

УДК 631.89:519.876.5

**МОДЕЛЮВАННЯ ТЕРМОХІМІЧНОГО ПРОЦЕСУ  
ОБЕЗЗАРАЖЕННЯ ГНОЮ ЯК МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ  
ЕФЕКТИВНОСТІ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЕЗІНВАЗІЇ**

**Н.О.РЯБЦЕВА** – аспірант, Житомирський національний  
агроекологічний університет

**Постановка проблеми.** Основним серед компонентів природного середовища, які випробують на собі вплив тваринницьких комплексів, є ґрунт. Його охорона від забруднення відходами тваринництва забезпечується системою конкретних технологічних рішень, що стосуються вибору оптимальних методів обробки відходів тваринного походження з метою їх знезараження.

На сьогодні відомо досить багато методів знезаражування органічних відходів. Їх можна класифікувати за трьома основними групами: 1) біологічна обробка гною; 2) обробка хімічними реагентами; 3) використання фізичних і механічних речовин [2,4,5,9]. Серед зазначених методів найбільш розповсюдженим є метод обробки гною реагентами хімічної природи. Він заснований на тому, що в результаті взаємодії хімічних сполук з компонентами гною знищується патогенна мікрофлора та яйця гельмінтів, які гній містить у значній кількості. Одночасно знищуються анаеробні бактерії, що викликають процеси гниття з виділенням шкідливих газів неприємного запаху – аміаку, сірководню тощо. Таким чином, у результаті хімічних реакцій, окрім обеззараження, додатково досягається дезодоруючий ефект.

**Стан вивчення проблеми.** Використання хімічних речовин з метою знезаражування і дезодорації гною особливо інтенсивно застосовується за кордоном. Так, спеціалістами Японії запропоновано такий спосіб очистки гноєвих стоків – їх змішують з розчином гашеного вапна та коагулянтном із додаванням вугілля [4,5]. У Франції запатентовано спосіб дезодорації гною, який заснований на використанні у якості дезодоруючих реагентів піросульфату натрію або калію в комбінації з формальдегідом [4].

Українські науковці Міроненко М.А., Махонько Н.І. [9] дали порівняльну гігієнічну оцінку ефективності найбільш розповсюджених речовин, що використовуються для обробки гною з метою його дезодорації. Їх дослідження показали, що за комплексом показників найбільш ефективними для обробки гною є такі сполуки: персульфат амонію, хлорне вапно, формалін та негашене вапно. Зокрема, їх використання в нормі 0,5-1% від об'єму гною дозволяє вирішити ряд питань, пов'язаних із охороною навколишнього середовища – зни-

жується бактеріальне забруднення стічних вод тваринницьких ферм, зменшується забруднення атмосферного повітря і розповсюдження запаху [4,9].

**Мета досліджень** полягала у встановленні часу, необхідного для здійснення знезараження органічних тваринних відходів за визначеної кількості активної речовини при максимальному задоволенні еколого-гігієнічних показників органо-мінеральної суміші. У зв'язку з цим нами розроблено математичну модель, яка описує термічний режим її приготування.

**Матеріали і методи дослідження.** Матеріалом дослідження були органічні відходи – гній ВРХ з регульованим за варіантами дослідження каталізатором (негашене вапно) інтенсивності термохімічного процесу.

Дослідження процесу знезаражування органічних відходів проводили на зразках гною ВРХ стійлового безпідстилкового утримання. Дослід проводився у чотирикратній повторності і передбачав внесення оксиду кальцію у різних пропорціях.

Визначалась температура досліджуваних зразків на контролі (гній без оброблення СаО) і за такими варіантами знезараження:

1. Гній ВРХ (66,7%) + СаО (33,3%); (гній: вапно 1:0,5).
2. Гній ВРХ (83,3%) + СаО (16,7%); (гній: вапно 1:0,2).
3. Гній ВРХ (91,0%) + СаО (9,0%); (гній: вапно 1:0,1)
4. Гній ВРХ (95,2) + СаО (4,8); (гній:вапно 1: 0,05).

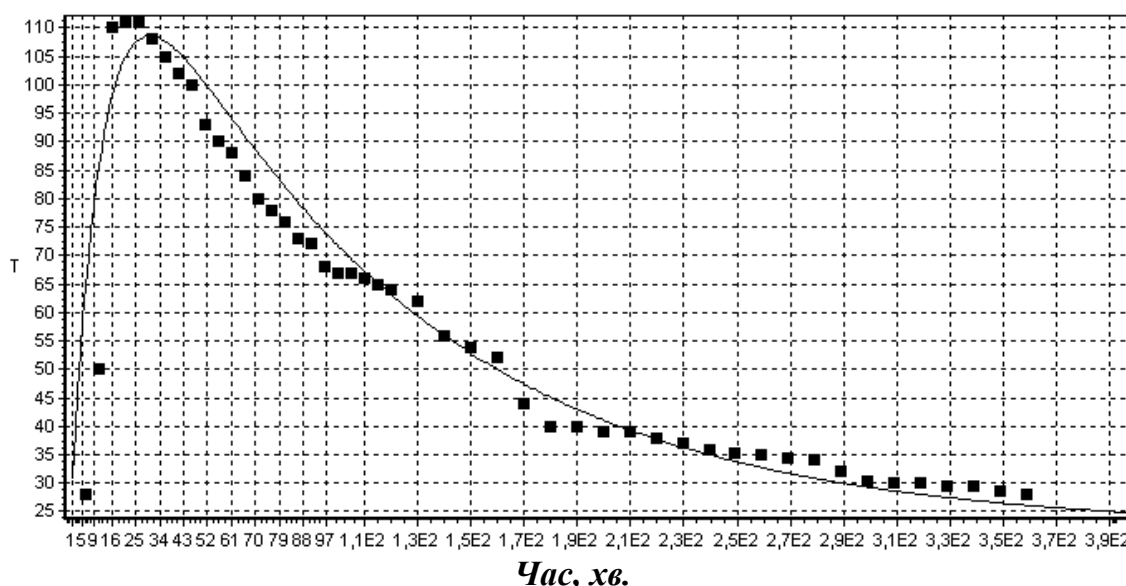
Еколого-гігієнічну ефективність процесу обеззараження визначали за тривалістю оптимальних температурних параметрів (55-75<sup>0</sup>С). Температуру фіксували на всіх варіантах дослідження з таким інтервалом часу: перші дві години температурні значення фіксували кожні 5 хвилин, наступні три години – 10 хвилин. Загальна тривалість дослідження 5 годин.

**Результати досліджень.** На основі експериментально отриманих температурних даних нами розраховано емпіричну модель термохімічного процесу знезаражування органічних відходів, за якою можливо встановити мінімальний час, протягом якого необхідно витримувати суміш (за відомої кількості активної речовини) для досягнення нею характеристик безпечних у еколого-гігієнічному відношенні.

Важливим критерієм у встановленні еколого-гігієнічного порогу безпечності органо-мінеральної суміші є температурна межа – тобто науково обґрунтований інтервал температур при яких відбувається як знезараження органічного добрива від патогенної макрофауни, так і збереження життєдіяльності корисних термотолерантних мікроорганізмів, які забезпечують агрономічну цінність субстрату [3,6]. Оскільки підвищені температури змінюють характер впливу на живі клітини ряду фізичних та хімічних факторів, то видова різноманітність живих організмів субстрату звужується. Першими зникають найбільш складні за будовою організми, зокрема гельмінти. Високі ж

температури добре переносять тільки терморезистентні бактерії [6]. Дослідженнями показано, що передумовою якісного знезараження органічних відходів тваринництва при компостуванні є розігрів орґано-мінеральної суміші до 55-75°C [4,8].

Нами встановлено, що температура контрольного варіанта не змінювалася в часі і залишалася постійною (на рівні 25°C) впродовж усієї тривалості досліду. У варіанті 1 (ґній:вапно 1:0,5) внесення негашеного вапна зумовлювало розігрів суміші за рахунок виділення значної кількості тепла під час хімічної реакції. У результаті її температура зростала з початкової (25°C) до 110°C (рис. 1). Температурний максимум було досягнуто на 16 хв. досліду, після чого температура суміші стрімко спадала. Таким чином, рецептура варіанта 1 сприяє руйнуванню як термолабільних, так і термостабільних білків, що підтверджує факт знезараження суміші – нами не виявлено яєць гельмінтів у орґано-мінеральному субстраті. Слід відмітити, що тривалість періоду з температурою вище температури денатурації білка складала 100 хвилин.

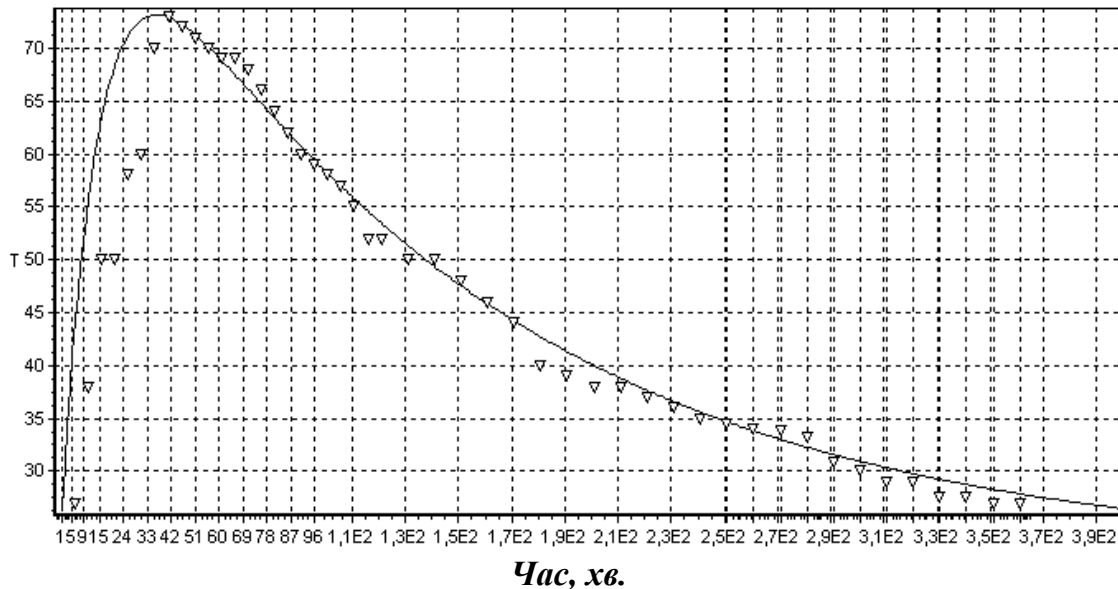


**Рисунок 1. Результати розрахунку термохімічного процесу і перевірка адекватності розробленої моделі для початкової концентрації вапна 0,5 (варіант 1)**

Однак у зв'язку з тим, що при рецептурі ґній ВРХ (66,7%) + СаО (33,3%) температура орґано-мінерального субстрату піднімається вище 100°C, то у такій суміші поряд з ефективним знезараженням повністю припиняються мікробіологічні процеси, і, відповідно, втрачається поживна цінність суміші як добрива.

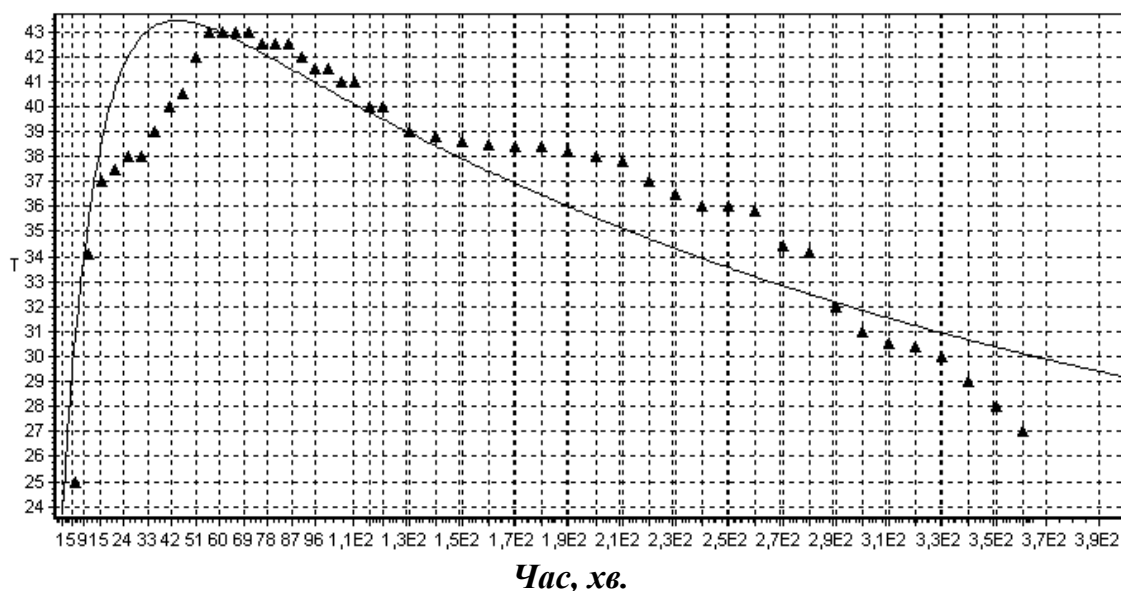
При внесенні активної речовини у співвідношенні ґній:вапно 1:0,2 (варіант 2) температурний максимум відносно першого варіанту зменшився на 32% і становив 75°C. Температура суміші досягає пікового значення на 35 хв. досліду (рис. 2). Слід відмітити, що на

варіанті 2 процес термохімічного знезаражування за температурними показниками максимально наближений до природного процесу знезаражування гною, тобто він якісно відповідає процесу біотермічного компостування. Разом із тим, природній процес знезаражування триває 3-4 місяці, а згідно з нашими дослідженнями, проведеними в лабораторних умовах, відмічаємо повне знищення яєць і личинок гельмінтів упродовж 4 годин.

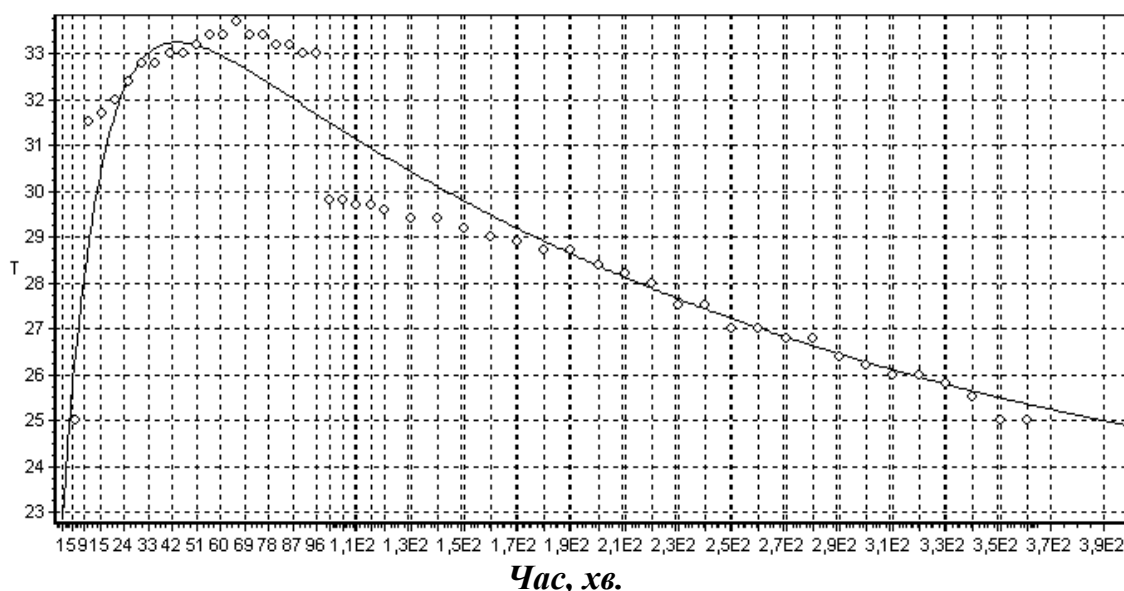


**Рисунок 2. Результати розрахунку термохімічного процесу і перевірка адекватності розробленої моделі для концентрації вапна 0,25 (варіант2)**

Якщо розглядати процес знезараження третього та четвертого варіантів суміші (рис. 3,4), де відсоток внесення активної речовини найменший і становить 9,0 і 4,8% від маси органічного добрива, то слід відзначити, що на цих варіантах інтенсивність термохімічної реакції та розігріву гною є найнижчою. В обох випадках органо-мінеральна суміш досягає температурного максимуму приблизно на 42 хвилині досліду з тією лише різницею, що на варіанті гній ВРХ (91,0%) + СаО (9,0%) температура піднімається до 44°C, а на варіанті гній ВРХ (95,2) + СаО (4,8) лише до 33°C. Як у першому так і другому випадках зазначена температура не відповідає екологічно обґрунтованій межі, а тому ефективність знезаражування за зазначених рецептур є мінімальною. Вважаємо, дане явище зумовлено низькою концентрацією у складі органо-мінерального добрива активної речовини. За рецептур гній:вапно 1:0,1 та 1:0,05 вміст негашеного вапна є недостатнім для знезаражування, тобто в результаті термохімічної реакції виділяється занизька для ефективної дегельмінтизації кількість тепла. Отже, виходячи з результатів наших досліджень, можна зробити висновок, що визначальним у регулюванні температурного режиму суміші та якості її знезаражування є кількість активної речовини.



**Рисунок 3. Результати розрахунку термохімічного процесу і перевірка адекватності розробленої моделі для концентрації ванна 0,1 (варіант 3)**



**Рисунок 4. Результати розрахунку термохімічного процесу і перевірка адекватності розробленої моделі для концентрації ванна 0,05 (варіант 4)**

Важливою умовою досягнення сумішшю характеристик безпечних у еколого-гігієнічному відношенні поряд з урахуванням кількості активної речовини є тривалість витримки органо-мінерального субстрату в оптимальних для знезараження температурних межах [5, 8]. Для встановлення такого часу нами розраховано емпіричну модель термохімічного процесу знезаражування органічних відходів.

У модельній системі мають місце такі фізичні процеси: 1) процес розігріву суміші за рахунок хімічної реакції речовин; 2) процес неперервного охолодження суміші за рахунок конвективного теплообміну з оточуючим середовищем.

У загальному вигляді модельну систему представимо у вигляді залежності (1) або системи диференціальних рівнянь (2):

$$T = T(t, c), \quad (1)$$

де  $T$  – температура суміші;

$t$  – час;

$c$  – концентрація активного реагенту (вапна).

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = k_{ct}c - k_t(T - T_0), \\ \frac{dc}{dt} = -k_c c_0, \end{cases}, \quad (2)$$

де  $T_0$  – температура навколишнього середовища;

$^{\circ}\text{C}$ ;  $c_0$  – початкова концентрація вапна, частина до маси гною;

$k_{ct}$ ,  $k_t$ ,  $k_c$  – емпіричні коефіцієнти пропорційності.

Розв'язок задачі при умові  $T(0) = T_0$ :

$$T(t) = T_0 + c_0 \frac{k_{ct}}{k_t - k_c} \exp(-k_c t) - \exp(-k_t t). \quad (3)$$

Залежність коефіцієнтів моделі від початкової концентрації вапна:

$$\begin{aligned} k_t &= 0,014 \cdot C_0 + 0,0028; \\ k_c &= 0,0188 \cdot C_0 + 0,0693. \end{aligned} \quad (4)$$

Підставивши рівняння (4) в рівняння (3) отримаємо модель термічного режиму суміші:

$$T(t) = T_0 - \frac{18,5 \cdot c_0}{0,0048 \cdot c_0 + 0,0665} \exp(-(0,0188 \cdot c_0 + 0,0693) \cdot t) - \exp(-(0,014 \cdot c_0 + 0,0028) \cdot t). \quad (5)$$

Таким чином, ми можемо встановити час, необхідний для здійснення знезараження органічних тваринних відходів за визначеної кількості активної речовини при максимальному задоволенні еколого-гігієнічних показників органо-мінеральної суміші.

#### **Висновки:**

1. За варіанта гній ВРХ (83,3%) +CaO (16,7%) процес термохімічного знезараження за температурними показниками максимально наближений до природного процесу знезараження гною, тобто він якісно відповідає процесу біотермічного компостування.

2. Визначальним у регулюванні температурного режиму суміші та якості її знезараження є кількість активної речовини.

3. Розроблено математичну модель, яка описує термічний режим приготування органо-мінерального добрива та встановлює час, необхідний для здійснення знезараження органічних тваринних відходів за визначеної кількості активної речовини.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Будак Б. М., Сборник задач по математической физике // Б. М. Будак, А. А. Самарский, А. Н. Тихонов. – М.: Наука, 1980. – 688 с.

2. Васильев В. А. Справочник по органическим удобрениям / В. А. Васильев, М. В. Филиппова. – [2-е изд., перераб. и доп]. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.
3. Жизнь растений: в 6 т. / [ред. Н. А. Красильников, А. А. Уранов] – М.: Просвещение, Т. 1. Введение. Бактерии и актиномицеты. – 1974. – 483 с.
4. Лозановская И. Н. Теория и практика использования органических удобрений / И. Н. Лозановская, Д. С. Орлов, П. Д. Попов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 96 с.
5. Мироненко М. А. Крупные животноводческие комплексы и окружающая среда (гигиенические аспекты) / М. А. Мироненко, Д. П. Микитин., Л. М. Федорова, О. П. Половцев, И. Ф. Ярмолик. – М.: Медицина, 1980. – 255с.
6. Мишустин Е. Н. Микробиология / Е. Н. Мишустин, В. Т. Емцев. – М.: Колос, 1987. – 351 с.
7. Несис Е. И. Методы математической физики / Е. И. Несис. – М.: Просвещение, 1977. – 200 с.
8. Чернова Н. М. Зоологическая характеристика компостов / Н. М. Чернова. – М.: Наука, 1966. – 155 с.
9. Фокина В. Д. Охрана окружающей среды от загрязнения отходами животноводства/ В. Д. Фокина, М.: ВНИИТЭИСХ, 1980. – 51 с.
10. Яворский Б. М. Справочник по физике / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. – М.: Наука, 1965. – 848 с.