 году (м ³ /час)	3100 при 48% CH ₄
	Снижение эмиссии в 2010 году (тонны CO _{2e})	196 000
	Капитальные затраты – система сбора, права на биогаз, подключение к электрической сети, энергетический блок 6 МВт (оценка, USD)	\$58 млн



Общий вид установки Nejara



Сбор биогаза на полигоне Nejara

Экологические преимущества

- Проект снизил эмиссию ПГ на 753 560 тонн эквивалента углекислого газа (CO₂e) с 2006 по 2010 год.
- Вклад в устойчивое развитие Сальвадора.
- Уменьшение запахов, рисков возгораний и распространения биогаза в окружающую среду.

Социальные преимущества

- Генерирует управленческие и операционные возможности, ассоциирующиеся с проектом.
- Улучшает условия для экологии и защиты здоровья человека.
- Открывает возможности для социоэкономического развития посредством передачи технологий и сотрудничества с MIDES.
- Вносит вклад в уменьшение зависимости от ископаемого топлива.
- Содействует распространению подобных проектов среди других владельцев и разработчиков проектов, энергетических компаний в Сальвадоре и Центральной Америке.

Преодоленные барьеры

- Финансовый анализ показал, что без прибыли от сертифицированных единиц снижения эмиссии (CER) проект не является экономически привлекательным.
- При отсутствии норм, регулирующих эмиссию биогаза на полигонах ТБО в Сальвадоре, пассивная дегазация полигонов остается наиболее экономически привлекательным вариантом контроля биогаза.

Дополнительная информация

- Проект разрабатывался для двух этапов. Первый этап включает проектирование, строительство и эксплуатацию системы сбора и сжигания биогаза на факеле. Второй этап включает проектирование, строительство и эксплуатацию системы производства электроэнергии.
- Затраты на проект включают капитальные затраты, приобретение прав на биогаз, стоимость электростанции мощностью 6 МВт, подключение и модернизацию электрической сети.
- Стоимость регистрации МЧР составила \$20 000 (USD).

Контактная информация

Разработчик и владелец проекта:

AES El Salvador / AES Nejapa Gas Ltda.

Luis Perez

Plant Manager

San Salvador/El Salvador

Phone: +503 2529-9627

luis.perez@aes.com

ПОЛИГОН EL VERDE ♦ LEÓN ♦ ГУАНАХУАТО (GUANAJUATO) ♦ МЕКСИКА

Promotora Ambiental S.A.B. de C.V. (PASA) - частное предприятие, занимающееся сбором и захоронением отходов в Мехико, владелец и оператор полигона **El Verde**. План реализации проекта на полигоне El Verde заключался в сборе биогаза, использовании его части для испарения фильтрата и сжигании оставшегося биогаза на факеле. После запуска системы сбора и определения количества имеющегося биогаза предполагалась установка трех двигателей мощностью 0.8 МВт каждый для производства электроэнергии. PASA заключила контракт с **MGM International** на подготовку проектной документации (PDD) на сбор и утилизацию биогаза с рамках **Механизма чистого развития (МЧР)**.

Строительство системы сбора, установка системы испарения фильтрата и сжигания биогаза на факеле начались в январе 2009 года и были завершены в конце года. В марте 2009 года PASA завершила первый этап регистрации проекта в рамках МЧР, получив подтверждения принимающей и инвестирующей страны, Мексики. В октябре 2010 года компанией **SGS United Kingdom Limited** был завершён процесс валидации проекта. Регистрация проекта **Рамочной конвенцией Организации Объединенных Наций об изменении климата (UNFCCC)** состоялась 27 октября 2010 года.

Информация о проекте может быть найдена на сайте UNFCCC: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/SGS-UKL1265732335.87/Review>, Проект No. 3378: "Landfill Gas Recovery and Flaring Project in the El Verde Landfill in Leon."

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	Полигон El Verde
	Год открытия	2001
	Год закрытия	2017
	Общая мощность полигона (тонн)	8.5 млн
	Проектная площадь под отходами (га)	60
	Текущая площадь под отходами (га)	30
	Количество отходов в 2007 году (тонн)	2.9 млн
	Описание проекта	
	Тип проекта	Факел с переходом на производство э/э
	Запуск	конец 2009
Газосборные скважины	48 вертикальных скважин	
Газодувка/факельная установка (м ³ /час)	1869	
Оценка среднего потока биогаза (м ³ /час)	509 при 50% CH ₄	
Средний поток биогаза на испарителе (м ³ /час)	310	
Годовое снижение эмиссии ПГ, среднее (тонны CO ₂ e)	178 901	
Капитальная стоимость проекта (USD)	\$1.2 млн	



Вид полигона El Verde



Испаритель фильтрата



Газодувка/факел

Экологические преимущества

- Снижение эмиссии ПГ на 178 901 тонн в эквиваленте углекислого газа (CO₂e) ежегодно (среднее).
- Уменьшение распространения запахов и биогаза в окружающую среду
- Уменьшение рисков взрывов и нестабильности склонов.
- Уменьшение загрязнения фильтратом и эмиссии метана.
- Минимизация загрязнения воздуха, в том числе неметановыми углеводородами.

Социальные преимущества

- Создание рабочих мест для строительства, эксплуатации и технического обслуживания проекта
- Трансфер технологий в процессе разработки и приобретения оборудования в соответствии с международными стандартами, качеством, надежностью, эксплуатационной и экологической безопасностью.

Барьеры

- Передовые способы обращения с ТБО требуют больших инвестиций и высоких эксплуатационных расходов по сравнению с простым захоронением на полигонах. С учетом ограниченного опыта этих альтернативных процессов в Мексике, предложенный проект МЧР в значительной мере опирался на передачу технологий и поддержку МЧР.
- Значительные инвестиции необходимы для сбора биогаза, эксплуатации и технического обслуживания, испарения фильтрата и приобретения другого технического оборудования. Без регистрации в соответствии с МЧР проект не был бы привлекательным с финансовой точки зрения.
- PASA должно было обеспечить выполнение спецификаций и требований охраны окружающей среды как на международном, так и на местном мексиканском уровне. Правила Мексики не всегда могут быть реализованы, так как они не указывают минимальные требования в отношении количества собранного, сжигаемого или утилизированного биогаза.

Дополнительная информация

- Проект обеспечивает возможности для обучения и ресурсы для исследований. PASA заключила договора с университетом Nuevo León и Fundación Mundo Sustentable (Фонд устойчивого мирового развития) для разработки курса об изменении климата.
- Стоимость регистрации МЧР составила \$32 280 (USD).

Контактная информация

Руководство проекта:
Promotora Ambiental S.A.B. de C.V. (PASA)

Dr. Alfonso Martínez Muñoz

R&D Manager

Leon, Guanajuato, Mexico

Phone: +52 8113664637

E-mail: amartinezm@pasa.mx

Ricardo Lopez

Landfills Manager of Promotora Ambiental

Phone: +52 8113664628

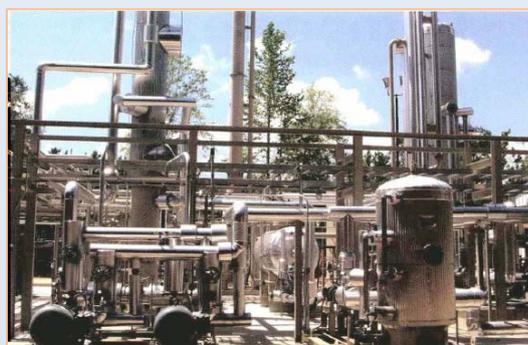
E-mail: rlopezlo@pasa.mx

ПОЛИГОН GREENWOOD FARMS ♦ ТЕХАС ♦ США

Полигон **Greenwood Farms** расположен в штате Техас, США и принадлежит городу **Тайлер (Tyler)**. Администрация Тайлера и оператор полигона **Republic Services, Inc.** заключили партнерское соглашение с разработчиком **Morrow Renewables, LLC** для реализации проекта производства биометана. В течение 9 месяцев компания Morrow построила систему сбора биогаза, смонтировала установку по обогащению биогаза и газопровод. Установка для производства биометана очищает и обогащает биогаз для продажи в газовый трубопровод Gulf South с начала 2009 года. Проект использует современные технологии для удаления углекислого газа, паров воды, сероводорода и других загрязняющих биогаз компонентов. Полученный газ качественно соответствует природному газу, содержит более 95% метана и имеет теплотворную способность близкую природному газу. Таким образом, полигон может получить доход от продажи биометана при относительно небольшом количестве биогаза. Собранный биогаз/биометан, ранее сжигаемый на факеле, в настоящее время используется для отопления домов и коммерческих предприятий.

Информация о проекте содержится на сайте Агентства защиты окружающей среды США (EPA) программы LMOP: <http://www.epa.gov/lmop/projects-candidates/profiles/greenwoodfarms.html>.

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	
	Год открытия полигона	1989
	Год закрытия полигона (ожидаемый)	2020
	Количество накопленных отходов (тонн)	5.0 млн
	Проектная мощность полигона (тонн)	67.0 млн
	Текущая площадь отходов (га)	33
	Проектная площадь отходов (га)	81
	Описание проекта	
	Тип проекта	Биометан, аналог природного газа
	Запуск	апрель 2009
	Газосборные скважины	60 вертикальных скважин
	Средний поток биогаза (м ³ /час)	2718
	Среднее снижение эмиссии ПГ (тонн CO ₂ e/год)	189 000



Полигон Greenwood Farms

Экологические преимущества

- Уменьшает ежегодно эмиссию ПГ в среднем около 189 тысяч тонн эквивалента углекислого газа.
- Автопарк полигона использует заправочную станцию сжатого природного газа (CNG), расположенную на полигоне. Компания Морроу на добровольной основе минимизирует негативное воздействие парниковых газов на полигоне, при этом не требуется контроль в соответствии с «новым федеральным стандартом эффективности» EPA.

Социальные преимущества

- Создаются рабочие места, связанные со строительством, эксплуатацией и техническим обслуживанием проекта.
- Достигается ежегодное сбережение энергии эквивалентное отоплению 5400 домов.

Преодоленные барьеры

- Основным барьером для широкого коммерческого использования биометана является эффективное, экономически выгодное удаление примесей из собранного биогаза. Некоторое время реализация биогазовых проектов для получения биометана газопроводного качества была нецелесообразной, потому что такие проекты требуют достижения высокого уровня очистки биогаза. Разработчики проектов предпочитали собирать биогаз и использовать его для производства электроэнергии по этой причине, что в этом случае можно использовать необогащенный биогаз, а электроэнергия может быть продана в сеть, удовлетворяя местные энергетические потребности. Такая бизнес-модель приводит к большему снижению эмиссии парниковых газов по сравнению с производством биометана - аналога природного газа, а также имеет некоторую привлекательность для местных общин, получающих пользу от превращения биогаза в местный источник электричества. Однако недавние достижения в области технологии очистки биогаза сократили соответствующие расходы, что сделало обогащение биогаза не только выгодным долгосрочным предприятием, но и более чистым с экологической точки зрения. Проект на полигоне Greenwood Farms является примером, в котором сравнительно большие инвестиции в газопровод биометана используются в качестве экологического инструмента для получения максимального экологического результата.

Дополнительная информация

- Очищенный и обогащенный биогаз продается владельцу трубопровода Gulf South.

Контактная информация

Руководство проекта:

City of Tyler
Dan Brotton
Solid Waste Director
414 N. Bois D'Arc Avenue
Tyler, TX 75702
Phone: +1 903-531-1388

Разработчик проекта:

Morrow Renewables, LLC
Luke Morrow
President
P.O. Box 60480
Midland, TX 79711
www.southtexrenewables.com

ПОЛИГОН STAR RIDGE ♦ АЛАБАМА ♦ США

Полигон **Star Ridge** расположен в штате Алабама, США, и принадлежит компании **Veolia Environmental Services (ES)**. Кирпичная компания **Jenkins Brick**, расположенная в Монтгомери, Алабама, построила новый завод (**Jordan Plant**) рядом с полигоном с целью использования биогаза в качестве топлива для завода. Компания **Jenkins Brick** выбрала место для строительства завода на основании исследования, выполненного консультантом **CH2M HILL** в 2003 и 2004 годах, а также других критериев, например, наличия качественного сырья, системы железнодорожного транспорта и других бизнес факторов. Контракт был подписан между **Jenkins Brick** и владельцем полигона в ноябре 2004 года. Энергетический компонент проекта был разработан самостоятельно компанией **Jenkins Brick**, в то время, как компания **CH2M HILL** разработала проект трубопровода длиной 9.6 километров и контролировала его прокладку. Новый кирпичный завод был запущен в октябре 2006 года.

Информация о проекте содержится на сайте Агентства защиты окружающей среды США (EPA) программы LMOP: <http://www.epa.gov/lmop/projects-candidates/profiles/jenkinsbrickjordanplantla.html>.

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	
	Год открытия полигона	1982
	Год закрытия полигона (ожидаемый)	2060
	Количество отходов в 2009 году (тонн)	2.3 млн
	Проектная мощность полигона (тонн)	35.9 млн
	Площадь отходов (га)	15.8
	Описание проекта	
	Тип проекта	Прямое использование
	Запуск	январь 2007
	Газосборные скважины	33 вертикальные скважины 3 горизонтальные скважины
	Средний поток биогаза (м³/час)	1274 при 53% CH ₄
	Среднее снижение эмиссии ПГ (тонн CO _{2e} /год)	88 500
	Капитальные затраты (USD)	\$4 млн



Полигон Star Ridge and завод Jenkins Bricks

Экологические преимущества

- Уменьшение потребления и снижение эмиссии ПГ от использования ископаемого топлива.
- Около 40% энергетических потребностей предприятия покрываются за счет биогаза. Предполагается, что эта величина достигнет 100% в течение 10 лет, уменьшая потребность в электроэнергии от источников, работающих на ископаемом топливе.

Социальные преимущества

- Кирпичный завод является самым крупным из построенных в США и создает большое количество рабочих мест в сельской местности штата Алабама.
- Полезное применение ранее не используемого альтернативного источника энергии, позволяющее сберечь финансовые ресурсы.

Преодоленные барьеры

- Компания Jenkins работала для поиска путей, позволяющих избежать потенциального воздействия на водораздел реки Верхняя Кахаба (Upper Cahaba River Watershed). Водораздел находится рядом с полигоном, новый завод должен был располагаться также в пределах водораздела. Компания Jenkins разместила предприятие за пределами водораздела, хотя это и потребовало строительства дорогого 9.6-километрового трубопровода

Дополнительная информация

- Этот проект является первым случаем в Соединенных Штатах, когда завод построен рядом с полигоном специально для использования биогаза в качестве топлива. В 2004 году в результате возросшего спроса на продукцию компания Jenkins решила расширить производство и начала с оценки и отбора полигона ТБО в качестве источника энергии из органических отходов. Компания оценила сотни существующих полигонов в восьми штатах. Оценка включала обзор полигонов, оценку экономических факторов для каждого перспективного полигона, определение потребностей в топливе для обжига кирпича, оценку существующих систем сбора биогаза, прогноз генерации биогаза для каждого полигона.
- Компания Jenkins получила финансирование на проект программы LMOP в 2006 году и премию губернатора Алабамы за достижение в деле защиты качества воздуха в 1999 и 2007 годах.

Контактная информация

Руководство проекта:
Veolia ES Star Ridge Landfill
Scott Corley, Area Manager
Moody, AL
Phone: 205-640-1799

Разработчик и конечный потребитель:
Jenkins Brick Company
Mike Jenkins V
Vice President, Production
201 N. Sixth Street
Montgomery, AL 36104
Phone: 334-834-2210
mike.jenkins@jenkinsbrick.com

ПОЛИГОН YANCEY-MITCHELL COUNTY ♦ СЕВЕРНАЯ КАРОЛИНА ♦ США

Полигон **Yancey-Mitchell** находится в штате Северная Каролина, США. Полигон управляется **округом Янси (Yancey County)**. Полигон расположен в сельской местности, где произрастают уникальные виды местной флоры. После закрытия полигона в 1994 году три организации — **Blue Ridge Resource Conservation and Development Council (BRRC&D)**, **HandMade in America (HandMade)** и **Mayland Community College (MCC)** объединились для разработки и реализации биогазового энергетического проекта, а также создания Центра возобновляемой энергии EnergyXchange.

В 1996 году BRRC&D, местное отделение Министерства сельского хозяйства США, начало поиск новых способов получения и использования биогаза на полигоне ТБО. С помощью технико-экономического обоснования, проведенного Агентством США по охране окружающей среды (EPA) в рамках программы LMOP, было установлено, что качество биогаза на полигоне достаточно для использования в качестве источника энергии. В настоящее время тепловая энергия собранного биогаза используется в гончарных и стеклодувных печах, в теплицах и других зданиях, расположенных на полигоне. HandMade и MCC обеспечили ресурсы, необходимые для создания на полигоне мастерских для местных художников, работающих с керамикой и стеклом. Система была введена в эксплуатацию в апреле 1999 года, Центр возобновляемой энергии EnergyXchange открыт для бизнеса в 2001 году.

Информация о проекте содержится на сайте программы LMOP:
<http://www.epa.gov/lmop/projects-candidates/profiles/energyxchangerenewableene.html>.

Дополнительная информация на сайте Центра возобновляемой энергии EnergyXchange: <http://www.energyxchange.org/>.

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	
	Год открытия полигона	1973
	Год закрытия полигона	1994
	Количество накопленных отходов (тонн)	0.35 млн
	Площадь отходов (га)	2.4
	Описание проекта	
	Тип проекта	Прямое использование
	Запуск	апрель 1999
	Газосборные скважины	8 вертикальных скважин 2 горизонтальные скважины
	Средний поток биогаза (м³/час)	60 при 50% CH ₄
	Среднее снижение эмиссии ПГ (тонн CO _{2e} /год)	4000
	Капитальные затраты (оценка, USD)	\$2 млн



Центр возобновляемой энергии EnergyXchange



Теплица



Стеклодувная студия

Экологические преимущества

- Снижение эмиссии ПГ в среднем на 4000 тонн эквивалента углекислого газа (CO₂e) ежегодно.
- Уменьшение количества смога.

Социальные преимущества

- Проект демонстрирует силу партнерства и может быть образцом для других проектов на региональном, национальном и международном уровнях.
- Энергетический проект создает рабочие места, связанные со строительством, эксплуатацией и обслуживанием проекта, в том числе три постоянных рабочих места.
- В теплице используются отопительные котлы на биогазе и древесных отходах, здесь из семян выращиваются местные виды растений для продажи в оптовые торговые сети. Посетители узнают об инновационных способах распространения и сохранения редких видов местной флоры. Организовано 15 частных предприятий по выращиванию местных видов растений.
- В ремесленных мастерских местные умельцы используют гончарные и стеклодувные печи, нагреваемые с помощью собранного биогаза, для создания предметов искусства, которые продаются в местной галерее. Художники платят символическую плату за использование газа, в течение первых 10 лет эксплуатации проекта было сэкономлено в общей сложности около одного миллиона долларов по сравнению с использованием традиционных видов топлива.
- Две новые стекольные и пять новых гончарных мастерских было открыто в этом районе.

Преодоленные барьеры

- Считалось, что полигон Yancey-Mitchell County слишком мал для коммерческого использования. Однако, данный пример показывает, что энергетические проекты на небольших полигонах также могут быть успешными.

Дополнительная информация

- Центр возобновляемой энергетики EnergyXchange включает четыре теплицы, три неотапливаемые площади, художественную галерею, центр для посетителей, гончарные и стеклодувные мастерские.
- Проект получил премию 1999 года в номинации LMOP's Community Partner.
- Центр EnergyXchange установил подовую гончарную печь для использования новых видов топлива из отходов.
- Центр EnergyXchange недавно завершил модернизацию основных объектов, установив новые котлы.

Контактная информация

EnergyXchange
66 EnergyXchange Drive
Burnsville, NC 28714
Phone: 828-675-5541
info@energyxchange.org

ПОЛИГОН BARYCZ ♦ КРАКОВ ♦ ПОЛЬША

Полигон **Barycz** находится в Кракове, Польша и принадлежит компании **Kraków Municipal Cleaning Ltd. (MPO Sp. z o.o.)**. Полигон развивался в три этапа. Первая и вторая очереди полигона закрыты, третья находится в процессе эксплуатации.

Проект сбора и утилизации биогаза финансировался в основном за счет владельца и оператора полигона, а также Фонда **Instrument for Structural Policies for Pre-Accession (ISPA)/Cohesion**. До начала строительства **Польская академия наук** подготовила технико-экономическое обоснование на полигоне и предложила устройство системы сбора биогаза. Газодувка и факельная станция были установлены в 1994 году. После этого были установлены четыре двигателя внутреннего сгорания, по одному в 1998, 1999, 2002 и 2008 годах. В совокупности генерирующая мощность этих двигателей составляет 1,3 МВт со средним выходом 1,0 МВт. В настоящее время около 600 м³/ч биогаза с содержанием метана 55% производится из более чем 3,4 млн тонн отходов. Полигон продает не только электричество, но и связанные с ним Зеленые Сертификаты, которые добавляют 280 польских злотых (примерно \$ 80 USD/ МВт·ч) к обычной цене на электроэнергию.

Информация о проекте может быть найдена на сайтах MPO и GMI:

<http://www.mpo.krakow.pl> и http://www.globalmethane.org/documents/events_land_101411_tech_klimek.pdf.

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	
	Год открытия	1974
	Год закрытия (ожидаемый)	2016
	Количество отходов в 2002 году (тонн)	3.4 million
	Общая информация	4.2 million
	Площадь отходов (га)	10.8
	Проектная площадь отходов (га)	36
	Описание проекта	
	Тип проекта	Производство электроэнергии
	Запуск	май 1998
	Газосборные скважины	70 вертикальных скважин
	Газосборный пункт	1
	Мощность газодувки/факела (м ³ /час)	1000
	Средний поток биогаза (м ³ /час)	600 при 55% CH ₄
Среднее снижение эмиссии ПГ(тонн CO _{2e} /год)	55 000	



Двигатели на полигоне Barycz

Экологические преимущества

- Снижение эмиссии ПГ в среднем на 55 000 тонн эквивалента углекислого газа (CO₂e) в год.
- Уменьшение распространения неприятных запахов, на которое поступали жалобы местного населения.

Социальные преимущества

- Отзывы средств массовой информации и общественности о проекте были положительными.

Преодоленные барьеры

- Расстояние между газодувкой и факельной станцией и системой утилизации биогаза было достаточно велико, что потребовало монтажа крупной трубопроводной сети.
- Имели место случаи блокировки горизонтальных газосборных трубопроводов жидкостью. Будущие планы предполагают установку только вертикальных скважин.
- Некоторое оборудование было закуплено в Германии, что сделало эксплуатацию и техническое обслуживание достаточно дорогим. Предполагается, что в дальнейшем будут использоваться только местные производители оборудования.

Дополнительная информация

- Тепло от двигателей используется для обогрева зданий на полигоне.
- Участок компостирования был запущен в эксплуатацию в 2005 году; мощность участка 6000 тонн в год. Здесь компостируются только зеленые садово-парковые отходы для того, чтобы сделать процесс более контролируемым и обеспечить высокое качество компоста. Компост используется на полигоне, а также продается внешним потребителям.
- Сортировочная линия введена в эксплуатацию в 2006 году и может сортировать приблизительно 20 000 тонн отходов в год.

Контактная информация

Krystyna Flak
Miejskie Przedsiębiorstwo Oczyszczania Sp. z o.o.
31-580 Kraków
1 Nowohucka Street
Phone: 012 646 22 02
utylizacja@mpo.krakow.pl

ЗАКРЫТЫЙ МАРИУПОЛЬСКИЙ ПОЛИГОН ♦ МАРИУПОЛЬ ♦ УКРАИНА

Приморский (закрытый) полигон расположен в городе Мариуполь, Украина, и является собственностью города Мариуполь. Полигон находится на западной границе города в районе, используемом для промышленных и коммерческих целей. До своего закрытия в 2008 году полигон принимал бытовые и коммерческие отходы Мариуполя. В процессе эксплуатации на полигоне наблюдалось значительное накопление фильтрата и атмосферных осадков, имели место случаи возгораний. После закрытия на полигон может завозиться грунт и строительные отходы.

В августе-сентябре 2008 года Программа развития использования метана на полигонах ТБО (LMOF) Агентства защиты окружающей среды США (EPA) как часть партнерства Глобальные метановые инициативы (GMI) осуществила насосные тесты на полигоне. Результаты теста показали, что количество биогаза на полигоне может быть достаточным для факельного сжигания и производства электроэнергии. В феврале 2009 года городской Совет Мариуполя принял решение о передаче права реализации проекта сбора и утилизации биогаза на двух полигонах ТБО в Мариуполе компании **TIS Eco**. Компания TIS Eco в партнёрстве с «**Научно-техническим центром Биомасса**» начала строительство системы сбора в июне 2009 года. Система была запущена в феврале 2010 года. В августе 2010 года **Национальное Агентство экологических инвестиций Украины** подписало письмо-одобрение для проекта **Совместного Осуществления (JI)** "Сбор и использование метана на полигонах твердых бытовых отходов в г. Мариуполь, Украина".

Информация о проекте может быть найдена на сайтах GMI и UNFCCC:

<http://www.globalmethane.org/activities/actSiteDetailsForLandfill.aspx?myObjId=a09A0000004vISCIa2> и

<http://ji.unfccc.int/JIITLProject/DB/ZEVLVPNJNVYMFSAZCZ1ARDFO2JTY7/details>.

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	
	Год открытия	1967
	Год закрытия	2008
	Общая мощность полигона (тонн)	2.1 млн
	Площадь полигона (га)	12.3
	Описание проекта	
	Тип проекта	Сжигание на факеле с переходом на э/э
	Запуск	Февраль 2010
	Газосборные скважины	43 вертикальных скважин
	Газосборные пункты	3
	Газодувка/факельная установка (м³/час)	160-800
	Средний поток биогаза в 2010 году (м³/час)	390 при 50% CH ₄
	Среднее снижение эмиссии (т CO ₂ э/год)	40 000-75 000
	Стоимость проекта – сбор и сжигание (оценка, USD)	\$867 000



Монтаж трубопроводов



Газосборная скважина



Факельная станция

Экологические преимущества

- Снижение эмиссии ПГ от 40 000 до 75 000 тонн эквивалента углекислого газа (CO₂e) в год.
- Уменьшение распространения запахов и биогаза вокруг полигона.
- Минимизация загрязнения воздуха путем устранения опасных органических компонентов биогаза и других загрязнителей.
- Улучшение стабильности склонов и уменьшение вероятности возгораний.
- Улучшение управления фильтратом, уменьшение его количества и токсичности.

Социальные преимущества

- Создает рабочие места для строительства, эксплуатации и технического обслуживания проекта.

Преодоленные барьеры

- Украинские свалки относительно невелики, отсутствие достоверных технических данных и финансовой помощи местных властей делает реализацию проектов сложной задачей. Для преодоления этих барьеров программа GMI оказывала техническую помощь в процессе подготовки проекта и способствовала выявлению частных инвесторов (например, на презентации проекта, состоявшейся в 2010 году в Нью-Дели, Индия).

Дополнительная информация

- Собранный биогаз будет направляться на двигатели для производства электроэнергии и подачи ее в распределительную сеть. Часть производимой электроэнергии будет компенсировать потребности системы сбора и распределения биогаза. Тепловая энергия, получаемая в процессе генерации электричества, представляет собой альтернативный источник и может использоваться близлежащими потребителями, например, кирпичным заводом. Излишек биогаза может сжигаться на факеле.
- Ожидается, что система сбора биогаза будет функционировать до 15 лет.
- Стоимость регистрации проекта совместного осуществления составила \$ 20 000 (USD).

Контактная информация

Руководство проекта:
Mariupol City Council
Yuri Khotlubey
Mayor
87500, Ukraine, Donetsk Region
Mariupol, 70 Lenina Ave
Phone: +38 (0629) 33-22-40
gorsovet@marsovet.org.ua

Разработчик проекта:
TIS Eco Company
Victor Savkiv
President, TIS Group Companies
01862, Ukraine, Kyiv Region
Chabany, vul. Mashinobudivnikiv, 1
Phone: +38 (044) 251-05-81, 82, 83
vsavkiv@tiseco.com.ua

ПОЛИГОН GAOANTUN ♦ ПЕКИН ♦ КИТАЙ

Полигон Gaoantun представляет собой санитарный полигон, владельцем и оператором которого является компания **Beijing Chaoyang District Garbage Innocent Disposal Center (CDGIDC)**. В феврале 2007 года **Агентство защиты окружающей среды США (EPA)** организовало встречу с представителями муниципалитета для изучения потенциала использования биогаза на полигоне. Полигон был отобран для проведения насосного теста. В конце того же года EPA реализовало тест и подготовило предварительную технико-экономическую оценку производства энергии из биогаза на полигоне. В настоящее время биогаз используется для производства электроэнергии с помощью трех двигателей внутреннего сгорания мощностью 500 кВт, одного двигателя мощностью 1000 кВт, а также для обеспечения котла мощностью 700 кВт. Котел работает в течение 24 часов в сутки зимой и 3-4 часа в течение других сезонов года. Общая генерирующая мощность проекта составляет 2.5 МВт. Центр CDGIDC планирует увеличить мощность до 5 МВт.

Информация о проекте может быть найдена на сайте программы GMI:

<http://www.globalmethane.org/activities/actSiteDetailsForLandfill.aspx?myObjId=a09A0000004vJolAM>.

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	
	Год открытия	2002
	Год закрытия (ожидаемый)	2022
	Количество накопленных отходов в 2007 году (тонн)	4.19 млн
	Проектная мощность полигона (тонн)	8.0 млн
	Площадь полигона (га)	30
	Описание проекта	
	Тип проекта	Производство э/э & прямое использование
	Запуск	2007
	Газосборные скважины	150 вертикальных скважин
	Газосборные пункты	5
	Средний поток биогаза в 2011 году (м ³ /час)	2500 при 60% CH ₄
	Среднее снижение эмиссии (тонны CO ₂ э)	34 000



Вид с воздуха на полигон Gaoantun



Типичная скважина на полигоне Gaoantun

Экологические преимущества

- Ожидается, что после полного внедрения проект снизит эмиссию ПГ на 306 000 тонн эквивалента углекислого газа за счет производства электроэнергии и 213 000 тонн CO₂e за счет прямого использования биогаза с 2008 по 2022 год включительно.
- Снижение распространения неприятных запахов и миграции биогаза в окружающую среду.
- Уменьшение использования ископаемых видов топлива.

Социальные преимущества

- Обеспечивает доход от продажи электроэнергии в местную электросеть и продажи сертифицированных сокращений выбросов (CERs).
- Обеспечивает тепловую энергию для промышленных или сельскохозяйственных нужд.

Преодоленные барьеры

- В результате существующих проблем на близлежащих свалках, фактическое поступление отходов на полигон Gaoantun было выше, чем предполагалось первоначально, в результате проектная мощность полигона будет исчерпана до ожидаемого закрытия в 2022 году.
- Экономическая целесообразность проекта прямого использования зависит от стоимости модернизации оборудования для сжигания биогаза и цены, которую готов заплатить потенциальный потребитель за энергию биогаза.

Дополнительная информация

- До проведения оценки EPA на полигоне был установлен поршневой двигатель мощностью 500 кВт и генератор для выработки электроэнергии и обеспечения собственных нужд очистных сооружений для фильтрации.
- Часть биогаза по-прежнему сжигается на факеле. Это означает, что существуют инвестиционные возможности для расширения продуктивного использования биогаза. Кроме того, в дополнение к энергии, используемой на полигоне, энергия может продаваться потенциальным потребителям в районе полигона.
- Образование и сбор биогаза уменьшаются в результате снижения количества отходов. Эта тенденция, появившаяся в 2009 году, продолжается из-за политики Пекина, направленной на полный запрет захоронения необработанных отходов к 2012 году. В результате, начиная с 2009 года, увеличиваются объемы отходов, посылаемые на соседний мусоросжигательный завод.

Контактная информация

**Beijing Chaoyang District Garbage Innocent
Disposal Center**

Mr. Zhang Quanhong

Beijing, China

Phone: +86 10 6541 7383

ZQH70226@sohu.com

ПОЛИГОН JIAOZISHAN ♦ НАНКИН (NANJING) ♦ КИТАЙ

Полигон Jiaozishan обслуживает город Нанкин, Китай и принадлежит компании **Nanjing Yunsheng New Energy Development Company, Limited (NYNED)**. Полигон расположен в сельской местности и состоит из трех частей. Первая и вторая части используются для сбора и утилизации биогаза, в то время, как третья часть полигона закрыта и оборудована пассивными вентиляционными отводами для сброса биогаза в атмосферу.

В августе 2006 года принимающая сторона – Китай – одобрила проект сбора и утилизации биогаза на полигоне Jiaozishan, и был начат процесс регистрации в рамках **Механизма чистого развития (МЧР)**. В апреле 2007 года консультант проектов МЧР компания **CAMCO International Limited** инициировала валидацию проекта с привлечением компании **SGS United Kingdom Limited** из Великобритании. Проект был зарегистрирован в **United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)** 30 ноября 2007 года и окончательно одобрен в августе 2009 года. Компания NYNED начала строительство в октябре 2005 года и установила два котла и факел. Факел сжигает излишек газа в случае низкой нагрузки на котлах или остановок для сервисных работ. Котлы были установлены в мае 2006 года и начали работать двумя месяцам позже. Факел был запущен в сентябре 2010 года.

Информация о проекте может быть найдена на сайте UNFCCC:

<http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/SGS-UKL1178631263.99/view>, Проект No. 1120: "Jiaozishan Landfill Gas Recovery and Utilisation Project."

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	
	Год открытия полигона	1992
	Год закрытия (ожидаемый)	2022
	Количество отходов в 2005 году (тонн)	2.8 млн
	Проектная мощность полигона (тонн)	5.5 млн
	Общая площадь полигона (га)	28
	Описание проекта	
	Тип проекта	Прямое использование
	Запуск	Июль 2006
	Мощность факела/воздуходувки (м³/час)	2000
Средний поток биогаза (м³/час)	1130 при 53% CH ₄	
Среднее снижение эмиссии (тонны CO ₂ э)	153 000	



Оборудование на полигоне Jiaozishan

Экологические преимущества

- Проект уменьшает эмиссию ПГ на 153 000 тонн эквивалента углекислого газа (CO₂e) ежегодно.
- Обеспечивает подачу тепла в город, снижая зависимость от угля, нефти и электричества.
- Снижает распространение неприятных запахов и биогаза в окружающую среду.
- Снижает риск возникновения пожаров.

Социальные преимущества

- Демонстрирует использование новых технологий, полученных в рамках международных партнерств, и облегчает передачу технологии для других проектов по управлению биогазом по всему Китаю.
- Служит в качестве модели для распространения опыта по управлению биогазом в Китае как один из самых ранних проектов сбора биогаза, реализованных в стране.
- Создает рабочие места, связанные со строительством, эксплуатацией и техническим обслуживанием проекта.

Преодоленные барьеры

- Полигон является одним из первых санитарных полигонов в Китае и представляет собой типичный полигон среднего размера. Предыдущие попытки сбора биогаза на свалках не были экономически успешными. Этот проект дает возможность понять, каким образом можно успешно собирать биогаз для последующего использования.

Дополнительная информация

- Биогаз сжигается в котлах для получения пара, который нагревает воду через теплообменники. Тепло, получаемое при сжигании биогаза, как ожидается, будет также использоваться для нагрева воды, например, в близлежащих коммерческих учреждениях, таких как гостиницы или бани. Горячая вода будет также подаваться потребителям в городе Нанкин. Этот проект является первым примером прямого использования биогаза из ТБО в Китае. Стоимость регистрации проекта МЧР составила \$ 29 148 (USD).

Контактная информация

Nanjing Yunsheng New Energy
Development Co., Ltd
Li Jianping
Phone: +86 25 5274 1184

ПОЛИГОН DAEGU-BANGCHEON-RI ♦ ТЭГУ (DAEGU) ♦ РЕСПУБЛИКА КОРЕЯ

Полигон **Daegu-Bangcheon-Ri** расположен на юго-востоке Кореи в городе Тэгу (Daegu). Проект сбора и переработки биогаза на полигоне Daegu Bangcheon-Ri первоначально был реализован в качестве мероприятия, ограничивающего распространение запаха, загрязнения воздуха и возгораний ТБО. В 2004 году компания **Taegu Energy & Environment Co. Ltd. (TEEC)** подписала контракт с **Daegu Metropolitan City (Daegu City)** на строительство и эксплуатацию системы сбора и утилизации биогаза. TEEC также подписала договор с **Korea District Heating Corp (KDHC)** на поставку биогаза для производства и снабжения тепловой энергией жилых и коммерческих зданий в зоне обслуживания KDHC. В январе 2006 года администрация города Тэгу объявила, что биогазовый проект на полигоне Daegu-Bangcheon-Ri будет рассмотрен в рамках **Механизма чистого развития (МЧР)**.

В январе 2005 года TEEC начала строительство, которое включало установку вертикальных скважин, факел, газодувку, систему подготовки биогаза с фильтрами и скрубберами, а также емкость для хранения биогаза. В январе 2007 года в Тэгу был завершен первый этап регистрации проекта в рамках МЧР для получения одобрения принимающей страны, Кореи. Разрешение стран-инвесторов, Швейцарии и Великобритании, было получено вскоре после национального одобрения. В мае 2007 года был завершен процесс проверки (валидации) проекта компанией **Lloyd's Register Quality Assurance Limited (LRQA)**. Регистрация проекта в **United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)** была завершена 19 августа 2007 года.

Информация о проекте может быть найдена на сайте UNFCCC: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/LRQA%20td1168417374.37/view>, Проект No. 0851: "Daegu Bangcheon-Ri Landfill CDM Project."

РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА	Общая информация	
	Год открытия полигона	1990
	Год закрытия (ожидаемый)	2026
	Количество отходов в 2009 году (тонн)	14.7 млн
	Проектная мощность полигона (тонн)	24.8 млн
	Общая площадь полигона (га)	59.7
	Описание проекта	
	Тип проекта	Прямое использование
	Запуск	2006
	Мощность факела/воздуходувки (м³/час)	150
Поток биогаза в 2009 году (м³/час)	5400 при 48% CH ₄	
Снижение эмиссии в 2009 году (тонны CO ₂ э)	307 300	
Project Capital Cost (estimated, USD)	\$20 млн	



Вид с воздуха на полигон Daegu-Bangcheon



Газгольдер для биогаза

Экологические преимущества

- Уменьшение эмиссии ПГ на 307 300 тонн эквивалента углекислого газа (CO₂e) в 2009 году.
- Снижение распространения неприятных запахов, загрязнения воздуха и риска взрывов.
- Снижение последствий изменения климата с помощью контроля эмиссии метана в атмосферу и замещения ископаемых видов топлива.

Социальные преимущества

- Вклад в устойчивое развитие посредством использования альтернативных источников энергии.
- Создание экономических выгод с помощью использования газа средней калорийности.
- Финансовые доходы от продажи сертифицированных сокращений эмиссии (CERs).

Преодоленные барьеры

- Успешное завершение процесса регистрации проекта МЧП показало, что распределение CERs не было должным образом согласовано всеми сторонами, участвующими в проекте. Проблема была решена с помощью арбитража и привела к созданию Корейского углеродного юридического общества (Korean Carbon Law Society) для помощи в решении вопросов, связанных с эмиссией парниковых газов.

Дополнительная информация

- Стоимость регистрации проекта МЧП составила \$ 79 474 (USD).

Контактная информация

Руководство проекта:
Taegu Energy & Environment Co., Ltd
Dr. Suk-hyung Lee
President & CEO
Daegu, Republic of Korea
Phone: +82 52-593-1893
tkjung@teeco.co.kr

Разработчик проекта:
Daegu Metropolitan City
Bum-il Kim
Mayor
Daegu, Republic of Korea
Phone: +82 53-803-4262
hskim@daegumail.net



Лучшие методы реализации
биогазовых энергетических проектов
на полигонах ТБО

Приложение В
Техника
безопасности



Как и в случае эксплуатации других промышленных объектов, в процессе строительства и эксплуатации проектов LFGE существуют риски для персонала и других лиц, находящихся в непосредственной близости от объекта. Соблюдение мер по технике безопасности и охране здоровья может значительно уменьшить эти риски. Владелец полигона или свалки ТБО, а также разработчик проекта должны тщательно оценить все аспекты выполнения проекта, связанные с охраной здоровья и безопасностью персонала или других причастных лиц, обеспечить соблюдение местных и государственных норм охраны здоровья и техники безопасности. Должны быть разработаны соответствующие меры на конкретных полигонах для решения этих проблем и содействия безопасной и продуктивной эксплуатации проекта. Эти соображения включают знание типов опасностей, инструкции и процедуры, обучение использованию оборудования и вопросы безопасности на полигоне.

Типы опасностей

Разнообразные опасности присутствуют на полигонах и свалках ТБО, в частности, во время реализации проектов сбора и утилизации биогаза. Примеры распространенных проблем включают:

- **Биогаз** - биогаз содержит метан, который является взрывоопасным при определенных условиях. Метан может обладать удушающим действием, замещая кислород в замкнутых пространствах. Курение и использование других источников воспламенения должны быть запрещены в районах с потенциальной эмиссией биогаза, соответствующие предупреждающие знаки должны быть размещены на видных местах. Биогаз может содержать сероводород (H₂S), который представляет значительную опасность для персонала, воздействуя на дыхательные пути человека.
- **Строительство/бурение** – бурильные и строительные работы в процессе сооружения системы сбора и управления биогаза (GCCS) могут генерировать потенциальные опасности, связанные с возможностью падения в шурф скважины, ударами, воздействием пыли и биогаза, экстремальными погодными условиями.
- **Химические / биологические** – используемые на полигоне химические вещества и отходы могут представлять опасность. Необходимо тщательно следовать инструкциям по обращению с химическими веществами, соблюдать соответствующие правила работы и использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ) при контакте с отходами.
- **Природные** - персонал должен быть обучен распознаванию опасностей, связанных с насекомыми, животными и ядовитыми растениями. Оценка опасностей, связанных с реализацией проекта, должна включать данный вид опасности. Необходимо иметь в виду, что природные опасности могут в значительной мере зависеть от географического расположения проекта.
- **Ограниченные пространства** - замкнутое пространство, полностью или частично ограниченное помещением, не предназначенное для постоянного пребывания персонала, имеющее ограниченный доступ, вход или выход, потенциально опасно. Опасности могут быть вызваны недостатком кислорода, вероятностью возникновения пожара, экстремальными температурами, воздействием химических веществ, риском падений, неконтролируемым перемещением метана (потому что он легче, чем воздух). Необходимо принять меры по идентификации ограниченных пространств на полигоне и разработать мероприятия по контролю опасностей, связанных с ограниченными пространствами, установить требования по использованию персоналом индивидуальных средств защиты.

Инструкции и процедуры

Тщательно разработанные инструкции и процедуры способствуют решению проблем, связанных с охраной здоровья и безопасностью персонала. Ясно написанные и конкретные инструкции имеют важное значение и позволяют персоналу избежать кризисных ситуаций с помощью пошагового выполнения инструкций. В кризисных ситуациях решения и действия должны предприниматься быстро и зачастую на основе неполной информации. В таких ситуациях четко сформулированные и конкретные инструкции и процедуры имеют решающее значение для быстрого реагирования персонала с сохранением требований безопасности.

Типичные инструкции и процедуры соблюдения правил техники безопасности и охраны здоровья включают в себя следующую информацию:

1. **Ближайшая больница** – все сотрудники и официальные лица должны знать месторасположение ближайшей больницы и то, каким образом к ней можно быстро добраться. Получение неотложной медицинской помощи является важным фактором минимизации последствий травм и восстановления после серьезных аварий.
2. **Аварийные процедуры** – процедуры, касающиеся чрезвычайных ситуаций, должны быть описаны ясно, кратко и доступно для всех сотрудников. Ключевым условием эффективных действий в чрезвычайных ситуациях является предварительное знание. Персонал должен быть хорошо знаком и обучен использованию таких процедур до того, как с них возникла необходимость.
3. **Опасности, связанные с полигоном** – полигоны ТБО должны проводить оценку типа и степени опасностей, существующих на полигоне. Опасности могут включать источники взрывоопасного метана, электрические источники, острые предметы, машины или процессы в движении, высокую температуру, воздействие химических веществ, падающие предметы и вероятность падений. После тщательной и документированной оценки, риски, связанные с опасностями, должны быть уменьшены с помощью различных средств - например, пересмотра инструкций и процедур, установки специального оборудования или выбора соответствующих средств индивидуальной защиты.
4. **Средства индивидуальной защиты** – несмотря на то, что предотвращение или контроль опасности в источнике ее возможного возникновения является наиболее эффективным способом защиты персонала, опасности не могут быть устранены полностью, контроль может оказаться неэффективным. В таких случаях персонал должен использовать средства индивидуальной защиты. Примеры СИЗ включают каски, беруши, перчатки и защитные очки.

Обучение использованию оборудования

Типичный биогазовый проект может использовать оборудование, такое, как мобильную технику, воздуходувки и компрессоры, факельные устройства, трубопроводы и подъемники. Каждый из этих видов оборудования имеет собственную специфику и связанные с ней опасности (например, поражение электрическим током, воздействие кинетической энергии, взрывоопасность или высокий уровень шума). Неправильное или неподготовленное использование оборудования может привести к серьезным травмам или смерти. Для безопасной эксплуатации оборудования требуется обучение правилам эксплуатации, знание потенциальных опасностей и аварийных процедур для конкретного типа оборудования. В зависимости от типа оборудования производители могут предлагать обучающие программы.

Безопасность на полигоне

Безопасность на полигоне ТБО включает защиту от несанкционированного доступа, а также безопасность тех, кто ищет возможности несанкционированного проникновения. В дополнение к защите оборудования от несанкционированного доступа посторонними лицами, защита полигона может препятствовать возникновению риска травм неформальных сборщиков мусора и предотвращать доставку нежелательных видов отходов. Обеспечение надлежащей защиты полигона может включать установку и поддержание прочного и непроницаемого ограждения по периметру и ворота, обученных охранников, заполнение журнала посетителей, установку знаков, запрещающих несанкционированный доступ.

