

Додаток 3.8.1

Розрахунок потенційних обсягів утворення біогазу на полігоні № 5 ПАТ "Київспецтранс»

У складі дрібної фракції побутових відходів міста Києва, яка може бути відділена на сепараторах сортувально-переробних ліній, 90 % (за масою) становить органічна речовина, яка на 95 % здатна до біологічного розкладання в аеробних та анаеробних умовах. В свою чергу, органічна речовина включає папір, харчові відходи (87 %), рослинні рештки та інше. Орієнтовний морфологічний склад дрібної фракції, а також вміст основних хімічних елементів у сухій речовині її компонентів наведено в табл. 3.8.1.1.

Таблиця 3.8.1.1 Морфологічний склад органічної частини побутових відходів м. Києва та вміст основних хімічних елементів у сухій речовині її компонентів

Морфологічний склад дрібної фракції	м. Київ (2011 р.)		Процентний вміст за масою основних хімічних елементів у сухій речовині органічних компонентів ТПВ					
	Процентний вміст за масою	Процентний вміст компонентів, що підлягають біоферментації	C	H	O	N	S	Зола
Папір	6,0	5,0	45,40	6,10	42,10	0,30	0,12	6,00
Харчові відходи	87,0	86,0	41,70	5,80	27,60	2,80	0,25	21,90
Дерево	3,0	2,0	48,30	6,00	42,40	0,30	0,11	2,90
Текстиль	1,0	0,5	46,20	6,40	41,80	2,20	0,20	3,20
Шкіра, гума	1,0	0,5	59,80	8,30	19,00	1,00	0,30	11,60
Пластмаса	1,0	0,5	67,90	8,57	10,30	1,13	0,05	12,02
Кістки	1,0	0,5	59,60	9,50	24,70	1,02	0,19	4,99
Суміш компонентів	100	95	48,1	6,53	33,3	1,18	0,15	10,74

Якщо взяти порцію дрібної фракції (надалі за текстом відходів) масою 1 кг при вологості 60 %, при якій вона може вивозитись на полігон, то за наведеними даними можна розрахувати кількість сухої органічної речовини в цій порції, здатної до біологічного розпаду:

$$950 \times 0,4 \times 0,9 = 342 \text{ (г)}.$$

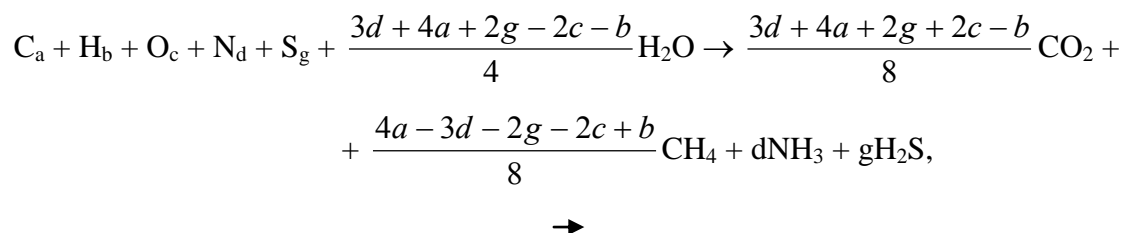
Знаючи процентний вміст в органічній речовині відходів, що захоронюються, та атомні ваги вуглецю (12), водню (1), кисню (16), азоту (14), сірки (32), можна визначити кількість грам-молей цих елементів в 1 кг ТПВ (табл. 3.8.1.2).

Таблиця 3.8.1.2 Кількість грам-молей основних хімічних елементів в органічній речовині 1 кг дрібної фракції

Хімічний знак елемента	м. Київ (2011 р.)		Умовне позначення кількості грам-молей
	Маса в 1кг ТПВ, г	Кількість грам-молей	
C	146,34	12,20	a
H	20,25	20,25	b
O	98,43	6,15	c
N	8,62	0,62	d
S	0,82	0,026	g
Всього	274,46	-	-

При захороненні відходи ущільнюються і перекриваються шарами ґрунту, що обмежує надходження кисню (з повітря), тому в тілі полігону відбувається переважно анаеробний процес розпаду органічної речовини, під час якого вивільнюються основні її хімічні елементи, які в присутності води, що міститься в складі ТПВ (50...60 % за масою) чи проникає через укриття полігону під час атмосферних опадів, утворюють нові хімічні сполуки – такі, як діоксид вуглецю (CO₂), метан (CH₄), аміак (NH₃), сірководень (H₂S). Це газоподібні речовини, які, змішуючись, утворюють біогаз (або смітниковий газ).

Основну хімічну формулу анаеробного процесу можна записати у такому вигляді:



де a, b, c, d, g – кількість грам-молей відповідного хімічного елемента.

Знаючи молекулярні маси утворених сполук: CO₂ (44), CH₄ (16), NH₃ (17), H₂S (34), H₂O (18) можна визначити маси речовин, що утворюються при розпаді 1кг відходів. Дані таких розрахунків наведені в табл. 3.8.1.3.

Щільність газів (при t = 30⁰C) становить: CO₂ -1,7596 кг/м³; CH₄ - 0,6380 кг/м³; NH₃ - 0,6863 кг/м³; H₂S 1,3699 кг/м³.

Таблиця 3.8.1.3 Баланс мас вхідних та вихідних речовин при анаеробному розпаді органічної речовини 1кг дрібної фракції відходів

Вхідні хімічні елементи		Вихідні сполуки				
Хімічний знак	Маса, г	Хімічна формула	Маса, г	Масова частка, %	Об'єм, м ³	Об'ємна частка, %
1	2	3	4	5	6	7
C	146,34	CO ₂	235,19	66,03	0,1337	41,56
H	20,25	CH ₄	109,78	30,82	0,1721	53,49
O	98,43	NH ₃	10,54	2,96	0,0154	4,79
N	8,62	H ₂ S	0,68	0,0019	0,0005	0,16
S	0,82	-	-	-	-	-
H ₂ O	81,73	-	-	-	-	-
Всього	356,19	-	356,19	100	0,3217	100

Аналіз розрахунків показує таке. При анаеробному розпаді 1кг відходів для утворення вихідних сполук необхідно лише 82 г води. Навіть при досить низькій вологості 40 % в 1кг відходів міститься 400 г води. Тому процес анаеробного розпаду органічної речовини в тілі полігону відбувається і без доступу атмосферних опадів, тобто при водонепроникному укритті. Частина води при цьому утворює фільтрат. Утворення біогазу та фільтрату на полігоні залежить від видів матеріалів, які там складаються, їх фізико-хімічних і біологічних властивостей, режиму експлуатації полігона, кліматичних умов тощо.

Анаеробний розпад органічної речовини в тілі полігону продовжується кілька десятиліть, причому інтенсивність цього процесу досягає максимуму вже через 1 рік після закриття відходів ізолюючим 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 [7].

Розрахунок обсягів утворення біогазу на полігоні № 5, де будуть захоронюватись відходи (відсіяна на сепараторах дрібна фракція) м. Києва в розрахунковий термін Схеми (2012...2028 рр.) та до 2053 р. проведений у наступному порядку.

Річна кількість відходів, що поступають на полігон, визначається за формулою:

$$M = m \times \text{ч} \text{ (кг)},$$

де m – загальна маса річних обсягів побутових відходів, які утворюються в м. Києві;

ч – частка днібної фракції у цих відходах (0,43).

Річна інтенсивність утворення біогазу g_{\max} (з річної кількості вивезених) ТПВ розрахована за формулою:

$$g_{\max} = 0,4253 \times M \times V_c / 5,5 \text{ (м}^3\text{/рік)},$$

де $V_c = 0,3217 \text{ м}^3\text{/кг}$ – об'єм біогазу, що утворюється з 1кг відходів.

Дані розрахунків з обсягів захоронення відходів і утворення біогазу на полігоні № 5 наведені в табл. 3.8.1.4.

На рис. 3.8.1.1 наведено графік залежності відносної інтенсивності сумарного утворення біогазу Q на полігоні від часу, за умови безперервного складування відходів і подальшого його закриття через 20 років.

Таблиця 3.8.1.4 Обсяги захоронення відходів і утворення біогазу за роками експлуатації на полігоні № 5

Рік від початку складування (від 2012 р.)	Захоронено відходів на кінець року, млн. т	Середньорічна інтенсивність утворення біогазу, млн.. м куб/рік	Утворено біогазу від початку складування (на кінець року) млн. м куб	Процент від сумарних обсягів	Відносна інтенсивність утворення біогазу (на кінець року)
1	0,50	6,20	6,20	0,19	1,00
2	1,00	18,60	24,80	0,76	2,00
3	1,50	31,00	55,80	1,72	3,00
4	2,00	43,40	99,20	3,05	4,00
5	2,50	55,80	155,00	0,20	5,00
6	3,00	68,20	223,20	6,87	6,00
7	3,50	80,60	303,80	9,35	7,00
8	4,00	92,10	395,90	12,18	7,93
9	4,50	102,50	498,40	15,34	8,77
10	5,00	112,10	610,50	18,79	9,54
11	5,50	120,80	731,30	22,50	10,24
12	6,00	128,75	860,05	26,46	10,88
13	6,50	135,85	995,90	30,64	11,46
14	7,00	142,10	1138,00	35,02	11,96
15	7,50	147,50	1285,50	39,56	12,40
16	8,00	152,10	1437,60	44,24	17,26
17	8,50	155,85	1593,45	49,03	13,07
18	9,00	158,75	1752,20	53,92	13,30
19	9,50	160,85	1913,05	58,87	13,47
20	10,00	162,10	2075,15	63,85	13,57
21	10,00	156,25	2231,40	68,66	12,60
22	10,00	143,75	2375,15	73,08	11,59
23	10,00	131,25	2506,40	77,12	10,58
24	10,00	118,75	2625,15	80,78	9,58
25	10,00	106,25	2731,40	84,05	8,57
26	10,00	93,75	2825,15	86,93	7,56
27	10,00	82,35	2907,50	89,47	6,64
28	10,00	71,10	2978,60	91,65	5,73
29	10,00	60,00	3038,60	93,50	4,84
30	10,00	50,45	3089,05	95,05	4,07
31	10,00	41,70	3130,75	96,34	3,36
32	10,00	33,75	3164,50	97,37	2,72
33	10,00	26,70	3191,20	98,20	2,15
34	10,00	20,45	3211,65	98,82	1,65
35	10,00	15,00	3226,65	10,92	1,21
36	10,00	10,45	3237,10	99,61	0,84
37	10,00	6,70	3243,80	99,81	0,54
38	10,00	3,75	3247,55	99,93	0,30
39	10,00	1,70	3249,25	99,98	0,14
40	10,00	0,60	3249,85	100,00	0,05
Всього	10,00		3249,85		

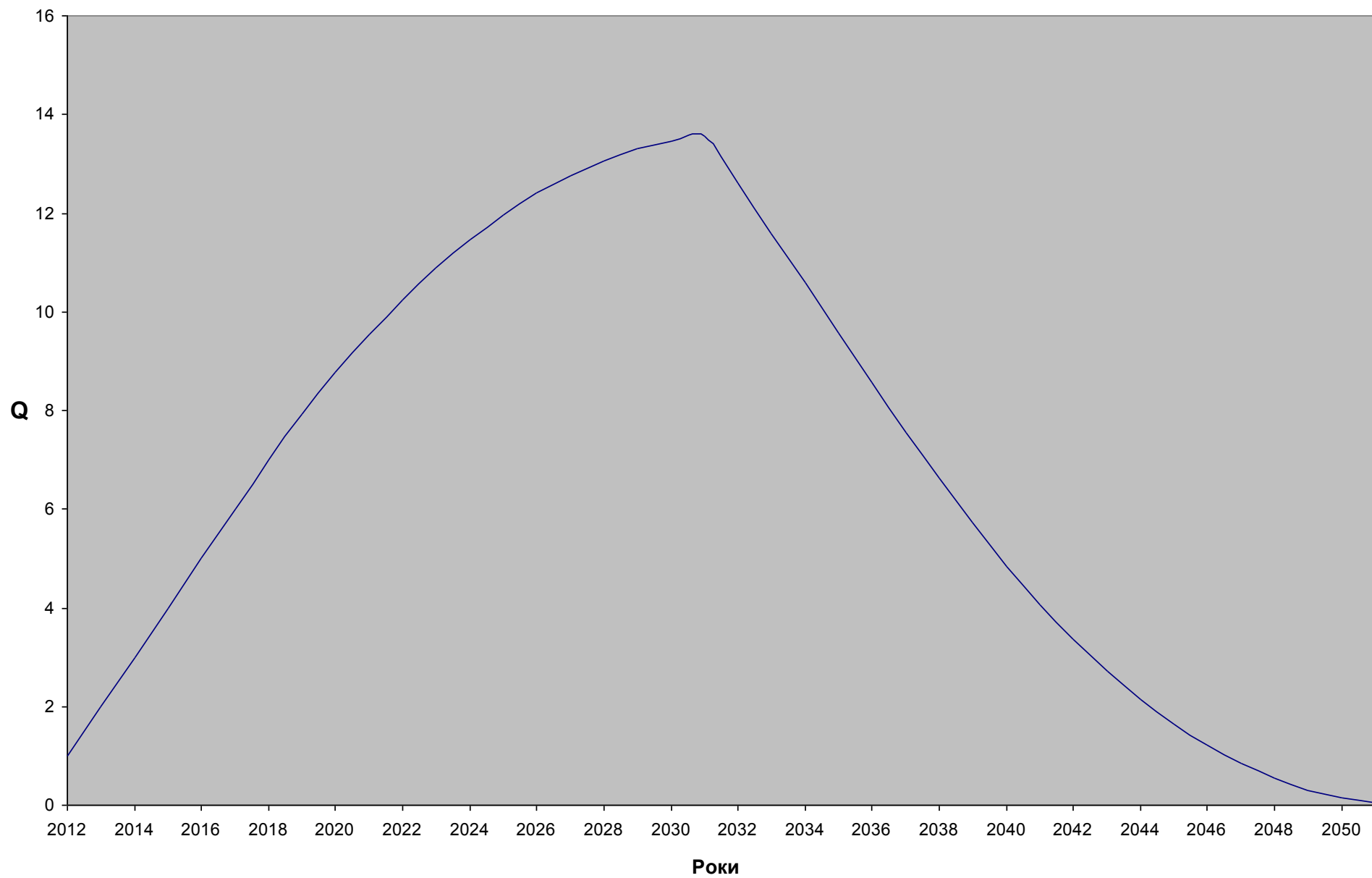


Рисунок 3.8.1 Залежність інтенсивності утворення біогазу на полігоні № 5 від часу