

БЕЗПЕКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУВАННЯ ЗВАЛИЩНОГО ГАЗУ НА ПОЛІГОНАХ ТПВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

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, полігон, звалищний газ, паливо, енергія, метан, енергетична незалежність.

Abstract

The question of relevant use and prospects of production of biogas in places of burial of municipal solid wastes for Ukraine is examined. The main information concerning getting energy by recycling of municipal solid wastes is given, the process of biogas formation and its features are described.

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

Вступ

Зростання рівня паливно-енергетичної незалежності є однією із пріоритетних цілей державної енергетичної політики України [1]. Разом з тим, існують певні негативні тенденції, які спостерігаються в системі традиційної енергетики, що з ряду причин пов'язані з проблеми забезпеченості вуглеводневими паливно-енергетичними ресурсами держави. Це створило передумови необхідності розвитку окремих сегментів альтернативної енергетики.

В такій ситуації надзвичайно актуальним для України постає питання видобування та використання поновлюваних джерел енергії, одним з яких є звалищний газ (ЗГ). Енергія, отримана із ЗГ, належить до відновлюваної, оскільки походить з органічного відновлюваного субстрату, який надає ще більшого значення виробництву газу на біогазових установках.

Споживання благ цивілізації постійно зростає, а з ним зростає і кількість відходів. Барвисті упаковки, одноразові вироби та ще багато чого з того, що робиться для широкого вжитку, незмінно перетворюється в утиль. Скільки б не вдавалося трамбувати відро для сміття – виносити сміття все ж доведеться. А значить, існує гостра необхідність у винаході нових способів переробки відходів [2].

Основна частина

Тверді побутові відходи (ТПВ), які на відміну від твердих промислових відходів [3-6], являють собою суміш органічних речовин різного походження, є висококалорійним паливом, що не поступаються за енергетичними показниками традиційному бурому вугіллю [7]. Отримуючи енергію зі сміття одночасно вирішується проблема утилізації ТПВ.

Паливо, що отримується із звичайних ТПВ, буває: 1) газоподібне (ЗГ, який містить метан); 2) тверде; 3) рідке.

У даний час в різних країнах створюються сміттєпереробні заводи, обладнані спеціальними сховищами, облаштованими для правильного зберігання ТПВ з метою отримання з них ЗГ. Але, низькокалорійне газоподібне паливо погано піддається транспортуванню, і тому воно, зазвичай, використовується безпосередньо на місці його видобування для виробництва електричної та теплової енергії.

Тверде паливо з ТПВ [8] є висококалорійною фракцією, яка складається з побутових відходів. Цей вид палива знайшов широке застосування як дешевий замітник горючих корисних копалин і може замінювати такі ресурси як: буре вугілля, кам'яне вугілля, нафтопродукти, деревина.

Рідке паливо – синтетичне дизельне паливо, яке можна використовувати в двигунах внутрішнього згоряння. Воно вигідно відрізняється від дизельного палива, одержуваного на основі нафтопереробки, оскільки воно не має у своєму складі сірки, яка засмічує двигуни, що у свою чергу

негативно позначається на їхній довговічності.

Одним з основних способів видалення ТПВ у всьому світі залишається їх захоронення у приповерхневому геологічному середовищі. В цих умовах відходи піддаються інтенсивному біохімічному розкладанню з утворенням ЗГ [9-14]. До основних компонентів ЗГ відносять не тільки парникові гази (метан та діоксид вуглецю), але і такі токсичні сполуки як оксид вуглецю, оксиди азоту, сірководень, діоксид сірки [15, 16]. В процесі термічного впливу і загоряння відходів виділяються канцерогенні сполуки, – бензол, бензапірен. Емісія звалищних газів, що надходять у навколишнє середовище, має негативні ефекти як локального, так і глобального геоecологічного характеру.

В результаті анаеробного (при повній відсутності кисню) розкладання органічної фракції ТПВ із загальної кількості метану, який щорічно надходить в атмосферу, 40...70 % утворюється в результаті антропогенної діяльності, причому 20 % з них припадають на об'єкти захоронення ТПВ. Підраховано, що з однієї тонни ТПВ утворюється близько 200 м³ ЗГ. При цьому перші 15...20 років при розкладанні однієї тонни ТПВ виділяється до 7,5 м³ ЗГ на рік. Надалі інтенсивність виділення ЗГ різко скорочується.

В залежності від вмісту метану, ЗГ має питому теплоту згоряння в межах від 15 до 25 МДж/м³ (3600...4800 ккал/м³), що відповідає 1/2 теплоти згоряння природного газу. У середньому теплота згоряння ЗГ становить 4200 ккал/м³. По теплоті згоряння 1 м³ ЗГ еквівалентний: 0,8 м³ природного газу, 0,7 кг мазуту або 1,5 кг дров.

ЗГ є однією з причин спалаху ТПВ на полігонах і звалищах. При вмісті в повітрі 5...15 метану і 12 % кисню утворюється вибухонебезпечна суміш. Контролювати ж концентрацію метану та інших компонентів ЗГ можна за допомогою газоаналізатора, що детально розглянутий та описаний у роботах [17, 18].

ЗГ має також негативний вплив на рослинний покрив, пригнічуючи рослинність на прилеглих до полігонів ТПВ площах (механізм впливу пов'язаний з насиченням ЗГ порового простору ґрунту і витісненням з нього кисню).

ЗГ відноситься до числа газів, що створюють «парниковий ефект» і впливають на зміну клімату Землі в цілому. «Рамкова конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату» [19] зобов'язує країни-учасниці мінімізувати викиди в атмосферу парникових газів, таких як метан і діоксид вуглецю (викид в атмосферу 1 м³ метану за своїми згубними наслідками для зміни клімату еквівалентний викиду в атмосферу близько 25 м³ діоксиду вуглецю). У зв'язку з цим зменшення викидів ЗГ в атмосферу забезпечує не лише поліпшення екологічної ситуації навколо полігонів ТПВ, але і сприяє виконанню Україною своїх міжнародних зобов'язань.

Необхідність зниження забруднення навколишнього середовища та енергозбереження змушує більш раціонально використовувати традиційні енергоресурси, шукати інші, бажано недорогі та поновлювані джерела енергії, до яких останнім часом все частіше відносять ТПВ, що утворюються в значних кількостях, і як правило, не знаходять застосування і забруднюють навколишнє середовище, є поновлюваними вторинними енергетичними ресурсами. В даний час інтенсивно розвиваються два основних напрямки енергетичної утилізації ТПВ, їх спалювання і захоронення з отриманням ЗГ.

Спалювання ТПВ вимагає дорогих систем очищення, тому більш широко поширене у всьому світі полігонне захоронення ТПВ [20]. Головна перевага технології захоронення – простота, порівняно невеликі капітальні і експлуатаційні витрати, і відносна безпека.

Для енергетики розвинених країн використання ЗГ не має вирішального значення, але нехтувати цим джерелом не варто як з екологічних, так і з економічних міркувань, що підтверджується досвідом багатьох держав. В ЄС прийнята директива, якою встановлено вимогу збору та утилізації ЗГ з усіх звалищ, де були захоронені ТПВ, що біологічно розкладаються, для мінімізації шкідливих впливів на навколишнє середовище та здоров'я людини. ЗГ, що утворюється на звалищах з початку 80-х років інтенсивно видобувається в багатьох країнах. На сьогодні загальна кількість використовуваного ЗГ становить приблизно 1,2 млрд. м³/рік, що еквівалентно 429 тис. т метану, або 1 % його глобальної емісії.

На даний час у світі всього використовується або розробляється близько 60 різновидів біогазових технологій. Середній час експлуатації однієї свердловини становить 15 років, орієнтовний термін окупності проекту становить від 4 до 5 років.

Більш детально розглянемо процес утворення ЗГ та його особливості. ЗГ виникає внаслідок розкладання органічної субстанції бактеріями [21-23]. Різні групи бактерій розкладають органічні

субстрати, що складаються переважно з води, білка, жиру, вуглеводів і мінеральних речовин на їх первинні складові – вуглекислий газ, мінерали і воду. Як продукт обміну речовин при цьому утворюється суміш газів, яка отримала назву ЗГ. Горючий метан (CH₄) становить від 5% до 85% та є основною складовою ЗГ, а отже і головним енергомістким компонентом.

Даний природний процес розкладання можливий лише в анаеробних умовах у спеціальних біогазових установках. Енергія, що звільняється внаслідок анаеробного процесу, не втрачається та внаслідок життєдіяльності метанових бактерій вона перетворюється на молекули метану.

Сутність процесу отримання ЗГ полягає в розкладанні біомаси під впливом трьох видів бактерій: гідролітичних, кислотоутворюючих, метаноутворюючих.

Утворення ЗГ можна розділити на чотири фази:

1. Гідролізна фаза, під час протікання якої в результаті життєдіяльності бактерій, стійкі субстанції (протеїни, жири і вуглеводи) розкладаються на прості складові (амінокислоти, глюкозу, жирні кислоти).

2. Кислотоутворююча фаза. Складові, отримані під час гідролітичної фази, розкладаються кислотоутворюючими бактеріями на інші органічні речовини (оцтова, пропіонова кислоти, спирти і альдегіди) та неорганічні речовини H₂, CO₂, N₂, H₂S. Цей процес відбувається до тих пір, поки розвиток бактерій не сповільниться під дією утворених кислот.

3. Ацетогенна фаза, під час якої під впливом ацетогенних бактерій з утворених кислот виробляється оцтова кислота.

4. Метаногенез, в результаті якого оцтова кислота розкладається на метан, вуглекислий газ і воду. Водень та вуглекислий газ перетворюються на метан і воду.

Усі описані реакції протікають одночасно, причому метаноутворюючі бактерії висувають до умов свого існування значно більш високі вимоги, ніж кислотоутворюючі.

Увесь цей складний комплекс перетворень здійснює велику кількість мікроорганізмів – до декількох сотень видів. З них переважаючими є гідролітичні, бродильні, синтрофні і метанові групи. Якісний та кількісний склад мікроорганізмів сильно залежить від складу бродильних органічних речовин і умов, що створюються в навколишньому середовищі.

Склад ЗГ залежить від вмісту сірководню та інших газів, параметрів проведення процесу. Дані про порівняння складу природного та біогазу наведені у роботі [2].

Енергоємність ЗГ безпосередньо залежить від концентрації в ньому метану, що являє собою безбарвний, нетоксичний газ, який легший за повітря та не має запаху. При спалюванні метану утворюється двоокис вуглецю та водяна пара. При вмісті понад 60 % метану ЗГ вважається дуже цінним паливом [24].

Висновок

Таким чином, найбільші перспективи отримання та подальшого використання звалищного газу має технологія переробки ТПВ на полігонах їх захоронення тому, що при цьому може бути досягнуто: поліпшення екологічного стану, додаткова енергетична вигода, збільшення паливно-енергетичного потенціалу та енергетичної незалежності України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергетична Незалежність. Шляхи та ціна забезпечення. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу : <http://www.db.niss.gov.ua/docs/energy/54.htm> (дата звернення 27.02.19). – Назва з екрана.

2. Энергетический потенциал свалочного газа на полигонах ТБО [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу : <http://docplayer.ru/33671637-Energeticheskiy-potencial-svalochnogo-gaza-na-poligonah-tbo-analiticheskaya-zapiska.html> (дата звернення 27.02.19). – Назва з екрана.

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 // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне : Видавництво НУВГІП, 2013. – Випуск 26. – С. 186-193.

4. Лемешев М. С. Ресурсозберігаюча технологія виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів / М. С. Лемешев, О. В. Христинич, С. Ю. Зузяк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – 2018. – № 1. – С. 18-23.

5. 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.

6. Сердюк В. Р. Комплексне в'яжуче 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.
7. 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.
8. Топливо RDF – опасная альтернатива «зелёным» источникам энергии [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу : <http://ecolog-ua.com/news/toplyvo-rdf-opasnaya-alternatyva-zelyonum-ystochnykam-energyu> (дата звернення 28.02.19). – Назва з екрана.
9. Березюк О. В. Регресія площі полігону твердих побутових відходів для видобування звалищного газу / О. В. Березюк, М. С. Лемешев // Мир науки и инноваций. – Иваново : Научный мир, 2015. – Т. 5. – № 1 (1). – С. 48-51.
10. Березюк О. В. Виявлення параметрів впливу на питомий об'єм видобування звалищного газу / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 3. – С. 20-23.
11. 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.
12. Березюк О. В. Моделювання поширеності способів утилізації звалищного газу для розробки обладнання та стратегії поводження з твердими побутовими відходами / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 5. – С. 65-68.
13. Березюк О. В. Розробка математичної моделі прогнозування питомого потенціалу звалищного газу / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 2. – С. 39-42.
14. Березюк О. В. Моделювання ефективності видобування звалищного газу для розробки обладнання та стратегії поводження з твердими побутовими відходами / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 6. – С. 21-24.
15. 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.
16. Березюк О. В. Моделирование состава биогаза при анаэробном разложении твердых бытовых отходов / О. В. Березюк // Автоматизированные технологии и производства. – 2015. – № 4 (10). – С. 44-47.
17. Кречотень Є. Г. Реалізація мікроконтролерного газоаналізатора для реєстрації вибухонебезпечних газів [Електронний ресурс] / Є. Г. Кречотень, 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-frmzp/all-frmzp-2018/paper/view/4888>.
18. Кречотень Є. Г. Вимірювач концентрації вибухонебезпечних газів у повітрі / Є. Г. Кречотень, О. В. Березюк // Пожежна та техногенна безпека : наука і практика : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів і студентів, 15-16 травня 2018 р. – Черкаси, 2018. – С. 162-163.
19. 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.
20. Березюк О. В. Визначення параметрів впливу на шляхи поведінки з твердими побутовими відходами / О. В. Березюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві : Науково-технічний збірник. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2011. – № 2 (10). – С. 64-66.
21. Березюк О. В. Побудова моделей залежності концентрацій сапрофітних бактерій у ґрунті від відстані до полігону захоронення твердих побутових відходів / О. В. Березюк, Л. Л. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2017. – № 1. – С. 36-39.
22. Березюк О. В. Порівняння динаміки санітарно-бактеріологічного складу твердих побутових відходів під час компостування / О. В. Березюк, Л. Л. Березюк // Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Техногенно-екологічна безпека України : стан та перспективи розвитку», м. Ірпінь, 10-20 листопада 2015 р. – Ірпінь : НУДПСУ, 2015. – С. 218-220.
23. 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.
24. 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.

Кречотень 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 Chair of Life Safety and Safety Pedagogics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: berezyukoleg@i.ua.