

## ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ВИДОБУВАННЯ БІОГАЗУ В МІСЦЯХ ЗАХОРОНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У цій роботі розглядається 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 біогазу та його особливості.*

**Ключові слова:** біогаз, тверді побутові відходи, паливо, енергія, метан, енергетична незалежність, полігон.

### *Abstract*

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

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

### Вступ

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

За такої ситуації надзвичайно актуальним для нашої країни постає питання видобування та використання поновлюваних джерел енергії, одним з яких є біогаз. Енергія, отримана з біогазу, належить до відновлюваної, оскільки походить з органічного відновлюваного субстрату, що надає ще більшого значення виробництву газу на біогазових установках.

Дорога цивілізації вимощена величезними горами сміття. Це не дивно, адже 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. І, як показує життєвий досвід, 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

Побутові відходи, що представляють собою суміш органічних речовин різного походження, є нічим іншим як висококалорійним паливом, що не поступаються за енергетичними показниками традиційному бурому вугіллю [3]. Отримуючи енергію зі сміття одночасно вирішується проблема утилізації твердих побутових відходів (ТПВ).

Паливо, що отримується із звичайного сміття, буває: 1) газоподібне (біогаз, який містить метан); 2) тверде; 3) рідке.

У даний час в різних країнах створюються сміттепереробні заводи, обладнані спеціальними сховищами, облаштованими для правильного зберігання твердих побутових відходів з метою отримання з них біогазу. Однак, низькокалорійне газоподібне паливо погано піддається транспортуванню, і тому воно, як правило, використовується безпосередньо на місці його видобутку для виробництва теплової та електричної енергії.

Тверде паливо з ТПВ (або RDF – «Refuse Derived Fuel» [4]) є висококалорійною фракцією, яка складається з побутових відходів. Даний вид палива знайшов широке застосування як дешевий заміник горючих корисних копалин. Воно може замінювати такі ресурси як: буре вугілля, кам'яне вугілля, нафтопродукти, деревина.

Рідке паливо – синтетичне дизельне паливо, яке можна використовувати в двигунах внутрішнього згоряння. Причому, 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 звалищного газу (біогазу) [5-10]. До основних компонентів біогазу відносять не тільки парникові гази (метан та діоксид вуглецю), але і такі токсичні сполуки як оксид вуглецю, оксиди азоту, сірководень, діоксид сірки [11, 12]. 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 геоекологічного характеру.

В результаті анаеробного (при повній відсутності кисню) розкладання органічної фракції відходів 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 м<sup>3</sup> біогазу. При цьому перші 15...20 років при розкладанні однієї тонни ТПВ виділяється до 7,5 м<sup>3</sup> біогазу на рік. Надалі інтенсивність виділення біогазу різко скорочується.

В залежності від вмісту метану біогаз має питому теплоту згоряння в межах від 15 до 25 МДж/м<sup>3</sup> (3600...4800 ккал/м<sup>3</sup>), що відповідає 50 % теплоти згоряння природного газу. У середньому теплота згоряння біогазу становить 4200 ккал/м<sup>3</sup>. По теплоті згоряння 1 м<sup>3</sup> біогазу еквівалентний: 0,8 м<sup>3</sup> природного газу, 0,7 кг мазуту або 1,5 кг дров.

Біогаз є однією з причин спалаху ТПВ на полігонах і звалищах. При вмісті в повітрі від 5 до 15 % метану і 12 % кисню утворюється вибухонебезпечна суміш. Контролювати ж концентрацію метану та інших компонентів біогазу можна за допомогою газоаналізатора, який детально розглянутий та описаний у роботах [13, 14].

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

Біогаз 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» [15] зобов'язує країни – учасниці мінімізувати викиди в атмосферу парникових газів, таких як метан і діоксид вуглецю (викид в атмосферу 1 м<sup>3</sup> метану за своїми згубними наслідками для зміни клімату еквівалентний викиду в атмосферу близько 25 м<sup>3</sup> діоксиду вуглецю). У зв'язку з цим зменшення викидів біогазу в атмосферу забезпечує не тільки поліпшення екологічної ситуації навколо полігонів ТПВ, але і сприяє виконанню Україною своїх міжнародних зобов'язань.

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

Спалювання відходів вимагає дорогих систем очищення, тому більш широко поширене у всьому світі полігонне захоронення твердих побутових відходів [16]. Основна перевага технології захоронення – простота, порівняно невеликі капітальні і експлуатаційні витрати, і відносна безпека.

Хоча для енергетики розвинених країн використання біогазу (ТПВ) не має вирішального значення, але нехтувати цим джерелом не слід як з екологічних, так і з економічних міркувань, що підтверджується досвідом багатьох держав. В ЄС прийнята директива, якою встановлено вимогу збору та утилізації звалищного газу з усіх звалищ, де були заховані відходи, що біологічно розкладаються, для мінімізації шкідливих впливів на навколишнє середовище та здоров'я людини. Біогаз, що утворюється на звалищах з початку 80-х рр. інтенсивно видобувається в багатьох країнах. На даний час загальна кількість використовуваного біогазу становить приблизно 1,2 млрд. м<sup>3</sup>/рік, що еквівалентно 429 тис. т метану, або 1 % його глобальної емісії.

Всього у світі на даний час використовується або розробляється близько 60 різновидів біогазових

технологій. Середній час експлуатації однієї свердловини становить 15 років, орієнтовний термін окупності проекту становить 4...5 років.

Більш детально розглянемо процес утворення звалищного газу та його особливості. Біогаз виникає внаслідок розкладання органічної субстанції бактеріями [17-19]. Різні групи бактерій розкладають органічні субстрати, які 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 біогаз. Горючий метан (CH<sub>4</sub>) становить від 5 до 85% та є основною складовою біогазу, а отже і основним енергомістким компонентом.

Такий природний процес розкладання можливий лише, як вже зазначалося вище, в анаеробних умовах у спеціальних біогазових установках. Енергія, яка звільняється внаслідок анаеробного процесу, не втрачається та внаслідок життєдіяльності метанових бактерій вона перетворюється на молекули метану.

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

Утворення біогазу можна розділити на чотири фази:

1. Гідролізна фаза. Під час протікання цієї фази, 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 першої фази, розкладаються кислотоутворюючими бактеріями на інші органічні речовини (оцтова, пропіонова кислоти, спирти і альдегіди) та неорганічні речовини H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S. Цей процес протікає до тих пір, поки розвиток бактерій не сповільниться під дією утворених кислот.

3. Ацетогенна фаза. Під впливом ацетогенних бактерій з утворених кислот виробляється оцтова кислота.

4. Метаногенез. Оцтова кислота розкладається на метан, вуглекислий газ і воду. Водень та вуглекислий газ перетворюються на метан і воду.

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

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

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

Енергоємність біогазу безпосередньо залежить від концентрації в ньому метану. Метан безбарвний, нетоксичний газ, він легше за повітря, не має запаху. При спалюванні метану утворюється двоокис вуглецю та водяна пара. При вмісті в біогазі понад 60 % метану біогаз вважається дуже цінним паливом.

## Висновок

Отже, найбільші перспективи отримання та подальшого використання біогазу має технологія переробки ТПВ на полігонах їх захоронення, оскільки при цьому може бути досягнута додаткова енергетична вигода, збільшення паливно-енергетичного потенціалу та енергетична незалежність України. Крім того, активне видобування звалищного газу сприяє поліпшенню екологічного стану.

## 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-potenc-ial-svalochnogo-gaza-na-poligonah-tbo-analiticheskaya-zapis-ka.html> (дата звернення 27.02.19). – Назва з екрана.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. Березюк О. В. Розробка математичної моделі прогнозування питомого потенціалу звалищного газу / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 2. – С. 39-42.

9. 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.

10. 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.

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

12. 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.

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

14. 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.

15. 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](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_044) (дата звернення 28.02.19). – Назва з екрана.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. 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.

**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.

**Березюк Олег Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

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

**Bereziuk Oleg V.** – Cand. Sc. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Life Safety and Safety Pedagogics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.