

УДК 628.472.3; 628.4.08

О. В. Березюк, к. т. н., доц.; С. М. Горбатюк, к. б. н., доц.; Л. Л. Березюк**ЗАЛЕЖНІСТЬ ПОШИРЕНOSTІ ХВОРОБ ВІД ВІДСТАНІ МІЖ
НАСЕЛЕНИМ ПУНКТОМ І ПОЛІГОНОМ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ
ВІДХОДІВ**

В останні роки в Україні значно зросла сумарна площа полігонів твердих побутових відходів та сміттєзвалищ, в тому числі й перевантажених, які порушують норми екологічної безпеки та є об'єктами інтенсивного екологічного навантаження. Це загрожує забрудненням навколишнього середовища шкідливими речовинами: важкими металами, мікроорганізмами (бактеріями кишкової палички, стрептококами, стафілококами та аскаридами), високотоксичним фільтратом, звалищним газом, тощо, спричиняючи захворювання людей. Визначення регресійних залежностей поширеності хвороб різних класів у дорослого населення населених пунктів, прилеглих до місця видалення твердих побутових відходів від відстані до полігона є актуальною науково-технічною задачею. Метою дослідження є визначення регресійних залежностей поширеності хвороб різних класів від відстані до полігона у дорослих жителів населених пунктів, прилеглих до місця видалення твердих побутових відходів. Під час проведення дослідження використано метод регресійного аналізу результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором кращого виду функції із шістнадцяти найпоширеніших варіантів за критерієм максимального значення коефіцієнта кореляції. Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz". Отримано адекватні регресійні степеневі залежності поширеності хвороб різних класів у дорослих жителів населених пунктів, прилеглих до місця видалення твердих побутових відходів від відстані до полігона, які використані для визначення безпечної відстані розміщення полігонів твердих побутових відходів від населених пунктів за показниками поширеності патології органів дихання та хвороб системи кровообігу. Побудовано графічні залежності поширеності хвороб різних класів у дорослих жителів населених пунктів, прилеглих до місця видалення твердих побутових відходів від відстані до полігона, які дозволяють наочно проілюструвати ці залежності та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними даними.

Ключові слова: сміттєзвалище, полігон, тверді побутові відходи, поширеність захворювань, патології органів дихання, хвороби системи кровообігу, регресійний аналіз.

Вступ

Для охорони здоров'я та безпеки навколишнього середовища тверді побутові відходи (ТПВ) становлять серйозну загрозу [1]. Щороку на території України утворюється більше ніж 54 млн. м³ ТПВ, основна частина яких захоронюється на 6107 полігонах та сміттєзвалищах площею майже 7700 га та лише частково переробляються або утилізуються на сміттєспалювальних заводах, на відміну від високорозвинутих країн, які відомі широким впровадженням сучасних технологій переробки та утилізації ТПВ [2]. Протягом 1999 - 2014 рр. в три рази збільшилась сумарна площа полігонів та сміттєзвалищ в Україні. Майже в два рази зросла площа перевантажених та більше ніж в 3,1 рази тих полігонів і сміттєзвалищ, що порушують норми екологічної безпеки, загрожуючи забрудненням навколишнього середовища шкідливими речовинами, зокрема й через забруднення ґрунтів важкими металами, які разом із фільтратом можуть потрапляти до підземних вод, що становить загрозу для безпеки життя, здоров'я і діяльності людини. Сміттєзвалища також є об'єктами інтенсивного екологічного навантаження на навколишнє середовище та можуть становити небезпеку забруднення суміжних земельних ділянок [3] мікроорганізмами (бактеріями кишкової палички, стрептококами, стафілококами та аскаридами), які є

збудниками та переносниками хвороб [4]. Полігони ТПВ є також джерелами тривалого негативного впливу на навколишнє середовище високотоксичним фільтратом [5, 6] та звалищним газом, який містить парникові гази та токсичні речовини [7].

Постановка проблеми

Відповідно Постанові Кабінету Міністрів України № 265 серед пріоритетних напрямів поведінки з ТПВ в Україні є забезпечення організації контролю за діючими та закритими полігонами ТПВ для запобігання шкідливому впливу на довкілля та здоров'я людини [8]. Тому визначення регресійних залежностей поширеності хвороб різних класів у дорослих мешканців населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ від відстані до полігона, є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Математичні моделі прогнозування об'ємів утворення ТПВ та площ полігонів і сміттєзвалищ в Україні запропоновано в статті [9]. В результаті чого встановлено, що загальна площа полігонів та сміттєзвалищ збільшується з часом приблизно за експоненціальним законом, а площа перевантажених полігонів та сміттєзвалищ зростає щорічно майже лінійно. З метою зменшення темпів зростання площ полігонів виконується технологічна операція ущільнення ТПВ під час завантаження у сміттєвоз [10, 11]. Високий коефіцієнт ущільнення ТПВ забезпечує ефективніше використання площі полігона [12, 13]. В роботі [3] виявлено ширшу номенклатуру санітарно-бактеріологічного складу ТПВ навесні (бактерії кишкової палички, стрептококи, стафілококи та аскариди) завдяки наявності стафілококів та аскарид, відсутніх у ТПВ під час літнього компостування. В роботі [14] вказано про значне забруднення важкими металами ґрунтів через захоронення ТПВ. Моделювання питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів ТПВ від забруднення важкими металами проведено в статті [15], в результаті чого запропоновано логарифмічні регресійні залежності питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів ТПВ через забруднення важкими металами від зменшення концентрацій кадмію, свинцю та цинку, які використані для побудови математичної моделі питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів від забруднення важкими металами. В роботі [16] отримано регресійну залежність активності біологічних процесів у ТПВ від ступеня їхнього ущільнення з плином часу, за допомогою якої встановлено, що найбільше активність біологічних процесів у ТПВ залежить від їхньої густини, найменше – від часу. В статті [17] удосконалено математичну модель у вигляді логарифмічної залежності концентрацій забруднювальних речовин у фільтраті полігонів ТПВ. В роботі [18] побудовано математичні моделі залежності концентрацій сапрофітних бактерій у ґрунті від відстані до полігону захоронення ТПВ, які дали змогу встановити, що з наближенням полігону суттєво знижується концентрація сапрофітних аеробних бактерій, необхідних для біохімічних реакцій розкладання органічної фракції ТПВ в місцях їхнього захоронення та самоочищення ґрунту від чужорідних органічних речовин. В роботі [19] встановлено, що негативний вплив сміттєзвалищ на довкілля суттєво впливає на умови проживання населення, включаючи показники здоров'я, а також виявлено тенденцію зростання показників захворюваності населення за класифікаціями хвороб при зменшенні відстані до сміттєзвалища. Однак конкретних математичних залежностей поширеності хвороб різних класів у дорослого населення населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ від відстані до полігона, в результаті аналізу відомих публікацій, авторами не виявлено.

Мета і завдання статті

Метою цієї статті є побудова за допомогою регресійного аналізу регресійних

залежностей поширеності хвороб різних класів у дорослих мешканців населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ від відстані до полігона, які можуть бути використані для визначення безпечної відстані розміщення полігонів ТПВ від населених пунктів за показниками поширеності хвороб різних класів.

Методи і матеріали

Для визначення регресійних залежностей поширеності хвороб різних класів у дорослих мешканців населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ від відстані до полігона використано такі методи: регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей, комп'ютерне моделювання.

Результати досліджень

У таблиці 1 показана усереднена поширеність хвороб різних класів у дорослих мешканців населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ, визначена автором роботи [19], в залежності від відстані між межею населеного пункту і полігоном твердих побутових відходів. На основі даних таблиці 1 планувалось отримати парні регресійні залежності поширеності хвороб різних класів у дорослих мешканців населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ від відстані до полігона.

Таблиця 1

Поширеність хвороб різних класів у дорослих мешканців населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ [19]

Відстань до полігону ТПВ, м	490	750	900
Поширеність патології органів дихання, вип. на 10 тис. нас.	6869	6384	1859
Поширеність хвороб системи кровообігу, вип. на 10 тис. нас.	7394	5455	4121

Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz", яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір, і детально описана в роботі [20].

Програма "RegAnaliz" дозволяє проводити регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором кращого виду функції із 16 найпоширеніших варіантів за критерієм максимального коефіцієнту кореляції зі збереженням результатів в форматі MS Excel та Вітмар.

Результати регресійного аналізу наведені в таблиці 2, де сірим кольором позначено комірку з максимальним значенням коефіцієнта кореляції *R*.

Отже, за результатами регресійного аналізу на основі даних таблиці 1, як найбільш, точні остаточно прийнято такі регресійні залежності:

$$P_{\text{под}} = 6909 - 1,786 \cdot 10^{-32} x^{12} \quad [\text{вип. на 10 тис. нас.};] \quad (1)$$

$$P_{\text{хск}} = 9596 - 0,2024x^{1,5} \quad [\text{вип. на 10 тис. нас.};] \quad (2)$$

де $P_{\text{под}}$ – поширеність патології органів дихання, вип. на 10 тис. нас; $P_{\text{хск}}$ – поширеність хвороб системи кровообігу, вип. на 10 тис. нас; x – відстань від населеного пункту до полігону ТПВ, м.

На рис. 1 показані фактичні та теоретичні графічні залежності поширеності хвороб різних класів у дорослого населення населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ від відстані до полігона.

Таблиця 2

Результати регресійного аналізу залежностей поширеності хвороб різних класів у дорослого населення населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ від відстані до полігона

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R		№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R	
		$\Pi_{под} = f(x)$	$\Pi_{хск} = f(x)$			$\Pi_{под} = f(x)$	$\Pi_{хск} = f(x)$
1	$y = a + bx$	0,83127	0,99888	9	$y = ax^b$	0,76431	0,97933
2	$y = 1 / (a + bx)$	0,79456	0,97715	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,78826	0,99272
3	$y = a + b / x$	0,74623	0,98268	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,78826	0,99272
4	$y = x / (a + bx)$	0,83914	0,98192	12	$y = a / (b + x)$	0,79456	0,97715
5	$y = ab^x$	0,80956	0,99153	13	$y = ax / (b + x)$	0,70275	0,93828
6	$y = ae^{bx}$	0,80956	0,99153	14	$y = ae^{b/x}$	0,72040	0,96396
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,80956	0,99153	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,72040	0,96396
8	$y = 1 / (a + be^{-x})$	0,74630	0,98272	16	$y = a + bx^n$	0,99990	0,99996

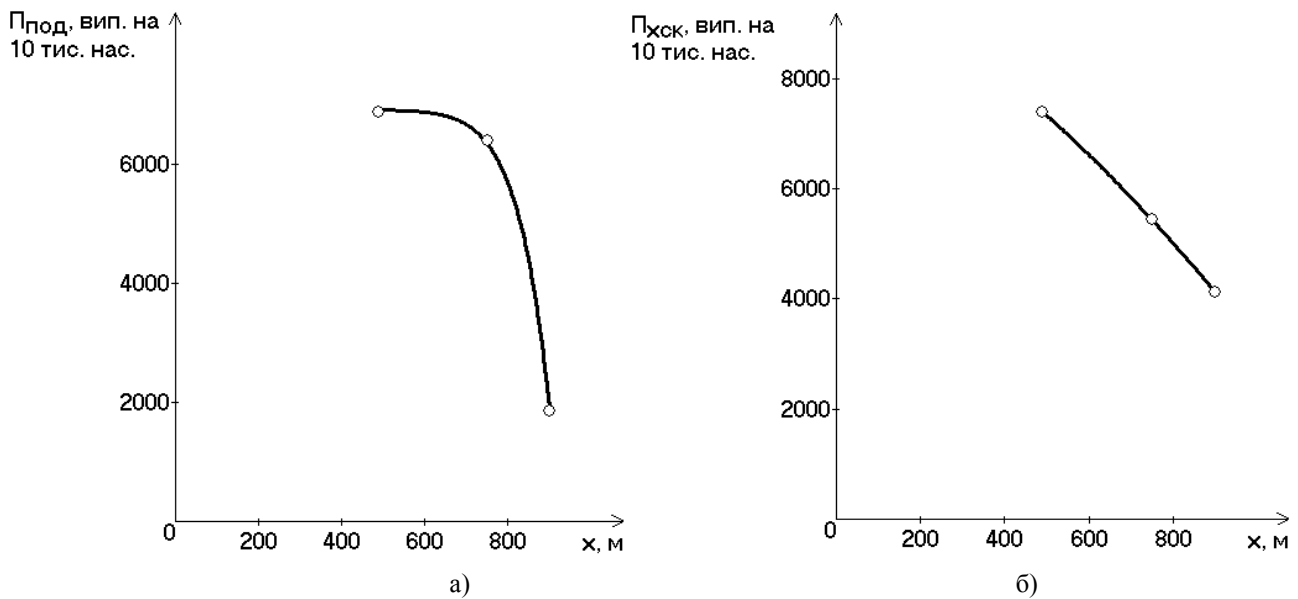


Рис. 1. Залежності поширеності хвороб різних класів у дорослих мешканців населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ від відстані до полігона: фактична о, теоретична — а) поширеність патології органів дихання, б) поширеність хвороб системи кровообігу

Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретичні поширеності хвороб різних класів у дорослих мешканців населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ від відстані до полігона, розраховані за допомогою рівнянь регресії (1, 2), несуттєво відрізняються від даних, наведених в роботі [19], що підтверджує визначену раніше достатню точність отриманих залежностей.

В 2017 році для дорослого населення (18 – 100 років) України середньостатистичні показники захворюваності склали: хвороби органів дихання – 1532,05 на 10 тис. [21], хвороби системи кровообігу – 495,74 на 10 тис. [22]. Згідно із наказом Міністерства охорони здоров'я України від 04.10.2018 року № 1802 «Про затвердження Змін до наказу МОЗ України від 10 липня 2007 року № 378», зареєстрованого у Міністерстві юстиції України 31 жовтня 2018 року за №1240/32692 – форму №12 «Звіт про захворювання, що зареєстровані у районі обстеження лікувально-профілактичного закладу» відмінено [23]. Тому статистичні дані про захворюваність та поширеність хвороб за 2018 та 2019 роки відсутні. Підставивши середньостатистичні (фонові) дані поширеності хвороб в рівняння регресії (1, 2), визначимо безпечні відстані розміщення полігонів ТПВ від меж населених пунктів за показниками поширеності патології органів дихання та хвороб системи кровообігу:

$$x_{\text{ПОД}} = \sqrt[12]{\frac{6909 - P_{\text{ПОД}}}{1,786 \cdot 10^{-32}}} = \sqrt[12]{\frac{6909 - 1532,05}{1,786 \cdot 10^{-32}}} = 905 \text{ (м);}$$

$$x_{\text{ХСК}} = \left(\frac{9596 - P_{\text{ХСК}}}{0,2024} \right)^{2/3} = \left(\frac{9596 - 495,74}{0,2024} \right)^{2/3} = 1264 \text{ (м).}$$

Висновки

Визначено регресійні степеневі залежності поширеності хвороб різних класів у дорослих мешканців населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ від відстані до полігона, які використані для визначення безпечної відстані розміщення полігонів ТПВ від населених пунктів за показниками поширеності патології органів дихання та хвороб системи кровообігу.

Побудовано графічні залежності поширеності хвороб різних класів у дорослого населення населених пунктів, прилеглих до місця видалення ТПВ від відстані до полігона, які дозволяють наглядно проілюструвати дані залежності та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Hamer G. Solid waste treatment and disposal : effects on public health and environmental safety / G. Hamer // *Biotechnology advances*. – 2003. – Vol. 22, № 1 – 2. – P. 71 – 79. – <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2003.08.007>.
2. Мороз О. В. Економічні аспекти вирішення екологічних проблем утилізації твердих побутових відходів : монографія / О. В. Мороз, А. О. Свентух, О. Т. Свентух. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 110 с.
3. Березюк О. В. Моделювання динаміки санітарно-бактеріологічного складу твердих побутових відходів під час літнього компостування / О. В. Березюк, С. М. Горбатюк, Л. Л. Березюк // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2013. – № 4. – С. 17 – 20.
4. Піскун Р. П. Функціональна морфологія головного мозку при атеросклерозі в експерименті та під впливом вінпоцетину / Р. П. Піскун, С. М. Горбатюк // *Таврический медико-биологический вестник*. – 2006. – Т. 9. – № 3. – С. 100 – 113.
5. Воронкова Т. В. Система управління образованием фильтрата полигонов ТБО / Т. В. Воронкова, С. Ю. Чудинов // *Твердые бытовые отходы*. – 2013. – № 8. – С. 36 – 40.
6. Попович В. В. Екологічна небезпека фільтрату сміттєзвалищ / В. В. Попович // *Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи»*, 4-6 листопада 2015 р. – Львів, 2015. – С. 165 – 166.
7. Ратушняк Г. С. Енергозбереження в системах біоконверсії : навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 83 с.
8. Кабінет Міністрів України. Постанова № 265 “Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами” [Електронний ресурс] 4 березня 2004. Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/265-2004-%D0%BF>.
9. Березюк О. В. Математичне моделювання прогнозування об’ємів утворення твердих побутових відходів та площ полігонів і сміттєзвалищ в Україні / О. В. Березюк // *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: Науково-технічний збірник*. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – № 2. – С. 88 – 91.
10. Berezyuk O. V. Dynamics of hydraulic drive of hanging sweeping equipment of dust-cart with extended functional possibilities / O. V. Berezyuk, V. I. Savulyak // *TEHNOMUS – New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies*. – Suceava, Romania, 2015. – № 22. – P. 345 – 351.
11. Berezyuk O. Approximated mathematical model of hydraulic drive of container upturning during loading of solid domestic wastes into a dustcart / O. Berezyuk, V. Savulyak // *Technical Sciences*. – 2017. – № 20 (3). – P. 259 - 273.
12. Савуляк В. І. Технічне забезпечення збирання, перевезення та підготовки до переробки твердих побутових відходів : монографія / В. І. Савуляк, О. В. Березюк. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 217 с.
13. Попович В. В. Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі "місто-сміттєзвалище" / В. В. Попович, О. В. Придатко, М. І. Сичевський // *Науковий вісник НЛТУ України*. – 2017. – Т. 27, № 10. – С. 111 – 116.
14. Impact Assessment of Contamination Pattern of Solid Waste Dumpsites Soil: A Comparative Study of Bauchi Metropolis / D. S. Buteh, I. Y. Chindo, E. O. Ekanem [et al.] // *World Journal of Analytical Chemistry*. – 2013. – Vol. 1, №. 4. – P. 59 – 62.

15. Березюк О. В. Моделювання питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів твердих побутових відходів від забруднення важкими металами / О. В. Березюк // Комунальне господарство міст. Серія: безпека життєдіяльності людини – освіта, наука, практика. – 2015. – № 1 (120). – С. 240 – 242.
16. Регресійна залежність активності біологічних процесів у твердих побутових відходах від ступеня їхнього ущільнення з плином часу [Електронний ресурс] / О. В. Березюк, С. М. Горбатюк, Л. Л. Березюк // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2020. – № 2. – Режим доступу до журналу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/600/562>.
17. Березюк О. В. Удосконалення математичної моделі концентрацій забруднювальних речовин у фільтраті полігонів твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 4. – С. 28 – 31.
18. Березюк О. В. Побудова моделей залежності концентрацій сапрофітних бактерій у ґрунті від відстані до полігону захоронення твердих побутових відходів / О. В. Березюк, Л. Л. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2017. – № 1. – С. 36 – 39.
19. Тетеньова І. О. Гігієнічна оцінка сучасних технологій поводження з твердими побутовими відходами в Україні : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук : спец. 14.02.01 “Гігієна та професійна патологія” / І. О. Тетеньова. – К., 2019. – 26 с.
20. Березюк О. В. Встановлення регресій параметрів захоронення відходів та потреби в ущільнювальних машинах на основі комп'ютерної програми "RegAnaliz" / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 1. – С. 40 – 45.
21. Центр медичної статистики України МОЗ України. Порівняльні дані про розповсюдженість хвороб органів дихання і медичну допомогу хворим на хвороби пульмонологічного та алергологічного профілю в Україні за 2010 – 2017 рр. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ifp.kiev.ua/doc/staff/pulmukr2017.pdf>.
22. Августинович Я. І. Сучасні особливості захворюваності дорослого населення / Я. І. Августинович // Україна. Здоров'я нації. – 2019. – № 2. – С. 13 – 20.
23. Центр медичної статистики України МОЗ України. Порівняльні дані про розповсюдженість хвороб органів дихання і медичну допомогу хворим на хвороби пульмонологічного та алергологічного профілю в Україні за 2010 – 2019 рр. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ifp.kiev.ua/doc/staff/pulmukr2019.pdf>.

Стаття надійшла до редакції 18.10.2020.

Стаття пройшла рецензування 29.10.2020.

Березюк Олег Володимирович – к. т. н., доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки.

Вінницький національний технічний університет.

Горбатюк Світлана Михайлівна – к. б. н., доцент, доцент кафедри медичної біології.

Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова.

Березюк Людмила Леонідівна – старший лаборант кафедри географії.

Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського.