

УДК 628.4.03

О. В. Березюк, д. т. н., доц.; М. С. Лемешев, к. т. н., доц.**ВПЛИВ ДОХОДІВ НАСЕЛЕННЯ НА ОБСЯГИ УТВОРЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ**

Щорічний обсяг утворення твердих побутових відходів на території України, згідно статистичних даних, перевищує 54 млн. м³, що створює серйозну загрозу екологічній безпеці. Тому визначення регресійної залежності, яка описує вплив доходів населення на обсяги утворення твердих побутових відходів в Україні є актуальною науково-технічною задачею. Метою дослідження є визначення регресійної залежності, яка описує вплив доходів населення на обсяги утворення твердих побутових відходів в Україні та може бути використана під час прогнозування таких обсягів.

Під час проведення дослідження використано метод регресійного аналізу результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором раціонального 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", яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір.

Отримано адекватну регресійну степеневу залежність, яка описує вплив доходів населення на обсяги утворення твердих побутових відходів в Україні та може бути використана під час прогнозування таких обсягів. Побудовано графічну залежність, що описує вплив доходів населення на обсяги утворення твердих побутових відходів в Україні та дозволяє наочно проілюструвати цю залежність та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними даними. Встановлено, що обсяги утворення твердих побутових відходів в Україні зростають зі збільшенням доходів населення за гіперболічною залежністю.

Ключові слова: вплив, дохід населення, обсяги утворення, тверді побутові відходи, регресійний аналіз.

Вступ

Порівняно з твердими промисловими відходами, які порівняно легко підлягають переробці [1 – 6], тверді побутові відходи (ТПВ) в Україні, в основному, в наслідок своєї неоднорідності захоронюються на полігонах та сміттєзвалищах, забруднюючи навколишнє середовище та створюючи серйозну загрозу екологічній безпеці [7 – 10]. Щорічний обсяг утворення ТПВ на території України, згідно статистичних даних, перевищує 54 млн. м³. 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 з широким впровадженням сучасних технологій переробки та утилізації ТПВ [11]. Лише за період 1999 - 2014 рр. втричі збільшилась сумарна площа полігонів та сміттєзвалищ в Україні. Майже вдвічі зросла площа перевантажених та більше ніж втричі тих полігонів і сміттєзвалищ, що не відповідають встановленим нормам екологічної безпеки, загрожуючи забрудненням навколишнього середовища (атмосфери, гідросфери та літосфери), зокрема й через хімічне забруднення ґрунтів, що викликає захворювання живих організмів [12], забруднення прилеглих земельних ділянок [9], в тому числі земель сільськогосподарського призначення.

Постановка проблеми

Постанова Кабінету Міністрів України № 265 [13] сформувала основу для розробки Національної стратегії поводження з ТПВ в Україні. Серед завдань стратегії, викладеної в законі України від 28 лютого 2019 року № 2697-VIII “Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року”, зокрема, зазначено повернення у господарський обіг ресурсоцінних матеріалів [14]. Тому визначення регресійної залежності, яка описує вплив доходів населення на обсяги утворення ТПВ в Україні і може бути використана під час прогнозування таких обсягів, є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В статті [15] створено науково-методичне забезпечення для прогнозування обсягів утворення ТПВ на території міста Житомир, виявлена залежність накопичення ТПВ від впливу основних соціальних, екологічних і економічних факторів, які забезпечили б можливість прогнозувати їхню динаміку як основу ефективних управлінських рішень в області регіональної екологічної безпеки.

Автором роботи [16] встановлено, що ефективність регулювання сфери поводження з ТПВ може значно залежати від стабільності загальної економічної та політичної ситуації в країні. Можливість прогнозування розвитку подій у країні економічними агентами та планування своєї діяльності щонайменше у короткостроковій перспективі, зниження рівня соціальної напруги також виступають важливими зовнішніми факторами стосовно забруднювачів довкілля.

В статті [17] виявлено, що суттєвими факторами, що впливають на обсяг ТПВ у межах таких туристичних дестинацій (фізичний простір, в якому відвідувач проводить не менше однієї доби) є кількість туристів та екскурсантів, курс валют, чисельність населення. У результаті проведення регресійного аналізу залежності обсягу утворених відходів від обраних факторів, було виявлено щільний зв'язок між ними, на що вказує високий коефіцієнт кореляції. Окрім того, з метою подальшого прогнозування можливого обсягу відходів в межах туристичних дестинацій, а особливо ТПВ, було побудовано відповідні лінійні економіко-математичні моделі з урахуванням визначених факторів.

Автор роботи [18] наводить статистичні дані щодо витрати на управління ТПВ для груп жителів з низькими, середніми та високими річними доходами. В статті [19] визначено регресійні залежності витрат на управління ТПВ (збирання, транспортування, захоронення, загальні витрати, витрати як відсоток від доходів) від рівня доходів населення, на основі яких розраховано витрати на управління ТПВ в Україні.

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України № 303 [20] нормативи грошового збору за розміщення відходів суттєво залежить від класу їхньої небезпеки. В роботі [21], зокрема, визначено параметри, від яких залежить збір за розміщення ТПВ, та експоненціальну регресійну залежність величини збору за їхнє розміщення від основних параметрів впливу.

Регресійну залежність, яка описує динаміку зростання обсягів утворення металобрухту в Україні визначено в статті [22].

В роботі [23] запропонована математична модель короткострокового прогнозування регіональних об'ємів утворення ТПВ. Ця математична модель побудована за допомогою функції Солоу і враховує вплив таких п'яти факторів: кількість населення, обсяг житлового фонду, оборот роздрібною торгівлі (включаючи заклади громадського харчування, де утвориться істотна частка ТПВ), обсяг виробленої промислової продукції і загальні грошові доходи населення. На нашу думку, запропонована автором математична модель є достатньо громіздкою і вимагає великої кількості даних для кожного населеного пункту області за

кожним із п'яти факторів впливу, забезпечуючи при цьому порівняно невисоку точність, не враховуючи можливих ефектів взаємодії факторів. В статті [24] побудовано математичну модель прогнозування об'ємів утворення твердих побутових відходів в Україні у вигляді квадратичної регресії із ефектом взаємодії 1-го порядку, яка враховує кількість населення та ВВП (як у фактичних, так і порівнянних цінах) України, і може бути використана для визначення потреби у нових сміттєвозах.

В роботі [25] опубліковано статистичні дані щодо доходів населення та обсягів утворення ТПВ на одну особу в різних групах регіонів України за середньорічним доходом на душу населення. Однак конкретних математичних залежностей, що описують вплив доходів населення на обсяги утворення ТПВ в Україні, в результаті аналізу відомих публікацій, авторами не виявлено.

Мета і завдання статті

Метою цієї статті є побудова за допомогою регресійного аналізу залежності, яка описує вплив доходів населення на обсяги утворення ТПВ в Україні та може бути використана під час прогнозування таких обсягів.

Методи і матеріали

Для визначення регресійної залежності, яка описує вплив доходів населення на обсяги утворення ТПВ в Україні використано такі методи: аналіз літературних джерел, регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей, комп'ютерне моделювання.

Результати досліджень

У таблиці 1 наведені статистичні дані щодо доходів населення та обсягів утворення ТПВ на одну особу в різних групах регіонів України за середньорічним доходом на душу населення [25]. На основі даних таблиці 1 планувалось отримати парну регресійну залежність, яка описує вплив доходів населення на обсяги утворення ТПВ в Україні.

Таблиця 1

Статистика доходів населення та обсягів утворення ТПВ на одну особу в Україні [25]

Групи регіонів за середньорічним доходом на душу населення, грн.	Середньорічний дохід, грн	Середньорічний обсяг ТПВ, кг
I – від 27363 до 50244	34658	99,5
II – від 50245 до 73126	65213	119,5
III – від 73127 до 96008	96007	162,6

Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів [26] за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz" [27], яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір, і детально описана в роботах [20, 28].

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

Результати регресійного аналізу наведені в таблиці 2, де сірим кольором позначено комірки з раціональним видом регресії та максимальним значенням коефіцієнта кореляції R .

Отже, за результатами регресійного аналізу на основі даних таблиці 1, як найбільш,

адекватну остаточно прийнято таку регресійну залежність

$$m_{ТПВ} = \frac{1}{0,01234 - 6,36 \cdot 10^{-5} D} \text{ [кг/особу \cdot рік]}, \quad (1)$$

де $m_{ТПВ}$ – річний обсяг утворення ТПВ на 1 особу в Україні, кг/особу·рік; D – середньорічний дохід на душу населення, тис. грн.

Таблиця 2

Результати регресійного аналізу впливу доходів населення на обсяги утворення ТПВ в Україні

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R	№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R
1	$y = a + bx$	0,97885	9	$y = ax^b$	0,95999
2	$y = 1 / (a + bx)$	0,99704	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,94059
3	$y = a + b / x$	0,89095	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,94059
4	$y = x / (a + bx)$	0,93891	12	$y = a / (b + x)$	0,99704
5	$y = ab^x$	0,98973	13	$y = ax / (b + x)$	0,94200
6	$y = ae^{bx}$	0,98973	14	$y = ae^{b/x}$	0,91761
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,98973	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,91761
8	$y = 1 / (a + be^{-x})$	0,90646	16	$y = a + bx^n$	0,99067

На рис. 1 показано фактичну та теоретичну графічну залежності, які описують вплив доходів населення на обсяги утворення ТПВ в Україні.

Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретичні обсяги утворення ТПВ в Україні, розраховані за допомогою рівняння регресії (1), несуттєво відрізняються від даних, наведених в роботі [25], що підтверджує визначену раніше достатню точність отриманої залежності.

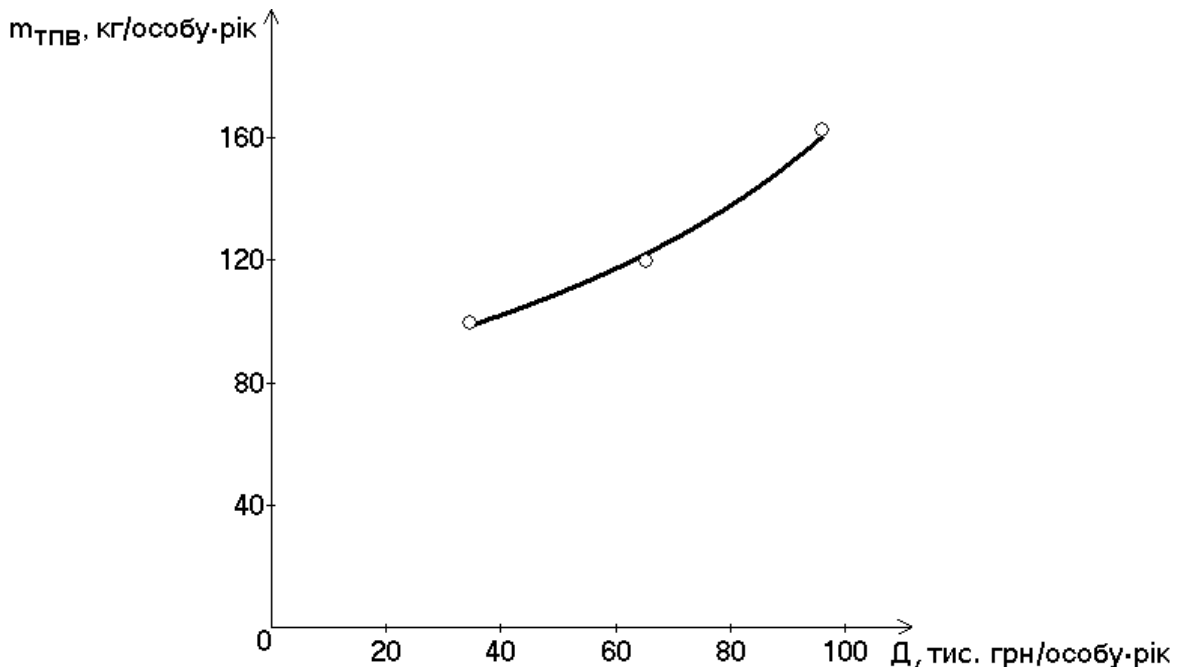


Рис. 1. Залежність, яка описує вплив доходів населення на обсяги утворення ТПВ в Україні: фактична ○, теоретична —

Висновки

1. Визначено регресійну залежність, яка описує вплив доходів населення на обсяги утворення твердих побутових відходів в Україні та може бути використана під час прогнозування таких обсягів.
2. Побудовано графічну залежність, що описує вплив доходів населення на обсяги утворення твердих побутових відходів в Україні та дозволяє наочно проілюструвати цю залежність та показати достатню збіжність теоретичних результатів з фактичними.
3. Встановлено, що обсяги утворення твердих побутових відходів в Україні зростають зі збільшенням доходів населення за гіперболічною залежністю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Очеретний В. П. Використання відходів вапняку та промислових відходів у виробництві сухих будівельних сумішей / В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, А. В. Бондар // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2009. – № 1. – С. 36 – 40.
2. Синюк О. М. Вплив тертя на об'ємну продуктивність переміщення відходів полімерного матеріалу в шнековому конвеєрі / О. М. Синюк // Проблеми трибології. – 2016. – № 2. – С. 89 – 96.
3. Ковальський В. П. Шламозолокарбонатий прес-бетон на основі відходів промисловості / В. П. Ковальський, А. В. Бондар // Тези доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції, Харків, 18-20 травня 2015 р. – Харків, НТУ «ХП», 2015. – С. 209.
4. Плотніков В. В. Перспективи утилізації промислових відходів у металургійному виробництві / В. В. Плотніков, Т. П. Ярош, О. В. Марасанова // Вісник Криворізького національного університету. – 2012. – Випуск 32. – С. 215 – 219.
5. Кочешкова І. М. Реверсивна логістика промислових відходів / І. М. Кочешкова, Н. В. Трушкіна // Вісник економічної науки України. – 2018. – № 2 (35). – С. 105 – 108.
6. Шквиря В. В. Композиційні матеріали на основі промислових відходів / В. В. Шквиря, А. Ф. Дяденчук // Science, Research, Development : monografia pokonferencyjna. – Berlin, 2021. – № 37. Technics and technology. – С. 13 – 14.
7. 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 (7). – С. 88 – 91.
8. Березюк О. В. Визначення параметрів впливу на шляхи поведінки з твердими побутовими відходами / О. В. Березюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві : Науково-технічний збірник. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2011. – № 2 (10). – С. 64 – 66.
9. 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.
10. Березюк О. В. Методика инженерных расчётов параметров навесного подметального оборудования экологической машины на основе мусоровоза / О. В. Березюк // Современные проблемы транспортного комплекса России. – Магнитогорск, 2016. – № 2. – С. 39 – 45.
11. 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.
12. 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.
13. Кабінет Міністрів України. Постанова № 265 “Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами” 4 березня 2004 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/265-2004-%D0%BF>.
14. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» // Відомості Верховної Ради України. – 2011. – № 26. – С. 218.
15. Коцюба І. Г. Прогнозування обсягів утворення твердих побутових відходів в місті Житомирі / І. Г. Коцюба, А. Ф. Щербатюк, Т. Б. Годовська // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» : зб. наук. пр. Серія : Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків: НТУ «ХП», 2016. – № 7 (1179). – С. 95 – 100.
16. Гаркушенко О. М. Регулювання утворення твердих побутових відходів та поводження з ними: необхідність або чинник політичного тиску / О. М. Гаркушенко // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Економіка. – 2014. – Вип. 2 (43). – С. 215 – 218.
17. Коробейникова Я. С. Моделювання обсягів утворення твердих побутових відходів в туристичних дестинаціях / Я. С. Коробейникова, Ю. І. Юрас // Ecological Safety and Balanced Use of Resources. – 2017. – № 1 (15). – С. 129 – 133.
18. Cointreau S. Solid Waste Collection Systems in Developing countries / S. Cointreau // Seminar on Solid Waste Primers and Lessons Learned from World Bank Projects, March 7, 2005. – The World Bank, 2005. – 90 p.
19. Березюк О. В. Визначення регресійних залежностей витрат на управління твердими побутовими відходами від рівня доходів населення / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 5. – С. 24 – 26.
20. Постанова Кабінету міністрів України від 1 березня 1999 року № 303 "Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору" [Електронний ресурс] / Наукові праці ВНТУ, 2022, № 3

Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/303-99-%D0%BF#Text>.

21. 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.

22. Динаміка зростання обсягів утворення металобрухту в Україні [Електронний ресурс] / О. В. Березюк, І. В. Віштак, М. С. Лемешев // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2021. – № 4. – Режим доступу : <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/download/640/601>.

23. Моисеева Н. М. Повышение эффективности управления процессами перевозок твердых бытовых отходов на территории области: автореф. дис... канд. техн. наук : спец. 05.22.08 «Управление процессами перевозок» / Н. М. Моисеева. – М., 2008. – 19 с.

24. 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.

25. Дзюбинська О. В. Механізм використання ресурсного потенціалу побутових відходів регіону на засадах кругової економіки : автореф. дис. ... канд. економ. наук : спец. 08.00.05 «Розвиток продуктивних сил та регіональна економіка» / О. В. Дзюбинська. – Луцьк, 2021. – 21 с.

26. Михалевич В. М. Математичні системи комп'ютерної алгебри як засіб підвищення ефективності і якості освітнього процесу з вищої математики / В. М. Михалевич, О. І. Шевчук, Н. Л. Буга // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми // Зб. наук. прац. – Київ-Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2007. – Випуск 14. – С. 357 - 360.

27. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Регресійний аналіз" ("RegAnaliz") / О. В. Березюк // Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 49486. – К.: Державна служба інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації: 03.06.2013.

28. Березюк О. В. Определение регрессии коэффициента уплотнения твердых бытовых отходов от высоты полигона на основе компьютерной программы "RegAnaliz" / О. В. Березюк // Автоматизированные технологии и производства. – 2015. – № 2 (8). – С. 43 – 45.

Стаття надійшла до редакції 19.09.2022.

Стаття пройшла рецензування 23.09.2022.

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

Лемешев Михайло Степанович – к. т. н., доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури.

Вінницький національний технічний університет.