

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕХАНІЗОВАНОГО ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ

*М. СЕНЧУК, ст. наук. співроб.
УкрНДІПВТ*

Використання технологій вермикомпостування для переробки гною тваринницьких ферм в умовах промислових вермигосподарств безпосередньо стикається з проблемами інтенсифікації і оптимізації як окремих технологічних ланок, так і в цілому процесу вермикультивування, метою якого є отримання кінцевих продуктів - біогумусу та біомаси дощових черв'яків.

Перехід вермикомпостування на механізовані технології дає можливість створювати крупні вермигосподарства. Проте слід відмітити, що концентрація виробництва призводить до збільшення витрат на перевезення сировини, що позначається на собівартості продукції.

Розглянемо можливі шляхи підвищення ефективності виробництва біогумусу в крупних вермигосподарствах на етапі їх створення. Метод полягає у визначенні оптимальної річної продуктивності вермигосподарства з урахуванням транспортних витрат на перевезення сировини (відходів тваринницьких ферм) при мінімальній собівартості виробництва.

За наявності сировини для одержання біогумусу в господарстві (господарствах), з урахуванням відстані перевезення її до вермигосподарства, складається таблиця (див. табл. 1).

Таблиця 1

Маса відходів, т	M_{b1}	$M_{b1} + M_{b2}$	$M_{b1} + M_{b2} + \dots M_{bn}$
Відстань до вермигосподарства	l_1	l_2	l_n

За даними табл. 1 будується графічна залежність (див. рис. 1) і визначається її функція. Тоді собівартість вермикомпостування в розрахунку на одиницю вихідної продукції визначається за формулою:

$$C = \frac{z_e}{M(l) \cdot \beta} + \frac{z_n \cdot l}{\beta}, \quad (1)$$

де c — собівартість виробництва однієї тонни біогумусу, грн./т;
 z_e — затрати на виробництво, грн.;

- z_n — питомі транспортні витрати, грн./т.км;
 β — коефіцієнт перетворення відходів на біогумус ($\beta=0,5-0,6$).

За формулою 1 будується функція $c = f(l)$ (див. рис. 2), а також, дослідивши її на екстремум $\frac{dc}{dl} = 0$, визначається відстань до вермигосподарства $l_{кр}$, за якою собівартість виробництва мінімальна.

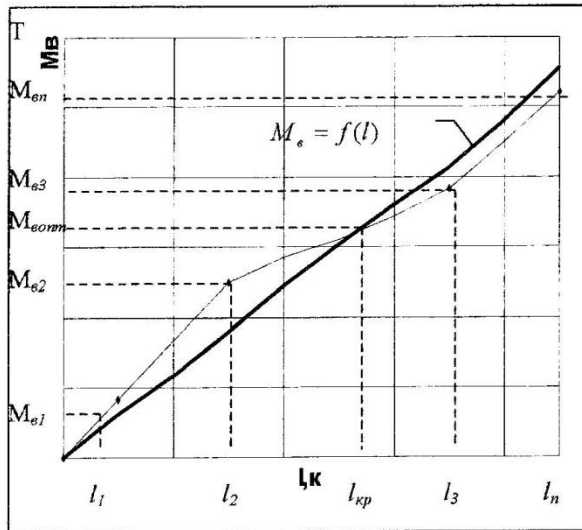


Рис. 1. Графік залежності наявності сировини від відстані до вермигосподарства.

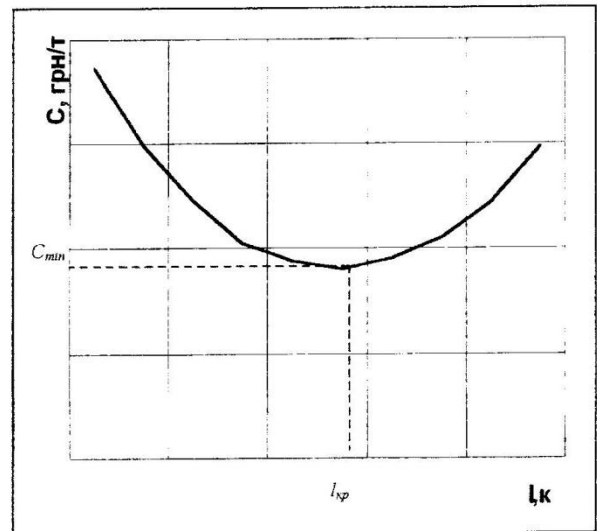


Рис. 2. Графічне зображення функції $c = f(l)$

Величина вермигосподарства, з урахуванням річної переробки відходів, визначається за графіком рис. 1 при $l_{кр}$.

Визначивши річну продуктивність вермигосподарства, а також використовуючи технологічні схеми рис. 3, 4, 5, визначають собівартість виробництва.

Критерієм прийняття технологічної схеми вермигосподарства є мінімальна собівартість виробництва, при цьому повинна виконуватися нерівність:

$$C \leq B - \frac{C \cdot P}{100}, \quad (2)$$

де B — ціна одиниці продукції, грн./кг, грн./т;

C — собівартість виробництва одиниці продукції, грн./кг, грн./т;

P — норма рентабельності вермигосподарства, %.

Одержання високоякісного біогумусу та ефективного використання дощових черв'яків можливе у разі правильного вибору режиму роботи обладнання, забезпечення високоефективними популяціями черв'яків. З цією метою рекомендується використовувати вермиінкубатори, які базуються на інтенсивному вермикультивуванні.

Завдяки використанню високоефективних штамів маточних дощових черв'яків, якісного субстрату, а також можливості дотримання оптимальних режимів вермикультивування у вермиінкубаторі, досягається максимальна продуктивність переробки субстрату в біогумус. Це дає можливість одержувати продуктивну маточну культуру для промислового вермикомпостування.

Для інтенсивного вермикультивування необхідно забезпечити умови оптимального розвитку дощових черв'яків:

- температура субстрату — 19—25°C;
- вологість субстрату — 75—80%;
- відношення вуглецю до азоту в субстраті — близько 20;
- реакція середовища рН — 6,5 — 7,5.

Субстрат повинен пройти ферментування:

- в теплий період року - не менше 2—3 місяців;
- в холодний період року — 3—5 місяців при використанні традиційних методів компостування.

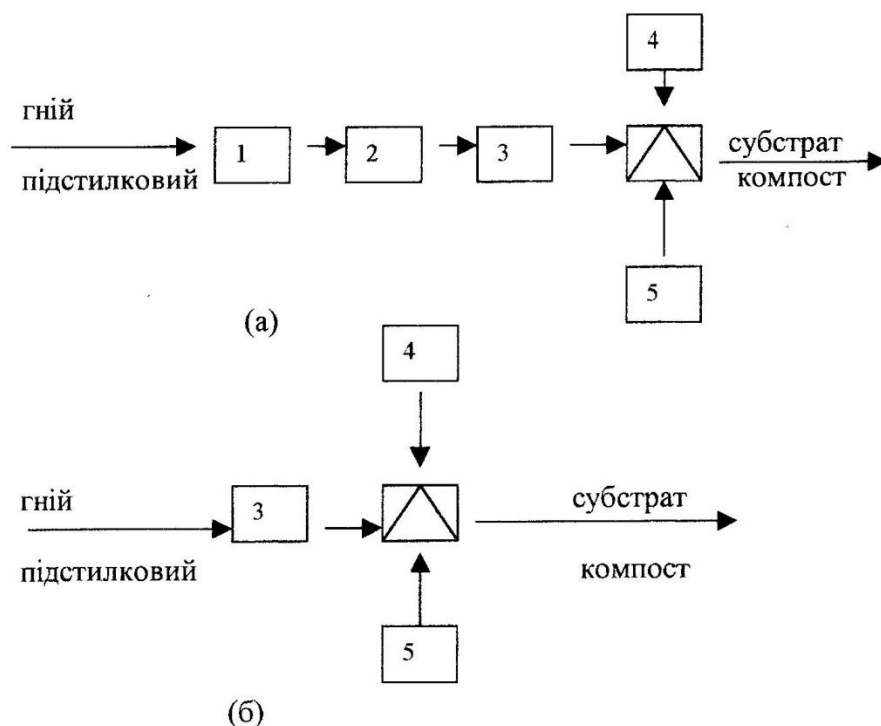


Рис. 3. Технологічні схеми процесу підготовки субстрату (компостування)

□ — спосіб механічний; □ — спосіб біотехнологічний

1 — навантаження гною; 2 — перевезення гною; 3 — навантаження, змішування, перевезення, формування буртів з підстилкою гною; 4 — поливання буртів водою; 5 — аерування буртів.

Для проведення розрахунків з метою автоматизованого підтримання вологи у вермикомпості можна використовувати графік рис. 6.

Дослідження, проведені в УкрНДПВТ, показали, що збільшення копролітів у вермикомпості в процесі вермикультивування знаходиться в залежності від тривалості вермикультивування і питомого вмісту черв'яків у компості. За результатами експериментальних досліджень розроблено математичну модель зміни ступеня вмісту копролітів у вермикомпості, де залежність Y_k від тривалості вермикультивування (X_1) і вмісту маси черв'яків на 1 кг субстрату (X_2) показана поліномом другого ступеня:

$$Y = -1,058 + 0,003x_1 + 2,046x_2 + 0,012x_1^2 + 0,01x_1x_2 - 0,289x_2^2, \quad (3)$$

де U_x — ступінь вмісту копролітів в вермикомпості, %; X_1 — тривалість вермикультивування, днів; X_2 — початковий вміст черв'яків в субстраті, г/кг.

Тривалість вермикультивування визначається з формули 3 за умови, що ступінь вмісту копролітів у вермикомпості повинен становити не менше 60%. Тоді:

$$-1,058 + 0,003x_1 + 2,046x_2 + 0,012x_1^2 + 0,01x_1x_2 - 0,289x_2^2 \geq 60, \quad (4)$$

Фактичну тривалість вермикультивування визначають за формулою:

$$\tau_e = x_1 \cdot t_b, \quad (5)$$

де τ_e — фактична тривалість вермикультивування, днів; t_b — коефіцієнт гарантії технологічного процесу ($t_b=1-1,5$).

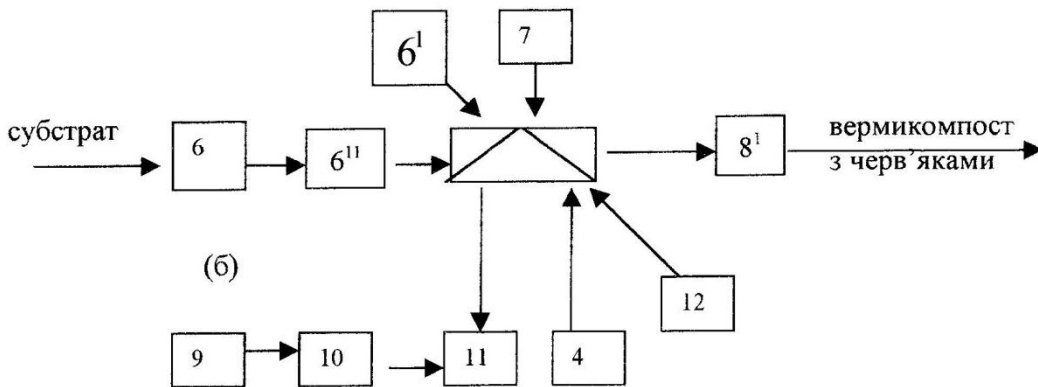
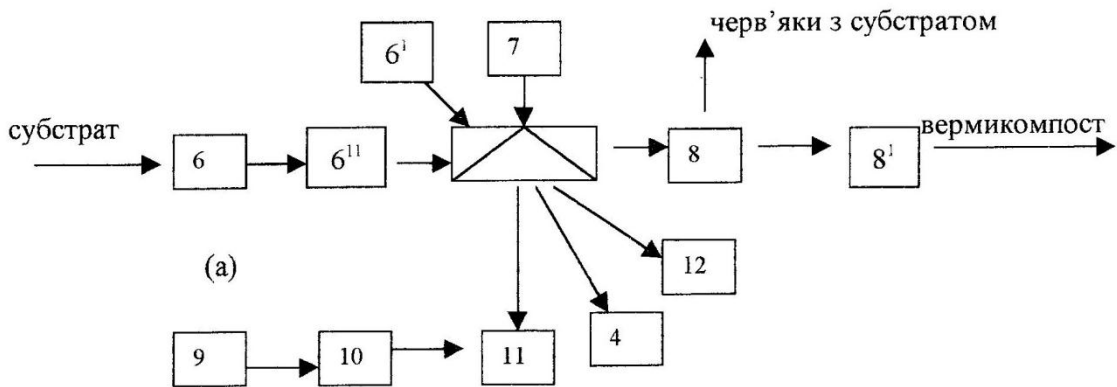


Рис. 4. Технологічні схеми процесу вермикультивування

□ — спосіб механічний; ▽ — спосіб біотехнологічний.

6 - закладання буртів; 6^{11} - заселення черв'яками; 6^1 - підкормка черв'яків; 7 - аерування лож; 8 - відділення черв'яків з субстратом; 8^1 - видалення вермикомпосту; 9 — навантаження соломи для утеплення буртів на зиму; 10 — перевезення соломи; 11 — розкладання соломи; 12 — збирання соломи.

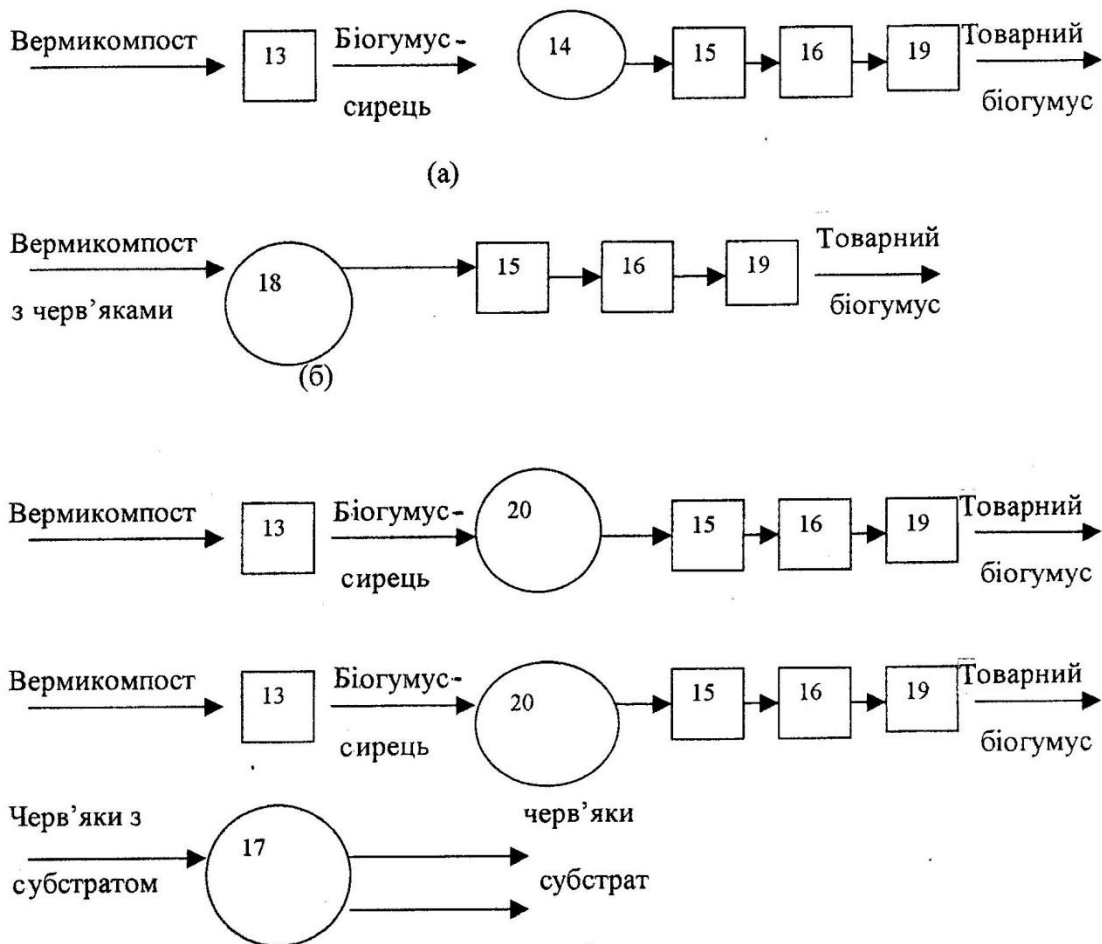


Рис. 5. Технологічна схема процесу переробки вермикомпосту

— спосіб механічний; — спосіб термодинамічний
 13 — попередня переробка; 14 — сушіння біогумусу; 15 — подрібнення біогумусу; 16 — фракціонування біогумусу; 17 — відділення черв'яків від субстрату; 18 — відділення черв'яків від компосту і сушіння біогумусу; 19 — перевезення біогумусу в склад; 20 — сушіння біогумусу в природних умовах

Річна продуктивність вермиінкубатора визначається за формулою:

$$M_b = M_T \cdot t_b \quad (6)$$

де M_b — річна продуктивність вермиінкубатора, т/рік; M_T — розрахункова маса субстрату, який перероблять черв'яки в біогумус, т/рік.

Тут:

$$M_T = M_0 t (R + R^2 + \dots + R^i) \quad (7)$$

де M_0 — маса дощових черв'яків на початку року, т; t — період, за який визначено збільшення біомаси черв'яків у вермикомпості, днів; R — показник збільшення маси черв'яків за встановлений період, разів

$$i = \frac{365}{\tau} \quad (8)$$

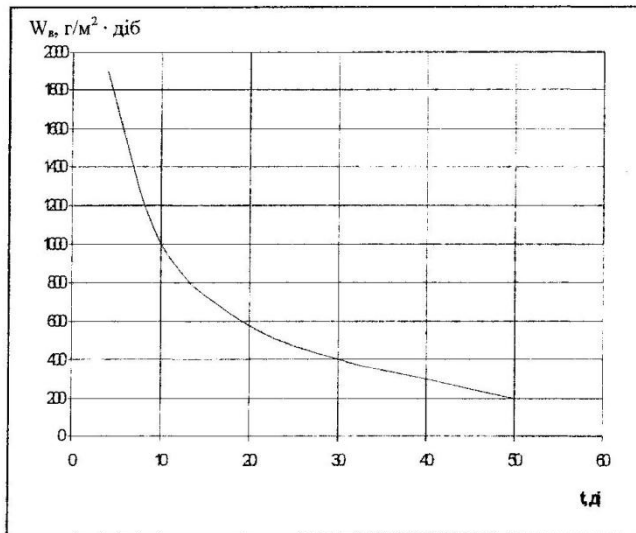


Рис. 6. Залежність швидкості випаровування води з 1 м² вермикомпосту, при оптимальних умовах розвитку вермикультури, від тривалості вермикультивування

складає в основному 3 місяці. Де τ_e - приймається як 90 діб. Переробка проводиться в основному в два цикли, $i=2$.

Початкова маса черв'яків визначається за формулою 9. Річний вихід біогумусу-сирцю визначають за формулою:

$$M_T = M_0 \tau_e (R_b + R_b^2), \quad (11)$$

$$\text{де } R_b = R \frac{\tau_e}{\tau} \quad (12)$$

На відкритому майданчику субстрат переробляють в ложах (буртах).

Бажано, щоб майданчик мав тверде покриття.

Необхідну кількість буртів визначають за формулою:

$$n_\delta = \frac{M_b^1}{l_\delta \cdot b_\delta \cdot h_\delta \cdot \rho}, \quad (13)$$

де $l_\delta, b_\delta, h_\delta$ — відповідно: ширина, довжина і висота бурта, мм; ρ — питома маса субстрату, т/м³.

$$\text{Тут } M_b^1 = M_0 \tau_e \cdot R_b^2 \quad (14)$$

Параметри майданчика визначають за формулами:

— ширину:

$$b_m = n_\delta \cdot b_\delta + b_{np} \cdot n_{np}, \quad (15)$$

де b_m — ширина майданчика, м; b_{np} — ширина проходу між буртами, м; n_{np} — кількість проходів;

— довжину:

$$l_m = l_\delta + 2b_s, \quad (16)$$

де l_m - довжина майданчика, м; b_s — ширина заїзду між буртами, м.

Площа майданчика визначається за формулою:

$$F_m = b_m \cdot l_m \quad (17)$$

При заданій масі субстрату, яку необхідно переробити в біогумус за рік, визначають необхідну для придбання масу черв'яків:

$$M_0 = \frac{M_T}{\tau(R + R^2 + \dots + R^i)} \quad (9)$$

Максимальна місткість вермиінкубатора розраховується за формулою:

$$M_{b_{\max}} = \frac{M_b \cdot \tau_e}{365} \quad (10)$$

де $M_{b_{\max}}$ - максимальна місткість вермиінкубатора, т.

Практичний досвід вермикультивування і наукові дослідження свідчать про те, що тривалість переробки субстрату в біогумус на відкритому майданчику залежить від кліматичних умов і якості виконання технологічного регламенту вермикультивування, який

де F_m — площа майданчика, м².

Комплектування технологій вермикомпостування технічними засобами пов'язано з обґрунтуванням варіантів найбільш ефективної їх експлуатації. Критерієм такої оцінки є мінімальна питома собівартість виконання технічними засобами технологічної операції.

Ефективність використання технічного засобу слід розглядати як динамічний процес в залежності від річного завантаження роботою при використанні формули (18), яка характеризує економічну суть визначення питомої собівартості виконання технічним засобом технічної операції.

$$y = \frac{a}{x} + v, \quad (18)$$

де y — питома собівартість виконання технологічної операції технічним засобом, грн./т, грн./м³, грн./т км і т.д.; a — витрати, які не залежать від річного завантаження роботою технічного засобу, грн.; v — питомі витрати, грн./т, грн./м³ і т.д.; x — величина річного завантаження технічного засобу (змінна величина), т, м³, і т.д.

Оптимальне річне завантаження роботою технічного засобу визначається за формулою:

$$X_{opt} = \frac{RP \cdot \tau_3}{T} \quad (19)$$

де X_{opt} — оптимальне річне завантаження роботою технічного засобу, т, м³ і т.д.; R — ресурс технічного засобу, год; T — строк служби технічного засобу, років; P — продуктивність технічного засобу, т/год, м³/год і т.д.; τ_3 — коефіцієнт використання змінного робочого часу.

Необхідна кількість технічних засобів для виконання заданого обсягу робіт при виконанні технологічної операції визначається за формулою:

$$P_s = \frac{Q}{P \cdot t \cdot \tau \cdot \tau_3 \cdot m}, \quad (20)$$

де P_s — необхідна кількість технічних засобів, шт; Q — необхідний обсяг виконання робіт, т, м³ і т.д.; t — тривалість зміни, год; τ — коефіцієнт змінності; m — тривалість виконання робіт, год.

Подані вище методичні основи розрахунку механізованого вермигосподарства дають можливість проводити розрахунки, необхідні для створення ефективного виробництва біогумусу і біомаси дощових черв'яків.