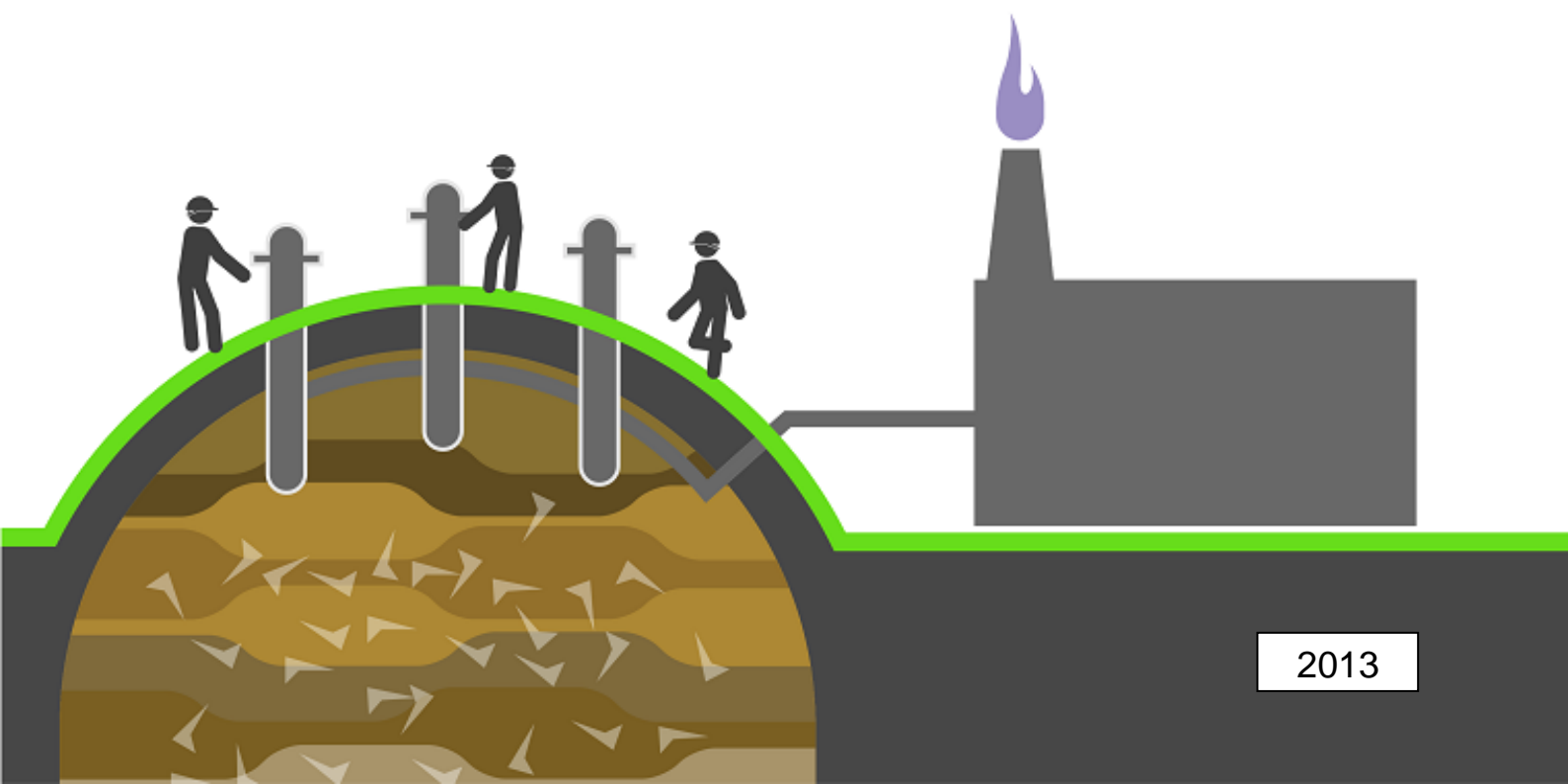




ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ СВАЛОЧНОГО ГАЗА НА ПОЛИГОНАХ ТБО

(аналитическая записка)



2013

Содержание

	Стр.
Введение.....	2
1. Свалочный газ – общие сведения.....	3
2. Свалочный газ: производство, получение, сбор, применение.....	5
3. Системы утилизации свалочного газа.....	11
4. Биогаз - как возобновляемый источник энергии.....	16
5. Использование биогаза в качестве топлива.....	18
6. Мировой опыт переработки (утилизации) свалочного газа на полигонах ТБО.....	21
7. Некоторые зарубежные технологии, проекты и оборудование для переработки биогаза.....	30
8. Отечественная практика утилизации биогаза на полигонах ТБО.....	37
9. Рентабельность систем переработки биогаза на полигонах ТБО.....	39
10. Киотский Протокол – реальный механизм повышения рентабельности и снижения затратной стоимости внедрения технологий комплексной переработки ПБО и утилизации свалочного газа.....	44
11. Обоснование применения технологий переработки свалочного газа на полигонах ТБО г. Владивостока.....	47

Введение.

Бытовые отходы, представляющие собой смесь из органических веществ различного происхождения, являются ничем иным как высококалорийным топливом, не уступающих по энергетике традиционному бурому углю.

Получая энергию из мусора одновременно решается проблема утилизации твердых бытовых отходов (ТБО).

Топливо, получаемое из обыкновенного мусора, бывает:

- Газообразное (биогаз, содержащий метан)
- Твердое
- Жидкое

В настоящее время в различных странах создаются мусороперерабатывающие заводы, оборудованные специальными хранилищами, обустроенными для правильного хранения твердых бытовых отходов с целью получения из них биогаза. Однако, газообразное топливо плохо поддается транспортировке, и поэтому оно как правило используется прямо на месте его добычи для производства тепловой и электрической энергии.

Твердое топливо из ТБО (или RDF) является высококалорийной фракцией, состоящей из бытовых отходов. Данный вид топлива нашел широчайшее применение как дешевый заменитель горючих полезных ископаемых. Оно может заменять такие ресурсы как:

- бурый уголь
- каменный уголь
- нефтепродукты
- древесина

Жидкое топливо - синтетическое дизельное топливо, которое можно использовать в двигателях внутреннего сгорания. Причем, оно выгодно отличается от дизельного топлива, получаемого на основе нефтепереработки, поскольку оно не имеет в своём составе серы, которая засоряет двигатели, что негативно сказывается на их долговечности.

1. Свалочный газ – общие сведения.

Одним из основных способов удаления ТБО во всем мире остается захоронение в приповерхностной геологической среде. В этих условиях отходы подвергаются интенсивному биохимическому разложению с образованием свалочного газа (биогаза). К основным компонентам биогаза относят не только парниковые газы (метан и диоксид углерода), но и такие токсичные соединения как - оксид углерода, оксиды азота, сероводород, диоксид серы. В процессе термического воздействия и возгорания отходов выделяются канцерогенные соединения - бензол, бензапирен. Эмиссия свалочных газов, поступающих в окружающую среду, оказывает негативные эффекты как локального, так и глобального геоэкологического характера.

В результате анаэробного разложения органической фракции отходов из общего количества метана, ежегодно поступающего в атмосферу, 40-70% образуется в результате антропогенной деятельности, причем более 20% из них приходится на объекты захоронения ТБО. Подсчитано, что из одной тонны ТБО образуется около 200 м³ биогаза. При этом первые 15-20 лет при разложении одной тонны ТБО выделяется до 7,5 м³ биогаза в год. В дальнейшем интенсивность выделения биогаза резко сокращается.

В зависимости от содержания метана биогаз имеет теплоту сгорания от 15 до 25 МДж/м³ (3600-4800 ккал/м³), что соответствует 50% теплоты сгорания природного газа. В среднем теплота сгорания биогаза составляет 4200 ккал/м³. По теплоте сгорания 1 м³ биогаза эквивалентен: 0,8 м³ природного газа, 0,7 кг мазута или 1,5 кг дров.

Биогаз является одной из причин возгорания ТБО на полигонах и свалках. При содержании в воздухе от 5 до 15% метана и 12% кислорода образуется взрывоопасная смесь.

Биогаз оказывает также негативное воздействие на растительный покров, угнетая растительность на примыкающих к полигонам ТБО площадях (механизм влияния связан с насыщением биогазом порового пространства почвы и вытеснением из нее кислорода).

Биогаз относится к числу газов, создающих «парниковый эффект» и влияющих на изменение климата Земли в целом. «Конвенция о предотвращении глобального изменения климата» (ратифицирована Россией в 1992 г.) обязывает страны - участницы минимизировать выбросы в атмосферу парниковых газов, таких как метан и диоксид углерода (выброс в атмосферу 1 м³ метана по своим губительным последствиям для изменения климата эквивалентен выбросу в атмосферу около 25 м³ диоксида углерода). В этой связи уменьшение выбросов биогаза в атмосферу обеспечивает не только улучшение экологической ситуации вокруг полигонов ТБО, но и способствует выполнению Россией своих международных обязательств.

Необходимость энергосбережения и снижения загрязнения окружающей среды заставляет более рационально использовать традиционные энергоресурсы, а также искать другие, желательно возобновляемые и недорогие источники энергии, к которым в последнее время все чаще относят твердые бытовые отходы. Бытовые отходы, образующиеся в значительных количествах, как правило, не находящие применения и загрязняющие окружающую среду, являются возобновляемыми вторичными энергетическими ресурсами. В настоящее время интенсивно развиваются два основных направления энергетической утилизации твердых бытовых отходов - сжигание и захоронение с получением биогаза.

Сжигание отходов требует дорогостоящих систем очистки, поэтому более широко распространено во всем мире полигонное захоронение твердых бытовых отходов. Основное достоинство технологии захоронения - простота, сравнительно малые капитальные и эксплуатационные затраты, и относительная безопасность.

Хотя для энергетики развитых стран использование биогаза (ТБО) не имеет решающего значения, но пренебрегать этим источником не следует как по экологическим, так и по экономическим соображениям, что подтверждается опытом ряда государств. В ЕС принята Директива, в которой установлено требование сбора и утилизации свалочного газа со всех свалок, где были захоронены биологически разлагающиеся отходы, для минимизации вредных воздействий на окружающую среду и здоровье человека. Образующийся на свалках биогаз с начала 80-х гг. интенсивно добывается во многих странах. В настоящее время общее количество используемого биогаза составляет примерно 1,2 млрд. м³/год, что эквивалентно 429 тыс. т метана, или 1 % его глобальной эмиссии.

Всего в мире в настоящее время используется или разрабатывается около 60 разновидностей биогазовых технологий.

Принципиальная схема комплексного решения энергоснабжения с использованием биогаза



Объект: Свалка твердых бытовых отходов

Среднее время эксплуатации одной скважины составляет 15 лет, ориентировочный срок окупаемости проекта составляет 4-5 лет.

Министерство природных ресурсов и экологии РФ (Минприроды) утвердило комплексную стратегию обращения с твердыми бытовыми отходами в России. Комплексная стратегия предполагает совершенствование нормативно-правового регулирования деятельности по обращению с ТБО и обеспечение экологической безопасности при сборе, обезвреживании и захоронении ТБО.

2. Свалочный газ: производство, получение, сбор, применение.

Свалочный газ выделяется в результате анаэробного (при полном отсутствии кислорода) отходов органического происхождения на свалках. Гниение мусора происходит благодаря воздействию бактерий, которые принадлежат к двум большим семействам:

- Ацидогены
- Метаногены.

Ацидогены осуществляют процесс первичного разложения мусора на жирные кислоты, что способствует получению свалочного газа, поскольку именно из жира получается максимально возможный выход метана. Метаногены отвечают за переработку летучих жирных кислот в такие вещества как метан (формула CH_4) и диоксид углерода (CO_2).

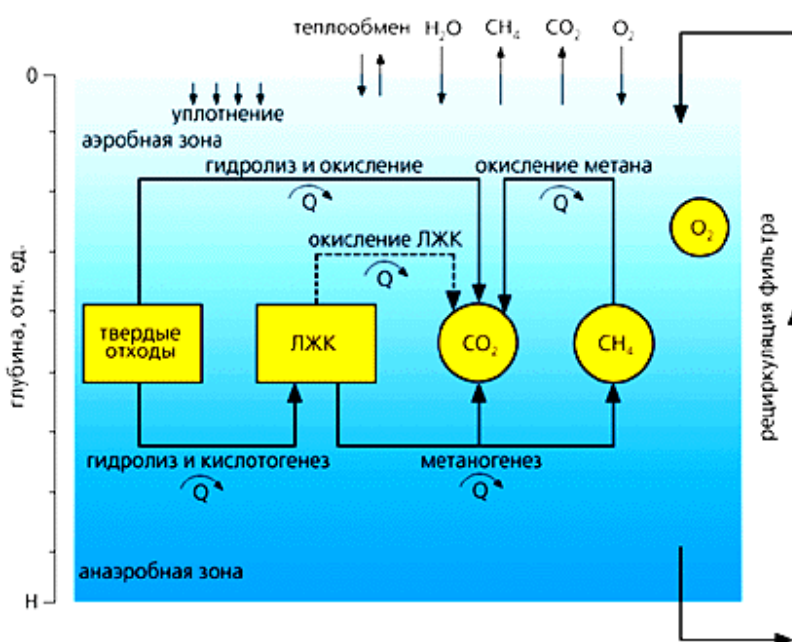


Схема разложения органического вещества твердых бытовых отходов на свалке: движение воды, так же, как и диффузия кислорода в толщу свалки, определяет характер биохимических процессов. Достаточная влажность способствует доступности органических веществ, и прежде всего летучих жирных кислот (ЛЖК) как субстрата для микроорганизмов, и их распространению в пространстве.

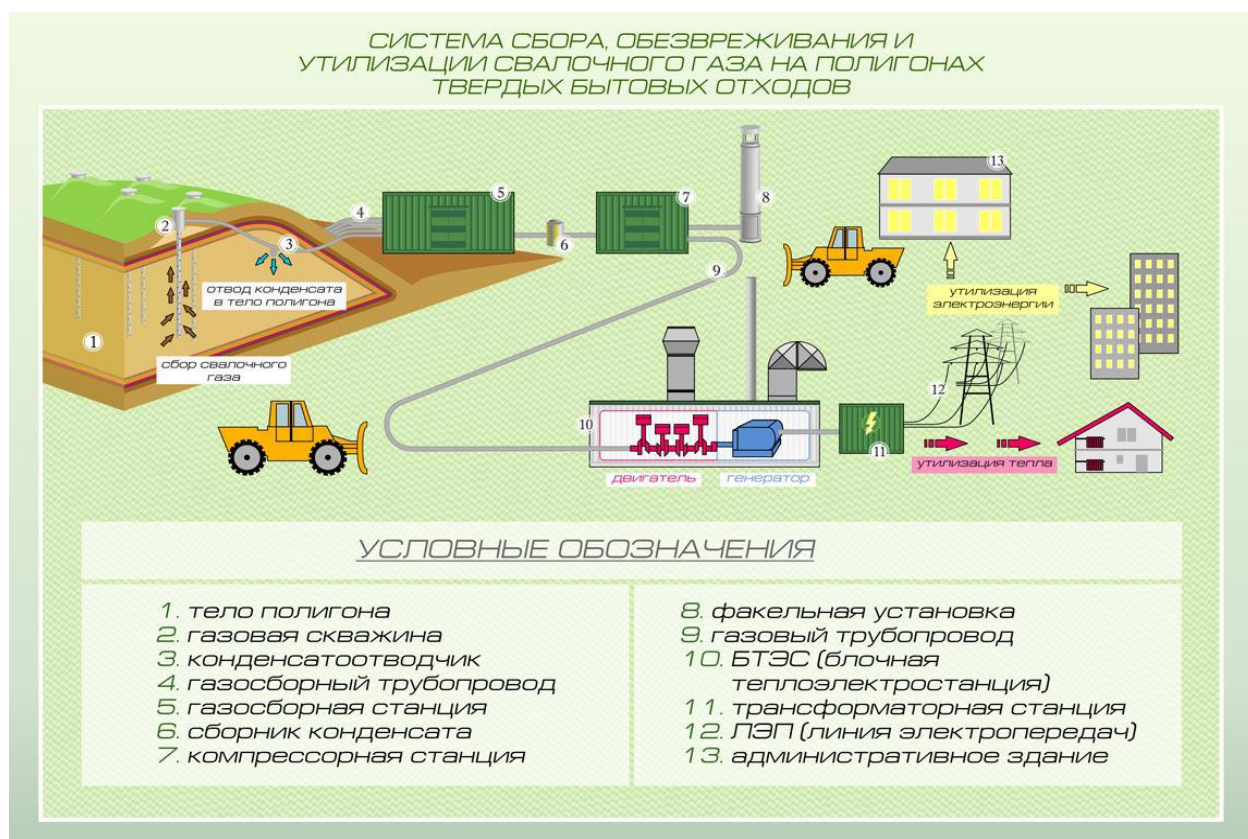
Для того, чтобы начать производство свалочного газа, необходим полигон специальной конструкции, которая бы позволяла собирать газ для его дальнейшего использования в самых различных целях, и отвечала бы всем современным экологическим нормам, не загрязняла почву и грунтовые воды.

Дно вырытого котлована застилается специальной геомембраной, а затем накрывается слоем глины, толщиной приблизительно в метр. Геомембрана представляет собой гидроизоляционный материал, который также способен выполнять и дренирующие функции. Подобная надежная защита необходима для предотвращения проникновения продуктов гниения мусора в почву и в грунтовые воды.

Мусор в котлован вносится слоями, затем, в конце каждого рабочего дня он утрамбовывается машинами-катками и засыпается слоем глины толщиной до 30 см. Это нужно для предотвращения рассеивания мусора под воздействием внешних факторов и уменьшения зловония. После заполнения котлована мусором, он накрывается кровлей и защитным покрытием. В данном случае кровлей является толстый слой глины, уложенной поверх мусора и утрамбованной специальными катками и геомембраны. Защитное же покрытие представляет собой тонкий слой почвы с растительным покровом.

Котлован оснащается специальными инженерными сооружениями, предназначенными для отвода жидких продуктов разложения мусора и сбора свалочного газа. Для этого в теле котлована делаются скважины, устанавливаются трубы и монтируется насосное оборудование.

Содержащий метан свалочный газ, образующийся в процессе разложения мусора, тщательно собирается, после чего он попадает в скруббер – специальный газоочистительный аппарат, который используется различных химико-технологических процессах для очистки газов от примесей. Здесь газ очищается от частиц пыли и ненужных примесей (например, серы) и попадает на компрессор. После этого газ становится готовым к дальнейшему использованию.



Газовые коллекторы - это трубопроводы, проложенные в толще отходов, в которых создается разрежение. Как правило, они выполняются либо вертикально в виде газовых скважин, либо горизонтально в виде перфорированных трубопроводов, однако на практике применяются и другие формы (резервуары, гравийные или щебеночные камеры и др.).

Под сборными газопроводами понимаются газопроводы, находящиеся под разрежением и ведущие к части сборных коллекторов. Для компенсации просадок они имеют гибкое присоединение к газовому коллектору, в узле присоединения располагаются контрольно-измерительные приборы (для измерения давления) и штуцеры для отбора проб газа.

В газосборном пункте объединяются сборные газопроводы. Газосборный пункт может быть выполнен в виде трубы, резервуара и т. п. и размещается в нижней точке с целью обеспечения сбора и отвода выпадающего конденсата. В

газосборном пункте размещаются контрольно-измерительные приборы и устройства автоматики.

Система отведения конденсата - это устройство на газопроводе для сбора и отвода конденсата в низшей точке системы трубопроводов. В зоне разрежения конденсат отводится через сифоны, в области избыточного давления - посредством регулируемых конденсатоотводчиков. Конденсат можно также отводить как в зоне разрежения, так и в зоне избыточного давления с помощью охлаждающего устройства.

Всасывающим трубопроводом называют прямой участок трубопровода перед нагнетательным устройством, здесь также предусматриваются контрольно-измерительные приборы и устройства автоматики.

Нагнетательные устройства (вентилятор, воздуходувка и т. п.) служат для создания разрежения, необходимого для транспорта газа из тела захоронения или для создания избыточного давления при транспортировании газа к месту использования (к факельной установке, к системе утилизации и т. п.).

Компрессорная установка служит для повышения избыточного давления газа.

В машинном отделении размещаются нагнетательные устройства. Традиционными конструкциями являются контейнеры, металлические кожухи или небольшие строения (гаражи, блочные конструкции и т. д.). На крупных установках газонагнетательные устройства располагаются в машинном зале, иногда они могут размещаться на открытых площадках под навесом.

Под трубопроводами для транспорта газа понимается система трубопроводов для отвода газа с полигона под избыточным давлением.

Факельная газовая установка - это устройство, необходимое для полного сжигания газа при отсутствии газопотребления, включая устройства автоматики безопасности и регулирования.

В машинном зале или газосборном пункте размещаются установки для очистки или утилизации газа, а также пульт управления и другие устройства.

Для обеспечения достаточного сбора газа на полигонах выдвигаются следующие требования: создание эффективного разрежения в толще захоронения; минимизация подсосов воздуха; обеспечение долговременной работоспособности системы при механических и статических нагрузках; обеспечение возможности сбора газа при длительной эксплуатации полигона или свалки; увязка производительности системы дегазации с интенсивностью образования газа; возможность расширения системы. Поэтому для сбора биогаза используются трубопроводные системы большой емкости со свободным доступом к ним и по возможности кратчайшей длины. Расположение коллекторов для сбора газа может быть горизонтальным, вертикальным или комбинированным, трубопроводы должны сохранять устойчивость и прочность на протяжении всего срока эксплуатации полигона. На вновь создаваемых полигонах или новых участках полигонов можно с наращиванием высоты отходов откачивать газ снизу или монтировать систему сбора газа с горизонтальными или слегка наклонными газопроводами, которая по мере заполнения полигона дополняется газовыми скважинами. На существующих участках полигонов, как правило, практикуется бурение скважин.

В газовых скважинах вертикальных систем вследствие нагрузки сверху и давления сбоку возникают существенные механические напряжения, которые усиливаются при возникающих просадках за счет «отрицательного

поверхностного трения». Для компенсации просадок скважины при глубине от 10 м необходимо выполнять телескопическими. Требования к материалу скважин обусловлены наличием в теле полигона фильтрата, в котором растворены, наряду с другими веществами, сероводород и органические кислоты. Наличие фильтрата создает коррозионную опасность и вызывает дополнительные напряжения за счет коррозионного растрескивания. По названным причинам при сооружении скважин используются коррозионно-стойкие синтетические материалы, рассчитанные на давление до 1 МПа.

Во избежание расходов на бурение при эксплуатации полигона газовые скважины можно сооружать в процессе заполнения полигона. Технологию проведения работ можно коротко описать так: обсадная труба из стали или синтетических материалов поэтапно возводится одновременно с засыпкой отходов таким образом, чтобы на глубине не менее 2 м (при общей длине около 5 м) она оставалась бы в толще отходов, затем вносится следующий слой отходов примерно на 2 м и уплотняется. Уплотнитель (компактор или бульдозер) может при укладке отходов подъезжать вплотную к обсадной трубе. Затем обсадная труба снова поднимается на 3 м, труба колодца наращивается, а кольцевой зазор засыпается щебнем. За исключением собственно процесса вытягивания обсадной трубы газовая скважина может все время быть соединена с газосборной сетью.

Слабым звеном в газовых скважинах является узел присоединения к сборным газопроводам. Вследствие просадок различной величины (просадки могут достигать до 25 % толщины захороненных отходов, т. е. при высоте засыпки 20 м возможна просадка 5 м) между газовой скважиной и присоединительным трубопроводом может возникнуть сильное напряжение от растяжения. Поэтому переходник часто выполняется из эластичного материала. Применяемые ранее полиэтиленовые шланги обычно становятся хрупкими, особенно под действием солнечного света, появляются трещины, нарушается герметичность. Поэтому сейчас во многих случаях используются рукава из хромированной стали. При монтаже необходимо принимать во внимание, что в таком гибком соединительном элементе не должно образовываться конденсатных мешков, которые могут стать гидравлическими затворами.

Горизонтальные или наклонные системы состоят из дренажных перфорированных трубопроводов диаметром 100-150 мм с отверстиями диаметром 5 мм или щелями размером 5x20 мм., расположенных на разных уровнях захороненных отходов, и обкладываемых пригодным для дренажа материалом (щебнем, гравием, керамзитом, строительными отходами). На конечном участке они выполнены в виде сплошной трубы и на выходе из покровного слоя полигона или из толщи отходов присоединяются непосредственно к сборному трубопроводу. Горизонтальный дренаж прокладывается на достаточно небольшом по вертикали расстоянии (6-8 м). Расстояние по горизонтали между отдельными дренажными трубами составляет около 30 м. Условный диаметр дренажной трубы принимается равным 250 мм, трубы изготавливаются из температуростойких искусственных материалов, так как на существующих полигонах значение температуры в толще отходов достигало 70 °С.

Несмотря на относительно большой диаметр, отдельные ветви системы через несколько лет имеют, как правило, весьма ограниченную производительность, так что после окончательного заполнения соответствующего участка полигона требуется дополнительная дегазация через вертикальные коллекторы.

Газосборные пункты сооружаются у границы полигона в виде блочных бетонных зданий, при эксплуатации которых необходимо соблюдать требования по

взрывозащите. Альтернативным вариантом является размещение узлов сбора газа на открытой площадке.

Сбор свалочного газа является достаточно ответственным делом, поскольку при условии отсутствия должного управления его сбором внутри полигона накапливается избыточное количество газа. Это приводит к увеличению давления, скопившийся газ ищет выход наружу, в результате чего происходит разрушение тела полигона.

Обычно биогаз выходит из реакторов неравномерно и с малым давлением (не более 5 кПа). Этого давления с учетом гидравлических потерь газотранспортной сети недостаточно для нормальной работы газоиспользующего оборудования. К тому же пики производства и потребления биогаза не совпадают по времени. Наиболее простое решение ликвидации излишка биогаза - сжигание его в факельной установке, однако при этом безвозвратно теряется энергия. Более дорогим, но в конечном итоге экономически оправданным способом выравнивания неравномерности производства и потребления газа является использование газгольдеров различных типов. Условно все газгольдеры можно подразделить на «прямые» и «непрямые». В «прямых» газгольдерах постоянно находится некоторый объем газа, закачиваемого в периоды спада потребления и отбираемого при пиковой нагрузке. «Непрямые» газгольдеры предусматривают аккумуляцию не самого газа, а энергии промежуточного теплоносителя (воды или воздуха), нагреваемого продуктами сгорания сжигаемого газа, т.е. происходит накопление тепловой энергии в виде нагретого теплоносителя.

Биогаз в зависимости от его количества и направления последующего использования можно хранить под разным давлением, соответственно и газохранилища называются газгольдерами низкого (не выше 5 кПа), среднего (от 5 кПа до 0,3 МПа) и высокого (от 0,3 до 1,8 МПа) давления. Газгольдеры низкого давления предназначены для хранения газа при малоколеблющемся давлении газа и значительно изменяющемся объеме, поэтому их иногда называют газохранилищами постоянного давления и переменного объема (обеспечивается подвижностью конструкций). Газгольдеры среднего и высокого давления, наоборот, устраиваются по принципу неизменного объема, но меняющегося давления. В практике применения биогазовых установок наиболее часто используются газгольдеры низкого давления.

Вместимость газгольдеров высокого давления может быть различной - от нескольких литров (баллоны) до десятков тысяч кубических метров (стационарные газохранилища). Хранение биогаза в баллонах применяется, как правило, в случае использования газа в качестве горючего для транспортных средств. Основные преимущества газгольдеров высокого и среднего давления - небольшие габариты при значительных объемах хранимого газа и отсутствие движущихся частей, а недостатком является необходимость в дополнительном оборудовании: компрессорной установке для создания среднего или высокого давления и регуляторе давления для снижения давления газа перед горелочными устройствами газоиспользующих агрегатов.

Условия получения биогазов и наличие в их составе вредных и балластных примесей диктуют необходимость предварительной обработки биогаза перед использованием в тепловых установках. Для обеспечения функциональной и эксплуатационной безопасности, а также безопасной работы персонала газ должен быть предварительно очищен от вредных компонентов. Основные этапы при подготовке газа к использованию:

- отделение влаги и взвешенных частиц;
- удаление сероводорода;
- удаление галогенсодержащих соединений;
- удаление углекислого газа;
- сжатие или сжижение (при использовании в качестве горючего для транспортных средств).

После очистки свалочный газ может быть использован следующими способами:

- прямым сжиганием в факелах для производства тепловой энергии;
- применен в качестве топлива для двигателей и турбин с целью получения тепла и электроэнергии.

Под обогащением свалочного газа понимают процесс доведения содержания метана в свалочном газе до 94 -95% (уровня природного газа). Данный процесс осуществляется в специализированных установках. После завершения обогащения свалочный газ может свободно быть использован в городских газовых сетях общего назначения.

Для того чтобы подсчитать точный выход свалочного газа с одного конкретного полигона необходимо учитывать целый ряд различных факторов.

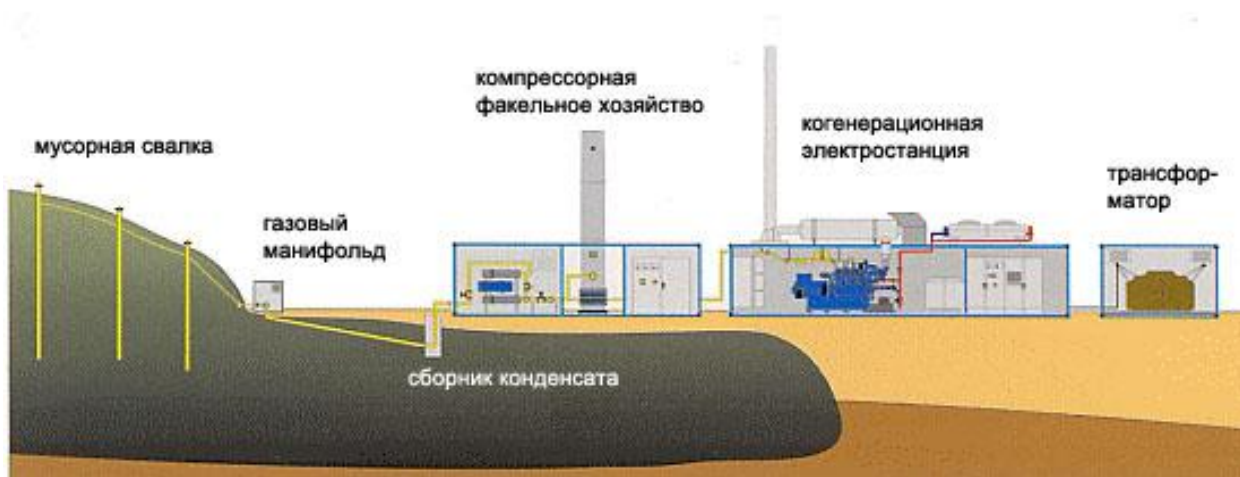
Наиболее оправданным с экономической точки зрения является сбор свалочного газа на тех полигонах ТБО, которые имеют глубину более 10 метров и содержат более 1 миллиона тонн отходов. Желательно, чтобы большая часть отходов на полигоне была не старше 10 лет. При соблюдении данных условий количество собранного свалочного газа обычно составляет не менее чем 5 кубических метров в год с одной тонны твердых бытовых отходов. Это особенно выгодно, поскольку такие объемы добычи будут стабильными на протяжении 20 лет.

3. Системы утилизации свалочного газа.

Описание базовой технологии:

В процессе складирования твердых бытовых отходов в теле полигона ТБО в условиях недостатка кислорода, повышенной температуры и влажности происходит естественное анаэробное разложение органических отходов. Каждый полигон ТБО представляет собой своеобразный биохимический реактор, в недрах которого, в определенных условиях, развиваются процессы анаэробного разложения компонентов органического происхождения, в результате чего генерируется биогаз (свалочный газ).

Основным способом, сбора и утилизации биогаза на полигонах ТБО обеспечивает решение этой задачи, является **технология экстракции (дегазации) массива свалки**.



Для извлечения биогаза из тела полигона твердых бытовых отходов создается система сбора биогаза, которая включает:

- сеть специально оборудованных вертикальных скважин;
- горизонтальные газопроводы 1-го порядка для транспортировки биогаза от скважин до газосборных пунктов;
- газосборные пункта;
- магистральные газопроводы для перемещения биогаза от газосборных пунктов к установке утилизации.

Скважины сооружаются буровым способом по всей площади полигона. Бурение осуществляют на 3/4 глубины полигона. Для обустройства скважин использованы перфорированные полимерные трубы диаметром от 50-160 мм. Газопроводы монтируют в траншеях на глубине 1 м для предотвращения промерзания труб в зимнее время.

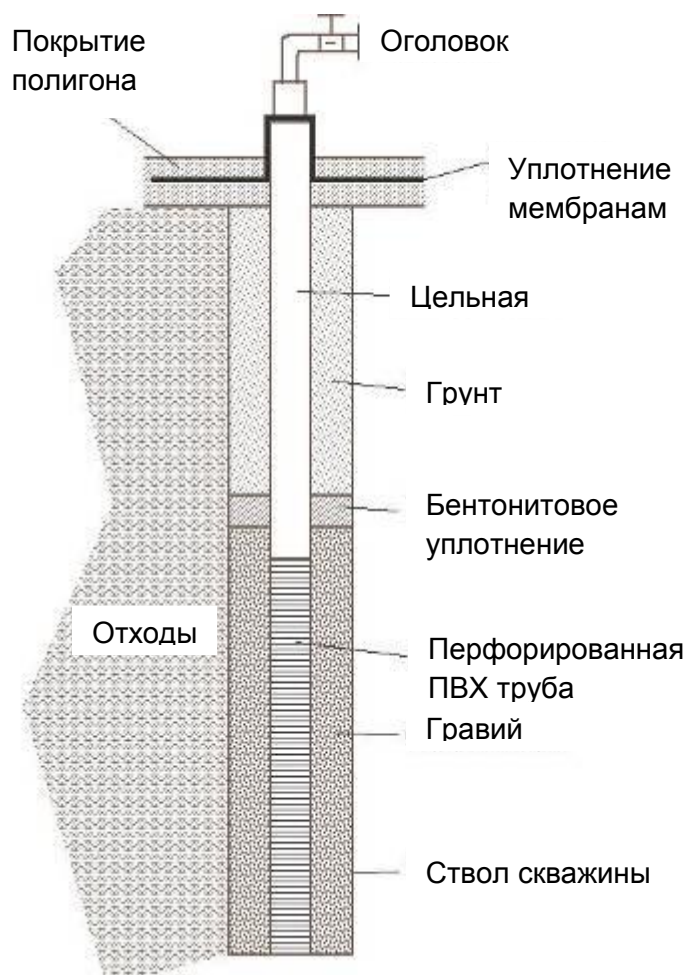
Биогаз по газопроводам первого порядка поступает в газосборные пункты откуда магистральными трубопроводами большего диаметра транспортируется к компактной установки дегазации. Компактная установка дегазации предназначена для постоянного контроля за количеством и качеством биогаза добывается и утилизируется на факеле.

Контроль осуществляется с помощью приборов системы автоматизированного мониторинга куда входят контрольно-измерительные приборы.

Таким образом, в первую очередь строительства входит монтаж трубопроводов, необходимого оборудования компактной установки дегазации с целью утилизации биогаза путем сжигания его на факельной установке и проведение наблюдений за соответствующими показателями.

Утилизация биогаза непосредственным сжиганием - это не единственный способ его устранения. Возможна утилизация биогаза для получения электроэнергии при применении газопоршневого электроагрегата, путем сжигания биогаза в двигателе внутреннего сгорания и преобразования механического движения в электроэнергию.

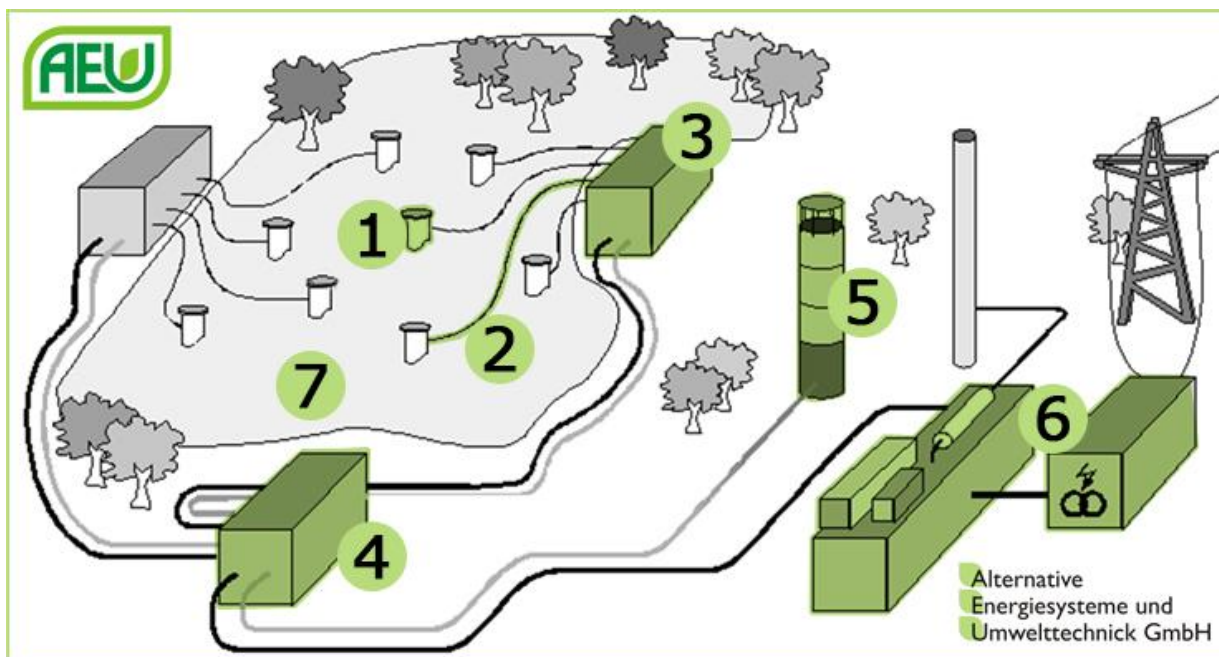
Проектирование систем сбора и утилизации биогаза возможно как на эксплуатируемых полигонах ТБО, так и на закрытых полигонах. Для экстракции свалочного газа на полигонах обычно используется следующая принципиальная схема: сеть вертикальных газодренажных скважин, оборудованных необходимой арматурой, соединяют линиями транспортных газопроводов с аппаратами осушки и очистки, с вентилятором, в которых компрессорная установка создает разрежение необходимое для транспортировки свалочного газа до места использования. Установки по сбору и утилизации монтируются на специально подготовленной площадке за пределами свалочного тела.



Каждая скважина осуществляет дренаж конкретного блока ТБО, условно имеющего форму цилиндра. Устойчивость работы скважины может быть обеспечена, если ее дебит не превышает объема вновь образующегося свалочного газа. Оценка газодуктивности существующей толщи ТБО проводится в ходе предварительных полевых газо-геохимических исследований.

При этом надо учитывать, что для добычи свалочного газа пригодны свалочные тела мощностью не менее 10 м, и экономически целесообразно использовать биогаз через несколько лет после того, как начнет действовать свалка.

Существенные компоненты функционирующей системы активной дегазации полигона ТБО.



1. Газовые коллекторы
2. Газосборочные трубопроводы
3. Пункты сбора газа
4. Газокомпрессорная станция
5. Факел
6. Блочно-модульная теплоэлектростанция (БТЭЦ) и трансформаторная станция
7. Шахта сбора конденсата (располагается в самой нижней точке полигона)

Описание процесса и компонентов системы дегазации полигона ТБО.

Первым этапом планирования системы активной дегазации полигона является определение количества и месторасположения **газовых коллекторов** (вертикальные конструкции в теле полигона ТБО, в которых создается пониженное давление).



Устанавливаются в специальных траншеях и засыпаются гравием и отходами

- Изготавливаются из ПВХ или полиэтиленовых перфорированных труб, диаметром приблизительно 100 мм
- Также могут изготавливаться из вложенных одна в другую труб, диаметром 100 и 150 мм соответственно

На участках полигона, где продолжается складирование мусора, коллекторы устанавливаются в телескопическом исполнении, что позволяет периодически наращивать их по мере заполнения полигона.

Газосборочные трубопроводы являются ведущими к газовым коллекторам газопроводами с низким давлением. Они подсоединены к газовым коллекторам подвижно (для выравнивания при проседаниях грунта). Другой конец присоединен к фланцам газосборочной станции.



- Магистраль биогаза от скважин до газодувок
- Могут располагаться как над, так и под землей
- Обычно используют полиэтилен высокой плотности – иногда ПВХ, если расположены над землей
- Размер выбирают в зависимости от расхода и перепада давлений

- Трубопроводы часто закольцованы (трубы замкнуты в контур) с целью обеспечения альтернативных путей доставки газа
- Трубы устанавливаются под наклоном для облегчения отвода конденсата
- Могут наблюдаться значительные падения давления в связи с тем, что конденсат вызывает блокирующий эффект

Газосборный пункт - это точка, в которой собираются газосборочные трубопроводы. Как правило, этот пункт исполнен в виде газосборочной балки из оцинкованной стали и размещен в корпусе (бетонная оболочка / стальной контейнер). Поблизости газосборочного пункта находится расположенная на низком уровне точка сбора конденсата, в которую отводится конденсат полигонного газа, выделенный в газосборочных трубопроводах и в газосборочной балке. Непосредственно в газосборочном пункте для каждого подведенного газосборочного трубопровода устанавливается кран и технологические отводы для измерения потока газа и концентрации входящих в него компонентов.

Газокомпрессорная станция служит для создания низкого давления с целью отсасывания полигонного газа из тела полигона и/или для создания повышенного давления с целью подачи газа на утилизацию (газовый факел, БТЭЦ и т.п.). В основном применяются радиальные воздуходувки, боковые канальные компрессоры или компрессоры с вращающимися поршнями. Газокомпрессорная станция имеет в наличии оборудование для управления, измерения и регулировки потока газа, а также газоанализатор.

Факел служит для минимизации нагрузки на окружающую среду, поскольку тонна метана просочившаяся из тела полигона в атмосферу в 21 раз вреднее, чем тонна CO₂, образовавшаяся после сжигания метана в факеле. Температура сжигания в

камере сгорания примерно 1000о С, что обеспечивает почти 100 % утилизацию метана. Факел оборудован системой автоматического контроля и аварийного отключения.

Блочно-модульная теплоэлектростанция предназначена для утилизации полигонного газа с выработкой электрической и тепловой энергий. Электроэнергия и тепло могут подаваться в сеть, а могут использоваться для собственных нужд в технологическом процессе сортировки мусора.



Минимальная мощность БТЭС составляет 537 кВт

БТЭС представляет собой газовый двигатель с минимальной мощностью 537-1350 кВт и генератор встроенные в 40-футовый морской контейнер

Электрический КПД – 40,8%

Тепловой КПД – 39,1%

Общий КПД – 79,9%

4. Биогаз - как возобновляемый источник энергии.

До настоящего времени использование возобновляемых источников энергии в России сдерживалось избытком углеводородных топливно-энергетических ресурсов. Вместе с тем, негативные тенденции, наблюдающиеся в системе традиционной энергетики, создали предпосылки для развития отдельных сегментов альтернативной энергетики.

В такой ситуации чрезвычайно актуальным становится вопрос использования возобновляемых источников энергии, одним из которых является биогаз. Энергия, полученная из биогаза, принадлежит к возобновляемой, поскольку происходит из органического возобновляемого субстрата, что придает еще большего значения производству газа на биогазовых установках.

Биогаз возникает в следствии разложения органической субстанции бактериями. Разные группы бактерий разлагают органические субстраты, состоящие преимущественно из воды, белка, жира, углеводов и минеральных веществ на их первичные составляющие — углекислый газ, минералы и воду. Как продукт обмена веществ при этом образовывается смесь газов, получившая название биогаз. Горючий метан (CH_4) составляет от 5 до 85% и является основным компонентом биогаза, а значит и основным энергосодержащим компонентом.

Такой естественный процесс разложения возможен лишь в анаэробных условиях, то есть только при отсутствии проникновения кислорода – в специальных биогазовых установках. Энергия, освобождающаяся вследствие анаэробного процесса, не теряется и вследствие жизнедеятельности метановых бактерий она превращается в молекулы метана.

Сущность процесса получения биогаза заключается в разложении биомассы под воздействием трёх видов бактерий: гидролизных, кислотообразующих, метанобразующих.

Образование биогаза можно разделить на четыре фазы:

1. *Гидролизная фаза.* Во время протекания этой фазы, в результате жизнедеятельности бактерий, устойчивые субстанции (протеины, жиры и углеводы) разлагаются на простые составляющие (аминокислоты, глюкоза, жирные кислоты);

2. *Кислотообразующая фаза.* Получившиеся составляющие на первой фазе разлагаются кислотообразующими бактериями на другие органические вещества (уксусную, пропионовую кислоты, спирты и альдегиды) и неорганические вещества H_2 , CO_2 , N_2 , H_2S . Этот процесс протекает до тех пор, пока развитие бактерий не замедлится под действием образованных кислот;

3. *Ацетогенная фаза.* Под воздействием ацетогенных бактерий из образованных кислот вырабатывается уксусная кислота;

4. *Метаногенез.* Уксусная кислота разлагается на метан, углекислый газ и воду. Водород и углекислый газ преобразуются в метан и воду.

Все эти реакции протекают одновременно, причём метанобразующие бактерии предъявляют к условиям своего существования значительно более высокие требования, чем кислотообразующие.

Весь этот сложный комплекс превращений осуществляет большое количество микроорганизмов – до нескольких сотен видов. Из них преобладающими являются

гидролитические, бродильные, синтрофные и метановые группы. Количественный и качественный состав микроорганизмов сильно зависит от состава сбраживаемых органических веществ и условий, которые создаются в окружающей среде.

Состав биогаза зависит от сероводорода и других газов, параметров проведения процесса. Данные о сравнении состава природного и биогаза приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение природного газа и биогаза

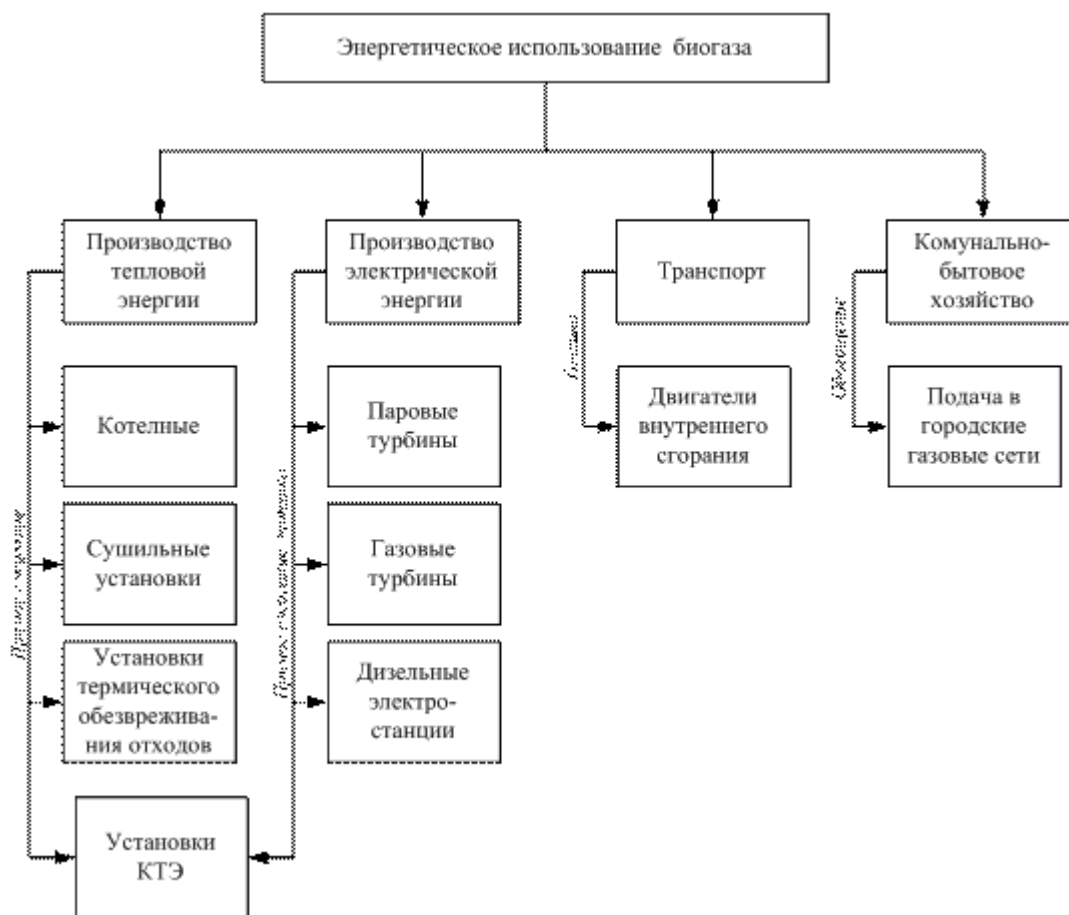
Составляющая	Ед. измерения	Природный газ	Биогаз
Метан	%	85 – 95	55 - 80
Углекислый газ	%	<1.0	20 – 45
Азот	%	4 - 12	-
Кислород	%	<0.5	-
Водород	%	-	<1.0
Сероводород	мг/м ³	50-100	500-5000
Калорийность	МДж/м ³	32 - 35	20 – 29

Энергоемкость биогаза напрямую зависит от концентрации в нем метана. Метан — бесцветный, нетоксичный газ, он легче воздуха, не имеет запаха. При сжигании метана образуется двуокись углерода и водяной пар. При содержании в биогазе свыше 60% метана биогаз считается ценным топливом.

5. Использование биогаза в качестве топлива.

Наибольшие перспективы имеет технология переработки ТБО на полигонах с получением биогаза и дальнейшим его использованием (рисунок 1), так как при этом может быть достигнута дополнительная энергетическая выгода.

Рис. 1 – Энергетическое использование биогаза.



Основные способы использования свалочного газа: сжигание, производство тепловой энергии, электроэнергии, холода, автомобильного топлива, а также когенерация.

Сжигание. В настоящее время биогаз в основном используется в виде энергетического топлива для сжигания в тепловых котлах и различных двигателях-генераторах.

Если биогаз не применяется, то его избыточные объёмы факельно сжигают для предотвращения эмиссии метана в атмосферу. При сжигании метана свалочный газ превращается в углекислый, который так или иначе попал бы в атмосферу при разложении биомассы. Таким образом, использование биогаза в качестве энергии не увеличивает количество атмосферного углекислого газа, а значит, он, аналогично энергии, полученной путём сжигания древесины, является безвредным для природы энергоносителем.

При сжигании биогаза на факеле продажа эмиссионных квот является единственным источником дохода, обеспечивающим его быструю окупаемость и высокую прибыльность.

Тепловая энергия. На 9-10 год эксплуатации полигона, энергетический потенциал утилизации биогаза становится достаточен для начала создания тепличного хозяйства и составляет в качестве котельного топлива 90-92%, а сброс биогаза на факел при этом составит 33,8% от собранного.

Электроэнергия. Производство энергии при использовании биогаза с полигонов ТБО эффективно, но его рыночное использование в качестве энергетического топлива в определенной мере ограничивается высокой стоимостью природоохранных устройств на энергогенерирующих установках.

Существуют два основных варианта производства электроэнергии на месте - с помощью двигателей внутреннего сгорания и газовых турбин. При использовании газа в двигателе внутреннего сгорания, необходима компрессия газа до ~33кРа, в газовой турбине 100кРа.



*Двигатели внутреннего сгорания
(диапазон от 100 кВт до 3 МВт)*

*Газовые турбины (диапазон от 800 кВт
до 0.5 МВт)*



Необходимо учитывать при таком сжати биогаз разогревается до температуры превышающей точку его самовоспламенения $82,5^{\circ}\text{C}$, поэтому его надо охлаждать и для чего также необходима энергия (тепловые сети, локальные отопительные котельные и т.п.).

Теоретический энергетический потенциал биогаза при объемном содержании метана 50% составляет $5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$. При использовании всего добытого газа с КПД = 100%, теоретическая мощность газо-энергетической установки, работающей на биогазе, могла бы составить 600 кВт на 1 млн. $\text{м}^3/\text{год}$ утилизируемого биогаза.

Энергетический потенциал при использовании биогаза составляет в качестве моторного топлива с выработкой электроэнергии 35-37%.

Когенерация. Для проведения процесса когенерации, необходима локальная электростанция, то есть когенерационная установка или мини-ТЭЦ.



Энергетический потенциал при использовании биогаза составляет в качестве моторного топлива с когенерацией электрической и тепловой энергии - от 75% до 87%.

Свалочный газ является качественным топливом для когенерационных установок, вырабатывающих из него электроэнергию и тепло, которые могут использоваться для обеспечения близлежащих предприятий и жилых комплексов. Целесообразность

применения этого способа утилизации свалочного газа бесспорно. Из 100 м³ свалочного газа можно получить от 270 kW до 350 kW электроэнергии и столько же тепла.

Холод. Когенерационные установки начинают давать холод, после установки дополнительного агрегата. Также они могут быть доукомплектованы абсорбированными холодильными агрегатами, которые предназначены из тепла получать холод по принципу абсорбирования: при потреблении 1 kW тепла вырабатывается один 1 kw холода. С точки зрения энергосбережения абсорбционные холодильные машины выгодно применять совместно с когенерационными установками.

Автомобильное топливо. Использование биогаза в качестве моторного топлива обеспечивает значительную экономию топливно-энергетических ресурсов. Главными параметрами такого двигателя до сих пор являются высшая теплота сгорания и так называемое метановое число, характеризующее газ с точки зрения устойчивости к детонации, а специальный газовый смеситель позволяет компенсировать колебания калорийности топлива (что имеет большое значение при использовании, например, свалочного газа).

Для заправки автомобилей свалочным газом устанавливается дополнительная система очистки. После такой системы очистки полученный газ - биометан, полный аналог природного газа (90% метана (CH₄) и 10% углекислого газа (CO₂)) и по составу и по свойствам, отличный только в происхождении. Таким метаном можно и стоит заправлять технику. Сегодня уже существует огромная сеть заправочных метановых станций. В условия подорожания солярки использование метана становится более выгодным. Такая биогазовая заправочная станция окупается менее чем за полгода.

При использовании биогаза технический энергетический потенциал составляет от теоретического:

— в качестве котельного топлива - 90-92%;

— в качестве моторного топлива с выработкой электроэнергии - 35-37%;

— в качестве моторного топлива с когенерацией (совместной выработкой) электрической и тепловой энергии - от 75% до 87% в зависимости от технических решений утилизаторов теплоты.

6. Мировой опыт переработки (утилизации) свалочного газа на полигонах ТБО.

Сейчас **в мире** реализовано более 1100 проектов по использованию свалочного газа. Более 150 полигонов ТБО эксплуатируются как газовые месторождения, 80% из них находится в США, Германии и Великобритании. В заметных объемах биогаз добывается и утилизируется в ряде развитых западных стран: Нидерланды, Франция, Италия, Дания. Большое количество установок по добыче биогаза из свалок имеется в Китае. Есть установки в Мексике, Израиле.

По данным европейской биогазовой ассоциации количество систем сбора и утилизации биогаза на полигонах ТБО в 2002 году составляло: в Германии – 409, Италии – 89, Швеции – 83, Дании – 17. В Финляндии установлено около 30 систем улавливания биогаза на полигонах ТБО. В США существует около тысячи полигонов, на которых биогаз собирается и сжигается в факеле. Примерно третья часть этих полигонов использует биогаз для получения тепловой или электрической энергии.

Объемы годовой газодобычи представлены в таблице 2, из которой следует, что глобальная утилизация свалочного газа составляет примерно 1,2 млрд. куб. м в год, что эквивалентно 429 тыс. тонн метана или 1% его глобальной эмиссии. Таким образом, объем извлекаемого газа по сравнению с объемом его образования ничтожен.

<i>Таблица 2. Масштабы мировой экстракции свалочного газа</i>	
Страна	Объем добычи свалочного газа, млн. куб. м/ год
США	500
Германия	400
Великобритания	200
Нидерланды	50
Франция	40
Италия	35
Дания	5
ИТОГО	1230

В США в настоящее время объем добычи биогаза составляет 500 млн. м³/год. Значительная часть биогаза поступает на электростанции, работающие на газообразном топливе. Суммарная электрическая мощность установок, работающих на биогазе, составляет около 200 МВт. Кроме того, все чаще осуществляется подача биогаза в коммунальные сети газоснабжения.

В Германии на 409 крупных свалках городского мусора имеются сборные пункты биогаза, образующегося при разложении органических компонентов мусора. В

среднем на свалках Германии из 1 т мусора вырабатывается около 100 м³ биогаза. При общем объеме выделения биогаза со свалок в размере 4 млрд. м³/год (что эквивалентно 2 млрд. м³ природного газа), его полезное потребление составляет около 400 млн. м³/год. Биогаз после его очистки используют для получения электрической и тепловой энергии, расходуемой для промышленных целей, и в системах отопления. Количество биогаза, генерируемого на свалках, колеблется от 10 до 1200 м³/ч. Мощность установок для производства электроэнергии из биогаза составляет от десятка кВт до нескольких тыс. кВт, что позволяет обеспечивать энергией от нескольких домов до небольшого поселка. Нередко биогаз используется в качестве топлива в энергетических установках с двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Себестоимость полученной энергии на установках с ДВС примерно в 2-2,5 раза ниже тарифов на электроэнергию для населения.

В Великобритании добывается около 200 млн. м³/год биогаза. Суммарная мощность БиоЭС Великобритании составляет около 80 МВт.

Во Франции добывается около 40 млн. м³/год биогаза. На одной из свалок вблизи Парижа была построена БиоТЭС, использующая биогаз, эмиссия которого составляет 1500 м³/сут.

Свалки **Канады**, в свою очередь, выбрасывают в атмосферу 25% парниковых газов. Но благодаря организованным полигонам выбросы парниковых газов уже сократились на 3,7 млн. тонн в год.

В Финляндии эксплуатируется уже более 30 систем по сбору биогаза практически со всех полигонов размещения отходов. Эти биогазовые насосные станции собирают в течение года такое количество метана, которое эквивалентно более чем миллиону тонн углекислого газа.

Активно занимаются внедрением биогазовых установок в странах **Скандинавии**. Профессор Шведского университета Т. Штерн рассказала, что в Швеции работают уже более 200 установок, из которых 138 — на водоочистных сооружениях, 60 перерабатывают свалочные отходы, в Дании наибольшее количество установок действуют на животноводческих фермах.

Чтобы разумно использовать 35 млн. м³ свалочного газа, ежегодно выделяющегося на свалке Раутенвег под Веной, была создана станция электрической мощностью 7908 кВт; она покрывает потребности в электричестве 25 тыс. квартир. Подобные станции действуют также в Великобритании, Швейцарии, Австралии, Гонконге и других странах.

Крупнейший **дубайский** мусорный полигон Al Ghusais начал производить электроэнергию, путем сжигания метана. Ежедневно на полигон производится вывоз мусора, весом около 5000 тонн. Планируется, что к 2020 году мусорный полигон будет способен вырабатывать 20 МВт электроэнергии. Сейчас завод производит 1 МВт электроэнергии, этого достаточно для работы оборудования и освещения территории полигона, площадью 3,5 кв. км.

В настоящее время европейский рынок биогазовых установок оценивается в 2 млрд долларов, по прогнозам, он должен вырасти до 25 млрд. к 2020 г. В европейской практике 75% биогаза производится из отходов сельского хозяйства, 17% — из органических отходов частных домохозяйств и предприятий, еще 8% — канализационных очистных сооружениях.

На сегодняшний день максимальное количество биогазовых установок – около 15 млн – действуют в **Китае**, на втором месте находится **Индия**, где около 10 млн установок.

Полигон Гаоантун (Китай). Полигон Гаоантун — это санитарно-технический полигон, принадлежащий Центру щадящей утилизации мусора района Чаоян в Пекине. В 2007 г. Управление по охране окружающей среды США (U.S. EPA) осуществило пробную прокачку, чтобы оценить количество извлекаемого свалочного газа и выполнило предварительное ТЭО на предмет возможного развертывания комплекса по утилизации свалочного газа на данном объекте. В 2010 г. U.S. EPA снова оказало техническую помощь и произвело мониторинг системы сбора газа с целью повышения ее эффективности и увеличения объемов извлечения энергетически пригодного газа. К августу 2010 г. система сбора газа насчитывала 150 скважин, созданных из ранее существовавших штретков пассивной вентиляции. Изначально, в 2007 г., владельцы установили на объекте газопоршневой электрогенератор на 500 киловатт (кВт), предназначенный для электроснабжения местной системы очистки фильтрата, а в 2008 г. добавили еще одну 500-киловаттную установку. В настоящее время система позволяет сократить выбросы парниковых газов на 37 100 тонн CO₂E за счет получения электричества, и еще на 500 тонн CO₂E за счет непосредственного использования. В январе 2011 г. заработают еще два генератора, что увеличит общую мощность электростанции до 2,5 мегаватт (МВт). К моменту закрытия полигона владельцы планируют довести мощность генерации до 4 МВт.

Полигон ТБО Сау-Жуау (**Бразилия**). Полигон Сау-Жуау расположен близ городского округа Сау-Паулу — крупнейшего города Бразилии, производящего по 15 000 тонн отходов в день. За годы эксплуатации полигона (с 1992 по 2008 гг.) на нем скопилось более 24 миллионов тонн отходов. С момента открытия на полигоне образовывалось большое количество свалочного газа, который, по большей части, уходил в атмосферу за счет пассивной вентиляции.

В июне 1996 г. Управление по охране окружающей среды США провело ТЭО, показавшее, что полигон Сау-Жуау в состоянии обеспечить свалочным газом электростанцию. В апреле 2006 г. муниципалитет Сау-Паулу подал заявку на регистрацию проекта в рамках Механизма чистого развития (МЧР) Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК) с целью получения необходимого финансирования. Управление проектом администрация Сау-Паулу получила бразильской компании Biogas, специализирующейся на сборе свалочного газа. Компания Biogas начала строительные работы у в мае 2007 г., а в июне 2007 г. приступила к возведению работающей на свалочном газе электростанции. В 2008 году комплекс был введен в эксплуатацию.

В 2009 году полигон Сау-Жуау производил свалочный газ со скоростью около 11 555 м³/ч. Для его сбора было задействовано 160 скважин. Собранный газ направлялся на построенную на территории полигона электростанцию, оборудованную 16 генераторами мощностью по 1,54МВт каждый. Общая мощность электростанции составила 22,4 МВт. Для сжигания излишков свалочного газа комплекс оборудован тремя факельными установками.

Всего в 2009 году в результате уничтожения метана и получения электроэнергии на данном объекте удалось сократить объем выбросов парниковых газов на 876797 т CO₂E. Кроме того, эксплуатация комплекса позволила улучшить экологическую обстановку в близлежащих районах, уменьшив количество летучих

органических соединений, являвшихся причиной загрязнения воздуха и неприятных запахов.



Газовая электростанция Jenbacher - **Jana Landfill**

Местоположение: Malaysia
 Оператор: TNB-ES Sdn Bhd
 Электростанция - конфигурация: 2 X 1.048 МВт JGC 320 GS-LL газопоршневых двигателя
 Топливо: газ мусорных свалок
 Ввод в эксплуатацию: 2004
 Поставщик газо-поршневых двигателей / генератора: Jenbacher
 Инжиниринг: JD Group Sdn Bhd, Organics

Ltd

Комментарий: Эта первая работающая на газе мусорной свалки электростанция Малайзии, была разработана Jana Landfill Sdn Bhd, совместным предприятием компаний TSPL TNB и Worldwide Landfills Sdn Bhd, управляющим свалкой мусора, расположенной в 40 км от Куала-Лумпура.



Mount St John WWTP

Местоположение: Australia
 Оператор: Stanwell Corp
 Конфигурация: 1 X 115 kW BK 2876T1 двигатель
 Ввод в эксплуатацию: 2000
 Fuel: биогаз
 Двигатель/генератор: MAN B&W, Stamford

Комментарий: Это - одна из двух электростанций Stanwell Corp работающих

на газе сточных вод очистных сооружений города Townsville.



Coventry Landfill

Местонахождение: NH
 Оператор: Washington Electric Cooperative
 Конфигурация: 3 X 800 кВт двигателя 3520
 Ввод в эксплуатацию: 2005
 Топливо: газ мусорных свалок
 Поставщик двигателя/генератора: Caterpillar
 Инжиниринг: Innovative Energy Systems, Pizzagilli Construction



Roosevelt Landfill

Местонахождение: WA
 Оператор: Klickitat County PUD No 1
 Конфигурация: 5 X 2.1 МВт двигателей
 12VA27GL
 Ввод в эксплуатацию: 1999
 Топливо: газ мусорных свалок
 Поставщик двигателя/генератора:
 Waukesha, Baylor
 Инжиниринг: NEPCO
*Комментарий: Проект включал пять
 двигателей, установку очистки и*

*компримирования газа, системы управления и распределительные устройства.
 Проект реализован за 9 месяцев.*



Canada Hermosa Landfill

Местоположение: Murcia
 Оператор: Cespa
 Конфигурация: 2 X 1.003 МВт JMS 320
 GSSL двигателями
 Ввод в эксплуатацию: 1999
 Топливо: газ мусорных свалок
 Поставщик двигателя/генератора:
 Jenbacher, Leroy Somer

На Украине в городах ежегодно образуется около 10 млн. т бытовых отходов. Более 90 % ТБО вывозится на 655 полигонов и свалок, из которых 140 являются пригодными для добычи и использования свалочного газа. Потенциал свалочного газа составляет около 400 млн. м³/год.

Огромное значение для экологической безопасности Украины имеет применение биогазовых технологий для переработки свалочного мусора. В качестве примеров можно привести реализованные проекты на полигонах твердых бытовых отходов в городах Ялта, Алушта, Львов, Мариуполь, Кременчуг, Луганск, а также станции очистки сточных вод в Киеве. Когенерационные установки, преобразующие биогаз в электричество и тепло, также нашли широкое применение. Они используются на таких предприятиях как: ОАО «Концерн Стирол» (Донецкая обл., г.Горловка), ООО «Торговый дом», «Украинские порошковые материалы» (Киевская обл., г.Бровары), ООО «Слав Энерго Инвест» (Киевская обл., г.Славутич), ГП «Северодонецкая теплоэлектроцентраль» (Луганская обл., г. Северодонецк), ЗАО «Экоэнергия» (Луганская обл., г. Алчевск), «Уманский тепличный комбинат» и многие другие.

Инвесторы из США намерены вложить около 20 миллионов долларов в украинские свалки, а именно – в проекты производства электроэнергии из биогаза, которым полны полигоны твёрдых бытовых отходов.

По прогнозам Государственного агентства по энергоэффективности и энергосбережению к 2016 году благодаря «зеленой» энергетике в Украине будет

вырабатываться 9 млрд. кВт ежегодно. По оценкам специалистов, из всех возможных источников альтернативной энергии, наиболее прогрессивными и перспективными для развития в мире и в Украине, в частности, являются биогазовые технологии, поскольку они позволяют одновременно утилизировать отходы, получать биоудобрения и вырабатывать электроэнергию.

Президент Украины Виктор Янукович (29.11.2012) подписал Закон № 5485-VI "О внесении изменений в Закон Украины "Об электроэнергетике" относительно стимулирования производства электроэнергии из альтернативных источников энергии".

Закон вводит "зеленый тариф" на электроэнергию, производимую из биогаза полигонов твердых бытовых отходов, которая способна к биологическому разложению. При этом коэффициент для биогаза будет таким же, как и у биомассы - 2,3. Право на "зеленый тариф" получают лишь компании, запускающие биогазовые электростанции с апреля 2013 года.

В Киевской области, в селе Глубокое, была введена в эксплуатацию уникальная для Украины электростанция на биогазе полигона твердых бытовых отходов. Оборудование электростанции позволяет передавать в украинские электросети 1063 киловатт в час, а за счет того, что биогаз является экологически чистым топливом, значительно улучшит ситуацию с экологией в прилегающих районах, поскольку вредные выбросы полигона бытовых отходов будут обеззараживаться. Мощность новой электростанции превышает 1 мегаватт, она сжигает газ, образующийся под свалкой на глубине до 20 метров, из 48 скважин. Причем в будущем количество скважин планируют увеличить.

Подобную станцию ООО «ЛНК» уже поставило в с. Пидгирцы Обуховского района Киевской области. За время ее работы за пол года в оптовый рынок электроэнергии поступило уже около 4 млн. кВт/ч энергии.

ООО «ЛНК» в период с 2010 г. по 2011 г. реализовало проект дегазации крупнейшего действующего на Украине полигона твердых бытовых отходов (ПТБО) №5, расположенного в Обуховском районе Киевской обл. Система дегазации части первой карты ПТБО №5, состоящая из 42 скважин, позволяет генерировать по 21000 кВт*час. электроэнергии в сутки при потоке биогаза около 480 куб.м/час и среднем содержании метана 53 об. %. Начато строительство второй очереди этого проекта, что увеличит производимую мощность на 1063 кВт., доведя её до 46752 кВт*час. в сутки.

Основные характеристики полигона ТБО на 2013 год

Количество ТБО, тыс. т	6907
Поток биогаза, собранного системой дегазации, об. куб. м/час.	1160
Средняя концентрация метана в биогазе, об. %	51,1
Планируемая мощность генерации электроэнергии, кВт	1948
Сокращение выбросов парникового газа (метана) в атмосферу, т CO ₂ экв.	76400
Производство электроэнергии в год, тыс. кВт*час	15584

Основные характеристики полигона ТБО г. Бровары, "Десна 2", 2013 г.

Количество ТБО, тыс. т	524
Поток биогаза, собранного системой дегазации, об. куб. м/час.	606
Средняя концентрация метана в биогазе, об. %	52
Планируемая мощность генерации электроэнергии, кВт	1003
Сокращение выбросов парникового газа (метана) в атмосферу, т CO ₂ экв.	39926
Производство электроэнергии в год, тыс. кВт*час	8025

Новейшую мини-электростанцию на биогазе запустили на полигоне твердых бытовых отходов возле Борисполя 4 июня, накануне Всемирного дня охраны окружающей среды.

Производить собственную электроэнергию Стадницкий полигон твердых бытовых отходов сможет не ранее 2014 года. В конце 2011 года в толще полигона под Винницей пробурили первые скважины, и добытый биогаз начали сжигать.

Мариупольский полигон ТБО (Украина). Закрытый Мариупольский полигон ТБО находится в г. Мариуполь, Украина, и принадлежит городской администрации. Полигон расположен в районе смешанного землепользования, в котором присутствуют как жилые и торговые объекты, так и сельскохозяйственные и промышленные предприятия. Вплоть до своего закрытия в 2008 г. на полигон свозили бытовые и промышленные отходы из Мариуполя. Некоторые методы утилизации отходов, которые применялись, пока полигон был действующим, приводили к образованию большого количества фильтрата, утечкам дождевой воды и пожарам.

В августе и сентябре 2008 г. U.S. EPA осуществило на полигоне пробную прокачку, которая показала, что темп отбора свалочного газа позволяет установить на полигоне факельную установку и/или электрогенератор. В феврале 2009 г. Городской совет Мариуполя заключил контракт на установку систем сбора и утилизации свалочного газа на двух городских полигонах ТБО с компанией ТИС-Эко. В июне 2009 г. входящая в проектную сеть GMI компания ТИС-Эко в партнерстве с НТЦ «Биомасса» приступили к строительным работам на первом полигоне. В феврале 2010 г. система была введена в эксплуатацию. В августе 2010 г. Национальное агентство экологических инвестиций выдало письменное одобрение проекта совместного осуществления «Сбор и утилизация метана с полигонов твердых бытовых отходов г. Мариуполь, Украина».

Собранный свалочный газ направляется на когенератор, на котором предполагается вырабатывать до 1,25 МВт электроэнергии для распределенной сети. Часть произведенной электроэнергии будет использована на нужды системы сбора и распределения свалочного газа. Полученная на установке тепловая энергия послужит альтернативным источником энергии для расположенной неподалеку теплицы и кирпичного цеха с инфракрасным нагревателем или печью. Избыток свалочного газа будет направлен в факельную установку. Согласно расчетам, ежегодное сокращение выбросов парниковых газов составит от 40 000 до 75 000 тонн CO₂E.

Программа строительства энергоисточников, работающих на биогазе, успешно реализуется в Витебской области. С момента ее утверждения (постановление Совета Министров **Республики Беларусь** от 09.06.2010 г. №885 с изменениями и дополнениями от 30.11.2011 №1622) была организована системная работа со всеми заинтересованными сторонами по поиску инвесторов. Эта работа практически сразу же дала положительные результаты.

Так в 2011 году были заключены сразу три инвестиционных договора с представителями шведской компании «Vireo Energy» по строительству энергоисточников, работающих на свалочном газе на полигонах твердых бытовых отходов со сроком реализации проектов 18 месяцев. Хотелось бы отметить, что договора заключались на строительство биогазовых комплексов на действующих полигонах.

Одним из таких объектов стал действующий полигон твердых бытовых отходов вблизи г.Витебска, на котором 28 марта текущего года была введена в эксплуатацию биогазовая установка. Аналогичная установка появилась в прошлом году в Орше, а в настоящее время идет уточнение объемов газа для строительства биогазовой установки в Новополоцке.

На полигоне твердых бытовых отходов в Витебске пробурили 61 скважину (19 скважин планируется пробурить дополнительно), соединенных с газгольдером, откуда газ поступает в биогазовую установку, полученная же электроэнергия передается в сеть РУП «Витебскэнерго». В настоящее время мощность установки составляет 850 кВт, однако планируется выйти на проектную мощность – 1 МВт. Для сравнения на полигоне твердых бытовых отходов в Орше мощность ГПУ после уточнения объемов свалочного газа составила 180 кВт.

В Минском районе введена в строй самая крупная в СНГ и Восточной Европе электростанция, работающая на свалочном газе. Швейцарская компания TDF EcoTech AG инвестировала в дегазификацию полигона твердых бытовых отходов (ТБО) «Северный» 6 млн. Газопоршневые агрегаты станции потребляют в час около 3 тыс. м³ свалочного газа. Данный вид биогаза — это газовая смесь, состоящая приблизительно из 50% метана и 50% углерода, а также небольшого количества примесей сероводорода и органических веществ, выделяющихся в результате бескислородного разложения органических отходов.



Установка на «Северном» в настоящее время производит в час около 1400 кВт электроэнергии, но за год выработает ее не менее 20 млн. кВтЧ. Установленная мощность новой электростанции — 2,8 МВт, однако это только первая очередь проекта. В ближайшее время начнется реализация второй очереди, которая

позволит мощность энергоисточника на ВИЭ увеличить вдвое — до 5,8 МВт. При этом компании придется «раскошелиться» еще на 6 млн. EUR.

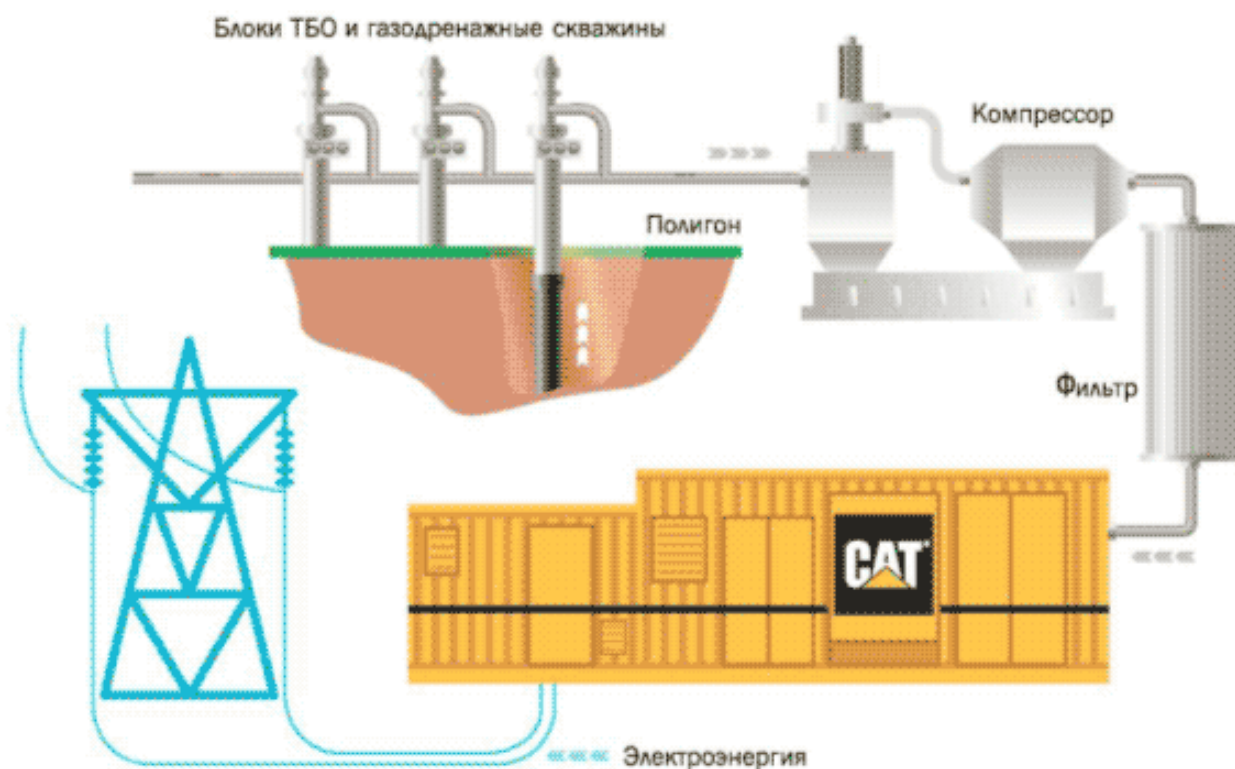
Возобновляемые источники энергии в Беларуси считают по особому тарифу, чтобы поддержать зелёную энергетику. Такие киловатты государство закупает на треть дороже, чем у предприятий традиционной энергетики, а потребителям отпускает по обычной цене.

Глобальная инициатива по метану (Global Methane Initiative, GMI) — это добровольное многостороннее партнерство, задачами которого являются сокращение общемирового объема выбросов метана в атмосферу и содействие мероприятиям по сбору и утилизации метана в качестве ценного источника экологически чистой энергии. Чтобы достичь своих целей, GMI выстраивает международную сеть, в которую входят правительства стран-партнеров, частные компании, банки развития, университеты и негосударственные организации, и использует ее для наращивания потенциала, формирования стратегий и рынков, а также для устранения барьеров для реализации проектов по сокращению выбросов метана в странах-партнерах.

GMI была учреждена в 2004 году и является единственным международным проектом, направленным исключительно на сокращение выбросов, сбор и утилизацию парникового газа метана из пяти основных источников: сельского хозяйства, угольных шахт, полигонов ТБО, хозяйственно-бытовых сточных вод и нефтегазовых систем. Деятельность Инициативы осуществляется в соответствии с другими международными соглашениями по сокращению выбросов парниковых газов, в частности, с Рамочной конвенцией ООН об изменении климата. В отличие от прочих парниковых газов, метан является основным компонентом природного газа и может использоваться в качестве источника полезной энергии. Соответственно, сокращение выбросов метана является экономически эффективным способом борьбы с парниковыми газами, повышает энергетическую безопасность, способствует экономическому росту, очищает воздух и укрепляет безопасность на производстве.

7. Некоторые зарубежные технологии, проекты и оборудование для переработки биогаза.

В связи с современной тенденцией в сторону использования возобновляемых источников энергии и снижения выбросов углекислого газа набирают силу проекты по использованию свалочного газа. В данных проектах **генераторные установки Cat®** используются для производства электроэнергии из отходов.



Компания Caterpillar ведет непрерывные исследования и разработки продукции, использующей в качестве топлива свалочный газ. Генераторные установки Cat®, работающие на свалочном газе, имеют следующие преимущества:

- долгий срок службы оборудования и увеличенные интервалы технического обслуживания;
- повышенная производительность и надежность;
- уменьшенные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание;
- сниженное вредное воздействие на окружающую среду.

Принцип работы:

Свалочный газ образуется при естественном разложении органических отходов на свалках. Он состоит из метана и небольшого количества других органических веществ. Данный источник энергии является важным и развивающимся направлением мирового производства электроэнергии. Системы, использующие свалочный газ, обеспечивают сбор, обработку и сжигание данного газа для производства электроэнергии. Существует два распространенных метода сбора свалочного газа: извлечение из вертикальных шахт или из горизонтальных коллекторов (траншей).

Городские службы обычно используют вентиляторы или вакуумные насосы для доставки газа по системе трубопроводов из коллекторов к центральной станции.

На наиболее развитых муниципальных свалках твердых отходов выполняется сжигание метана и углекислого газа в системах сбора и контроля газа или в горелках. Экологичной альтернативой является переход от сжигания газа в горелках к использованию газа в качестве топлива для электрогенераторных установок Cat.

Перед использованием газ осушается и иногда очищается от следующих примесей:

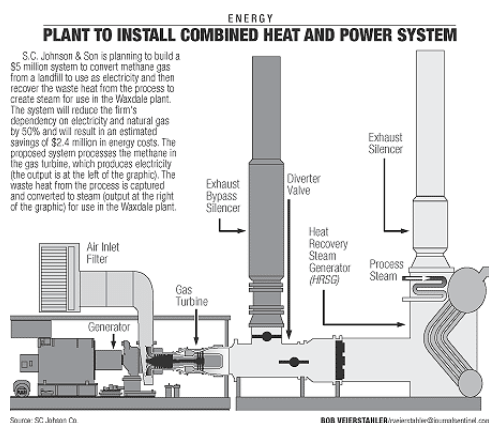
- сера;
- галоиды;
- силоксаны (кремний).

После обработки газ подается в генераторную установку Cat в качестве топлива. Компания Caterpillar предлагает комплекты оборудования, предназначенные для работы со свалочным газом:

- насос вентиляции картера для удаления просачивающихся кислых газов;
- специальная конструкция сердцевин промежуточного охладителя наддувочного воздуха, головки блока цилиндров, коренных подшипников и шатунных подшипников. Все элементы имеют дополнительную закалку для защиты от коррозии;
- отдельные системы охлаждения позволяют справляться с повышенной температурой воды рубашки охлаждения, которая необходима для предотвращения конденсации загрязняющих примесей.

Распределительное устройство Cat с управлением на основе ПЛК позволяет использовать генераторы параллельно с местной электрической сетью и продавать энергию из возобновляемых источников местным энергетическим компаниям.

Когенерационная установка (Висконсин, США)



млн./год (чистый доход = \$1 млн./год)

- Вторая турбина мощностью

- Трубопровод длиной 3 мили от полигона
- Турбина мощностью 3.2 МВт, из тепла уходящих газов производится 17000 фунтов/час пара
- Потребление ископаемого топлива на заводе сократилось на 50%, выбросы парниковых газов – на 47%
- Валовой доход от сокращения потребления энергии - \$2.4

Когенерационная установка (Южная Каролина, США)



- Трубопровод длиной 9.5 миль от полигона
- 4 турбины, модернизированные для сжигания свалочного газа
- 4.8 МВт = 25% от общих потребностей завода в электроэнергии

- 72 млн. БТЕ/час = 80% от общих потребностей завода в тепловой энергии (горячая вода, отопление, охлаждение)
- BMW экономит \$1 млн./год



Когенерационная установка (Иллинойс, США)



- Начальная школа
- Когенерация на свалочном газе
- 12 микротурбин общей мощностью 360 кВт
 - Утилизация теплоты уходящих газов позволяет производить 290000 БТЕ/час при 550о

На протяжении 25-ти лет фирма «**Heers & Brockstedt Umwelttechnik GmbH**» выделяется многообразием услуг, качеством и техническим обслуживанием. Специализированная фирма в сфере технологий полигонов ТБО и защиты окружающей среды. Головной офис находится в Германии в городе Ноймюнстер (Шлезвиг–Гольштейн).

Специализация фирмы «Heers & Brockstedt Umwelttechnik GmbH»:

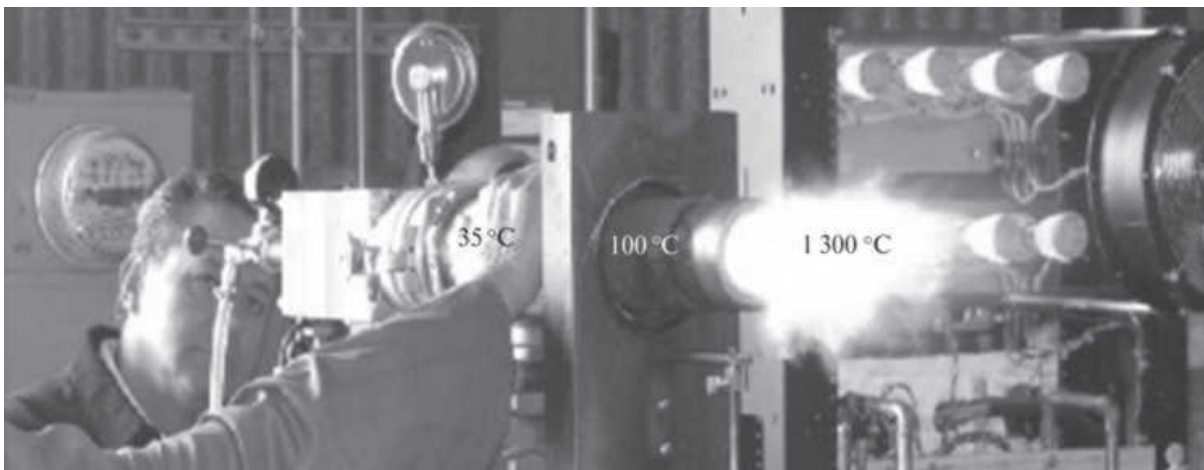
- Технологии полигонов ТБО и защиты окружающей среды;
- Технологии очистки сточных вод;
- Производство оборудования и строительство резервуаров;
- Строительство и реконструкция трубопроводов.



Американская компания **adaptiveARC** (Сан-Диего, Калифорния) разработала инновационную технологию газификации холодной плазмой любой биомассы, а также твердых бытовых, токсичных, химических, нефтесодержащих отходов, осадков городских сточных вод и др. с получением синтез-газа для производства электроэнергии, жидкого топлива, этанола и водорода для топливных элементов.

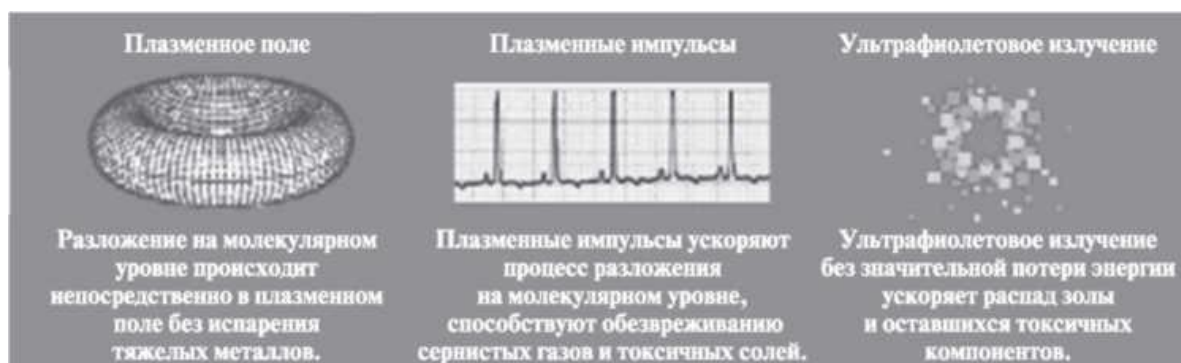


Газификация, особенно с использованием плазменной дуги, — более эффективный метод, чем пиролиз и обычное сжигание, сопровождающееся к тому же значительными выбросами в атмосферу. Однако высокая стоимость плазменных горелок и оборудования для газоочистки ограничивала конкурентоспособность этой технологии. Способ газификации холодной плазмой, изобретенный adaptiveARC, позволил проводить процесс при более низких температурах, что значительно сократило капитальные и эксплуатационные затраты. Компания производит плазменные горелки собственной конструкции, позволяющей с большой точностью контролировать температуру газификации, а также снизить износ горелок и огнеупорного слоя в котле.



Оригинальный регенеративный процесс газоочистки обеспечивает очень низкий уровень выбросов в атмосферу без использования дорогостоящих скрубберов. Перечисленные выше факторы делают системы adaptiveARC наиболее эффективными, рентабельными и доступными для преобразования отходов в чистую энергию.

Процесс газификации холодной плазмой предусматривает комплексное воздействие на отходы тепла и импульсной энергии плазмы, а также ультрафиолетового излучения. При этом происходит разложение материала на молекулярном уровне и его превращение в горючий синтез-газ.



В отличие от других систем описанный способ газификации позволяет перерабатывать сырье, в том числе опасные и токсичные материалы, без предварительной сортировки. На полигонах ТБО по предлагаемой технологии можно одновременно утилизировать отходы и биогаз (при наличии системы его сбора).

Проект “Сбор и утилизация метана на полигонах ТБО г. Мариуполь, Украина”



Описание проекта:

Разработка системы сбора биогаза и сжигания его в факельной установке с возможностью дальнейшей энергетической утилизации с целью предотвращения выбросов метана в атмосферу (Проект СО)

Виды работ в рамках проекта:

- Оценка потенциала и моделирование газообразования на полигоне ТБО
- Проведение насосного теста

- Разработка и внедрение технологических схем сбора и утилизации биогаза
- Проектирование полномасштабной системы сбора биогаза
- Разработка Идеи проекта (PIN) и проектной документации (PDD) для проекта СО “Сбор и утилизация метана на полигонах ТБО г. Мариуполь, Украина”
- Надзор за строительством
- Мониторинг

Место реализации: полигон ТБО г. Мариуполь, Украина

Основные характеристики проекта

Количество скважин:	44
Средний выход биогаза:	400-600 м ³ /час
Среднее содержание метана в биогазе:	50 %
Ожидаемое снижение эмиссии ПГ:	30 тыс. т СО ₂ -экв/год
Количество ЕСВ за период 2010-2012 гг.:	80 тыс. т СО ₂ -экв

Общая стоимость проекта: 2,0 млн. Евро

Утилизация биогаза: 1–2 двигателя внутреннего сгорания мощностью 625 кВт каждый, сжигание на закрытом факеле



Проект «Полигон ТБО г. Ровно, Украина»

Описание проекта:

Оценка состояния отходов и проведения насосного тестирования, подготовка технического отчета об оценке возможного количества собранного биогаза и снижения эмиссий углекислого газа, и подготовка концептуальной схемы проектирования полномасштабной системы сбора биогаза и системы контроля.

Виды работ в рамках проекта:

- Проведение насосного тестирования, анализ результатов
- Разработка модели газообразования и технико-экономического обоснования;
- Проектирование системы сбора биогаза;
- Установка факела

Место реализации: полигон ТБО г. Ровно, Украина

Финансирование: Агентство охраны окружающей среды США (US EPA), Программа сотрудничества США «Метан на рынок» (M2M)

Основные характеристики проекта

Количество скважин:	3 скважины и 6 проб
Средний выход биогаза:	27.8 м ³ /час
Среднее содержание метана в биогазе:	38.8 %
Снижение эмиссии ПГ в атмосферу за 2010-2012 гг.:	2.5-2.6 тыс. т СО ₂ -экв

Общая стоимость проекта:

- \$3 522 377 в случае сжигания на факеле
- \$4 463 306 в случае когенерации

Утилизация биогаза:

- Сжигание на факеле
- Комбинированное производство электрической и тепловой энергии

Электростанции торговой марки **MERIDIAN**[®] состоят из синхронного генератора, приводного двигателя, соединительной муфты и пульта управления, смонтированных на одной раме. В электростанциях используются 4-х полюсные безщеточные синхронные генераторы с независимым возбуждением от отдельного компактного возбудителя повышенной частоты, вмонтированного в подшипниковый щит генератора. Генераторы имеют все необходимое для надежной работы в суровых климатических условиях: долговечную тропикоустойчивую изоляцию класса H, каплезащитный кожух степени защиты IP22. В генераторах используются современные материалы и комплектующие, они имеют прочную конструкцию и высокое соотношение мощности на единицу массы, в эксплуатации практически не требуют ухода.

Газопрошневые электростанции серии **UMGS** специально изготавливаются для работы на свалочном газе и устанавливаются в загородных местах, где существует полигон твердых бытовых отходов (мусорная свалка). Электростанция получает свалочный газ по трубе, идущей из шахт полигона, которые расположены на определенных глубинах, пластах полигона, и закачивается под определенным давлением.

При создании проектов энергетического использования свалочного газа необходимо сравнить различные термодинамические циклы тепловых машин, работающих на реальном составе биогаза и модельном метан-углекислотно-воздушном. В одном из исследований сравнение было проведено для цикла Дизеля (при постоянном давлении), цикла Тринклера (смешанный), цикла Отто (при постоянном объеме), Брайтона (при постоянном давлении), так как энергия, получаемая от термической утилизации, расходуется на технико-экологические цели.

8. Отечественная практика утилизации биогаза на полигонах ТБО.

Площадь полигонов в РФ составляет около 15 тыс. га. Утилизация биогаза весьма перспективна для России, так как около 97 % из 30 млн. т ежегодно образующихся отходов захоранивается на полигонах и организованных свалках. В России эксплуатируется более 1300 полигонов ТБО. Ежегодная эмиссия метана со свалок России оценивается в размере 1,1 млрд. м³ (788 тыс. т), что почти в два раза превышает современное его потребление в мире.

В России, несмотря на огромные и возобновляемые ресурсы углеводородных отходов, работы по промышленному освоению производства из них биогаза ведутся крайне неудовлетворительно. Хотя в настоящее время существует ряд молодых предприятий, занимающихся разработкой и эксплуатацией систем обращения со свалочным газом. Среди городов с реализованными системами сбора и использования свалочного газа можно назвать Нижний Новгород, Санкт-Петербург, Волгоград, Караганду, Самару, в Московской области — системы внедрены на полигонах «Дашковка», «Каргашино», «Хметьево», «Дмитровский», «Кучино».

В рамках российско-голландского проекта в период 1995-1997 г.г. на полигоне "Дашковка" и "Каргашино", расположенных на территории Московской области, были построены две пилотные установки по добыче и утилизации биогаза. Полученные результаты показывают, что на среднем полигоне Московской области образуется до 600-800 м³/ч биогаза, что позволяет вырабатывать электроэнергию в размере 3500-4400 МВт·ч/год. Техничко-экономические расчеты, выполненные на основе опытных данных, подтвердили эффективность добычи свалочного метана в России, где могут быть осуществлены сотни экономически выгодных проектов.

В Санкт-Петербурге ежегодно образуется около 5 млн. кубометров твердых бытовых отходов, из которых около 80 % захоранивается на трех действующих полигонах. Наиболее предпочтительным для утилизации биогаза является полигон ПТО-1 "Волхонский", один из крупнейших в России. На этом полигоне преимущественно захораниваются бытовые отходы, его емкость практически исчерпана, планируется проведение рекультивационных работ, которые можно совместить с созданием системы биогаза. Расчеты показали, что ожидаемой эмиссии метана будет достаточно для работы тепловой электростанции мощностью 2000 кВт в течение 20-25 лет. Кроме того, на территории Ленинградской области имеется 55 организованных свалок, где ежегодно размещается около 1 млн. м³ твердых бытовых отходов. Несмотря на сравнительно небольшие объемы захоронения отходов, получение биогаза на ряде свалок может оказаться рентабельным из-за высокой стоимости топлива.

Целый ряд регионов приняли программы по развитию биогазовой отрасли: это, прежде всего Белгородская область, Томская, Саратовская, Оренбургская и Калужская области, есть планы развития биогазовой энергетики и в других областях. Крупная биогазовая установка была реализована во Владимирской области на предприятии «Мортадель» Александровского района в 2011 г., в апреле 2012 г. была запущена установка в Байцурах Белгородской области. Менее крупные установки были созданы в Калужской и Оренбургских областях.

На закрытом полигоне твердых бытовых отходов в Новокузнецке приступили к добыче метана. На сегодняшний день в Сибири это первый подобный опыт получения свалочного биогаза. Запущена пилотная установка, спроектированная и изготовленная с участием специалистов кафедры техногенных и вторичных

ресурсов Сибирского государственного индустриального университета и представителей ООО "Экологический региональный центр".

В ходе проекта были пробурены три скважины и смонтирована установка, призванная собирать биогаз свалочный. Были собраны первые пробы газа. В ближайшее время специалисты проведут исследования полученного газа, а именно его температуры, давления и состава. По итогам исследований будет дано технико-экономическое обоснование проекта. Исследования пройдут в 2013 году, а уже в 2014 году начнут искать инвесторов для полномасштабной реализации проекта. Однако уже сейчас ведущие специалисты в этой отрасли видят перспективность нового проекта. Из-за того, что процесс разложения отходов продолжается не один десяток лет, полигон можно рассматривать как постоянный источник биогаза. По предварительным подсчётам на территории этой закрытой свалки, общей площадью 22 гектара, запасов метана хватит как минимум на 30-40 лет.

Утверждена Комплексная стратегия обращения с твердыми бытовыми отходами (ТБО) в Российской Федерации.

Документ подготовлен Минприроды России в соответствии с пунктом 1 поручения Правительства РФ от 25 августа 2012 г. № ДМ-П9-4996 и при участии представителей Госдумы РФ, бизнес-сообщества, научных и общественных организаций.

При разработке документа были использованы положения Конституции РФ, Федерального закона «Об охране окружающей среды», Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года, Основ государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 года, а также принципы и нормы международного права, международных договоров Российской Федерации.

Комплексная стратегия определяет главную цель, принципы, приоритеты, основные задачи и направления взаимодействия государства и общества, цель которого - минимизация негативного воздействия ТБО на окружающую среду и на их максимальное вовлечение в хозяйственный оборот.

Документ регулирует вопросы развития инфраструктуры по отдельному сбору, использованию (утилизации) твердых бытовых отходов для получения тепловой и электрической энергии, метана при обработке органических компонентов ТБО и экологически безопасному размещению ТБО, а также внедрению механизмов экономического регулирования деятельности по обращению с ТБО.

9. Рентабельность систем переработки биогаза на полигонах ТБО.

Анализ опубликованных данных по проектам утилизации свалочного газа как в России, Украине, Белоруссии показывает, что далеко не все проекты по использованию свалочного газа в условиях Российской Федерации являются рентабельными и возможными к исполнению. В большинстве случаев эти проекты без учета дополнительного финансирования согласно Киотского протокола экономически невыгодны.

Используя накопленный опыт реализованных проектов, разработаны определенные критерии выбора объекта для привлечения инвесторов в данную область и повышения рентабельности таких проектов.

В качестве критериев для определения возможности использования свалочного газа в коммерческих целях предлагается следующие:

1. Наличие достаточного количества свалочного газа, то есть в таком объеме, чтобы обеспечить работу всех систем в течение достаточно длительного периода времени. Этот период должен составлять не менее 3-х сроков окупаемости проекта, но в то же время быть не менее расчетного срока службы основного технологического оборудования всех производств.
2. Наличие действующей системы по сбору свалочного газа (согласно действующего законодательства все полигоны ТБО должны быть оборудованы системами сбора свалочного газа).
3. Наличие информации о составе эманирующего свалочного газа в настоящее время и прогноз на период действия проекта (согласно п.1).
4. Расположение полигона ТБО на достаточном удалении от источников тепловой энергии и от электрических сетей.
5. Наличие возможностей расположения в непосредственной близости от полигона ТБО предприятия с равномерным в течение суток потреблением энергетических ресурсов. При этом потребность в энергетических ресурсах не должна превышать энергетического потенциала полигона ТБО.
6. Наличием устойчивого спроса на продукцию предприятия, использующего в качестве источника энергии свалочный газ с данного полигона ТБО и работающего согласно п. 5.

Согласно разработанным критериям по выбору объекта для осуществления рентабельного проекта по сбору и утилизации системы биогаза на полигоне ТБО одним из основных критериев является наличие достаточного количества свалочного газа для обеспечения работы всех систем в течение достаточно длительного периода времени.

Срок окупаемости проектов по сбору и утилизации свалочного газа на полигонах ТБО составляет до 8 лет в зависимости от проектных решений. Следовательно, запасы свалочного газа на выбранном объекте должны быть достаточными для реализации проекта в течение не менее 10 лет.

Важным моментом является эффективность системы сбора свалочного газа, равная количеству собранного биогаза, отнесенному к количеству образованного биогаза.

Эффективность сбора зависит от ряда факторов:

- типа объекта (полигон или свалка);

- типа/конструкции системы сбора;
- степени охвата тела полигона системой сбора;
- характеристики отходов – проницаемости;
- эксплуатации системы сбора.

Эффективность системы сбора, которой можно добиться, составляет:

- на спроектированных и санитарных полигонах ~ 60–90 %;
- на открытых и контролируемых свалках ~30–60 %.

По расчетам российских исследователей в качестве альтернативного источника энергии может быть собрано и эффективно использовано 50% образованного на полигоне объема биогаза.

Вторым критерием для осуществления коммерческого проекта по утилизации свалочного газа является наличие на полигоне ТБО действующей системы по сбору образующегося свалочного газа.

Согласно законодательству РФ, вновь проектируемые полигоны ТБО должны быть оснащены системой сбора биогаза. Закрытые полигоны должны быть рекультивированы, в технический этап рекультивации также входит организации дегазации полигона. Таким образом, в любом случае полигон должен быть оснащен системой сбора биогаза. Автоматически возникает проблема утилизации собранного свалочного газа, причем выбор способа утилизации должен быть безопасным для окружающей среды и здоровья человека. Как показал анализ, наиболее целесообразным с экологической и экономической точки зрения является утилизация собранного биогаза для дальнейшего его использования в качестве альтернативного источника энергии.

Третьим критерием выбора объекта для внедрения системы утилизации свалочного газа, является наличие информации о составе свалочного газа в настоящее время и прогноз на период действия проекта по его утилизации.

Для получения достоверной информации о компонентном составе биогаза на полигоне ТБО, а также содержания в нем органической составляющей, влажности и составе органической фракции необходимо проведение отбора проб биогаза и техногенного грунта непосредственно с потенциального объекта для реализации проекта по утилизации свалочного газа в качестве альтернативного источника энергии. Осуществление такого проекта целесообразно только при содержании метана в биогазе от 40–60 %.

Следующим критерием при выборе объекта необходимо рассмотреть расположение полигона ТБО на достаточном удалении от источников тепловой энергии и от электрических сетей. Данный критерий не является обязательным, однако, он повышает привлекательность проекта для коммерческого использования.

Теоретический потенциал биогаза при объемном содержании метана 50 % составляет 5 кВт*час/куб.м. Технический энергетический потенциал составляет от теоретического при использовании биогаза:

- в качестве котельного топлива 90–92 %;
- в качестве моторного топлива с выработкой электроэнергии 35–37 %;
- в качестве моторного топлива с когенерацией (совместной выработкой электрической и тепловой энергии) от 75 до 87 % в зависимости от технических решений утилизаторов тепла.

Наиболее привлекательным с точки зрения повышения рентабельности является утилизации свалочного газа с использованием когенераторной электростанции. Главное преимущество когенераторной электростанции перед обычными станциями состоит в том, что использование энергии топлива здесь происходит с гораздо большей эффективностью.

Использование биогаза в качестве моторного топлива с выработкой электрической и тепловой энергии обеспечивает значительную экономию топливно-энергетических ресурсов и снижение суммарных текущих затрат на эксплуатацию полигона. Срок окупаемости дополнительных капитальных затрат составляет 6–7 лет.

В большинстве случаев максимальным экономически оправданным расстоянием от мини-ТЭЦ до потребителя является дистанция в 10 км, но в исключительных случаях этот показатель может достигать и 30 км.

Правильно выбранная когенерационная технология позволит сэкономить своему потребителю значительную часть расходов на закупку энергии.

Технический энергетический потенциал и количество генерируемой электрической и тепловой энергии по схеме когенерации зависит от КПД и процентного соотношения используемого оборудования. Например, при переоборудовании для работы на биогазе базовой модели мини-ТЭЦ МТД 100/110 соотношение тепловой и энергетической мощностей составляет 110:100, при этом КПД использования биогаза составит 75,6 %, тогда технический потенциал биогаза $5 \cdot 0,756 = 3,78$ кВт*ч/м³.

Теоретическая мощность газогенерирующей установки 600 кВт на 1 млн м³/год утилизируемого биогаза. Мощность газо-энергетической установки, работающей на биогазе по схеме когенерации, может составить 200–220 кВт по электроэнергии и 220–280 кВт по теплу на 1 млн м³/год утилизируемого биогаза. При утилизации биогаза по схеме когенерации при КПД использования биогаза 90 %, технический потенциал биогаза с полигона составит $5 \cdot 0,9 = 4,5$ кВт*ч/м³.

Стоимость комплекса оборудования добычи и сбора свалочного газа не является основной. Она составляет 5-10% общих капитальных затрат проекта. Основные затраты связаны с оборудованием для конечного использования биогаза и необходимой инфраструктурой для его размещения. Отдельные капитальные и эксплуатационные затраты значительно уменьшаются с ростом установленной мощности установки.



На небольших свалках рационально установить оборудование для использования свалочного газа в передвижных контейнерах, что позволяет избежать затрат на построение здания. Передвижные контейнеры могут легко передвигаться с



одной свалки на другое при производстве существующего потенциала газа. Транспортировка свалочного газа на большое расстояние нерентабельно, потребитель газа должен располагаться на расстоянии не более 5-10 км от площади свалки.

Затраты на техническое оборудование, обслуживание и эксплуатационные отходы установки по использованию свалочного газа - примерно 10% капитальных затрат в год.

Использование когенерационной установки в значительной степени сокращает расходы на энергообеспечение при покупке из сети. Когенераторная установка – это энергетическая независимость потребителей, надежная подача энергии и существенное снижение затрат на получение тепловой энергии. Основное правило состоит в оценке времени работы когенерационной системы и степени ее загрузки: чем дольше система работает на максимальной мощности, тем более эффективна экономика ее применения. Автономная работа когенераторной установки позволяет обеспечить потребителей электроэнергией с устойчивыми параметрами по частоте и по напряжению, тепловой энергией со стабильными параметрами по температуре.

Выработка электроэнергии на полигоне с последующей продажей в сеть остается наиболее популярным способом утилизации биогаза на Западе. Однако в условиях России эта возможность остается проблематичной из-за низких тарифов на электроэнергию и практических сложностей продажи электроэнергии в сеть малыми производителями.

Так, необходимо расположение в непосредственной близости от полигона надежного потребителя электрической и тепловой энергии, что значительно повысит рентабельность проекта и сделает его более привлекательным для коммерческого использования.

Наиболее перспективными потребителями электроэнергии являются мусоросортировочный комплекс, тепличное хозяйство, представляется целесообразным также расположение предприятия по переработки вторсырья (макулатуры, пластика и т. д.). Технология переработки также должна включать потребности в тепловой энергии.

Мусоросортировочный комплекс и предприятие для переработки вторсырья в зависимости от мощности и производительности может обслуживать не только выбранный объект, но и близлежащие населенные пункты.

В настоящее время, законодательные нормы в области захоронения отходов все больше требуют осуществлять сортировку и предварительную переработку ТБО. Экологическая безопасность утилизации твердых бытовых отходов также требует их предварительной сортировки, которая определяет эффективность переработки твердых бытовых отходов и окупаемость затрат на строительство объектов переработки.

По мнению многих специалистов, работающих в сфере обращения твердых бытовых отходов, наиболее перспективным методом утилизации отходов для России является создание специализированных мусоросортировочных заводов и, в последующем, переработка вторичного сырья.

Расположение мусоросортировочного комплекса в непосредственной близости от полигона, с использованием в качестве электроэнергии энергию, полученную от работы когенерационной установки, работающей на свалочном газе. С последующей продажей отсортированных отходов в качестве вторичного сырья.

Сортировка мусора с последующей его переработкой – единственный способ обращения с отходами, позволивший одновременно решить проблему ТБО и достичь экономической эффективности.

Это позволит:

- снизить экологическую нагрузку на природную среду за счет значительного уменьшения потока ТБО, поступающего на полигон для захоронения;
- более эффективно использовать площадь полигона;
- вернуть неиспользуемые в настоящее время вторичные материальные ресурсы в сферу производства и потребления;
- увеличить занятость населения в производственной сфере за счет создания новых рабочих мест;
- организовать современное предприятие по сбору и вывозу ТБО и их дальнейшей переработки;
- оздоровить санитарную и экологическую обстановку в городе;
- ликвидировать стихийные (несанкционированные) свалки в городе;
- уменьшить объемы не утилизируемых отходов, поступающие на полигон для захоронения.

Однако, энергетические потребности мусоросортировочного комплекса могут быть недостаточны, представляется целесообразным также расположение предприятия по переработки вторсырья (макулатуры, пластика и т. д.). Технология переработки также должна включать потребности в тепловой энергии.

Таким образом, использование данных критериев при выборе объекта для разработки и реализации проекта утилизации свалочного газа позволит повысить его рентабельность и сделает более привлекательным для инвестора.

10. Киотский Протокол – реальный механизм повышения рентабельности и снижения затратной стоимости внедрения технологий комплексной переработки ПБО и утилизации свалочного газа.

Для ограничения антропогенного воздействия на климатическую систему ООН в 1992 году приняла Конвенцию об изменении климата (РКИК), а в 1997 году Киотский протокол к РКИК, который вступил в действие на международной арене в 2005 году. Россия является стороной РКИК и Киотского Протокола. В отличие от РКИК, носящей рамочный характер, Киотский протокол установил для развитых стран конкретные обязательства по ограничению выбросов парниковых газов в период с 2008 по 2012 годы по сравнению с уровнем выбросов 1990 года, а также рыночно ориентированные механизмы международного сотрудничества для совместного проведения мер по сокращению выбросов парниковых газов.

В Российской Федерации энергетика является ключевой отраслью в части генерации парниковых газов, из всех выбросов в Российской Федерации 81,5% приходится на сжигание топлива в различных сферах энергетического хозяйства (в электроэнергетике, ЖКХ, энергетике промышленных предприятий и др.). В этой связи высокоэффективные энергетические технологии рассматриваются в двух аспектах:

- как средство выполнения Российской Федерацией своих обязательств как по Киотскому протоколу, так и по постКиотскому соглашению (если в 2008-2012 гг. выбросы должны не превышать уровень 1990 г., то в постКиотский период Президентом Российской Федерации оглашено согласие обеспечить к 2020 г. снижение выбросов на 20% при значительном экономическом росте экономики страны);
- внедрение мероприятий и проектов по уменьшению выбросов парниковых газов позволяет применять рыночные механизмы обращения со сниженными выбросами, экономить государственные квоты на выбросы и получать дополнительные доходы от их реализации на международных углеродных рынках.

Основными технологиями для снижения/ограничения выбросов парниковых газов в Российской Федерации на ближайшие 10 лет останутся эффективное производство энергии, энергосбережение, внедрение возобновляемых источников энергии, использование отходов в качестве топлива, снижение потерь при производстве, передаче, распределении и потреблении энергии. Технологии, связанные с улавливанием CO₂, захоронением дымовых газов могут быть востребованы в Российской Федерации лишь после того, как подойдут к исчерпанию экономически оправданные меры по повышению энергоэффективности и энергосбережению, имеющие в нашей стране значительный потенциал.

16 февраля 2005 г. на международной арене вступил в силу Киотский протокол к Рамочной конвенции ООН об изменении климата, ратифицированный в ноябре 2004 г. Российской Федерацией.

28 мая 2007 г. Постановлением Правительства Российской Федерации № 332 утверждено «Положение об утверждении и проверке хода реализации проектов, осуществляемых в соответствии со статьей 6 Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата».

29 января 2008 г. Минюст России утвердило нормативную правовую базу по регистрации ПСО в государственных органах.

10 марта 2008 г. Минэкономразвития России начало прием заявок по прохождению национальных процедур ПСО.

28 октября 2009 г. Постановлением Правительства Российской Федерации № 843 утверждено «Положение о реализации статьи 6 Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата».

Обязательства Евросоюза состоят в снижении выбросов на 7%, Японии - на 6% и Канады – на 6%. В условиях экономического роста большинство развитых стран не сможет добиться выполнения своих обязательств только национальными мерами, или это окажется неприемлемым с точки зрения затрат. РФ должна в 2008-2012 гг. не превысить уровень 1990 г.; вследствие экономического спада РФ примерно на треть снизила свои выбросы к уровню 1990 г.; в 2008-2012 гг. при самых оптимистичных сценариях развития экономики нашей стране не грозит превышение планки 1990 г., т.е. наша страна останется донором квот. Протокол предусматривает рыночные механизмы выполнения обязательств, одним из них по ст. 6 является механизм «Проекты совместного осуществления (ПСО)».

Схематично ПСО представляет собой следующее: страна (предприятие), испытывающая трудности в выполнении своих количественных обязательств по Протоколу, вкладывает средства в реализацию проектов в другой стране. Полученные в результате реализации таких проектов «Единицы сокращения выбросов» (далее ЕСВ) передаются финансирующей стороне в зачет ее обязательств. ПСО организуются на уровне компаний и в заключительной фазе одобряются правительственным органом обеих стран.

Из практики организации ПСО: до 50 % от стоимости закупки ЕСВ поступают инициатору проекта в период закупки оборудования и строительно-монтажных работ. Остальные средства передаются в период с 2009 по 2013 гг. по факту поставки ЕСВ. В настоящее время цена 1 т CO₂ превышает 9 Евро и продолжает быстро расти.

Фактически компания в результате реализации проекта может получить дополнительный вид продукции – ЕСВ, которая обладает высокой ликвидностью на международном рынке. «Углеродные» средства являются формой софинансированием проекта, замещая собой определенную часть основных инвестиций.

Типы проектов в промышленности, ЖКХ и энергетике, соответствующие ПСО:

- совершенствование систем теплоснабжения, теплосетей, централизация теплоснабжения с ликвидацией индивидуальных низкоэкономичных котельных и т.п.;
- перевод источников энергоснабжения на другие виды топлива (природный газ, шахтный метан, биогаз, древесные отходы и т.п.);
- замена низкоэкономичного энергетического оборудования на высокоэффективное (например, на газопоршневые машины, парогазовые установки, и др.);
- внедрение возобновляемых источников энергии (мини-ГЭС, ветроустановки, солнечные батареи, геотермальные источники, тепловые насосы и т.п.);

- утилизация попутного газа;
- любые другие технологические совершенствования, обеспечивающие коммерчески значимое сокращение выбросов.

Основные этапы организации ПСО:

- определение соответствия проекта критериям ПСО;
- поиск покупателя сниженных выбросов и принципиальное согласование с ним вопросов организации ПСО (сроки выполнения работ, участие в финансировании разработки документации);
- разработка специализированной проектно-технической документации для ПСО и ее международная экспертиза (валидация);
- прохождение национальных процедур одобрения и регистрации ПСО, установленных Правительством Российской Федерации;
- разработка варианта бизнес-плана проекта с учетом финансовых потоков от реализации сниженных выбросов;
- разработка контракта купли-продажи сокращенных выбросов парниковых газов (далее ПГ) между владельцем проекта и покупателем выбросов ПГ.

ПСО разрабатывается на основе готового ТЭО или хорошо проработанного технического предложения и предварительно сформированной инвестиционной схемы. Подготовка проекта занимает 4 - 5 месяцев после его предварительной оценки и достижения договоренности с зарубежным партнером.

Проведение мероприятий по повышению эффективности производства тепла и энергосбережения означает появление ценного ресурса – сокращенных выбросов парниковых газов, который может быть превращен в товар и реализован на углеродных рынках.

11. Обоснование применения технологий переработки свалочного газа на полигонах ТБО г. Владивостока.

Организационная и нормативно-правовая база.

09.06.2006 Дума города Владивостока своим Решением № 234 приняла муниципальный правовой акт города Владивостока «Муниципальная целевая программа «Отходы» на 2006-2015 годы»

Целями Программы являются:

- заметное улучшение положения в сфере обращения с отходами в городе Владивостоке путем создания экономически эффективной и безопасной муниципальной системы управления отходами;
- защита окружающей среды и населения города Владивостока от негативного воздействия отходов производства и потребления, улучшение санитарного состояния внешнего облика города Владивостока;
- создание и развитие экономически эффективной муниципальной отрасли экономики, связанной с переработкой отходов производства и потребления;
- минимизация потерь ценных веществ, содержащихся в отходах производства и потребления, уменьшение затрат, направленных на ликвидацию последствий загрязнения окружающей среды.

В апреле 2013г во Владивостоке состоялось заседание Совета председателей представительных органов городских округов и муниципальных районов при ЗС Приморского края. Оно было посвящено реализации полномочий органов местного самоуправления в сфере жилищно-коммунального хозяйства, а также организации сбора, вывоза, утилизации и переработки бытовых и промышленных отходов

На заседании Совета было отмечено, что проблемы, касающиеся переработки бытовых отходов, неразрывно связаны с вопросами охраны окружающей среды, экологического, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, благоустройства территорий муниципальных образований. Несмотря на реализацию государственной программы «Охрана окружающей среды Приморского края на 2013-2017 годы и подпрограммы «Обращение с твердыми бытовыми и промышленными отходами в Приморском крае», остается довольно широкий перечень проблем, связанных с реализацией полномочий органов местного самоуправления в сфере утилизации ТБО.

Совет отметил, что наиболее реальным путем решения проблем утилизации ТБО является бюджетное финансирование в рамках долгосрочных целевых программ края и муниципальных образований. Также важным является привлечение инвестиций для развития инфраструктуры по переработке и утилизации отходов.

В соответствии с Федеральным законом от 06.10.2003 №131-ФЗ "Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации", Уставом города Владивостока, постановлением администрации города Владивостока от 08.02.2011 № 92 "Об утверждении Положения о порядке разработки, утверждения и реализации долгосрочных целевых программ и ведомственных целевых программ в администрации города Владивостока", распоряжением администрации города Владивостока от 23.08.2011 № 598-р "О разработке долгосрочной целевой программы "Совершенствование системы обращения с отходами в городе Владивостоке" на 2012-2015 годы" администрация города Владивостока постановила утвердить долгосрочную

целевую программу "Совершенствование системы обращения с отходами в городе Владивостоке" на 2012-2015 годы.

Министерство природных ресурсов и экологии утвердило Комплексную стратегию обращения с твердыми коммунальными (бытовыми) отходами в Российской Федерации, рассчитанную до 2030 года. Приказ Минприроды № 298 от 14.08.2013 г.

Перспектива рекультивированного полигона «Горностай» - как источника биогаза.

Полигон твёрдых бытовых отходов г. Владивостока расположен на побережье бухты Безымянной Уссурийского залива в урочище Мертвая падь. Участок исследований территориально относится к Ленинскому району г. Владивостока. В 250 м к юго-западу от него расположен посёлок Рыбачий, а в 2-2,5 км посёлок Горностай. Полигон ТБО действует с 1967 года,

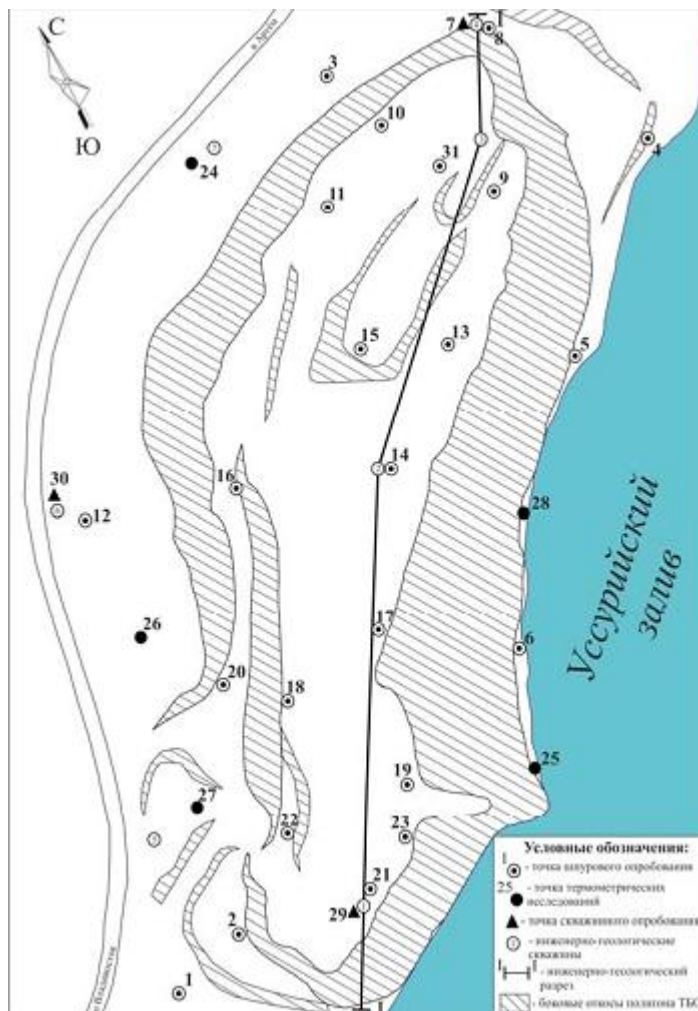
Современные техногенные образования (tQIV) представлены минерализованными грунтами с остатками неразложившегося и свежего мусора. В процессе эксплуатации полигона свалочные грунты были подвержены самовозгоранию. Общая

мощность насыпных грунтов от 0,4 до 36,6 м.

1. Свалочный газ полигона ТБО г. Владивостока, состоящий из: метана до 55 %, углекислого газа до 22 %, водорода до 0,32 %, окиси углерода до 0,1 %, диоксида серы до 0,002 %, сероводорода до 0,002 %, окислов азота до 0,001 %, бензола, бенз(а)пирена и углеводородных газов, представляет комплексную геоэкологическую опасность.

2. Установлено два основных генетических источника образования газов: биохимический и термохимический, в совокупности образующие полигенетическую газовую смесь в верхнем горизонте отходов полигона.

3. Показатель молекулярной массы МУВ и весовые концентрации углеводородных компонентов ряда C₂ – C₆ являются основными газогеохимическими



индикаторами фазового состояния полигона ТБО в процессе физико-химической трансформации твёрдых бытовых отходов.

В пределах полигона ТБО выделено пять фазовых газогеохимических состояний преобразования отходов:

- I газогеохимическая фаза (аэробное разложение);
- II газогеохимическая фаза (анаэробное разложение - кислое брожение);
- III газогеохимическая фаза (анаэробное разложение с непостоянным выделением метана - смешанное брожение);
- IV газогеохимическая фаза (анаэробное разложение с постоянным выделением метана);
- V газогеохимическая фаза (затухание анаэробных процессов).

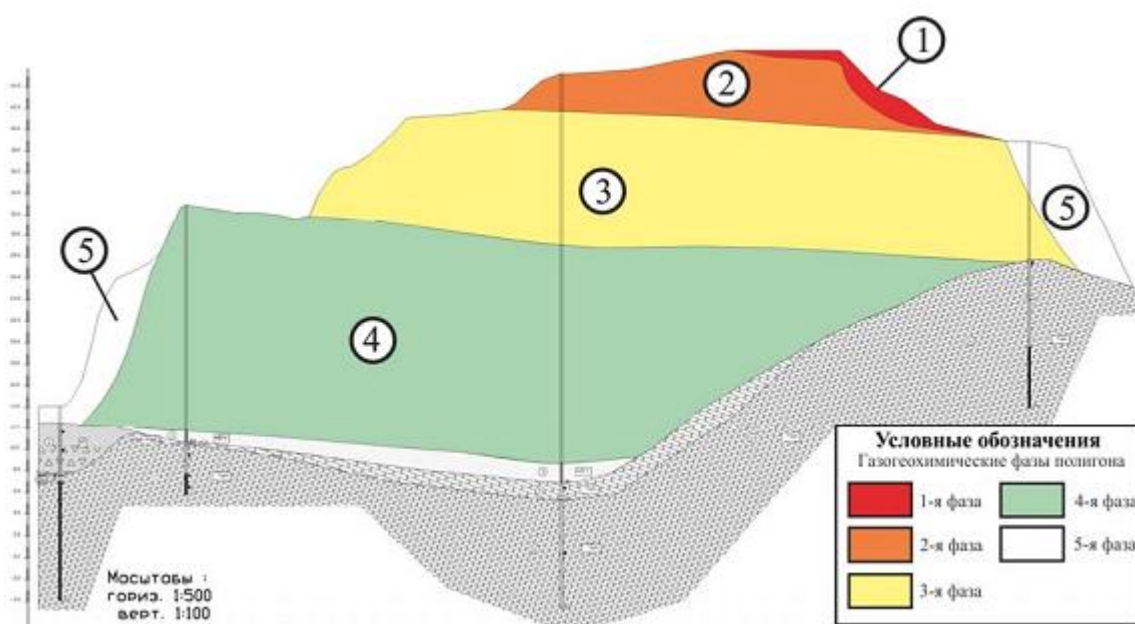


Рис. 3. Фазовые газогеохимические состояния полигона в разрезе по линии I – I.

Основным газогенерирующим горизонтом полигона являются отходы, залегающие в его основании, представленные IV газогеохимической фазой. Борты полигона и давно отработанные участки характеризуются минимальным газообразованием, и находятся в V стадии анаэробного затухания. Процессы анаэробного разложения отходов, бактериального, термохимического и аэробного окисления, а также термический режим полигона приводят к формированию полигенетического газового состава в верхнем горизонте отходов.

Другой специфической особенностью распределения УВГ полигона ТБО является незакономерное распределение весовых долей углеводородных газов ряда C₂-C₆ в виде C₂ < C₃ > C₄ > C₅ > C₆ в большинстве анализированных проб, при этом в I и II газогеохимических фазах C₂ < C₄. Подобные соотношения между соседними углеводородными компонентами и значительные вариации весовых концентраций подтверждают выводы о полигенезисе газового состава в верхнем горизонте отходов полигона.

Более того, в природных условиях подобные соотношения УВГ характерны для углеводородных газов нефтегазовых и газонефтяных залежей (Гресов, 2011). Причиной обнаруженных соотношений УВГ на полигоне является наличие в составе отходов продуктов промышленного синтеза нефтепродуктов (пластик, целлофан, резина и др.). Термохимическое преобразование которых, на

начальных стадиях разложения, приводит к образованию и характерному соотношению углеводородных газов нефтяного ряда.

Исследование закономерностей изменения количественных и газогенетических показателей УГВ газов полигона ТБО установило близкие значения газогенетических коэффициентов, присущие скоплениям жирных газов. Углеводородные газы полигона могут быть объединены в одну газогенетическую группу с характерными особенностями образования и соотношения газовых компонентов.

В начале 2011 года по завершению технического этапа рекультивации на полигоне были оборудованы 8 дегазационных скважин. Газогеохимические исследования в период 2010-2011 годов позволяют говорить о том, что полигон ТБО остаётся серьёзным газоопасным объектом, нуждающимся в постоянном контроле и мониторинге с целью изучения процессов выделения биогаза и обеспечения газобезопасности.

Перекрытие основной площади полигона глиняным экраном (саркофагом) привело к усилению процессов газообразования на полигоне. Формирование благоприятных анаэробных условий в толще отходов привели к росту метаногенерации и активной миграции биогаза в окружающую среду.

В составе свободных газовыделений газодренажных скважин полигона были установлены следующие компоненты: CH₄ - от 7,1 до 77,8 %; N₂ - от 6,8 до 59,6 %; CO₂ - от 15,3 до 40,6 %; углеводородные газы - в сумме до 0,0238 %. Индикаторными трубками установлено наличие CO - от 10 до 40 мг/м³ (2 ПДКр.з.) и H₂S - от 5 до 100 мг/м³ (10 ПДКр.з.). Температура газового потока на выходе из скважин изменялась в пределах от + 26 до + 50 °С . Суммарный дебит всех дегазационных скважин весной 2011 года составлял 770 - 925 м³/час. Основное выделение метана зафиксировано в восточной и центральной части полигона ТБО. По предварительным данным, суммарное газовыделение CH₄ только с дегазационных скважин полигона составляет порядка 2,5 млн. м³/год. Прогнозные расчёты объёмов газообразования с применением математической модели LandGEM 3.02 Американского агентства по охране окружающей среды (US EPA) показали, что ещё как минимум на протяжении 20-30 лет эмиссия метана будет находиться на высоком уровне.

Международный опыт эксплуатации и рекультивации полигонов показывает, что единственный способ прекращения выделения в атмосферу биогаза – это его организованное удаление через систему скважин и коллекторов с последующей утилизацией и использованием в народном хозяйстве. Основным методом, обеспечивающим решение этой задачи, является принципиальная схема сбора и утилизации биогаза:

- создание сети вертикальных газодренажных скважин, соединяющихся линиями газопроводов;

- в зависимости от количества скважин на полигоне ставятся коллектора для сбора газа, насосно-компрессорное оборудование для принудительной откачки газа и его компримирования;

- установка оборудования для предварительной очистки биогаза от силоксанов, сероводорода, углекислого газа, вредных примесей и влаги для последующей утилизации.

В связи с вышеизложенными фактами после закрытия полигона ТБО г. Владивостока рекомендуется проведение следующих мероприятий:

- организация газогеохимического мониторинга сети газодренажных скважин с целью уточнения объёмов эмиссии, оценке дебита и компонентного состава биогаза;
- ограждение территории закрытого полигона от свободного посещения в целях обеспечения газобезопасности. Оповещение населения о существующей газогеохимической опасности для предотвращения возможных несчастных случаев.
- организация опытно-исследовательской базы для сбора и утилизации биогаза. При этом на основе газогеохимических исследований определить экономически выгодную возможность промышленного использования ресурсов биогаза полигона.

В перспективе, собранный и очищенный биогаз может быть использован в различных областях хозяйства региона:

- энергетике (использование в качестве топлива для газовых двигателей и турбин, когерационных установок с целью получения электроэнергии и тепла). Для выработки 1 МВт энергии необходима подача биогаза в количестве 525 м³/ч.;
- теплоэнергетике (сжигание в инфракрасных нагревателях с целью получения тепла и обогрева жилых и производственных помещений, теплиц и т.д.);
- обогащение и использование в качестве моторного топлива (возможное переоборудование мусороборочной техники на газ и создание АГЗ на территории старого полигона);
- химической промышленности (производство метанола);
- факельное сжигание (торговля квотами на выброс парниковых газов в рамках Киотского протокола);
- обогащение метаном до 94 - 95 % и использование в качестве бытового газа для нужд местного населения.

Наиболее перспективным направлением утилизации биогаза полигона его использование в качестве теплоносителя (когенерация). Альтернативой может стать производство, которое способно использовать дешевую энергию утилизации биогаза с еще большим эффектом, чем, к примеру, комплекс по переработке ТБО на новом полигоне. По имеющейся информации Фонд развития жилищного строительства (г. Москва) решил разместить новый микрорайон в бухте Щитовая, где будет построено 70 000 кв. метров жилья экономического класса. В пять раз выросла стоимость земельных участков на близлежащих территориях. Все это говорит только об одном, - рекультивация достигла своих целей как в краткосрочном так и в долгосрочном периоде.

Кроме этого, коммерчески выгодным, бездотационным и рентабельным на сегодняшний день представляется утилизация биогаза в качестве парникового газа в рамках Киотского протокола. Экономическая эффективность проектов, предусматривающих использование свалочного газа для выработки электроэнергии, в современных российских условиях при отсутствии государственной поддержки маловероятна. При этом любые способы утилизации должны осуществляться в рамках полной экологической безопасности и защиты окружающей среды от вторичного загрязнения в результате сжигания или переработки свалочных газов.

Процессы образования биогаза будут продолжаться десятки лет после закрытия полигона в количествах способных нанести ощутимый ущерб окружающей природной среде. Реализация мероприятий по сбору и утилизации газовыбросов полигона при должной организации позволит уменьшить выбросы в атмосферу, улучшит экологическое состояние окружающей среды, принесет экономическую и социальную пользу.