

## **ОРІЄНТОВНА ОЦІНКА ОБ'ЄМУ БІОГАЗУ, ЩО ВИДІЛЯЄТЬСЯ З ПОЛІГОНУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

*Наведено аналіз складу твердих побутових відходів на міських полігонах і звалищах та утворення біогазу, макрокомпонентами якого є метан ( $\text{CH}_4$ ) і двоокис вуглецю ( $\text{CO}_2$ ). Зроблено висновки щодо використання біогазу для виробництва енергії. Обґрунтована і запропонована схема орієнтовної оцінки об'єму біогазу, що виділяється з полігону твердих побутових відходів.*

**Ключові слова:** *тверді побутові відходи, полігони, органічні відходи, органічна речовина, хімічні елементи, біогаз, звалищний газ.*

Для забезпечення виконання Кіотського протоколу в Україні необхідно зменшити утворення або збільшити утилізацію парникових газів. Одним із джерел утворення парникових газів є полігони та звалища твердих побутових відходів (ТПВ). У результаті зберігання ТПВ утворюється біогаз, макрокомпонентами якого є метан ( $\text{CH}_4$ ) і двоокис вуглецю ( $\text{CO}_2$ ). Внесок полігонів сміття України за рік у загальні викиди метану та двоокису вуглецю складає від 3,5 до 4 %.

Метою роботи є визначення схеми орієнтованої оцінки об'єму біогазу, що виділяється з полігону ТПВ.

Авторами виконувались дослідження щодо складу твердих побутових відходів на міських полігонах і звалищах та обсягів утворення на них біогазу.

У процесі життя і діяльності людини утворюються ТПВ. Основним способом знешкодження таких відходів в Україні на цей час є їх поховання на полігонах та звалищах.

Емісії звалищного газу (ЗГ) в природне середовище формують негативні парникові ефекти. Так, внесок сектору «відходи» за рік у загальні викиди складає від 3,5 до 4 % [1, 5]. Найбільший негативний ефект спричиняє метан, оскільки метан є газом, парниковий ефект від якого у 21–23 рази вище, ніж від двоокису вуглецю. Саме наявність метану є причиною частих спалахів на полігонах, які призводять до викидів великої кількості токсичних речовин. Але полігони ТПВ

є також джерелами газу, що в розвинутих країнах використовується для виробництва теплової та електроенергії. Так, у Фінляндії, Швеції і Австрії, які заохочують використання енергії біомаси на державному рівні, частка енергії біомаси досягає 15–20 % від всієї споживаної енергії [2].

Україна володіє значними ресурсами ЗГ з органічних відходів, оскільки на її території існують біля тисячі звалищ ТПВ і проблема забруднення метаном від звалищ є однією з найбільш критичних екологічних проблем. У зв'язку з ратифікацією Кіотського протоколу в Україні з'явилась реальна можливість будівництва систем перетворення ЗГ на енергію.

Є декілька способів перетворення ЗГ на енергію, основою яких є збирання ЗГ за допомогою вертикальних свердловин [3]. Створення та монтаж обладнання для збирання і використання біогазу потребує значних витрат. Тому для прийняття рішення про будівництво систем видобутку і використання ЗГ на конкретному полігоні ТПВ необхідно оцінити обсяги і склад біогазу на даному полігоні.

Інтенсивність утворення біогазу на полігоні ТПВ залежить від складу відходів, їх маси, порядку складування, щільності відходів на квадратний кілометр, доступу кисню і води до відходів полігону, температури повітря та ґрунту. Зогляду на це необхідно перш за все оцінити склад ТПВ на полігоні. Як правило, основу ТПВ України становить органічна речовина (папір, харчові відходи, рослинні рештки та ін.) [4], яка на 70...80 % здатна до біологічного розпаду в аеробних та анаеробних умовах. Морфологічний склад органічної частини на типовому полігоні ТПВ (площею 10,0...15,0 га) наведено в таблиці 1.

Якщо взяти 1 кг ТПВ при вологості 40...60 %, за якої ТПВ вивозяться на полігони, знаючи процентний вміст основних хімічних елементів в органічній речовині ТПВ (див. таблицю 1 – 47,2 %) та атомні ваги вуглецю, водню, кисню, азоту, сірки, можна розрахувати кількість сухої органічної речовини, здатної до біологічного розпаду:  $1000 \times 0,472 \times 0,60 \times 0,75 = 212,4$  г (тут 0,75 – кількість грам-молей органічних речовин в 1 кг ТПВ).

Анаеробний розпад органічної речовини в тілі полігону продовжується кілька десятиліть, причому інтенсивність цього процесу досягає максимуму вже через рік після закриття ТПВ ізольованим

шаром ґрунту і перебуває практично на одному рівні протягом 5...6 років, а далі поступово спадає [2]. Для практичних розрахунків можна вважати, що 42,5 % біогазу виділяється за перші 6 років і ще 57,5 % – за наступні 15.

### 1. Морфологічний склад органічної частини ТПВ на полігоні

Морфологічний склад органічної частини ТПВ	Полігон		Вміст основних хімічних елементів у сухій речовині органічних компонентів ТПВ, %					
	вміст по масі ТПВ, %	вміст в органічній частині ТПВ, %	С	Н	О	Н	С	зола
Папір	21,0	44,5	45,40	6,10	42,10	0,30	0,12	6,00
Харчові відходи	12,0	25,4	41,70	5,80	27,60	2,80	0,25	21,90
Дерево	2,1	4,5	48,30	6,00	42,40	0,30	0,11	2,90
Текстиль	2,6	5,5	46,20	6,40	41,80	2,20	0,20	3,20
Шкіра, гума	4,6	9,5	59,80	8,30	19,00	1,00	0,30	11,60
Пластмаса	3,4	7,2	67,90	8,57	10,30	1,13	0,05	12,02
Кістки	1,6	3,4	59,60	9,50	24,70	1,02	0,19	4,99
Суміш компонентів	47,2	0	48,10	6,53	33,3	1,18	0,15	10,74

Знаючи процентний вміст в органічній речовині ТПВ та атомні ваги вуглецю, водню, кисню, азоту, сірки, можна визначити кількість грам-молей цих елементів у 1 кг ТПВ (таблиця 2).

### 2. Маса вихідних речовин при анаеробному розпаді органічних речовин 1 кг ТПВ

Вхідні хімічні елементи		Вихідні сполуки				
хімічний знак	маса, г	хімічна формула	маса, г	масова частка, %	об'єм, м <sup>3</sup>	об'ємна частка, %
С	102,00	CO <sub>2</sub>	162,20	66,70	0,0923	42,36
Н	13,78	CH <sub>4</sub>	77,20	31,80	0,1210	55,53
О	70,70	NH <sub>3</sub>	3,06	1,36	0,0044	2,02
Н	2,50	H <sub>2</sub> S	0,34	0,14	0,0002	0,09
S	0,32					
H <sub>2</sub> O	53,50					
	242,80		242,80	100	<b>0,218</b>	100

У процесі зберігання ТПВ на полігоні відбувається переважно анаеробний процес розпаду органічної речовини, під час якого утворюються нові хімічні сполуки – двоокис вуглецю (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>), аміак (NH<sub>3</sub>), сірководень (H<sub>2</sub>S). Це газоподібні речовини, які, змішуючись, утворюють біогаз. Знаючи молекулярні маси утворених сполук CO<sub>2</sub> (44), CH<sub>4</sub> (16), NH<sub>3</sub> (17), H<sub>2</sub>S (34) та води H<sub>2</sub>O (18), можна визначати маси речовин, що утворюються при розпаді 1 кг ТПВ (див. таблицю 2).

Виходячи з вищесказаного, обчислити об'єм утворення біогазу (G<sub>max</sub>) на полігоні за рік можна за формулою:

$$G_{\max} = M \times V \text{ (м}^3\text{)},$$

де M – річна кількість ТПВ, що надходять на полігон; V – об'єм біогазу, що утворюється з 1 кг ТПВ (V = 0,218 м<sup>3</sup>/кг).

$$M = H \times Ч,$$

де H – норма накопичення ТПВ на 1 мешканця за один рік (H = 300 кг); Ч – чисельність жителів міста.

Таким чином, наприклад, для міста з 500 тис. мешканців об'єм утворення біогазу на полігоні ТПВ за рік складає:

$$G_{\max} = 300 \times 500000 \times 0,218 = 32700000 \text{ м}^3.$$

Як видно з розрахунку, є можливість отримання значних обсягів біогазу для виробництва як теплової, так і електроенергії.

## Висновки

За результатами дослідження виявлено утворення значних обсягів парникових газів на полігонах ТПВ України, що складає 3...4 % від загальних їх викидів. Внесено пропозицію щодо використання біогазу з полігонів ТПВ для виробництва енергії. Проведено аналіз складу ТПВ на міських полігонах і можливостей щодо отримання біогазу. Запропоновано схему орієнтовної оцінки об'єму біогазу, що виділяється з полігону ТПВ.

1. Національний кадастр антропогенних викидів з джерел і абсорбції поглинутих парникових газів в Україні за 1990–2013 рр. – Київ, 2015.
2. Технічна та економічна оцінка утилізації біогазу на Луганському полігоні твердих побутових відходів через механізм Кіотського протоколу. – Луганськ, 2008.

3. Утилізація біогазу твердих побутових відходів (ТПВ) в м. Олександрівську Луганської обл. : звіт / ТОВ «Луганська виробнича-екологічна фірма «ЗЕФІР». – Луганськ, 2009.
4. Твердые бытовые отходы (сбор, транспорт, обезвреживание) / В. Г. Систер, А. Н. Мирный, Л. С. Скворцов и др. – М.: АКХ им. К.Д. Панфилова, 2001.
5. Малей О. В. Поводження з твердими побутовими відходами: українські реалії / О. В. Малей // Екологічний вісник. – 2016. – № 1. – С. 8–10.

**Гриценко А. В., Недава О. А. ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОЦЕНКА ОБЪЕМА БИОГАЗА, ВЫДЕЛЯЕМОГО НА ПОЛИГОНАХ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

*Приведен анализ состава твердых бытовых отходов на городских полигонах и свалках, а также образования биогаза, макрокомпонентами которого являются метан ( $CH_4$ ) и двуокись углерода ( $CO_2$ ). Сделаны выводы по использованию биогаза для производства энергии. Обоснована и предложена схема ориентировочной оценки объема биогаза, выделяемого на полигонах твердых бытовых отходов.*

**Ключевые слова:** *твердые бытовые отходы, полигоны, органические отходы, органическое вещество, химические элементы, биогаз, свалочный газ.*

**Gritsenko A. V., Nedava O. A. AN APPROXIMATE ESTIMATE LANDFILL GAS ALLOCATED TO SOLID WASTE LANDFILL**

*An analysis of the composition of municipal solid waste in urban landfills and waste dumps and biogas generation, macro components which are methane ( $CH_4$ ) and carbon dioxide ( $CO_2$ ). The conclusions on the use of biogas for energy production. Substantiated and proposed a scheme of approximate estimation of biogas capacity allocated for landfill solid waste.*

**Key words:** *municipal solid waste, landfill, organic waste, organic matter, chemical elements, biogas, landfill gas.*