

УДК 697.34.005.8:711.4

Екологічні аспекти використання біогазів полігонів твердих побутових відходів для потреб енергопостачання населених пунктів України

Г. В. Жук¹, К. М. Предун²

¹д.т.н., заст. директора, Інститут газу НАН України, м. Київ, Україна. Hen_Zhuk@ukr.net

²к.т.н., проф. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна. 31172@ukr.net

Анотація. Системи теплопостачання населених пунктів України сьогодні є прикладом неефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у державі. Заміна основного палива – природного газу – для потреб джерел теплоти альтернативним дає економію коштів місцевих бюджетів в умовах децентралізації державного управління (за рахунок різниці цін природного газу та інших органічних палив). Водночас, такі заходи породжують ряд інших проблем. Збільшення забруднення навколишнього природного середовища – одна із них. Полігони твердих побутових відходів, один із елементів інженерної інфраструктури населених пунктів, за певних умов можна перетворити з джерел забруднення довкілля на поновлювані джерела енергоносіїв. У процесі експлуатації таких полігонів утворюється біогаз, основними компонентами якого є метан і вуглекислий газ. З точки зору енергоефективності найбільш придатним є використання біогазу як палива в когенераційних установках або газових турбінах для отримання електричної і теплової енергії. Досліджено екологічні аспекти застосування таких біогазів порівняно з традиційним природним для потреб житлово-комунального господарства. На основі виконаних розрахунків отримані значення економії природного газу і зменшення забруднення атмосферного повітря. Реалізація вказаних заходів дозволить зменшити споживання традиційного природного газу для потреб теплопостачання населених пунктів.

Ключові слова: теплопостачання, енергоефективність, природний газ, біогаз, звалище відходів, когенерація.

Вступ. Інженерна інфраструктура населених пунктів України є одним із найбільших споживачів паливно-енергетичних ресурсів. Для задоволення потреб теплопостачання будинків та господарсько-побутових потреб їхніх мешканців природний газ продовжує залишатись основним енергоносієм. Так, наприклад, у 2017 р. зі спожитих 31,9 млрд. м³ блакитного палива частка названих споживачів становила 54,2 % [1]. Порівняно з іншими державами це – не виправдано висока інтенсивність енергоспоживання економіки України.

Актуальність дослідження. Тенденції щодо збільшення ціни традиційного природного газу для населення та потреб теплопостачання, існуюча залежність від поставок палива із за кордону, підвищення вимог щодо його якості поставили Україну перед безпрецедентними викликами. Поряд з цим домінуючим значення набувають питання захисту навколишнього природного середовища.

Енергоефективність – дієвий засіб вирішення проблем за рахунок зменшення первинного споживання енергії та, відповідно, скорочення викидів парникових газів і забруднювальних речовин в атмосферне повітря. У європейських країнах впровадження заходів відповідно до вимог Директиви Європарламенту 2012/27/EU [2] дає відчутний результат щодо пом'якшення наслідків зміни клімату.

Останні дослідження та публікації. В Україні розроблена законодавча база та прийняті нормативно-технічні документи, гармонізовані з відповідними європейськими директивами і нормами щодо зменшення як первинного енергоспоживання, так і викидів парникових газів та забруднювальних речовин в атмосферне повітря. Наприклад, в Законі України «Про енергоефективність будівель» [3] наведено перелік заходів, вказано їх пріоритетність щодо реалізації.

Нещодавно прийнята Енергетична стратегія України «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [4] містить сучасні аспекти у підходах до формування енергетичної політики держави: здійснюється перехід від застарілої моделі функціонування енергетичного сектора, у якому домінували великі виробники, викопне паливо, неефективні мережі, недосконала конкуренція на ринках природного газу, електроенергії, вугілля тощо – до нової моделі, у якій створюється більш конкурентне середовище, вирівнюються можливості для розвитку й мінімізується домінування одного з видів виробництва енергії або джерел та/або шляхів постачання палива. Разом з цим віддається перевага підвищенню енергоефективності й використанню енергії із відновлюваних та альтернативних джерел (у 2035 р. частка відновлюваної енергетики повинна становити не менше 25 % у структурі енергетичного балансу

держави).

Біогаз звалищ твердих побутових відходів (ТПВ) є одним із можливих видів альтернативного палива. Законом «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії, виробленої з використанням альтернативних джерел енергії» [5] встановлено «зелений тариф» на електроенергію, отриману шляхом утилізації біогазу звалищ.

Загалом Україна має дуже добрі перспективи для розвитку технологій видобутку біогазу, що виділяється ТПВ, тому, що, як не сумно, в даний час основним способом утилізації відходів є їхнє складування на полігонах. Останні можна розглядати не лише як джерела забруднення довкілля, але й як поновлювальні джерела енергоносіїв [6].

Формулювання цілей статті. Дана робота присвячена дослідженню ефективності заходів із заміни природного газу альтернативним паливом для потреб енергопостачання населених пунктів України, а також оцінки впливу на навколишнє природне середовище викидів забруднювальних речовин разом з продуктами спалювання біогазів.

Основна частина. У різних країнах на одного мешканця зазвичай припадає в середньому 500 кг твердих побутових відходів на рік, з яких 50...70 % – це органічні речовини. При складуванні таких відходів на полігонах у товщі звалищ відбувається їхня біоконверсія за участю мікроорганізмів. У результаті утворюється біогаз, основними компонентами якого є метан і діоксид вуглецю. Ці два інгредієнти становлять основну частину так званих «парникових газів». При цьому метан вносить значно більший (у десятки разів) ефект у глобальне потепління порівняно з вуглекислим газом. Він є причиною частих спалахів і пожеж на полігонах та звалищах, які практично не піддаються гасінню і призводять до викидів в атмосферне повітря більш токсичних речовин.

Загалом в Україні нараховується понад шесті тисяч організованих полігонів ТПВ. Їх розташовують, як правило, у сільській місцевості на відстані до 10...30 км від великих населених пунктів. Кожна тонна побутових відходів у процесі анаеробної переробки органічної маси виділяє до 200 м³ біогазу. А сумарно в державі можна отримувати до 1 млрд. м³ метану на рік.

За складом і кількістю домішок біогаз різного походження не однаковий. Кожний полігон проявляє себе як індивідуальне джерело зі своїми особливостями.

Таблиця 1

Орієнтовний компонентний склад біогазу звалищ ТПВ [6]

№	Інгредієнт	Вміст, % об'ємні
1	Метан	40...65
2	Вуглекислий газ	25...40
3	Азот	2...40
4	Кисень	0,1...2,0
5	Аміак	0,1...1,0
6	Сульфід	до 1,2
7	Водень	до 1,0
8	Оксид вуглецю	до 0,0002
9	Хлор- та фторпохідні вуглеводнів	до 2000 ppm

Якщо порівняти фізико-хімічні властивості біогазу з вимогами до якості природних газів, встановлених, наприклад, Кодексом газотранспортної системи [7], то без додаткового очищення біогазу звалищ ТПВ непридатні як до транспортування існуючими мережами, так і використання традиційним газовим обладнанням. У світовій практиці відомі різні способи застосування таких біогазів, починаючи від елементарного факельного спалювання безпосередньо на полігоні без утилізації теплоти продуктів спалювання до суттєвого очищення з доведенням вмісту метану до 90...95 % [8] або виробництва товарної вуглекислоти [9].

З точки зору енергоефективності найбільш придатним є використання біогазів як палива у двигунах внутрішнього згорання (когенераційних установках) або газових турбінах для отримання електричної і теплової енергії [6].

У сільських населених пунктах, що знаходяться поряд з полігонами, існують значні проблеми з якістю довкілля: атмосферного повітря, ґрунтових вод тощо. Об'єктом дослідження було обрано подібний населений пункт у Київській області. Селище забудоване одноповерховими індивідуальними будинками. Передбачена вся необхідна культурно-побутова та адміністративна структура, є освітні та дошкільні заклади. Теплопостачання громадських будівель відбувається від двох опалювальних котелень, а житлових будинків – місцеве, індивідуальними малометражними водогрійними котлами. Селище 100-відсотково газифіковане природним газом. Прогнозовані викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря визначені розрахунковим шляхом, який базується на використанні показників емісії, відповідно до методики [11] на основі даних про склад і витрату палива.

Таблиця 2

Фізико-хімічні властивості газів [6, 10]

Паливо	Склад газу, % об'ємний				Густина ρ , кг/м ³	Теплота спалювання Q_p^H , МДж/м ³
	CH_4	C_2H_6	CO_2	N_2		
1	2	3	4	5	6	7
Природний газ (Ямбурзьке родовище РФ)	98,6	0,1	0,1	1,2	0,73	33,01
Біогаз звалищ ТПВ	60,0	-	40,0	-	1,22	21,51

Показник емісії характеризує масову кількість забруднювальної речовини, яка викидається в атмосферу разом з димовими газами, віднесена до одиниці енергії, що виділяється під час згоряння палива. При цьому враховуються характеристики процесу спалювання та заходи щодо зменшення викиду тієї чи іншої забруднювальної речовини.

Загалом при спалюванні газоподібних органічних палив разом з димовими газами в атмосферне повітря надходять такі інгредієнти:

✓ забруднювальні речовини:

а) оксиди азоту NO_x в перерахунку на діоксид азоту NO_2 ;

б) оксид вуглецю CO ;

в) важкі метали та їхні сполуки (в умовах даної задачі їхньою кількістю можна знехтувати);

✓ парникові гази у складі:

а) діоксид вуглецю CO_2 ;

б) метан CH_4 ;

в) оксид діазоту N_2O .

Податкові зобов'язання за викиди забруднювальних речовин та парникових газів в атмосферне повітря розраховані за вимогами [12] на підставі ставок податку, які вказано у табл. 5.

Податкові зобов'язання за викиди біогазів з поверхні звалища ТПВ в атмосферне повітря становлять 23743,7 грн., а з урахування викидів продуктів спалювання газовими опалювальними котельнями – 24206,2 грн.

Таблиця 4

Викиди забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря протягом опалювального періоду

Показник	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Паливо	
			природний газ	біогаз
А. Викиди забруднювальних речовин:				
1. Оксиди азоту:				
- показник емісії	k_{NO_x}	г/ГДж	44,82	58,80
- валовий викид	E_{NO_x}	т	0,1903	0,6238
2. Оксид вуглецю				
- показник емісії	k_{CO}	г/ГДж	17	15
- валовий викид	E_{CO}	т	0,0722	0,1591
3. Разом викид	ΣE_1	т	0,2626	0,7829
Б. Викиди парникових газів:				
4. Діоксид вуглецю:				
- показник емісії	k_{CO_2}	г/ГДж	57659	59566
- валовий викид	E_{CO_2}	т	244,75	631,89
5. Метан:				
- показник емісії	k_{CH_4}	г/ГДж	1	1
- валовий викид	E_{CH_4}	т	0,0042	0,0106
6. Оксид діазоту:				
- показник емісії	k_{N_2O}	г/ГДж	0,1	2,5
- валовий викид	E_{N_2O}	т	0,0004	0,0265
7. Разом викид	ΣE_2	т	244,76	631,93
В. Сумарні викиди забруднювальних речовин і парникових газів:				
	ΣE	т	245,02	632,71
Г. Податкові зобов'язання за викиди				
	ΣC	грн.	462,51	1535,0

Таблиця 5

Ставки податку на викиди забруднювальних речовин і парникових газів

№ з/п	Речовина	Ставка податку с, грн./т
1	2	3
1	NO_x	1968,65
2	CO	74,17
3	CO_2	0,33
4	N_2O	3224,65
5	CH_4	111,26

Ці зобов'язання майже в 16 разів перевищують аналогічні (1535,0 грн.) у випадку утилізації біогазів когенераційними установками з одночасною відмовою від використання природного газу для потреб теплопостачання громадських будівель.

Висновки. Першочергові заходи зі встановлення в котельнях водогрійних котлів для використання як палива місцевих альтернативних палив, наприклад, газового вугілля

чи торфу дають лише економію коштів (за рахунок різниці цін природного газу і альтернативних палив), а не сприяють підвищенню енергоефективності та енергозбереженню в житлово-комунальному господарстві. Водночас не вирішується інша головна проблема – зниження викидів забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря [13].

Розповсюдження проектів з утилізації біогазів звалищ ТПВ дозволить скоротити викиди парникових газів у атмосферне повітря, генерувати додаткові кількості теплоти і електроенергії при одночасному зменшенні споживанні традиційного природного газу.

Реалізація вказаних заходів зможе дозволити залишити як основне органічне паливо для потреб теплопостачання населених пунктів України найбільш екологічне – природний газ, тим більш, що розвідані запаси дозволяють збільшити його видобуток і повністю відмовитися від закупівель закордоном [4].

Література

1. Обсяги використання газу 2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/8B3289E9F4B2CF50C2257F7F0054EA23?OpenDocument&Expand=7&>
2. Директива Європейського парламенту та Ради 2012/27/EU «Про енергоефективність». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://sae.gov.ua/sites/default/files/UKR_Directive_27_2012_2
3. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». – 2118-VII. – К.: ВВР, 2017, №3, с.5, стаття 359.
4. Енергетична стратегія України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”. – Чинні від 18.08.2017. – Київ: Кабінет Міністрів України, 2017. – 73 с.
5. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії, виробленої з використанням альтернативних джерел енергії». – 1804-VIII. – К.: ВВР, 2017, №4, с.85, стаття 47.
6. Досвід утилізації звалищного газу в енергетичних установках в Україні / П'ятничко О. І., Жук Г. В., Гриценко А. В. та інші. – Київ: Аграр Медіа Груп, 2015. – 126 с.
7. Кодекс газотранспортної системи. – Затвердж. Постановою НКРЕКП №2493 від 30.09.2015. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/z1378-15>.
8. Крушневич Т. К. Извлечение метана из биогаза полигонов и подача его в магистральный газопровод / Крушневич Т. К., Пятничко А. И. // Технические газы. – 2006. – №3. – С. 41-44.
9. Абсорбционное извлечения метана и диоксида углерода из биогаза / Пятничко А. И., Иванов Ю. В., Жук Г. В., Будняк С. В. // Эко-технологии и ресурсосбережение. – 2012, – №1. – с. 4-10.
10. Єнін П. М., Шишко Г. Г., Предун К. М. Газопостачання населених пунктів і об'єктів природним газом: Навч. посібник / Єнін П. М., Шишко Г. Г., Предун К. М. – Київ: Логос, 2002 – 198 с.
11. ГКД 34.02.305-2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. – Київ: Видавництво «КВІЦ», 2002.
12. Визначення обсягів викидів стаціонарними джерелами. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.visnuk.com.ua/ua/news/id/3138>.
13. Предун К. М. Екологічні аспекти використання альтернативних палив для потреб теплопостачання населених пунктів України / К. М. Предун // Управління розвитком складних систем: наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2018. – Вип. 33. – с.179-184.

References

1. *Obsiahny vykorystannia hazu 2017*. [Elektronnyy resurs]. http://www.naftogaz.com/www/3/nak_web.nsf/0/8B3289E9F4B2CF50C2257F7F0054EA23?OpenDocument&Expand=7&
2. *Dyrektyva Yevropeyskoho parlamentu ta Rady 2012/27EU «Pro enerhoefektyvnist»*. [Elektronnyy resurs]. http://sae.gov.ua/sites/default/files/UKR_Directive_27_2012_2
3. *Zakon Ukrainy «Pro enerhetychnu efektyvnist budivel»*. 2118-VII.2017.
4. *Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist»*. Kabinet Ministriv Ukrainy, 2017.
5. *Zakon Ukrainy «Pro vnesennia zmin do Zakonu Ukrainy «Pro elektroenerhetyku» shchodo stymuliuвання виробництва електроенергії, виробленої з використанням альтернативних джерел енергії»*. 1804-VIII. 2017.
6. Piatnychko O. I., Zhuk H. V., Hrytsenko A. V. ta insh. *Dosvid utylizatsiyi zvalyshchnoho hazu v enerhetychnykh ustanovkakh v Ukraini*. Ahrar Media Hrup, 2015.
7. *Kodeks hazotransportnoi systemy*. [Elektronnyy resurs]. <http://zakon.rada.gov.ua/go/z1378-15>.
8. Krushnevych T. K., Pyatnychko A. Y. “Izvlachenye metana iz biogaza poligonov i podacha ego v magistralnyi hazoprovod.” *Tekhnicheskie gazy*, no. 3, 2006.
9. Pyatnychko A. Y., Yvanov Yu. V., Zhuk H. V., Budnyak S. V. “Absorbtsyonnoe yzvlachenyya metana y dyoksyda uhleroda yz byohaza.” *Ekotekhnologii i resursozberezhennye*, no. 1, 2012.
10. Yenin P. M., Shyshko H. H., Predun K. M. *Hazopostachannia naselenykh punktiv i obektiv pryrodnykh hazom*. Lohos, 2002.
11. *Vykydy zabrudniuvalnykh rehovyn u atmosferu vid enerhetychnykh ustanovok. Metodyka vyznachennya*. HKD 34.02.305-2002. Vydavnytstvo «KVITS», 2002.
12. *Vyznachennya obsyahiv vykydiv statsionarnykh dzherelamy*. [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu do resursu: <http://www.visnuk.com.ua/ua/news/id/3138>.
13. Predun K. M. “Ekolohichni aspekty vykorystannya alternatyvnykh palyv dlia potreb teplopостачання населенних пунктів України.” *Upravlinnya rozvytkom skladnykh system: Nauk.- tekhn. zbirnyk*, Iss. 33, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2018, pp. 179-184.

УДК 697.34.005.8:711.4

Экологические аспекты использования биогазов полигонов твердых бытовых отходов для нужд энергоснабжения населенных пунктов Украины

Г.В.Жук¹, К. М. Предун²

¹д.т.н., зам. директора, Институт газа НАН Украины. Украина. 03113.г.Киев, ул. Дегтяревская, 39.Hen_Zhuk@ukr.net

²к.т.н., доцент. Киевский национальный университет строительства и архитектуры. Украина, 03860. г. Киев, Воздухофлотский просп., 31. 31172@ukr.net

Аннотация. Системы теплоснабжения населённых пунктов Украины сегодня являются примером неэффективного использования топливно-энергетических ресурсов страны. Замена основного топлива – природного газа – для нужд источников теплоты альтернативным даёт экономию средств местных бюджетов в условиях децентрализации государственного управления (за счёт разницы цен природного и различных органических топлив). Такие мероприятия способствуют появлению ряда других проблем. Увеличение загрязнения окружающей среды – одна из них. Полигоны твёрдых бытовых отходов – один из элементов инженерной инфраструктуры населённых пунктов – при определённых условиях можно превратить из источников загрязнения окружающей среды на возобновляемые источники энергоносителей. В процессе эксплуатации таких полигонов образуется биогаз, основными компонентами которого есть метан и углекислый газ. С точки зрения энергоэффективности наиболее целесообразным является использование биогаза в качестве топлива в когенерационных установках или газовых турбинах для получения электрической и тепловой энергии. Исследованы экологические аспекты использования таких биогазов по сравнению с традиционным природным для нужд жилищно-коммунального хозяйства. На основании выполненных расчётов определены значения экономии природного газа и уменьшения загрязнения атмосферного воздуха. Реализация указанных мероприятий позволит уменьшить потребление традиционного природного газа для нужд теплоснабжения населённых пунктов.

Ключевые слова: теплоснабжение, энергоэффективность, природный газ, биогаз, свалка отходов, когенерация

UDC697.34.005.8:711.4

Ecological Aspects of the Biogas Usage from Disposal Sites of Solid Domestic Waste for The Energy Supplyneeds of Ukrainian Residential Areas

H. Zhuk¹, K. Predun²

¹Sc.D, Deputy Director, Gas Institute NAS of Ukraine. Kyiv, Ukraine, Hen_Zhuk@ukr.net ,

²Ph.D, professor. Kiev National University of Construction and Architects. Kyiv, Ukraine, 31172@ukr.net .

Abstract. The engineering infrastructure of settlements of Ukraine is one of the largest consumers of fuel and energy resources. This work is devoted to the study of the effectiveness of measures to replace natural gas with alternative fuels for the needs of power supply of settlements of Ukraine, as well as assessing the impact on the environment of emissions of pollutants together with biogas combustion products. Heat supply systems in the settlements of Ukraine today are an example of inefficient use of fuel and energy resources in the state. Replacement of the main fuel – natural gas – saves local budgets in conditions of decentralization of public administration (due to the difference in prices of natural gas and other organic fuels) for alternative sources of heat sources. At the same time, such measures give a number of other problems. Increasing pollution of the environment is one of them. Polygons of solid household waste, which is one of the elements of the engineering infrastructure of settlements, under certain conditions can be transformed from sources of pollution of the environment to renewable energy sources. During the operation of such landfills, biogas is formed, the main components of which are methane and carbon dioxide. From the point of view of energy efficiency, the most suitable is the use of biogas as a fuel in cogeneration units or gas turbines for the production of electric and thermal energy. The ecological aspects of the use of such biogas in comparison with the traditional natural for the needs of housing and communal services are investigated. On the basis of the performed calculations, the values of natural gas savings and reduction of atmospheric air pollution are determined. The implementation of these measures will reduce the consumption of traditional natural gas for the needs of the heat supply of settlements.

Keywords: heat supply, energy efficiency, natural gas, biogas, waste landfill, cogeneration

Надійшла до редакції / Received 08.08.2018.