

## **ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ**

*Здійснено аналіз та систематизацію екологічних, економічних й соціальних ефектів, що можуть виникати при запровадженні біогазових установок на полігонах твердих побутових відходів. Визначено систему чинників, що зумовлюють переорієнтацію інфраструктури національної економіки на використання екологічно безпечних і відновлюваних джерел енергії. Розкрито особливості дії технологічних та економічних чинників у процесі використання енергетичного потенціалу твердих побутових відходів.*

### **Постановка проблеми**

Сучасний період взаємодії суспільства і природи характеризується виснаженням невідновлюваних ресурсів (родовищ викопного палива – нафти, газу, кам'яного вугілля) та безпрецедентним забрудненням усіх геосфер, внаслідок чого відбувається руйнування озонового шару, посилюється парниковий ефект, відбуваються зміни клімату. Згідно з Рамковою конвенцією із зміни клімату та Кіотським протоколом, однією з причин глобального потепління клімату визначено емісію в атмосферу так званих "парникових газів прямої дії", до яких належать метан і вуглекислий газ. Науковці стверджують, що порівняно з CO<sub>2</sub>, метан впливає на посилення парникового ефекту у 21 раз більше (його потенціал глобального потепління дорівнює 21) [1].

З'ясовано, що найпотужнішим джерелом викидів метану в атмосферу є звалища твердих побутових відходів (ТПВ). Підраховано, що з усіх звалищ, розташованих на планеті, щорічно виділяється від 10 до 30 млрд м<sup>3</sup> метану, що у сумарному потоці метану від усіх наземних джерел складає 4 % [2]. Тому, існуючу практику господарювання, що зумовлює утворення та розміщення ТПВ у довкіллі, можна розглядати як першопричину збільшення концентрації метану в атмосфері. Вирішення цієї глобальної екологічної проблеми науковці пов'язують із зменшенням обсягів ТПВ та скороченням площ полігонів, санкціонованих та несанкціонованих сміттєзвалищ шляхом запровадження роздільного збирання відходів та встановлення біогазових установок. У цьому контексті питання екологічно безпечного поводження з відходами та

використання екологічно безпечних і відновлюваних джерел енергії набувають пріоритетного значення.

В Україні площі під сміттєзвалищами та полігонами ТПВ займають близько 4 % території країни. За обсягами накопичення ТПВ наша країна посідає одне з перших місць у світі. Питома вага звалищ і полігонів ТПВ в Україні у сумарних викидах парникових газів, що потрапляють у стратосферу Землі, складає 2,8 %, при цьому спостерігається тенденція їх щорічного збільшення. Внаслідок постійного зростання обсягів накопичення ТПВ на звалищах, викиди газів за період 1990–2009 рр. збільшилися на 16 % (з 8,4 до 9,7 млн т CO<sub>2</sub>-екв.) [1, с. 61]. Водночас, енергетика України на 50 % базується на імпорті енергетичної сировини [3, с. 6]. Зважаючи на те, що, по-перше, видобуток викопних джерел енергії у світі скорочується і в перспективі запаси цих енергоносіїв будуть вичерпані, по-друге, тенденція щодо зростання цін на традиційні енергоносії (нафту, газ, бензин тощо) буде лише посилюватися [4, с. 23], розвиток в Україні біоенергетики як відновлюваного джерела енергії, зокрема, технології видобутку біогазу зі звалищ ТПВ, слід вважати перспективним напрямом вирішення зазначених взаємопов'язаних проблем.

#### **Аналіз останніх досліджень та постановка завдання**

Вітчизняні дослідники відзначають високий кількісний потенціал звалищного газу в Україні, який існує за рахунок високого рівня урбанізації країни і достатньо теплого клімату. Однак, наразі цей потенціал майже не використовується. Науковцями розробляються підходи щодо розвитку біоенергетики, пов'язаної, в основному, з використанням відходів лісозаготівлі та деревообробки, біомаси сільськогосподарських культур (Д. Гродзинський, О. Левчук, В. Дубровін), органічних відходів тваринництва (І. Войтович, Г. Ратушняк, В. Джеджула, В. Писаренко). Питанням впровадження на вітчизняних полігонах ТПВ систем збирання біогазу присвячені роботи співробітників Ю. Матвеева, Г. Гелетухи, О. Пухнюк та ін. Однак, перспективи системного вирішення екологічних проблем сміттєзвалищ шляхом використання звалищного газу в якості енергоресурсу та з урахуванням механізмів Кіотського протоколу, в науковій літературі висвітлено недостатньо. Тому метою дослідження є аналіз та систематизація екологічних, економічних й соціальних чинників, пов'язаних з використанням звалищного газу в Україні, й визначення перспектив його видобутку.

## **Об'єкти та методика досліджень**

Об'єктом дослідження є екологічні та економічні процеси, пов'язані з використанням полігонів та сміттєзвалищ ТПВ у якості відновлюваних джерел біогазу. У процесі дослідження було використано: системний підхід (для систематизації екологічних, економічних, та соціальних ефектів від запровадження біогазових установок); аналіз та синтез (для визначення взаємозалежностей між чинниками, що впливають на використання біогазового потенціалу полігонів та сміттєзвалищ ТПВ).

## **Результати досліджень**

Протягом останніх десятиріч в Україні, незважаючи на постійне зменшення чисельності населення, спостерігається щорічне збільшення обсягів утворення твердих побутових відходів. Зокрема, в 2011 р. у країні утворилося близько 52 млн м<sup>3</sup> побутових відходів (близько 13 млн т), 92 % яких були захоронені на звалищах і полігонах. Станом на початок 2012 р. обсяги ТПВ, накопичених на звалищах, склали майже 285 млн т, що в 5 разів більше, ніж у 2005 р. Загальна кількість офіційних сміттєзвалищ і полігонів вже досягла 6026 одиниць, а площа, яку вони займають, перевищила 9 тис. га [5]. Значна частина сміттєзвалищ перевантажені та не відповідають нормам екологічної безпеки.

Слід зазначити, що звалища і полігони ТПВ здійснюють суттєвий негативний вплив на всі компоненти довкілля. Так, повітря забруднюється шкідливими газами, які є вибухо- і пожежонебезпечними, мають неприємний запах, що розповсюджується на значні відстані, і, при відповідних концентраціях, є токсичними для людини. Через здатність ТПВ до горіння, існує небезпека виникнення пожеж як на стихійних звалищах, так і в процесі експлуатації полігонів. Під час пожеж відбувається виділення газів, що містять токсичні та шкідливі включення: діоксини, фурані, хлористий і фтористий водень, окиси вуглецю, азоту, сірчаний ангідрид, а також летючу золу. Внаслідок того, що останнім часом у складі ТПВ, крім звичайних компонентів – харчових залишків, паперу, пакувальних матеріалів, пластмас, скла тощо, зростає кількість відпрацьованих електроприладів, акумуляторів та елементів живлення, люмінесцентних ламп, які містять токсичні метали, в зоні впливу сміттєзвалищ відзначають більш сильне, порівняно з фоном, забруднення поверхневих водних джерел і ґрунту важкими металами. У результаті багатьох хімічних процесів, що відбуваються в анаеробних умовах у товщі сміття, формується надзвичайно токсичний фільтрат, в якому знаходяться феноли, сполуки сірки та азоту, важких металів (цинку, свинцю, нікелю, хрому, кадмію та ін.), іони амонію і хлору, велика кількість бактерій кишкової групи та збудників інфекційних хвороб. Забруднення повітря, води, ґрунту, а через харчові ланцюги й продуктів харчування, що вирощуються у безпосередній близькості до сміттєзвалищ та

полігонів ТПВ, спричиняють суттєву шкоду здоров'ю людей. Тому, логічно припустити, що закриття полігонів і сміттєзвалищ та їх використання для будівництва сучасних систем збору й утилізації біогазу матиме позитивний екологічний та соціальний ефект.

Науковці розглядають полігони твердих побутових відходів як джерела відновлюваних газових родовищ. Завдяки тому, що звалища ТПВ містять значну кількість органічних відходів, у товщі звалища в умовах обмеженого доступу кисню, органічні речовини під дією природних метаноутворюючих бактерій піддаються процесу анаеробної ферментації з утворенням біогазу [2]. Біогаз є багатокомпонентним газом, склад його може змінюватися залежно від морфологічного складу відходів, що потрапляють на звалища, та умов захоронення. Проте, основними компонентами біогазу є метан (40–60 %) і вуглекислий газ (30–45 %) [3, с. 15].

До сучасних способів поводження з біогазом, отриманим зі звалищ ТПВ [2; 6; 7], відносять:

- спалювання з метою виробництва енергії;
- збагачення і використання в якості палива в газотурбінних установках для комбінованого вироблення теплової та електричної енергії;
- факельне спалювання з метою усунення неприємних запахів і зниження пожежної небезпеки на полігонах ТПВ;
- використання в якості палива для газових двигунів з отриманням електричної і теплової енергії;
- використання біогазу в якості палива для автомобілів;
- збагачення (підвищення вмісту метану до 94–95 %) і використання в газових мережах загального призначення в якості замітника природного газу.

На думку окремих науковців, за певних обставин (залежно від кількості біогазу в звалищі, його дебіту, близькості споживачів) використання звалищного газу може забезпечити значний економічний ефект [6]. Досвід розвинених країн світу дає підставу погодитися з таким твердженням. Будівництво систем збору та утилізації біогазу на полігонах ТПВ увійшло в практику розвинених країн Європи і Північної Америки. Зокрема, у США з метою отримання тепла та електроенергії у господарських і житлових об'єктах використовуються понад 150 великих полігонів [6]. Кількість біогазових установок у цій країні налічує близько 244 одиниць, які продукують 4,3 млрд м<sup>3</sup>/рік [3, с. 10]. У Німеччині діє близько 4 тисяч біогазових установок (половина працюючих у світі). Щороку 280 заводів виробляють біогаз у обсязі 3,7 млн. т. За прогнозами фахівців, до 2020 р. у Німеччині буде функціонувати 20 тисяч біогазових установок [7].

Отже, узагальнюючи вищевикладене, можна стверджувати, що будівництво сучасних систем збору та утилізації біогазу забезпечує низку мультиплікаційних

ефектів: екологічні ефекти 1-го порядку породжують екологічні ефекти 2-го, які, в свою чергу, зумовлюють економічні та соціальні ефекти (табл. 1).

*Таблиця 1. Систематизація ефектів від запровадження біогазових установок*

Екологічні ефекти		Економічні ефекти		Соціальні ефекти
1-го порядку	2-го порядку	1-го порядку	2-го порядку	
припинення викидів газу метану в атмосферне повітря	зменшення ризику руйнування озонового прошарку та зміни клімату	отримання коштів від продажу одиниць скорочення викидів згідно з Кіотським протоколом	інвестування коштів від продажу одиниць скорочення викидів згідно з Кіотським протоколом	створення додаткових робочих місць у результаті інвестування коштів, отриманих від продажу одиниць скорочення викидів
зменшення негативного впливу на довкілля від функціонування сміттєзвалищ та полігонів	відновлення екосистем навколо сміттєзвалищ та полігонів ТПВ	відновлення економічних функцій земельних ресурсів навколо сміттєзвалищ та полігонів ТПВ	отримання доходів від використання землі навколо сміттєзвалищ та полігонів ТПВ як капіталізованої вартості	зменшення негативного впливу сміттєзвалищ та полігонів ТПВ на здоров'я місцевого населення
зменшення викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря внаслідок заміни традиційних джерел енергії на біогаз	очищення атмосферного повітря навколо стаціонарних та пересувних джерел забруднення, що використовували традиційні джерела енергії	інвестування коштів у розвиток біоенергетики	отримання доходів від використання біогазових установок та продажу біогазу	створення додаткових робочих місць у галузі біоенергетики; зменшення негативного впливу на довкілля та людей від викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря

*Джерело:* власні дослідження.

Важливо зазначити, що переорієнтація інфраструктури національної економіки на використання екологічно безпечних і відновлюваних джерел

енергії залежить від низки чинників, дія яких має як позитивний, так і негативний характер. Аналіз економічних явищ, якими супроводжується процес становлення біоенергетики та поводження з твердими побутовими відходами в Україні, дозволяє їх систематизувати та умовно виділити такі групи чинників: технологічні, організаційні, економічні, соціальні, політичні. Зрозуміло, що всі зазначені чинники взаємопов'язані між собою та можуть спричиняти синергетичний ефект. Оскільки викладення результатів дослідження всієї сукупності чинників є неможливим у рамках однієї статті, доцільно звернути увагу на найсуттєвіші.

Одним із технологічних чинників, що визначає перспективи створення системи збору та утилізації біогазу, є потенціал газоутворення на полігоні [8]. Дослідження потенціалу біогазу на вітчизняних полігонах ТПВ дозволяє стверджувати, що близько 90 існуючих полігонів є найбільш великими і містять до 30 % всіх ТПВ України. Потенціал біогазу, доступного для виробництва енергії на цих полігонах, становить близько 400 млн м<sup>3</sup>/рік, що еквівалентно 300 000 т умовного палива [6]. Орієнтовними критеріями відбору полігонів є такі: обсяги накопичених відходів – більше 1 млн. т; глибина полігону – більше 10 м. Інформація щодо деяких полігонів ТПВ, які відповідають зазначеним критеріям, наведена в таблиці 2

**Таблиця 2. Полігони ТПВ, які відповідають критеріям відбору для впровадження проекту зі збирання та утилізації біогазу в Україні**

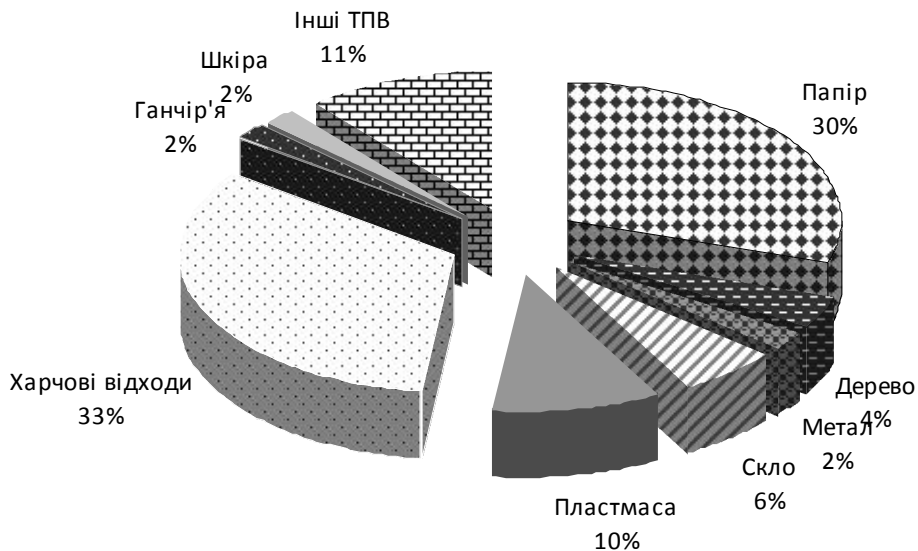
Місто	Населення, тис. чол.	Початок експлуатації	Обсяг ТПВ, млн т/рік	Площа, га	Глибина, м
Луганськ	505	1979	1,6	8,4	20-25
Одеса	1096	1972	5,3	30,0	22-25
Харків	1622	1975	2,2	20,8	30
Київ	2642	1986	7,5	35,5	до 20
Львів	807	1959	8,4	33,3	35
Полтава	324	1953	2,7	17,4	20-30
Хмельницький	250	1956	3,0	8,8	35
Біла Церква	208	1940	2,0	10,7	10-20

*Джерело:* [8].

Потенціал газоутворення, в свою чергу, залежить від морфологічного складу та часу функціонування полігонів. Польові дослідження, проведені вітчизняними науковцями, довели, що анаеробний розпад органічної речовини в тілі полігону може тривати десятиліттями, причому, інтенсивність цього процесу досягає максимуму вже через 1 рік після закриття відходів ізольованим шаром ґрунту і перебуває практично на одному рівні протягом 5–6 років, а далі плавно спадає. Для практичних розрахунків можна вважати, що 42,5 % біогазу виділяється за перші 6 років і ще 57,5 % – за наступні 15 років [9, с. 18]. Протягом перших

15–20 років  $1\text{ м}^3$  ТПВ при розкладанні виділяє  $1,0\text{--}1,5\text{ м}^3/\text{рік}$  біогазу. Надалі інтенсивність виділення біогазу зменшується. Період повного розкладання становить близько 50 років [2].

Щодо морфологічного складу, то слід зазначити, що органічні компоненти сприяють процесам утворення біогазу. Пластмаса, скло, метал, навіпаки, гальмують процеси газотворення. Орієнтовна структура відходів, що потрапляють на звалище в м. Житомир, наведена на рисунку 1.



**Рис 1. Морфологічний склад твердих побутових відходів на звалищі м. Житомир**

*Джерело:* дослідження Т. Годовської [10]

Слід зауважити, що наразі відсутня достовірна інформація щодо морфологічного складу ТПВ більшості полігонів, що знаходяться в Україні. Така ситуація пов'язана з тим, що, по-перше, організація досліджень морфологічного складу ТПВ потребує додаткових фінансових ресурсів, які, зазвичай, не передбачаються в бюджетах органів державної та місцевої влади; по-друге, морфологічний склад може досить швидко змінюватися, тому що обсяги тих чи інших компонентів ТПВ залежать від структури споживання місцевого населення та від способу їх збору й сортування.

Одним з економічних чинників, що може позитивно впливати на процеси запровадження біогазових установок на полігонах ТПВ, є ринкові механізми Кіотського протоколу. Згідно з Кіотськими домовленостями, Україна може отримати значні кошти від продажу квот на викиди парникових газів. В Україні

вже є позитивні приклади використання таких механізмів. Так, у 2008 р., в обмін на 1,46 млн одиниць скорочення викидів (ОСВ), отримані кошти для фінансування проекту щодо утилізації метану на шахті ім. Засядька. У 2009 р. 30 млн українських ОСВ (одна ОСВ дорівнює 1 т еквівалента CO<sub>2</sub>) було продано Японії на загальну суму 300 млн євро. Потрібно відзначити, що на світовому ринку ціна ОСВ щорічно коректується і в 2012 р. складає близько 5 євро.

Для посилення економічної аргументації можна навести методичку, яка дозволяє підрахувати збитки від невикористаної емісії метану полігонів ТПВ. У результаті обчислень було з'ясовано, що із 1 кг ТПВ, депонованих на звалищі, виділяється 0,04 м<sup>3</sup> біогазу, що складає 0,34 кг в еквіваленті CO<sub>2</sub>. Враховуючи, що в 2010 р. на звалищах Житомирської області було розміщено 336 490 т ТПВ, а також, що вартість 1 т CO<sub>2</sub>-екв. становить близько 50 грн, економічний збиток, спричинений виділенням в атмосферу біогазу зі звалищ Житомирщини, становить близько 5, 72 млн грн за рік.

Однак, важливо зазначити, що запровадження біогазових установок на полігонах ТПВ вимагає значних інвестицій, які коливаються від 200 тис. євро до 1 млн євро. За умови, що кошти від продажу одиниць скорочення відходів парникових газів, згідно з Кіотським протоколом, будуть надходити до державного бюджету, мало ймовірно, що приватний бізнес інвестуватиме у системи збору та утилізації біогазу на полігонах ТПВ. Тому, нагальним є розроблення державних програм з утилізації біогазу, які передбачатимуть залучення до використання біогазового потенціалу різних суб'єктів господарювання на засадах взаємовигідного партнерства.

### **Висновки та перспективи подальших досліджень**

Негативний екологічний вплив полігонів та сміттєзвалищ ТПВ на довкілля, клімат, здоров'я людей зумовлює потребу у використанні їх в якості відновлюваних джерел енергії. Здійснений аналіз дозволяє зробити висновок, що закриття і рекультивация великих звалищ й полігонів ТПВ в Україні зі створенням систем збирання та утилізації біогазу є технічно можливим, економічно доцільним та екологічно необхідним рішенням. До перспектив подальших досліджень необхідно віднести розробку інструментів державного регулювання щодо розвитку в Україні біоенергетики.

### **Література**

- 
1. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине за 1990–2009 гг. – К. – 2011. – 557 с.
  2. Хажмурадов М.А. Проблема ограничения эмиссии метана в атмосферу из свалок бытовых отходов / М.А. Хажмурадов, Л.В. Карнацевич, В.Г. Колобродов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://waste.ua/cooperation/2004/thesis/chashmuradovr.html>



3. Ратушняк Г. С. Енергозбереження в системах біоконверсії: навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 83 с.
4. Гродзинський Д. Обрії вітчизняної біоенергетики / Д. Гродзинський, О. Дембновецький, О. Левчук // Вісник НАН України. – 2008. – № 1. – С. 22–31.
5. Аналіз стану сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2011 рік: статистична інформація Міністерства регіонального розвитку, будівництва і житлово-комунального господарства України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.minregion.gov.ua>
6. Гелетуха Г.Г. Перспективи внедрения систем сбора биогаза на украинских полигонах твердых бытовых отходов / Г.Г. Гелетуха, Ю.Б. Матвеев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://waste.ua/cooperation/2004/thesis/geletucha.html>
7. Коптева Н. В. Возможности утилизации свалочного газа на полигоне г. Иркутска / Н. В. Коптева, А. А. Пушная, О. В. Уланова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://waste.ua/cooperation/2011/theses/kopteva.html>
8. Матвеев Ю.Б. Методы и опыт оценки потенциала газообразования на украинских полигонах ТБО / Ю. Б. Матвеев, А. Ю. Пухнюк [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://waste.ua/cooperation/2007/theses/matveev.html>
9. Технічна та економічна оцінка утилізації біогазу на Луганському полігоні твердих побутових відходів через механізми Кіотського протоколу. – Луганськ, 2008. – 85 с.
10. Годовська Т. Б. Еколого-гігієнічний аналіз впливу полігону твердих побутових відходів на підземну гідросферу / Т. Б. Годовська, В. П. Фещенко // Меліорація і водне господарство. – 2010. – Вип. 98. – С. 198–208.
- 
-