

УДК 504.064.4:628.46(477.63)

Василенко Елена Александровна
аспирант,
Национальный горный университет,
49000, Украина г. Днепропетровск,
пр. Карла Маркса, 19
Тел. (096)215-33-33,
е-mail: vasilenkoelena20@ukr.net

Коровяка Евгений Анатольевич
кандидат технических наук,
доцент кафедры транспортных систем
и технологий,
Национальный горный университет
49000, Украина, г. Днепропетровск,
пр. Карла Маркса, 19
Тел. (0562) 46-90-42, (050) 955-12-02

РЕГЕНЕРАЦИЯ МЕТАНА, ВЫДЕЛЯЕМОГО МУСОРНЫМИ СВАЛКАМИ, И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО УТИЛИЗАЦИИ В ДНЕПРОПЕТРОВСКОМ РЕГИОНЕ

Аннотация:

В работе рассмотрен опыт использования полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) как источника высокоэнергетического газа, который может найти применение в различных отраслях промышленности.

Метан, выделяемый мусорными свалками, может быть эффективно использован в производстве автомобильного топлива, электроэнергии и тепла в зависимости от расположения полигонов относительно хозяйственной инфраструктуры. Утилизация метана позволит решить проблему повышения экологической безопасности полигонов ТБО для окружающей среды.

Анализ, разработка и обоснование технологических решений возможны лишь с учетом определения общего объема метана, выделяемого мусорными свалками, и технико-экономического обоснования его себестоимости, позволяющего далее принимать проекты по непосредственному использованию свалочного газа.

Практические предложения по выбору и обоснованию направлений использования метана, выделяемого мусорными свалками, и технологические схемы утилизации могут быть использованы и дадут достаточный социально-экономический эффект в условиях Днепропетровского региона.

Ключевые слова: метан, свалочный газ, регенерация, утилизация, полигоны твердых бытовых отходов, экологическая безопасность

Vasilenko E.A.
the postgraduates, The State HIGH SCHOOL
"NMU" (State institution of higher education,
National Mining University),
49000, the Ukraine
Dnepropetrovsk , 19, Karl Marx avenue.
Tel. (096) 215-33-33.
e-mail: vasilenkoelena20@ukr.net

Korovyaka E.A.
Associate Professor of Transport Systems and the
State HIGH SCHOOL "NMU" (State institution of
higher education, National Mining University),
Ph.D., 49000, the Ukraine,
Dnepropetrovsk, 19, Karl Marx avenue.
Tel. (0562) 46-90-42 mob. (050) 955-12-02

REGENERATION OF METHANE EMITTED FROM LANDFILLS, AND THE POSSIBILITY OF IT UTILIZATION IN THE DNEPROPETROVSK REGION

Abstract:

This paper describes the experience of solid waste use (MSW) as a source of high-energy gas, which may find application in various branches of industry.

Landfill gas can be efficiently used in the manufacture of automotive fuel, electricity and heat, depending on the location of landfills with respect to the economic infrastructure. Methane utilization will solve the problem of improving the ecological safety of landfills for the environment.

Analysis, development and grounding technological solutions are possible considering the total amount of methane determination emitted from landfills, and the feasibility of its production costs, that allows further project development on direct use of landfill gas.

Practical suggestions on selection and grounding the directions of application the methane, emitted from landfills, and technological schemes of utilization can be used and will provide social and economic effect in the conditions of Dnepropetrovsk region.

Key words: methane, landfill gas, regeneration, utilization, solid waste landfills, environmental safety.

Метан является основным компонентом газа, выделяемого мусорными свалками (свалочного газа). Выбросы метана в атмосферу делают его основным виновником возникновения «парникового эффекта». В результате сокращения выбросов метана, при улавливании свалочного газа и его применении в качестве энергоносителя можно добиться производства значительного количества энергии, а также положительных экономических и экологических результатов. Осуществление проектов по регенерации энергии свалочного газа способствует сокращению парниковых газов и загрязняющих воздух веществ, что положительно сказывается на состоянии окружающей среды и снижает потенциальный риск для здоровья человека. Кроме того, проекты по свалочному газу снижают зависимость от отдельных энергоносителей, способствуют экономии, создают рабочие места и помогают развитию экономики на местах. В международном масштабе существуют значительные возможности для расширения применения энергии свалочного газа [1].

Ежедневно в Украине тысячи тонн городских твердых отходов поступают на мусорные свалки. В результате естественного процесса разложения органических веществ, таких как продукты питания и бумага, захороненных на этих свалках, выделяется свалочный газ, являющийся побочным продуктом разложения. Этот газ состоит примерно на 50 % из метана (CH_4), который является основным компонентом природного газа, и на 50 % — из двуокиси углерода (углекислого газа) (CO_2) и небольших примесей органических веществ, не входящих в группу метана [2].

Во всем мире мусорные свалки являются третьим по величине антропогенным источником выбросов и составляют примерно 12 % глобальных выбросов [2].

Общеизвестно, что в течение последних двух десятилетий население Украины уменьшилось почти на 5 млн человек (или 10 %) от численности в 51 млн человек в 1991 г. до 45,5 млн в 2013 г., однако количество бытового мусора не только не уменьшается, но, наоборот, продолжает накапливаться и увеличиваться. Например, за последние десять лет объем бытовых отходов — продуктов жизнедеятельности каждого жителя в Украине увеличился на 40 %. Департамент экологической безопасности Министерства охраны окружающей среды оценивает концентрацию в Украине всех видов отходов в объеме около 35 млрд т, из них 2,6 высокотоксичны [3].

По данным экологов, каждый украинец ежегодно создает около 220 – 250 кг твердых бытовых отходов, а жители больших городов 330 – 380 кг, и эти объемы постоянно растут. Более 90 % твердых бытовых отходов (ТБО) в Украине вывозится на свалки и полигоны. Захоронение отходов на свалках требует отчуждения больших территорий и их дорогостоящего обустройства. Как сообщает Национальный экологический центр Украины, на полигонах и свалках накопилось больше миллиарда кубометров отходов жизнедеятельности человека, из которых, согласно официальным данным Госкомстата Украины, повторную переработку проходит 3,5 %. Все эти отходы занимают более 7 000 га земли, это фильтрат, загрязняющий грунт, отравляющий грунтовые воды, приносящий невосполнимый вред здоровью людей. Кроме того, это свалочный газ, образующийся при захоронении органических веществ, макрокомпонентами которого является метан (CH_4) и диоксид углерода (CO_2). На рис. 1 представлено ориентировочное распределение объемов выбросов CH_4 с мусорных свалок в промышленных областях Украины.

Регенерация метана, выделяемого мусорными свалками, и возможности применения в Днепропетровском регионе. Днепропетровский регион был провозглашен зоной чрезвычайного экологического бедствия еще в 2007 г. Но ситуация не только не улучшилась, но продолжает ухудшаться. В городе ежегодно образуется 300 – 350 тыс. т ТБО и до 400 тыс. т строительного мусора (рис. 2). Для захоронения используются два полигона: небольшую часть вывозят на полигон под г. Новомосковском, 140 – 150 тыс. т направляются на завод по сжиганию бытовых и строительных отходов, а все остальные отходы, то есть половина всего объема, остаются на несанкционированных свалках в пределах города [3].

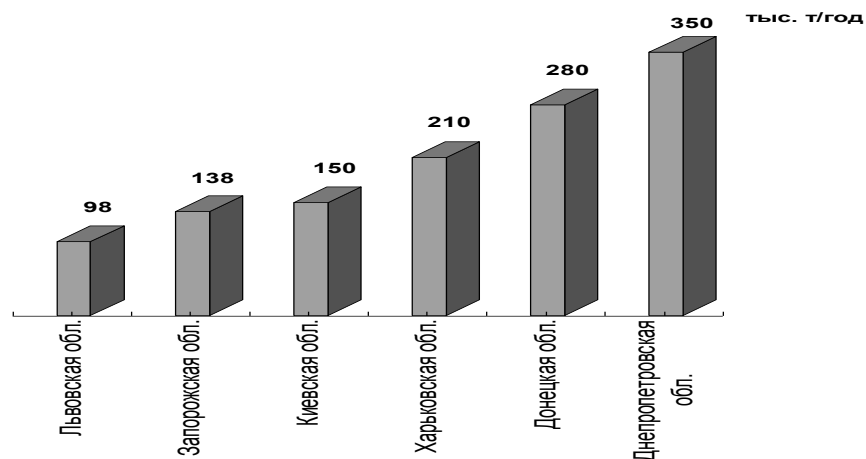


Рис. 1 – Общий объем выбросов метана (тыс. т/год) с мусорных свалок в промышленных областях Украины за 2012 г.

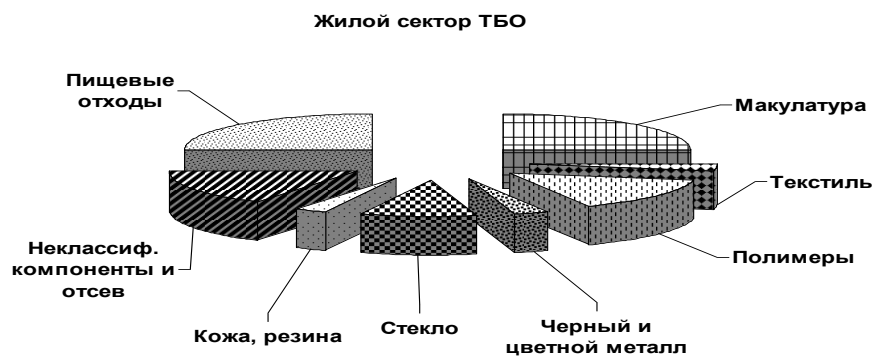


Рис. 2 – Состав твердых бытовых отходов в Днепропетровском регионе на 2010 г.

Процесс регенерации метана можно показать на примере муниципальной Игреньской свалки площадью 14,9 га, расположенной за жилым массивом Игрень по Синельниковскому шоссе (рис. 3). Среднее расстояние от центра города – 22 км. Она эксплуатировалась с 1974 г., в 2007 г. была закрыта [4].



Рис. 3 – Игреньская свалка (фото автора)

Сбор свалочного газа из мусорных свалок производится при помощи ряда скважин и вакуумной системы, подающей собранный газ в место обработки. Оттуда свалочный газ поступает для применения в различных целях.

Технологическая схема извлечения свалочного газа. Для экстракции свалочного газа на полигонах обычно используется следующая принципиальная схема: сеть вертикальных газодренажных скважин соединяют линиями газопроводов, в которых компрессорная установка создает разрежение, необходимое для транспортировки свалочного газа до места использования (рис. 4). Установки по сбору и утилизации монтируются на специально подготовленной площадке за пределами свалочного тела. Принципиальная технологическая схема сбора свалочного газа приведена на рис. 5 [5].



Рис. 4 – Блок-схема установки для добычи и утилизации биогаза

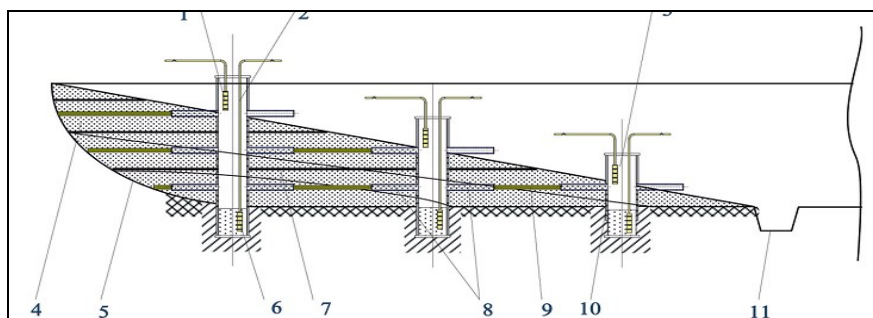


Рис. 5 – Принципиальная схема полигона

1 – газосборник; 2 – полимерный трубопровод для отвода фильтрата; 3 – колодец вертикального газового дренажа; 4 – отходы ТБО; 5 – основание полигона; 6 – эрлифт; 7 – противофильтрационный слой ФРМ и БРМ; 8 – система горизонтального газового дренажа; 9 – инициирующие компоненты биологического происхождения; 10 – система вертикального газового дренажа; 11 – дренажная канава

Варианты применения свалочного газа в Днепропетровском регионе:

- производство электроэнергии с использованием двигателей, турбин, микро-турбин и других технологий;
- переработка свалочного газа для изготовления альтернативного топлива для местных промышленных предприятий или других организаций, нуждающихся в постоянных поставках топлива. Непосредственное применение свалочного газа является надежным и требует минимальной переработки и незначительных модификаций имеющегося оборудования для сжигания;
- использование свалочного газа для производства газа газопроводного качества или альтернативного транспортного топлива.

Методы извлечения свалочного газа из ТБО

Скважины. Для добычи метана на полигонах ТБО применяются вертикальные скважины. Обычно они располагаются равномерно по территории свалочного тела с

шагом 50 – 100 м между соседними скважинами. Их диаметр колеблется в интервале 200 – 600 мм, а глубина определяется мощностью свалочного тела и может составлять несколько десятков метров. При бурении скважин в толще отходов в местных условиях наиболее целесообразным считается использование шнекового бурения.

Факельное сжигание. Процесс сжигания в факеле оправдан с той точки зрения, что погрешность расчета газообразования составляет обычно не менее 30 %. В случае отсутствия надежных данных о морфологическом составе ТБО и регистрации количества завозимых ТБО погрешность может увеличиться в несколько раз. Если биогаз планируется использовать в энергетических целях, такая погрешность недопустима. Наиболее простая схема этого процесса выглядит следующим образом:

- установка по откачиванию газа мусорной свалки,
- система обезвоживания,
- контроль и управление процессом,
- анализ газа,
- сжигание поступления.

Безкислородное брожение ТБО. На первом этапе строительства создается принимающая емкость (котлован), рассчитанный на 10 – 20 лет пользования. На дне котлована укладывается слой глины толщиной 1 м (или полиэтиленовая пленка) для предотвращения проникновения загрязненных вод в почву. В процессе строительства мусор вносится в котлован порциями в специальные ячейки, соответствующими суточной норме его поступления на свалку. Каждая такая ячейка высотой от 2 до 4 м изолируется глиной от предшествующих и последующих.

После заполнения котлована мусором его закрывают «кровлей» – глиной, пленкой, засыпают землей, сверху высаживают траву. Котлован оснащается инженерными сооружениями для отвода жидких и газообразных продуктов разложения мусора. В теле котлована закладываются скважины, трубы, устанавливается насосное оборудование. Полученный газ передается по трубопроводам на электростанции, котельные, печи обжига, микротурбины и т. п.

Первые 2 – 3 месяца из закрытого котлована с мусором выходит, в основном, CO_2 . Затем начинается выделение полноценного свалочного газа, которое продолжается до 30 – 70 лет. После 25 лет выработка метана начинает медленно сокращаться. После прекращения выработки газа территория, занятая котлованом, может быть повторно использована для переработки муниципального мусора [5].

Технология сбора и отвода свалочного газа на полигоне твердых бытовых и промышленных отходов. *Пункт сбора свалочного газа.* Газосборный пункт предназначен для принудительного извлечения свалочного газа из свалочной толщи. Для этого с помощью специального электровентильатора в системе газопроводов создается небольшое разрежение (около 100 мбар).

Способ сбора и отвода свалочного газа может быть использован при обезвреживании твердых бытовых и промышленных отходов путем захоронения их на полигонах. В способе сбора и отвода свалочного газа на полигоне, включающем подготовку основания, монтаж системы вертикального газового дренажа из скважин с перфорированными стенками, послойную укладку отходов, монтаж системы горизонтального газового дренажа на поверхности каждого заверченного слоя отходов в виде дрен, изолирующее покрытие поверхности сформированного полигона, свалочный газ отводят из скважин. При этом на фундаментах, распределенных по площади полигона, оборудуют скважины вертикального газового дренажа на определенную высоту. Затем производят засыпку внутренней полости и обсыпку внешней поверхности каждой скважины. После укладки первого слоя отходов формируют на его поверхности горизонтальные дрены, примыкающие к внешней дренирующей обсыпке скважин. Нарращивают перфорированные скважины до определенной высоты. Обсыпают внешнюю поверхность скважин на высоту следующего слоя отходов дренирующим материалом. В последнем цикле

наращивания скважины оборудуют стенками без перфораций, выше поверхности сформированного полигона и без обсыпки их внешней поверхности дренирующим материалом [5].

Газовые котлы. Непосредственное сжигание биогаза в котлах сети централизованного теплоснабжения, а также промышленных котлах в радиусе 3 км от полигона, как правило, является наиболее рентабельным способом его утилизации. Существенным фактором, влияющим на экономические показатели проекта, является наличие относительно равномерного потребления биогаза на протяжении всего года.

Современные бытовые и промышленные газовые котлы, как правило, не предназначены для работы на низкокалорийном биогазе. Ситуация осложняется еще тем, что в биогазе в значительных концентрациях может содержаться углекислый газ. Одним из способов решения этой задачи является применение специально разработанных щелевых подовых горелок для сжигания биогаза. При разработке конструкции горелок учтены специфические особенности горения биогаза (малые пределы устойчивости пламени и т.д.). Они могут работать в широком диапазоне режимов эксплуатации котла с расходом биогаза от 160 до 318 м³/ч. Горелки изготовлены из специальных сталей, имеют съемные сопла, которые не подвержены сероводородной коррозии, а также имеют специальные устройства для стабилизации пламени. С целью уменьшения коэффициента избытка воздуха горелки имеют специальные полосы, направляющие воздух к каждому из сопел, и не допускают большого избытка воздуха.

Технологии получения тепловой и электрической энергии с использованием свалочного газа. В процессе активной стадии дегазации полигона выделяющийся из субстрата свалочный газ собирается, например, в газгольдере через систему удаления конденсата водных паров. Из газгольдера свалочный газ поступает к потребителям через систему очистки от вредных примесей: воды, серы, углекислого газа. Очищенный газ поступает непосредственно в котлы для производства тепла или в когенерационные установки для выработки электроэнергии. Также свалочный газ может использоваться для производства холода на абсорбционных или комбинированных холодильных машинах и т.д.

С учетом проведенных исследований можно сделать следующие выводы: полигоны ТБО Днепропетровского региона являются источниками высокоэнергичного газа, содержащего до 70 % биометана, который может быть эффективно использован в производстве автомобильного топлива, электроэнергии и тепла в зависимости от расположения полигонов относительно хозяйственной инфраструктуры; утилизация свалочного биогаза позволит значительно улучшить экологическую ситуацию в области, предотвратив выделение парниковых газов в объеме 350 тыс. т/год CO₂-эквивалента, а также токсичных веществ.

Литература

1. Глобальная инициатива по метану: Глобальные выбросы метана и возможности их снижения [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.globalmethane.org/gmi/>
2. Пятничко А.И. Утилизация биогаза закрытых полигонов ТБО / А.И. Пятничко, В.Е. Баннов // Экология плюс. – 2009. – № 4. – С. 12 - 14.
3. Бондаренко Б.І. Проблема утилізації твердих побутових відходів та знешкодження небезпечних відходів в Україні; Від проекту концепції – до державної науково-технічної програми / Б.І. Бондаренко, В.А. Жовтянський // Енерготехнології і ресурсосбереження. – 2008. – № 4. – С. 63 - 69.
4. Офіційний сайт Дніпропетровської обласної державної адміністрації – Дніпропетровська область, Новини регіону [Електронний ресурс] – Режим доступа: <http://adm.dp.ua/OBLADM/obldp.nsf/archive/>