

ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЧНА КІБЕРНЕТИКА

УДК 628.4.08

О. В. Березюк, канд. техн. наук, доц.;**С. М. Горбатюк**, канд. біол. наук;**Л. Л. Березюк****МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ САНІТАРНО-
БАКТЕРІОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ
ВІДХОДІВ ПІД ЧАС ЛІТНЬОГО КОМПОСТУВАННЯ**

Побудовано математичну модель динаміки санітарно-бактеріологічного складу твердих побутових відходів під час компостування в літній період. Досліджено динаміку санітарно-бактеріологічного складу твердих побутових відходів під час компостування в літній період.

Вступ

Річний об'єм твердих побутових відходів (ТПВ), які утворюються у вітчизняних населених пунктах, перевищує 46 млн м³ [1]. Постанова Кабінету Міністрів України № 265 [2] сформувала основу для розробки Національної стратегії поводження з ТПВ в Україні. В розвинутих країнах Європи одним із найпоширеніших способів поводження з ТПВ є компостування, яке згідно з літературними джерелами [3, 4] в таких країнах, як Данія та Нідерланди, досягає третини від загальної сукупності шляхів управління ТПВ. Компостування являє собою технологію переробки ТПВ, засновану на їхньому природному біорозкладанні. Кінцевим продуктом компостування є компост, який може знайти різне застосування в міському і сільському господарстві. В Україні компостування за допомогою компостних ям часто застосовується населенням в індивідуальних будинках або на садових ділянках. Водночас процес компостування може бути централізований і проводитися на спеціальних майданчиках. Однак результати санітарно-бактеріологічних досліджень [5] свідчать про значне забруднення ТПВ мікрофлорою, яка є збудниками гепатиту, туберкульозу, дизентерії, аскаридозу, респіраторних, алергічних, шкірних та інших хвороб, особливо влітку. Отже, забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення, яке проживає на територіях, що прилягають до місць компостування ТПВ, є однією з великих невирішених санітарно-гігієнічних і соціальних проблем. Тому побудова математичної моделі динаміки санітарно-бактеріологічного складу ТПВ під час компостування в літній період є актуальною науково-технічною задачею.

Автор [5] наводить діапазон можливих значень та середні (переважаючі) значення санітарно-бактеріологічного складу ТПВ. Автором роботи [6] виявлено умовно-патогенні та патогенні види мікроорганізмів у депонованих відходах, визначено якісний і кількісний склад мікроорганізмів, які розкладають органічні речовини, що містяться в масиві ТПВ на різних етапах його життєвого циклу. Автори [7] наводять дані щодо зміни санітарно-бактеріологічного складу ТПВ під час компостування. Однак конкретних математичних залежностей, які б описували динаміку санітарно-бактеріологічного складу ТПВ під час компостування, в результаті аналізу відомих публікацій, нами не виявлено.

Метою дослідження є побудова математичної моделі динаміки санітарно-бактеріологічного складу ТПВ під час компостування в літній період.

Основна частина

У табл. 1 показана зміна санітарно-бактеріологічного складу ТПВ під час компостування, повний цикл якого в літній період завдяки оптимальним для життєдіяльності термофільних мікроорганізмів, що беруть участь у біорозкладанні відходів, умовам (вологість, тепло, аерація) триває в середньому лише 21 добу [7]. Для зручності дані наведено у вигляді усереднених значень десятичного логарифма числа колонієутворювальних одиниць (КУО) на 1 г сухої маси досліджуваного

матеріалу (lg КУО/г).

На основі даних табл. 1 планувалось отримати парні регресійні залежності санітарно-бактеріологічного складу ТПВ під час компостування в літній період від тривалості компостування.

Вибір виду залежностей парних регресій проводився із 16 найпоширеніших математичних залежностей за критерієм максимального значення коефіцієнта кореляції. Регресії проводились за допомогою перетворень на основі лінеаризації, що дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної [8]. Для опису динаміки загального вмісту бактерій в ТПВ жодна із 16 функцій не забезпечила необхідний коефіцієнт кореляції, тому для цієї залежності проведено додатковий регресійний аналіз із використанням поліномів вищих порядків. Результати регресійного аналізу наведені в табл. 2.

Таблиця 1

Зміна санітарно-бактеріологічного складу ТПВ під час повного циклу процесу компостування в літній період [7]

Тривалість компостування, днів	Концентрації бактерій, lg КУО/г		
	всього	кишкової палички	стрептококів
0	9,62	8,32	8,94
4	7,87	6,39	7,30
6	7,26	4,95	7,74
8	7,94	3,87	7,09
12	8,37	< 2,00	6,50
14	8,42	< 2,00	4,96
21	7,44	< 2,00	4,94

Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась за методом найменших квадратів [9]. Оцінка адекватності регресійних моделей проводилась на підставі коефіцієнта кореляції.

Таким чином, за результатами регресійного аналізу на основі даних табл. 1 як найбільш адекватні остаточно прийняті такі регресійні залежності:

$$\lg C_{\text{в}} = 9,604 - 0,7388t + 0,08181t^2 - 0,002456t^3; \quad (1)$$

$$\lg C_{\text{КП}} = 8,328 - 0,537 t; \quad (2)$$

$$\lg C_{\text{СтрК}} = 8,593 - 0,1951 t, \quad (3)$$

де $C_{\text{в}}$, $C_{\text{КП}}$, $C_{\text{СтрК}}$ — концентрації бактерій всього, кишкової палички та стрептококів, відповідно, КУО/г; t — тривалість компостування, діб.

Таблиця 2

Результати регресійного аналізу санітарно-бактеріологічного складу ТПВ під час компостування в літній період

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R для парних регресій		
		$\lg C_{\text{в}} = f(t)$	$\lg C_{\text{КП}} = f(t)$	$\lg C_{\text{СтрК}} = f(t)$
1	$y = a + bx$	0,46817	0,99766	0,93676
2	$y = 1/(a + bx)$	0,43892	0,92301	0,92645
3	$y = a + b/x$	0,83602	0,74648	0,65358
4	$y = x/(a + bx)$	0,79523	0,91623	0,88562
5	$y = ab^x$	0,45395	0,98016	0,93513
6	$y = ae^{bx}$	0,45395	0,98016	0,93513
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,45395	0,98016	0,93513
8	$y = 1/(a + be^{-x})$	0,78082	0,48209	0,53164
9	$y = ax^b$	0,80976	0,61041	0,58805
10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,83598	0,74665	0,65389
11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,83590	0,74698	0,65443

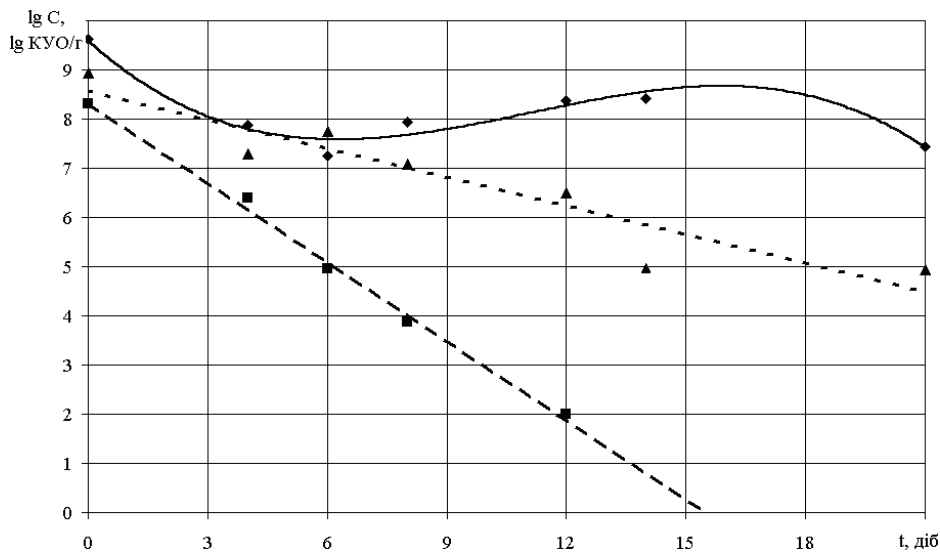
Продовження табл. 2

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R для парних регресій		
		$\lg C_b = f(t)$	$\lg C_{\text{КП}} = f(t)$	$\lg C_{\text{СтрК}} = f(t)$
12	$y = a/(b+x)$	0,43892	0,92301	0,92645
13	$y = ax/(b+x)$	0,78181	0,47312	0,52528
14	$y = ae^{b/x}$	0,80980	0,61021	0,58771
15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,80980	0,61021	0,58771
16	$y = a + bx^n$	0,35096	0,86791	0,76118
17	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$	0,97106	—	—

Коефіцієнти кореляції склали 0,97106; 0,99766; 0,93676, відповідно, що свідчить про достатньо високу точність та адекватність отриманих рівнянь (1)—(3).

На рисунку графічно показано фактичну та теоретичну динаміку санітарно-бактеріологічного складу ТПВ під час компостування в літній період. Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретична динаміка санітарно-бактеріологічного складу ТПВ під час компостування в літній період, розрахована за допомогою регресій (1)—(3), несуттєво відрізняється від фактичних даних, що свідчить про прийнятну точність отриманих залежностей.

Із рисунка видно, що зі збільшенням тривалості компостування ТПВ зменшення логарифма їхнього санітарно-бактеріологічного складу описується таким чином: для загального вмісту бактерій — за допомогою полінома 3-го порядку, а для бактерій кишкової палички та стрептококів — залежності майже лінійні.



Динаміка санітарно-бактеріологічного складу ТПВ під час повного циклу процесу компостування в літній період: фактично бактерій всього \blacklozenge , кишкової палички \blacksquare , стрептококів \blacktriangle ; теоретично бактерій всього —, кишкової палички $---$, стрептококів $- - -$

Висновки

1. Визначено регресійні залежності концентрацій бактерій: всього, кишкової палички та стрептококів в ТПВ від тривалості їхнього компостування, що можуть бути використані для математичного моделювання динаміки санітарно-бактеріологічного складу ТПВ під час компостування в літній період.

2. Встановлено, що зі збільшенням тривалості компостування ТПВ зменшення логарифма їхнього санітарно-бактеріологічного складу описується таким чином: для загального вмісту бактерій — за допомогою полінома 3-го порядку, а для бактерій кишкової палички та стрептококів — залежності майже лінійні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Портал України з поводження з твердими побутовими відходами [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.ukrwaste.com.ua>.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 4 березня 2004 року № 265 «Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами».
3. Орлова Т. А. Экологическая оценка земельных участков, занятых объектами отходов / Т. А. Орлова // Містобудування та територіальне планування. — С. 167—180.
4. Масленников А. Ю. Характеристика твердых бытовых отходов [Электронный ресурс] / А. Ю. Масленников // Отраслевой портал. Вторичное сырье. — Режим доступа : <http://www.recyclers.ru>.
5. Щербо А. П. Гигиенические вопросы обезвреживания бытовых отходов // Доклад на XXIII научной конференции «Хлопинские чтения», 16 января 1991 года. — Л. : Издание ин-та усовершенствования врачей им. С. М. Кирова, 1990. — 25 с.
6. Зомарев А. М. Санитарно-гигиенический мониторинг полигонов захоронения твердых бытовых отходов (ТБО) на этапах жизненного цикла : автореф. дис. на соискание науч. степени д-ра мед. наук / А. М. Зомарев. — Пермь : 2010. — 50 с.
7. Microbial disinfection capacity of municipal solid waste (MSW) composting / [I. Deportes, J.-L. Benoit-Guyod, D. Zmirou, M.-C. Bouvier] // Journal of Applied Microbiology. — 1998. — No. 85. — P. 238—246.
8. Дьяконов В. П. Справочник по алгоритмам и программам на языке бейсик для персональных ЭВМ : справ. / В. П. Дьяконов. — М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. — 240 с. — ISBN 5-02-014530-0.
9. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. — М. : Финансы и статистика, 2006. — 57 с.

Рекомендована кафедрою хімії та безпеки життєдіяльності

Стаття надійшла до редакції 14.05.2013
Рекомендована до друку 11.06.2013

Березюк Олег Володимирович — доцент.

Кафедра безпеки життєдіяльності, Вінницький національний технічний університет;

Горбатюк Світлана Михайлівна — доцент.

Кафедра медичної біології, Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова;

Березюк Людмила Леонідівна — викладач циклової комісії загальноосвітніх дисциплін.

Коледж економіки і права Вінницького кооперативного інституту