

<https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-155-2-32-36>

УДК 628.472.3; 628.4.08

О. В. Березюк<sup>1</sup>  
М. С. Лемешев<sup>1</sup>

## ДИНАМІКА ОХОПЛЕННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТИВ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ВПРОВАДЖЕННЯМ РОЗДІЛЬНОГО ЗБИРАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

З метою зменшення темпів зростання площ земельних ділянок під захоронення твердих побутових відходів у розвинутих країнах поширено диференційоване їхнє збирання, що полягає у збиранні однорідних компонентів (папір, скло, метал, органіка тощо) у окремі контейнери. Тому визначення регресійної залежності, що описує динаміку охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ, для вирішення проблеми поводження з твердими побутовими відходами є актуальною науково-технічною задачею. В дослідженні використано метод регресійного аналізу результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей з вибором адекватнішого виду функції з шістнадцяти найпоширеніших варіантів за критерієм максимального коефіцієнту кореляції. Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівняння регресії здійснювалось методом найменших квадратів за допомогою розробленої комп'ютерної програми «RegAnaliz», яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір. Отримано адекватну регресійну залежність та побудовано графічну залежність, що описують динаміку охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання твердих побутових відходів, дозволяють наочно проілюструвати цю динаміку, показати достатню збіжність теоретичних та фактичних результатів. Встановлено, що у Вінницькій області протягом 2014—2019 років охоплення населених пунктів впровадженням роздільного збирання твердих побутових відходів зростало за степеневою залежністю. Спрогнозовано, що повне охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ припадатиме на середину 2025 року.

**Ключові слова:** динаміка, населений пункт, роздільне збирання, тверді побутові відходи, регресійний аналіз.

### Вступ

Проблему забруднення твердими побутовими та промисловими відходами навколишнього середовища розглянуто в багатьох публікаціях [1]—[10]. Тільки протягом 1999—2014 рр. в Україні майже в 2 рази зросла площа перевантажених та більше ніж в 3,1 рази тих полігонів і сміттєзвалищ, які не відповідають нормам екологічної безпеки, а тому можуть становити загрозу забруднення шкідливими речовинами (твердими [1], газоподібними [10], рідкими [11]) суміжних земельних ділянок. З метою зменшення темпів зростання площ земельних ділянок під захоронення твердих побутових відходів (ТПВ) у розвинутих країнах поширено диференційоване їхнє збирання, що полягає у збиранні однорідних компонентів ТПВ (папір, скло, метал, органіка тощо) у окремі контейнери. Тому визначення регресійної залежності, що описує динаміку охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ для вирішення проблеми поводження з твердими побутовими відходами є актуальною науково-технічною задачею.

В статті [12] проаналізовано обмежувальні чинники на розташування контейнерних майданчиків для роздільного збирання ТПВ, а також проведено геоінформаційне моделювання зон розта-

шування майданчиків, проаналізовано дотримання сучасних вимог. Етапи комплексного вирішення завдання побудови просторової структури мережі роздільного збирання ТПВ відображено у роботі [13]. В статті [14] розглянуто загальну методологію агітаційної кампанії з організації системи роздільного збирання ТПВ, рекомендовано постійний моніторинг громадської думки, активне залучання до кампанії молоді (особливо на початкових етапах) та використання Інтернет-ресурсів. В роботі [15] розглянуто основні відмінності та переваги запропонованої поверхової системи роздільного збору ТПВ, проаналізовано можливості її реалізації для різних серій будинків, підібрано типове обладнання для реалізації системи в сміттєвих камерах значної площі та запропоновано варіанти обладнання індивідуального виготовлення для прохідних сміттєвих камер чи камер з малою площею. В роботах [16], [17] наведено статистичні дані щодо поширеності диференційованого збирання ТПВ в різних країнах світу. В роботі [18] визначено фактори впливу на процентну частку диференційованого зібраних ТПВ. В статті [19] запропоновано математичну модель прогнозування поширеності диференційованого збирання ТПВ, отриману лише на основі даних для високорозвинутих країн, і яка не може бути використана для таких країн як Україна через значну похибку результату. Тому в роботі [20] удосконалено прогностичну модель поширеності диференційованого збирання ТПВ в різних країнах, яка може бути використана на ширше коло країн, зокрема й Україну. В роботі [21] наведено статистичні дані щодо охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ в 2014—2019 роках. Однак конкретних математичних залежностей, що описують динаміку охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ, в результаті аналізу відомих публікацій, авторами не виявлено.

*Метою дослідження є визначення за допомогою регресійного аналізу залежності, що описує динаміку охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ для вирішення проблеми поводження з твердими побутовими відходами.*

### Результати досліджень

В табл. 1 наведено статистичні дані щодо охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ в різні роки [21].

Таблиця 1

Статистичні дані щодо охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ [21]

Рік	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Охоплення населених пунктів впровадженням роздільного збирання ТПВ	8	9	17	43	120	161

На основі даних табл. 1 планувалось отримати математичну модель у вигляді парної регресійної залежності охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ.

Регресія проводилась на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. В дослідженні використано метод регресійного аналізу результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей з вибором адекватнішого виду функції з 16 найпоширеніших варіантів за критерієм максимального значення коефіцієнта кореляції зі збереженням результатів в форматі MS Excel та Vitar. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів за допомогою розробленої комп'ютерної програми «RegAnaliz», яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір [22] і детально описана в роботі [23].

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

Отже, за результатами регресійного аналізу на основі даних табл. 1, як найадекватнішу остаточно прийнято таку регресійну модель

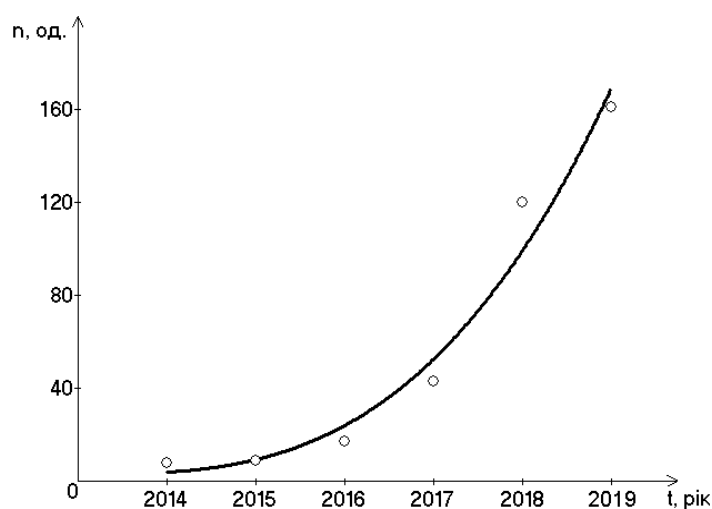
$$n = 3,091 + 0,7697(t - 2013)^3 \text{ [од.],} \quad (1)$$

де  $n$  — кількість населених пунктів Вінницької області охоплених впровадженням роздільного збирання ТПВ, од.;  $t$  — рік.

Результати регресійного аналізу динаміки охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R	№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R
1	$y = a + bx$	0,92173	9	$y = ax^b$	0,91353
2	$y = 1/(a + bx)$	0,96022	10	$y = a + b \cdot \lg x$	0,80370
3	$y = a + b/x$	0,65050	11	$y = a + b \cdot \ln x$	0,80370
4	$y = x/(a + bx)$	0,76990	12	$y = a/(b + x)$	0,96022
5	$y = ab^x$	0,97917	13	$y = ax/(b + x)$	0,89016
6	$y = ae^{bx}$	0,97917	14	$y = ae^{b/x}$	0,78985
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,97917	15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,78985
8	$y = 1/(a + b^{-x})$	0,87222	16	$y = a + bx^n$	0,98458

На рисунку показано графічну залежність, що описує динаміку охоплення населених пунктів



Залежність, що описує динаміку охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ:

○ — фактичну; — теоретичну

Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ, побудовану за допомогою рівняння регресії (1), що підтверджує визначену раніше достатню збіжність отриманої теоретичної залежності порівняно з даними, наведеними в роботі [21].

Аналіз цієї графічної залежності показав, що у Вінницькій області протягом 2014—2019 рр. охоплення населених пунктів впровадженням роздільного збирання ТПВ зростало за степеневим залежністю.

Використовуючи залежність (1) і загальну кількість населених пунктів у Вінницькій області — 1504, можна спрогнозувати, що повне охоплення населених пунктів області впровадженням роздільного збирання ТПВ припадатиме на середину 2025 року.

### Висновки

1. Визначено регресійну залежність, що описує динаміку охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ та дозволяє прогнозувати кількість населених пунктів, охоплених впровадженням роздільного збирання ТПВ. Це необхідно для вирішення проблеми поводження з твердими побутовими відходами.

2. Побудовано графічну залежність, яка описує динаміку охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ та дозволяє наглядно проілюструвати цю динаміку, показати достатню збіжність теоретичних та фактичних результатів.

3. Встановлено, що у Вінницькій області протягом 2014—2019 рр. охоплення населених пунктів впровадженням роздільного збирання ТПВ зростало за степеневим залежністю.

4. Спрогнозовано, що повне охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання ТПВ припадатиме на середину 2025 року.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] В. И. Колесников, К. Ш. Казеев, и В. Ф. Вальков, «Влияние загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства чернозема обыкновенного», *Экология*, № 3, с. 193-201, 2000.

[2] В. П. Ковальський, і А. В. Бондарь, «Шламосолокарбонатий прес-бетон на основі відходів промисловості», на XXIV Міжнар. наук.-практ. конф. *Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я*. Харків, 2015, с. 209.

- [3] В. П. Ковальський, і О. С. Сідлак, «Використання золи виносу ТЕС у будівельних матеріалах», *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві*, № 1 (16), с. 35-40, 2014.
- [4] O. Berezyuk, and V. Savulyak, «Approximated mathematical model of hydraulic drive of container upturning during loading of solid domestic wastes into a dustcart,» *Technical Sciences*, no. 20 (3), pp. 259-273, 2017.
- [5] В. В. Попович, О. В. Придатко, М. І. Сичевський, Н. П. Попович, і М. А. Панасюк, «Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі "місто-сміттєзвалище",» *Науковий вісник НЛТУ України*, т. 27, № 10, с. 111-116, 2017.
- [6] O. V. Bereziuk, M. S. Lemeshev, V. V. Bohachuk, and M. Duk, «Means for measuring relative humidity of municipal solid wastes based on the microcontroller Arduino UNO R3,» *Proc. SPIE, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2018*, vol. 10808, no. 108083G, 2018. <https://doi.org/10.1117/12.2501557>.
- [7] В. І. Савуляк, і О. В. Березюк, *Технічне забезпечення збирання, перевезення та підготовки до переробки твердих побутових відходів*, моногр. Вінниця: ВНТУ, 2006, 217 с.
- [8] O. Bereziuk, M. Lemeshev, V. Bogachuk, W. Wójcik, K. Nurseitova, and A. Bugubayeva, «Ultrasonic microcontroller device for distance measuring between dustcart and container of municipal solid wastes,» *Przegląd Elektrotechniczny*, no. 4, pp. 146-150, 2019. <http://dx.doi.org/10.15199/48.2019.04.26>.
- [9] М. С. Лемешев, «В'язучі з використанням промислових відходів Вінниччини», на *XXIV Міжнар. наук.-практ. конф. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я*, Харків, 2016, с. 381.
- [10] О. В. Березюк, «Моделювання ефективності видобування звалищного газу для розробки обладнання та стратегії поводження з твердими побутовими відходами,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 6, с. 21-24, 2013.
- [11] В. Р. Сердюк, і О. В. Христюк, «Використання Бетелу-М для іммобілізації рідких радіоактивних відходів,» *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, № 1 (5), с. 50-54, 2008.
- [12] І. В. Корнієнко, і А. І. Кошма, «Моделювання обмежень розташування контейнерних майданчиків роздільного збору твердих побутових відходів,» *Технічні науки та технології*, № 2 (2), с. 136-140, 2015.
- [13] І. В. Корнієнко, і А. І. Кошма, «Декомпозиція задачі формування просторової структури мережі збору побутових відходів,» *Технічні науки та технології*, № 1 (1), с. 113-117, 2015.
- [14] В. Сеньків, і Л. Слободян, «Особливості агітаційної роботи з організації роздільного збору твердих побутових відходів,» *Актуальні питання гуманітарних наук*, № 8, с. 409-412, 2014.
- [15] Я. В. Радовенчик, В. В. Гончар, і В. М. Радовенчик, «Поверхова система роздільного збирання твердих побутових відходів,» *Вісник Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут. Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*, № 1, с. 73-77, 2017.
- [16] О. А. Карлова, *Організація виробництва на підприємствах міського господарства*, навч. посіб., Харків: ХНАМГ, 2006, 385 с.
- [17] Мінрегіон (2016, Січн. 1). *Впровадження роздільного збирання твердих побутових відходів (ТПВ) станом на 01.01.2016*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/05/Ukrayina\\_Rozdilniy-zbir-tpv-po-oblastyah\\_stanom-na-01.01.2016\\_Luganska.xlsx](http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/05/Ukrayina_Rozdilniy-zbir-tpv-po-oblastyah_stanom-na-01.01.2016_Luganska.xlsx).
- [18] О. В. Березюк, і М. О. Олексин, «Фактори впливу на процентну частку диференційовано зібраних твердих побутових відходів,» на *XL регіон. наук.-техн. конф. проф.-викл. складу, співроб. та студ. ВНТУ*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2011/inmt/txt/oleksyn.pdf>.
- [19] О. В. Березюк, «Визначення параметрів впливу на частку диференційовано зібраних твердих побутових відходів,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 5, с. 154-156, 2011.
- [20] О. В. Березюк, «Усовершенствование прогностической модели распространенности дифференцированного сбора твердых бытовых отходов,» на *XVI Междунар. науч.-практ. конф. Стратегические направления развития АПК стран СНГ*, Барнаул, 2017, т. 1. с. 193-195.
- [21] Вінницька обласна державна адміністрація (2018, Берез. 15). *Регіональний план управління відходами Вінницької області на період до 2030 року*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.vin.gov.ua/images/UPRTER/oholoshennia/20200715\\_2.pdf](http://www.vin.gov.ua/images/UPRTER/oholoshennia/20200715_2.pdf).
- [22] О. В. Березюк, «Комп'ютерна програма "Регресійний аналіз" ("RegAnaliz"),» *Свідомство про реєстрацію авторського права на твір № 49486*, Київ: Державна служба інтелектуальної власності України, дата реєстрації: 03.06.2013.
- [23] О. В. Березюк, «Определение регрессии коэффициента уплотнения твердых бытовых отходов от высоты полигона на основе компьютерной программы "RegAnaliz",» *Автоматизированные технологии и производства*, № 2 (8), с. 43-45, 2015.

Рекомендована кафедрою будівництва, міського господарства та архітектури ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 05.03.2021

**Березюк Олег Володимирович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, e-mail: berezyukoleg@i.ua ;

**Лемешев Михайло Степанович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

O. V. Bereziuk<sup>1</sup>  
M. S. Lemeshev<sup>1</sup>

## Dynamics of Settlements Coverage of Vinnytsia Region by Introduction of Separate Collection of Municipal Solid Waste

<sup>1</sup>Vinnytsia National Technical University

*In order to reduce the growth rate of land for municipal solid waste disposal in developed countries, differentiated collection is widespread, which consists in collecting homogeneous components (paper, glass, metal, organic, etc.) in separate containers. Therefore, the definition of regression dependence, which describes the dynamics of coverage of settlements of Vinnytsia region by the introduction of separate collection of municipal solid waste to solve the problem of municipal solid waste disposal is an urgent scientific and technical task. The aim of the study is to determine the dependence using regression analysis, which describes the dynamics of coverage of settlements of Vinnytsia region by introducing separate collection of municipal solid waste to solve the problem of municipal solid waste disposal. The method of regression analysis of the results of one-factor experiments and other pair dependences with the choice of the best type of function from the 16 most common variants by the criterion of the maximum correlation coefficient was used during the research. Regression was performed on the basis of linearizing transformations, which allow to reduce the nonlinear dependence to the linear one. The coefficients of the regression equation were determined by the method of least squares with the help of the developed computer program "RegAnaliz", which is protected by the copyright registration certificate for the work. Adequate regression dependence was obtained, which describes the dynamics of coverage of settlements of Vinnytsia region by introduction of separate collection of municipal solid waste. A graphical dependence is constructed, which describes the dynamics of coverage of settlements of Vinnytsia region by introducing separate collection of municipal solid waste and allows to illustrate this dynamics, to show sufficient convergence of theoretical and actual results. It is established that in Vinnytsia region during 2014—2019 the coverage of settlements through the introduction of separate collection of municipal solid waste increased by the degree of dependence. It is predicted that the full coverage of the settlements of Vinnytsia region by the introduction of separate collection of municipal solid waste will occur in mid-2025.*

**Keywords:** dynamics, settlement, separate collection, municipal solid waste, regression analysis.

**Bereziuk Oleh V.** — Cand. Sc. (Eng.), Associated Professor, Associated Professor of the Chair of Security of Life and Pedagogy of Security, e-mail: berezyukoleg@i.ua ;

**Lemeshev Mykhailo S.** — Cand. Sc. (Eng.), Associated Professor, Associated Professor of the Chair of Construction, Urban Economy and Architecture

O. V. Березюк<sup>1</sup>  
M. C. Лемешев<sup>1</sup>

## Динамика охвата населенных пунктов Винницкой области внедрением раздельного сбора твердых бытовых отходов

<sup>1</sup>Винницкий национальный технический университет

*С целью уменьшения темпов роста площадей земельных участков под захоронение твердых бытовых отходов в развитых странах распространен дифференцированный их сбор, заключающийся в сборе однородных компонентов (бумага, стекло, металл, органика и т.п.) в отдельные контейнеры. Поэтому определение регрессионной зависимости, описывающей динамику охвата населенных пунктов Винницкой области внедрением раздельного сбора твердых бытовых отходов для решения проблемы обращения с ТПО является актуальной научно-технической задачей. Целью исследования является определение с помощью регрессионного анализа зависимости, описывающей динамику охвата населенных пунктов Винницкой области внедрением раздельного сбора ТПО для решения проблемы обращения с твердыми бытовыми отходами. В исследовании использован метод регрессионного анализа результатов однофакторных экспериментов и других парных зависимостей с выбором лучшего вида функции из 16 наиболее распространенных вариантов по критерию максимального коэффициента корреляции. Регрессия проводилась на основе линеаризирующих преобразований, позволяющих свести нелинейную зависимость к линейной. Определение коэффициентов уравнения регрессии осуществлялось методом наименьших квадратов с помощью разработанной компьютерной программы "RegAnaliz", защищенной свидетельством о регистрации авторского права на произведение. Получена адекватная регрессионная зависимость и построена графическая зависимость, описывающие динамику охвата населенных пунктов Винницкой области внедрением раздельного сбора твердых бытовых отходов и позволяющая наглядно проиллюстрировать эту динамику, показать достаточную сходимость теоретических и фактических результатов. Установлено, что в Винницкой области на протяжении 2014—2019 годов охват населенных пунктов внедрением раздельного сбора твердых бытовых отходов возрастал по степенной зависимости. Спрогнозировано, что полный охват населенных пунктов Винницкой области внедрением раздельного сбора твердых бытовых отходов осуществится в середине 2025 года.*

**Ключевые слова:** динамика, населенный пункт, раздельный сбор, твердые бытовые отходы, регрессионный анализ.

**Березюк Олег Владимирович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и педагогики безопасности, e-mail: berezyukoleg@i.ua ;

**Лемешев Михаил Степанович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры