

PROSPECTS AND SAFETY OF LANDFILL GAS PRODUCTION AT MSW LANDFILLS

Vinnitsia National Technical University

Анотація

В роботі розглянуто питання актуальності використання та перспективності видобування біогазу в місцях захоронення твердих побутових відходів для України. Наводяться основні відомості про отримання енергії шляхом переробки побутових відходів, описується процес утворення звалищного газу та його особливості.

Ключові слова: тверді побутові відходи, звалищний газ, полігон, паливо, енергія, метан, енергетична незалежність.

Abstract

The paper discusses the relevance of the use and prospects of biogas production in solid waste disposal sites for Ukraine. The article provides basic information about obtaining energy by recycling household waste, describes the process of landfill gas formation and its features.

Keywords: municipal solid wastes, landfill gas, landfill, fuel, energy, methane, energy independence.

Introduction

Increasing the level of fuel and energy independence is one of the priority goals of the state energy policy of Ukraine. At the same time, there are certain negative trends that are observed in the traditional energy system, which for a number of reasons are associated with the problem of providing the state with hydrocarbon fuel and energy resources. This has created prerequisites for the development of individual segments of alternative energy.

In this situation, the issue of production and use of renewable energy sources, one of which is landfill gas (LG), is extremely relevant for Ukraine. The energy obtained from the LG belongs to renewable energy, because it comes from a renewable organic substrate, which gives even more importance to the production of gas in biogas plants.

The consumption of the goods of civilization is constantly growing, and with it the amount of waste is growing. Colorful packaging, disposable products and much more that is made for General consumption, always turns into scrap. No matter how much you can tamp the trash can, you will still have to take out the trash. This means that there is an urgent need to invent new ways to process waste.

Research results

Municipal solid wastes (MSW), which, unlike solid industrial waste [1-4], is a mixture of organic substances of various origins, is a high-calorie fuel, and is not inferior in energy indicators to traditional brown coal [5]. Getting energy from garbage simultaneously solves the problem of solid waste disposal.

Fuel obtained from conventional MSW can be: 1) gaseous (LG containing methane); 2) solid; 3) liquid.

Currently, waste processing plants are being created in different countries, equipped with special storage facilities that are equipped for the correct storage of solid waste in order to obtain LG from them. However, low-calorie gaseous fuel is difficult to transport, and therefore it is usually used directly at the site of its production for the production of electricity and heat.

Solid fuel from MSW [6] is a high-calorie fraction that consists of household waste. This type of fuel is widely used as a cheap substitute for combustible minerals and can replace such resources as: brown coal, coal, oil products, wood.

Liquid fuel is a synthetic fuel that can be used in internal combustion engines. It compares favorably with diesel fuel obtained from oil refining, since it does not contain sulfur, which clogs the engines, which in turn negatively affects their durability.

One of the main methods of disposal of solid waste worldwide remains their burial in the near-surface geological environment [7-11]. Under these conditions, the waste is subjected to intensive biochemical

decomposition with the formation of LG [12-19]. The main components of LG include not only greenhouse gases (methane and carbon dioxide), but also such toxic compounds as carbon monoxide, nitrogen oxides, hydrogen sulfide, and sulfur dioxide. In the process of thermal exposure and ignition of waste, carcinogenic compounds are released-benzene, benzopyrene. The emission of landfill gases entering the environment has negative effects of both local and global geocological nature.

As a result of anaerobic (in the complete absence of oxygen) decomposition of the organic fraction of MSW from the total amount of methane that enters the atmosphere every year, 40...70% is formed as a result of anthropogenic activities, and 20% of them fall on MSW disposal sites. It is estimated that about 200 m³ of LG is generated from one ton of MSW. At the same time, the first 15...20 years when one ton of MSW is decomposed, up to 7.5 m³ of LNG is released per year. In the future, the intensity of HR release decreases sharply.

Depending on the methane content, LG has a specific heat of combustion in the range of 15 to 25 MJ/m³ (3600...4800 kcal/m³), which corresponds to 1/2 of the heat of combustion of natural gas. On average, the calorific value of LG is 4200 kcal / m³. In terms of heat of combustion, 1 m³ of LG is equivalent to: 0.8 m³ of natural gas, 0.7 kg of fuel oil or 1.5 kg of firewood.

LG is one of the reasons of ignition of solid waste at landfills and dumps. When the air contains 5...15 methane and 12% oxygen, an explosive mixture is formed. It is possible to control the concentration of methane and other components of HG using a gas analyzer, which is described in detail in [20].

LG also has a negative impact on vegetation cover, depressing vegetation in areas adjacent to landfills (the mechanism of influence is associated with the saturation of the soil pore space with LG and the displacement of oxygen from it).

LG is one of the gases that create the "greenhouse effect" and affect the climate change of the Earth as a whole. The United Nations framework Convention on climate change [21] obliges participating countries to minimize emissions of greenhouse gases such as methane and carbon dioxide (the emission of 1 m³ of methane to the atmosphere for its harmful effects on climate change is equivalent to the emission of about 25 m³ of carbon dioxide to the atmosphere). In this regard, reducing LG emissions into the atmosphere not only improves the environmental situation around landfills, but also contributes to the implementation of Ukraine's international obligations.

The need to reduce environmental pollution and energy conservation makes it more rational to use traditional energy resources, to look for other, preferably inexpensive and renewable energy sources, which in recent years are increasingly referred to as MSW, formed in significant quantities, and usually do not find application and pollute the environment, are renewable secondary energy resources. Currently, two main directions of energy utilization of solid waste are being intensively developed: their incineration and burial with the production of LG.

Solid waste incineration requires expensive treatment systems, so landfill disposal is more widespread worldwide. The main advantage of burial technology is its simplicity, relatively low capital and operating costs, and relative safety.

For the energy sector of developed countries, the use of LG is not crucial, but this source should not be neglected for both environmental and economic reasons, which is confirmed by the experience of many States. The EU has adopted a Directive that requires the collection and disposal of solid waste from all landfills where biodegradable MSW was buried to minimize harmful effects on the environment and human health. Since the beginning of the 80's, LG formed in landfills has been intensively extracted in many countries. Today, the total amount of HG used is approximately 1.2 billion m³/year, which is equivalent to 429 thousand tons of methane or 1 % of its global emissions.

Currently, about 60 types of biogas technologies are being used or developed in the world. The average operating time of one well is 15 years, and the estimated payback period of the project is from 4 to 5 years.

Let's take a closer look at the process of LG formation and its features. LG occurs as a result of decomposition of organic substance by bacteria [22]. Different groups of bacteria decompose organic substrates consisting mainly of water, protein, fat, carbohydrates and minerals into their primary components – carbon dioxide, minerals and water. As a product of metabolism, a mixture of gases is formed, which is called LG. Combustible methane (CH₄) is from 5% to 85% and is the main component of LG, and therefore the main energy-intensive component.

This natural decomposition process is possible only under anaerobic conditions in special biogas plants. The energy released by the anaerobic process is not lost, and as a result of the vital activity of methane bacteria, it is converted into methane molecules.

The essence of the process of obtaining LG is the decomposition of biomass under the influence of three types of bacteria: hydrolytic, acid-forming, and methane-forming.

LG formations can be divided into four phases:

1. Hydrolysis phase, during which, as a result of bacterial activity, stable substances (proteins, fats and carbohydrates) are decomposed into simple components (amino acids, glucose, fatty acids).

2. Acid-forming phase. The components obtained during the hydrolysis phase are decomposed by acid-forming bacteria into other organic substances (acetic, propionic acids, alcohols and aldehydes) and inorganic substances H_2 , CO_2 , N_2 , H_2S . This process occurs until the development of bacteria is slowed down by the action of the formed acids.

3. Acetogenic phase, during which acetic acid is produced from the formed acids under the influence of acetogenic bacteria.

4. Methanogenesis, in which acetic acid decomposes into methane, carbon dioxide, and water. Hydrogen and carbon dioxide are converted into methane and water.

All the described reactions occur simultaneously, and methane-forming bacteria put forward much higher requirements to their conditions of existence than acid-forming ones.

All this complex complex of transformations is carried out by a large number of microorganisms-up to several hundred species. Hydrolytic, fermentative, syntrophic and methane groups are the predominant ones. The qualitative and quantitative composition of microorganisms strongly depends on the composition of fermenting organic substances and the conditions created in the environment.

The composition of the gas-liquid mixture depends on the content of hydrogen sulfide and other gases, and the parameters of the process.

The energy intensity of the LG directly depends on the concentration of methane in it. It is a colorless, non-toxic gas that is lighter than air and has no smell. When methane is burned, carbon dioxide and water vapor are produced. With a content of more than 60% methane, LG is considered a very valuable fuel [23].

Conclusions

Therefore, the greatest prospects for obtaining and further using landfill gas is the technology for processing solid waste at landfills, because this can be achieved: improving the environmental condition, additional energy benefits, increasing the fuel and energy potential and energy independence of Ukraine.

References

1. Ковальський В. П. Використання золи виносу ТЕС у будівельних матеріалах / В. П. Ковальський, О. С. Сідлак // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: науково-технічний збірник. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2014. – № 1 (16). – С. 35-40.
2. Лемешев М. С. Ресурсозберігаюча технологія виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів / М. С. Лемешев, О. В. Христин, С. Ю. Зузяк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – 2018. – № 1. – С. 18-23.
3. Ковальський В. П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне : Видавництво НУВГіП, 2013. – Випуск 26. – С. 186-193.
4. Сердюк В. Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христин // Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Вип. 33. – С. 57-62.
5. Рижий В. К. Утилізація твердих побутових відходів на наявних комунальних ТЕЦ / В. К. Рижий, Т. І. Римар, І. Л. Тимофеев // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2011. – № 712 : Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. – С. 17-22.
6. Топливо RDF – опасная альтернатива «зеленым» источникам энергии [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу : <http://ecolog-ua.com/news/toplyvo-rdf-opasnaya-alternatyva-zelyony-m-yсточnykam-energiy> (дата звернення 28.02.19). – Назва з екрана.
7. Березюк О. В. Привод зневоднення та ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі / О. В. Березюк // Вісник машинобудування та транспорту. – 2016. – № 2. – С. 14-18.
8. Berezyuk O. V. Dynamics of hydraulic drive of hanging sweeping equipment of dust-cart with extended functional possibilities / O. V. Berezyuk, V. I. Savulyak // TEHNOMUS. – Suceava, Romania, 2015. – No. 22. – P. 345-351.
9. Березюк О. В. Вплив характеристик тертя на динаміку гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза / О. В. Березюк, В. І. Савуляк // Проблеми тертя та зношування. – 2015. – № 3 (68). – С. 45-50.
10. Berezyuk O. Approximated mathematical model of hydraulic drive of container upturning during loading of solid domestic wastes into a dustcart / O. Berezyuk, V. Savulyak // Technical Sciences. – Olsztyn, Poland, 2017. – No. 20 (3). – P. 259-273.
11. Березюк О. В. Системи приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Промислова гідраліка і пневматика. – 2017. – № 3 (57). – С. 65-72.
12. Березюк О. В. Розробка математичної моделі прогнозування питомого потенціалу звалищного газу / О. В. Березюк //

Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 2. – С. 39-42.

13. Ткаченко С. Й. Математичне моделювання робочих процесів в біогазовій установці / С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 3. – С. 41-47.

14. Березюк О. В. Структура машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Вісник машинобудування та транспорту. – 2015. – № 2. – С. 3-7.

15. Bereziuk O. Ultrasonic microcontroller device for distance measuring between dustcart and container of municipal solid wastes / O. Bereziuk, M. Lemeshev, V. Bogachuk, W. Wójcik, K. Nurseitova, A. Bugubayeva // Przegląd Elektrotechniczny. – Warszawa, Poland, 2019. – No. 4. – Pp. 146-150. – <http://dx.doi.org/10.15199/48.2019.04.26>

16. Ратушняк Г. С. Тепловтрати в біогазових установках при різних температурних режимах анаеробного бродіння / Г. С. Ратушняк, К. В. Анохіна // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 5. – С. 20-24.

17. Попович В. В. Ефективність експлуатації сміттевозів у середовищі "місто-сміттєзвалище" / В. В. Попович, О. В. Придатко, М. І. Сичевський та ін. // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Т. 27, № 10. – С. 111-116.

18. Березюк О. В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів перевертання контейнера під час завантаження твердих побутових відходів у сміттевоз / О. В. Березюк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 5. – С. 60-64.

19. Bereziuk O. V. Means for measuring relative humidity of municipal solid wastes based on the microcontroller Arduino UNO R3 / O. V. Bereziuk, M. S. Lemeshev, V. V. Bohachuk, M. Duk // Proceedings of SPIE, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2018. – 2018. – Vol. 10808, No. 108083G. – <http://dx.doi.org/10.1117/12.2501557>

20. Крекотень Є. Г. Реалізація мікроконтролерного газоаналізатора для реєстрації вибухонебезпечних газів [Електронний ресурс] / Є. Г. Крекотень, Д. Х. Штофель, С. В. Костішин // Матеріали XLVII наук.-техніч. конф. підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2018/paper/view/4888>.

21. Рамкова конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_044 (дата звернення 28.02.19). – Назва з екрана.

22. Зомарев А. М. Санитарно-гигиенический мониторинг полигонов захоронения твердых бытовых отходов (ТБО) на этапах жизненного цикла : автореф. дисс. на соискание уч. степени докт. мед. наук / А. М. Зомарев. – Пермь : 2010. – 50 с.

23. Батракова Г. М. Моделирование переноса и рассеивания в атмосферном воздухе метана, эмитированного с территории захоронения твердых бытовых отходов / Г. М. Батракова, М. Г. Бояршинов, В. Д. Горемыкин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия : Геология. – 2005. – № 1. – С. 256-262.

Крекотень Євген Геннадійович – студент групи БМА-18 мі, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ra14b.krekoten@gmail.com.

Науковий керівник: **Березюк Олег Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: berezyukoleg@i.ua.

Krekoten Evgeniy G. – Faculty of Infocommunications, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: **Bereziuk Oleg V.** – Cand. Sc. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Life Safety and Safety Pedagogics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: berezyukoleg@i.ua.