

Хара Марина Володимирівна – кандидат технічних наук, Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», доцент кафедри «Транспортні технології промислових підприємств», вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, Україна, 87500; e-mail: marina-khara@yandex.ru.

Український Євген Олександрович – асистент, кафедра Автомобільний транспорт, Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, Україна, 87500; e-mail: e.a.ukrainskyi@gmail.com.

Лямзин Андрей Александрович – кандидат технических наук, Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», доцент кафедры «Технологии международных перевозок и логистика», ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, Украина, 87500; e-mail: alyamzin@yandex.ua.

Хара Марина Владимировна – кандидат технических наук, Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», доцент кафедры «Транспортные технологии промышленных предприятий», ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, Украина, 87500; e-mail: marina-khara@yandex.ru.

Украинский Евгений Александрович – ассистент, Кафедра Автомобильный транспорт, Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, Украина, 87500; e-mail: e.a.ukrainskyi@gmail.com.

Lyamzin Andrei Alexandrovich – candidate of Technical Sciences, State Higher Educational Institution "Azov State Technical University," Associate Professor of the Department "Technology of international transport and logistics", Str. University, 7, Mariupol, Ukraine, 87500; e-mail: alyamzin@yandex.ua.

Hara Marina Vladimirovna – candidate of Technical Sciences, State Higher Educational Institution "Azov State Technical University," Associate Professor of "Transport technology industry", Str. University, 7, Mariupol, Ukraine, 87500; e-mail: marina-khara@yandex.ru.

Ukrainian Evgeny Alexandrovich – assistant, Department of Road Transport, State Higher Educational Institution "Azov State Technical University," Associate Professor of "Transport technology industry", Str. University, 7, Mariupol, Ukraine, 87500; e-mail: e.a.ukrainskyi@gmail.com.

УДК 628.477

І. Г. КОЦЮБА, А. Ф. ЩЕРБАТЮК, Т. Б. ГОДОВСЬКА

ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ УТВОРЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В МІСТІ ЖИТОМИРІ

Опановували практичний досвід поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) в Україні і розвинених країнах світу. Вивчили теоретико-методологічні підходи щодо проведення аналізу процесів утворення ТПВ з врахуванням екологічних, соціальних і економічних факторів. Створено науково-методичне забезпечення для прогнозування обсягів утворення ТПВ на території міста. Виявлена залежність накопичення твердих побутових відходів від впливу основних соціальних, екологічних і економічних факторів, які забезпечили б можливість прогнозувати їх динаміку в якості основи ефективних управлінських рішень в області регіональної екологічної безпеки.

Ключові слова: обсягів накопичення, тверді побутові відходи, прогнозування, екологічна безпека, дохід, житловий фонд

Овладевали практическим опытом обращения с твердыми бытовыми отходами (ТБО) в Украине и развитых странах мира. Изучили теоретико-методологические подходы по проведению анализа процессов образования ТБО с учетом экологических, социальных и экономических факторов. Создан научно-методическое обеспечение для прогнозирования объемов образования ТБО на территории города. Вывявлена зависимость накопления твердых бытовых отходов от влияния основных социальных, экологических и экономических факторов, которые обеспечили бы возможность прогнозировать их динамику в качестве основы эффективных управленческих решений в области региональной экологической безопасности.

Ключевые слова: объемов накопления, твердые бытовые отходы, прогнозирования, экологическая безопасность, доход, жилой фонд

The article discussed the issues related to the prediction of the volume of waste accumulation, practical experience of solid waste (MSW) in Ukraine and the developed world. The aim of this work is to improve process flowsheets collection and transportation of solid waste, which will significantly reduce the anthropogenic and environmental impact in the region.

Studied theoretical and methodological approaches to the analysis of processes of solid waste, taking into account environmental, social and economic factors. A scientific and methodological support for forecasting volumes of solid waste in the city.

As revealed scientific novelty dependent accumulation of solid waste from the effects of major social, environmental and economic factors that would ensure it possible to predict their dynamics as the basis for effective administrative decisions in the field of regional ecological security.

Keywords: volume accumulation, municipal solid waste, forecasting, environmental security, income, housing

Вступ. На сьогодні однією із основних причин екологічно небезпечної ситуації в ряді регіонів України є недосконалість системи збирання й транспортування твердих побутових відходів (ТПВ), яка потребує вдосконалення та постійної адаптації до зростання кількості та різноманітності побутових відходів внаслідок збільшення чисельності міського населен-

ня, підвищення добробуту, зміни обсягу житлового фонду, роздрібною торгівлі та виробництва [1].

Разом з тим, вибір оптимальної технології переробки ТПВ – найбільш відповідальний етап при проектуванні системи санітарної очистки міста від відходів [2]. Для цього необхідно враховувати дані про особливості клімату в місті, перспективи забудови,

© І. Г. Коцюба, А. Ф. Щербатюк, Т. Б. Годовська, 2016

вдосконалення інфраструктури, зміну чисельності населення, обсяг та морфологічний склад ТПВ та їх фізико-хімічні показники, заплановані об'єкти з переробки ТПВ та гідрогеологічні характеристики, концентрації шкідливих речовин в атмосфері тощо.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Зростання населення, індустріалізація, урбанізація й економічне процвітання промисловорозвинених країн і країн, що розвиваються, призводять до збільшення ТПВ. До того ж, чим складнішою стає хімічна природа відходів, тим більшу небезпеку вони несуть для людей і навколишнього природного середовища. Управління поводженням з ТПВ вивчали автори робіт [3, 4].

Практичний досвід авторів робіт [5, 6] засвідчив: якщо під час складування на полігонах та звалищах морфологічний склад ТПВ суттєво не впливає (або майже не впливає) на технологію робіт і технічні показники, то в процесі промислової переробки він набуває важливого значення. Основними показниками стають морфологічний склад, вологість ТПВ та співвідношення органічних і неорганічних речовин. Зрозуміло, що з кожним роком змінюється морфологічний склад ТПВ. У сучасний період збільшується кількість полімерів (ПЕТФ, картону) і значно зменшалася кількість харчових відходів. У зв'язку з цим постає питання про необхідність роздільного збирання окремих компонентів ТПВ як населенням, так і торговельними, промисловими та іншими підприємствами; матеріальне заохочення підприємств і фізичних осіб забезпечить збирання залишків тари й упаковок, паперових і харчових відходів, а також скла та ПЕТФ.

Ціль та задачі дослідження. Метою даної роботи є удосконалення процесів технологічних схем збирання та транспортування твердих побутових відходів, що дозволить суттєво зменшити антропогенне та техногенне навантаження на довкілля регіону.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувалися такі завдання:

1. Провести аналіз основних проблем ефективно збирання та безпечного транспортування твердих побутових відходів.

2. Визначити залежності обсягів накопичення ТПВ залежно від впливу екологічних, соціально-економічних чинників та спрогнозувати обсяги утворення твердих побутових відходів на території міста.

Матеріали та методи дослідження. З традиційних загальнонаукових методів застосовувалися: аналіз і синтез (дослідження властивостей і факторів впливу обсяг накопичення ТПВ); порівняння та аналогія; узагальнення та абстрагування; математичне програмування, теорія графів і теорія множин (розробка системи збирання та транспортування ТПВ); управління проектами (планування і здійснення проекту транспортування ТПВ); моделювання і прогнозування (перевірка розроблених концепцій і верифікація запропонованих моделей). Також для вирішення поставлених завдань у дослідженні використовувалися методи математичного моделювання (математична статистика). Формування баз даних накопичення та транспортування ТПВ здійснювалося у середовищах Mathcad 7.0, Microsoft Excel, Borland C++, а при прогнозі і моделюванні системи транспортування ТПВ використовувалися географічні інформаційні системи у середовищі MapInfo.

Результати дослідження залежностей обсягів накопичення ТПВ від різних факторів. Місто Житомир – населений обласний пункт, який можна розглядати як об'єкт, що накопичує ТПВ. Тому, можемо розробити модель на основі виробничих функцій для визначення обсягів ТПВ. Мета побудови функції полягає в прогнозуванні обсягу накопичення ТПВ в регіональній еколого-економічній системі.

Історично в місті сформувалися райони розселення: Центральний, Мальованка-Корбутівка, Богунія, Хмельники, Соколова гора, Крошня, Смоківка-Мар'янівка, Східний, які дуже різняться характером та капітальністю забудови. Сучасний Житомир – місто з територією в 60,1 м². За адміністративно-територіальним устроєм, воно має обласне значення й поділяється на 2 райони: Богунський і Корольовський. Кількість наявного населення м. Житомира становить приблизно 267 тис. осіб і останнім часом має тенденцію до зменшення (табл. 1).

Таблиця 1 – Основні показники соціально-економічного розвитку м. Житомира за 2009–2014 роки

Чинники	2009 р.	2010 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.
Чисельність населення, тис. чол.	271,9	271,7	271,8	271,9	271,3	270,9
Житловий фонд міста, тис. м ²	5399	5403	5386	5387	5393	5372
Промислове виробництво, млн грн	3117,5	3495,4	4119,5	6621,8	6943,4	8008,9
Роздрібна торгівля, млн грн	1977,1	2485,6	3445	3698,5	4047,1	4731,2
Доходи, млн грн	8972,8	9632,8	11034,5	13055	13473,5	14407
Відходи міста, м ³	459172,2	486983,2	452689,2	469610,6	502268,6	527884,5

Для міста характерно нерівномірність розселення мешканців щодо основних масивів робочих місць. Колишні промислові зони, сформовані здебільшого в 1950–1980 роках, розташовані у двох районах: східному і північному. Останнім часом відбувається становлення нових форм власності й суспільних відносин, переосмислюються методи забудови міста. Замість промислових гігантів, створюються невеликі ефективні приватні, спільні підприємства та виробництва. Ростуть нові житлові масиви на околицях міста,

і постає нагальне питання про коригування міської межі, яка враховувала б його фактичний стан.

Усі відходи м. Житомира без попереднього сортування вивозять на міський полігон. Зараз жодними міськими, державними чи громадськими інспекціями не визначено, який точний об'єм відходів накопичено на міському звалищі. У наш час полігон перевантажений на 95 % від проектної потужності [7]. Зважаючи на те, що полігон не має можливості розширюватися він збільшується у висоту. Через відсутність загорожі

легкі фракції відходів розносяться вітром, що засмічує територію поблизу звалища.

Накопичення ТПВ у Житомирській області і в усій Україні загалом характеризується тим, що в найбільш густо населених і промислово розвинутих регіонах з високим відсотком міського населення обсяги відходів, що накопичуються, значно вищі, ніж у сільськогосподарських. Тому переважна більшість зазначених відходів припадає на великі міста. Відповідно до норм утворення твердих побутових відходів, від кожного мешканця міста Житомира в середньому накопичується в рік $1,8 \text{ м}^3$ твердих побутових відходів [1, 7]. Аналіз процесу накопичення ТПВ у місті Житомирі дозволив виявити залежність їхньої структури і об'ємів від основних чинників. Під контроль узято ті чинники, які істотно впливали на вихід досліджуваного об'єкта, якщо кількість була великою, вдавалися до відсіювання менш істотних чинників. При дослідженні врахували, якщо виключити з обліку хоча б один чинник, то це негативно позначиться на результатах дослідження. Отже, на об'єм утворення ТПВ у місті впливають такі фактори як кліматичні умови, рівень життя населення тощо, кількість яких обмежимо найбільш вагомими [8].

Оскільки місто Житомир – обласний населений пункт, його можна розглядати як об'єкт, який

утворює ТПВ (за аналогією до підприємства, яке виготовляє продукцію). Це дає можливість розробити математичну модель на основі функції найменших квадратів для визначення об'ємів накопичення ТПВ. Мета побудови функції полягає в прогнозуванні обсягу накопичення ТПВ в регіональній еколого-економічній системі [9].

Насамперед урахувували чисельність населення (n_c , тис. чол.). Установили пряму залежність (табл. 1): чим більше жителів населеного пункту, тим більш обсяг ТПВ. Крім того, вплив чисельності жителів на питомих обсяг ТПВ через відмінності рівня споживання. Кількість житлового фонду (f_g , тис. м^2) як показник розвиненості населеного пункту, також є чинником впливу [10]. Підтвердженням цього є вимоги нормативних документів, що регламентують оплату населенням послуг з вивезення ТПВ не за кількістю тих, хто проживає у квартирі, а за її метражем. Одним з важливих чинників виступив оборот роздрібною торгівлі, включаючи громадське харчування, де утворюється істотна частка ТПВ (t_p , млн грн).

Фактори, що характеризують розвиток суспільства й добробут населення, – обсяг виробленої промислової продукції (v_p , млн грн) та грошові доходи населення (z_p , млн грн).

Таблиця 2 – Фактичні дані для побудови виробничої функції м. Житомира

Фактор	Роки					
	Фактичні					
	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.
n_c , тис. чол.	271,8	271,9	271,3	270,9	269,9	267,6
f_g , тис. м^2	5386	5387	5393	5372	5389	5398
t_p , млн грн	3445	3698,5	4047,1	4731,2	5348,6	5938
v_p , млн грн	4119,5	6621,8	6943,4	8008,9	10845,1	11693
z_p , млн грн	11034,5	13055	13473,5	14407	18034	19521
$q_{\text{мнв}}$, м^3	452689,2	469610,6	502268,6	527884,5	551550,6	576806,7

На основі даних (табл. 1, 2) середньорічної чисельності населення міста в цілому й адміністративно-територіальних одиниць зокрема були отримані апроксимуючі поліноміальні залежності.

Як приклад розглянуто місто в цілому (рис. 1). Аргументом для цього й наступних графіків, а також залежностей використано різницю $u = Z - 2012$, де Z – рік. Так, наприклад, значенню $u = -2$ відповідає

$$u = 2010, \text{ а значенню } u = 2 \text{ відповідає } Z = 2014.$$

Тобто, за нуль прийнято розрахунковий 2012 рік. Це дозволило зменшити величини коефіцієнтів у формулах. Статистичні дані по місту в цілому можуть бути апроксимовані (коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,95$) поліноміальною залежністю:

$$n_c = -0,1548x^2 + 622,41x - 625522 \quad (1)$$

З графіка (рис. 1) і залежності рівняння (1) видно, що кількість населення міста сильно зменшується, що вказує на несприятливу демографічну ситуацію. Використовуючи отриману апроксимуючу залежність, може визначити прогнозні значення середньорічної чисельності населення міста.

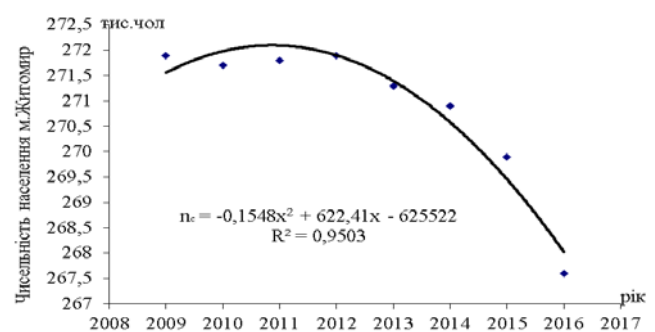


Рис. 1 – Середньорічна чисельність населення м. Житомира

На основі даних (табл. 1, 2) об'єму житлового фонду міста отримано залежність (рис. 2). Одержані статистичні дані можна апроксимувати ($R^2 = 0,58$):

$$f_g = 0,3611x^3 - 2179x^2 + 4E+06x - 3E+09 \quad (2)$$

Використовуючи отримані апроксимуючі залежності, може визначити прогнозні значення об'єму житлового фонду, на підставі яких можна зробити висновки, що об'єм житлового фонду, незважаючи на зменшення чисельності населення, збільшується.

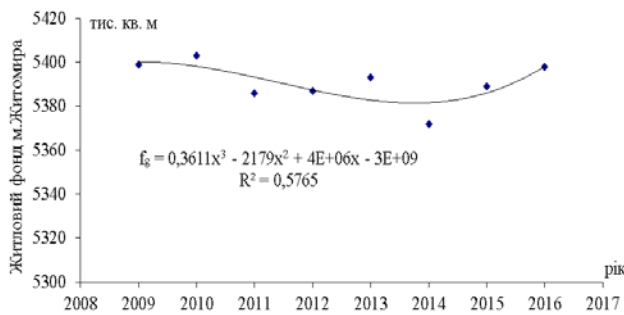


Рис. 2 – Об'єм житлового фонду м. Житомира

На основі даних (табл. 1, 2) об'єму роздрібної торгівлі міста, включаючи громадське харчування, отримано рівняння (3), на основі якого побудовані графіки (рис. 3) й отримана апроксимуюча залежність для м. Житомира ($R^2 = 0,99$):

$$t_r = -0,0994x^2 + 550,68x + 3684,1 \quad (3)$$

Така апроксимуюча залежність дозволяє отримати такі прогнозні значення об'ємів роздрібної торгівлі, включаючи громадське харчування. Тому самим можна зробити висновок, що об'єм роздрібної торгівлі, включаючи громадське харчування, зростає.

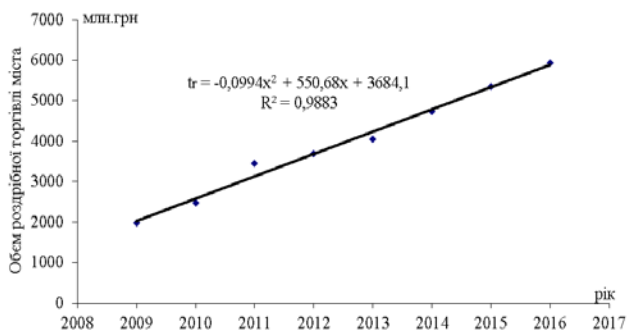


Рис. 3 – Об'єм роздрібної торгівлі м. Житомира

Аналогічно на основі статистичних даних побудували графіки та залежності для інших параметрів. За фактори, що характеризують розвиток суспільства й добробут населення, взято обсяг виробленої промислової продукції (рис. 4) та грошові доходи населення (рис. 5).

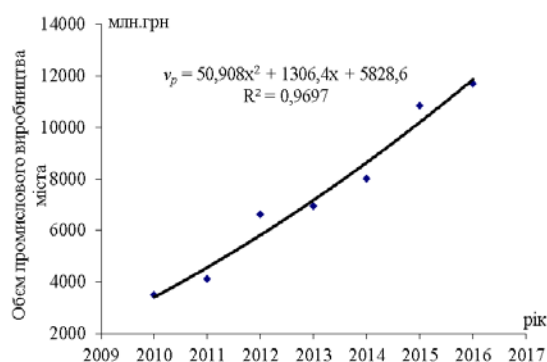


Рис. 4 – Обсяг промислового виробництва м. Житомира

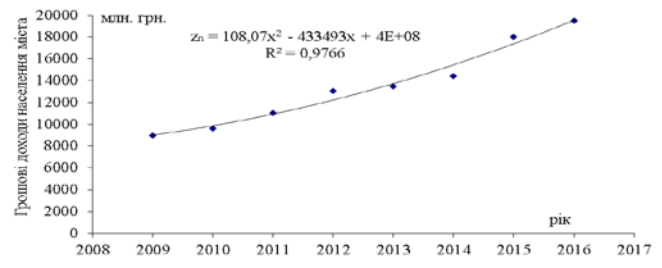


Рис. 5 – Грошові доходи населення м. Житомира

Використовуючи отриману апроксимуючу залежність, визначили прогнозні значення по грошових доходах населення та обсягу промислового виробництва. Отже, останнім часом спостерігається стійкий ріст грошових доходів населення м. Житомира й істотне зростання обсягу промислового виробництва. Найближчим часом ця тенденція збережеться.

Статистика об'ємів твердих побутових відходів, що вивозяться, показує їх постійну зміну. Загальною тенденцією останніми роками було зростання об'ємів вивезення, на що вказує апроксимація результатів. Розкид точок відносно лінії тренду говорить про низьку якість статистичних даних (рис. 6).

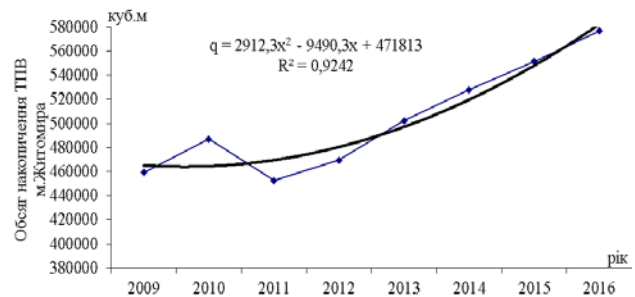


Рис. 6 – Обсяг накопичення ТПВ міста Житомира

Аналіз даних свідчив, що приросту кожного з ресурсів відповідає позитивний приріст ТПВ. Це дозволяє стверджувати, що функція q буде підвищуватися з ростом кожного аргументу. Збільшення об'єму ТПВ здійснюється за рахунок збільшення обсягу житлового фонду, істотного зростання показників роздрібної торгівлі та громадського харчування, зростання промислового виробництва, значного підвищення доходів.

Висновки. При організації й управлінні процесами обігу накопичення ТПВ міста не обмежувалися рамками окремого полігону, а розширили систему до кордонів конкретного регіону (місто Житомир). Таким чином, дослідили особливості чинними соціального, виробничого, економічного розвитку міста, які впливають на процес утворення ТПВ м. Житомир – динамічний регіон, що розвивається, з відносно гарними для середньо-українського рівня показниками оцінки діяльності виробництва.

Найбільший вплив на утворення обсягу ТПВ міста мають доходи населення. Найбільшу кількість відходів можна прогнозувати на 2019 рік. Це пояснюється інтенсивною чисельністю населення та залежністю рівнем життя і розвитку тих чи інших виробництв промисловості міста. Обмеженість ресурсів не дозво-

ляє збільшити населення більш ніж в 1,5 рази в прогнозованому періоді, тому можна вважати, що ефективність приросту цього ресурсу падає в силу його подальшого збільшення.

Список літератури:

- ДБН В.2.4-2-2005. Проектування. Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування [Електронний ресурс]. – Київ: Держбуд України, 2005. – 40 с. Режим доступу: <http://www.stroynote.com.ua/construction-regulations/document-395.html>.
- Кульчицька-Жигайло, Л. Стандарти ЄС та чинні в Україні норми і правила проектування та експлуатації полігонів твердих побутових відходів [Текст]: міжн. наук.-техн. конф. / Л. Кульчицька-Жигайло // Полігони твердих побутових відходів: проектування та експлуатація, вимоги Європейського Союзу, Кіотський протокол. – 2008. – С. 145–155.
- Лотоцький, О. Б. Національна стратегія поводження з твердими побутовими відходами в Україні – шляхи до стабільного майбутнього [Текст]: збірн. міжн. конгр. / О. Б. Лотоцький, Й. Бістром // Екологія, технологія, економіка, водопостачання, каналізація. – Київ: ВПЦ «Три крапки», 2005. – С. 47–51.
- Gworek, B. Impact of the Municipal Solid Waste Łubna Landfill on Environmental Pollution by Heavy Metals [Text] / B. Gworek, W. Dmuchowski, E. Koda, M. Marecka, A. H. Baczewska, P. Brągoszewska, A. Sieczka, P. Osiński // Water. – 2016. – Vol. 8, № 10. – P. 470. doi: [10.3390/w8100470](https://doi.org/10.3390/w8100470)
- Sharma, D. Parametric Analysis of Leachate and Water Resources around Municipal Solid Waste Landfill area in Solan [Text] / D. Sharma, R. Ganguly // MATEC Web of Conferences. – 2016. – № 57. – P. 4. doi: [10.1051/mateconf/20165703011](https://doi.org/10.1051/mateconf/20165703011)
- Nghiem, L. D. Water reclamation and nitrogen extraction from municipal solid waste landfill leachate [Text] / L. D. Nghiem, F. I. Hai, A. Listowski // Desalination and Water Treatment. – 2016. – № 57 (60). – P. 29220–29227. doi: [10.1080/19443994.2016.1169949](https://doi.org/10.1080/19443994.2016.1169949)
- Chun, S. K. The Effect of Leachate and Organic Waste Water Injection on Decomposition Characteristics of Landfill Waste [Text] / S. K. Chun, N. J. Kim // Journal of Korea Society of Waste Management. – 2012. – Vol. 29, № 8. – P. 697–704. doi: [10.9786/kswm.2012.29.8.697](https://doi.org/10.9786/kswm.2012.29.8.697)
- Про затвердження Методики розроблення оцінки впливу на навколишнє природне середовище для об'єктів поводження з твердими побутовими відходами [Електронний ресурс]. – Київ: Держбуд України, 2006. – 21 с. – Режим доступу: <http://ua-info.biz/legal/basert/ua-dmpwje.htm>
- Льченко, А. В. Використання програмного забезпечення з метою оптимізації системи поводження з твердими відходами

- міста Житомира [Текст] / А. В. Льченко, І. Г. Коцюба // Екологічна безпека. – 2011. – № 1. – С. 13–16.
- Льченко, А. В. Визначення зміни кислотності ґрунтів стихійних звалищ передмістя Житомира / Льченко А. В., Коцюба І. Г. // Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. – 2008. – № 4 (47). С. 252–257.

Bibliography (transliterated):

- DBN V.2.4-2-2005. Proektuvannya. Poligony` tverdy`x pobutovy`x vidxodiv. Osnovni polozhennya proektuvannya (2005). Kiev: Derzhbud Ukrayiny, 40. Available at: <http://www.stroynote.com.ua/construction-regulations/document-395.html>.
- Kulchytka-Zhyhailo, L. (2008). Standarty YeS ta chynni v Ukraini normy i pravyla proektuvannya ta ekspluatatsii polihoniv tverdykh pobutovykh vidkhodiv. Polihony tverdykh pobutovykh vidkhodiv: proektuvannya ta ekspluatatsiia, vymohy Yevropeiskoho Soiuzu, Kiotskyi protokol, 145–155.
- Lototskyi, O. B., Bistrom, Y. (2005). Natsionalna stratehiia povodzhennia z tverdymy pobutovymy vidkhodamy v Ukraini – shliakhy do stabilnoho maibutnoho. Ekologiya, tekhnologiya, ekonomika, vodopostachannya, kanalizaciya, Kiev: VPCZ «Try krapky», 47–51.
- Gworek, B., Dmuchowski, W., Koda, E., Marecka, M., Baczewska, A., Brągoszewska, P., Sieczka, A., Osiński, P. (2016). Impact of the Municipal Solid Waste Łubna Landfill on Environmental Pollution by Heavy Metals. Water, 8 (10), 470. doi: [10.3390/w8100470](https://doi.org/10.3390/w8100470)
- Sharma, D., Ganguly, R. (2016). Parametric Analysis of Leachate and Water Resources around Municipal Solid Waste Landfill area in Solan. MATEC Web of Conferences, 57, 4. doi: [10.1051/mateconf/20165703011](https://doi.org/10.1051/mateconf/20165703011)
- Nghiem, L. D., Hai, F. I., Listowski, A. (2016). Water reclamation and nitrogen extraction from municipal solid waste landfill leachate. Desalination and Water Treatment, 57 (60), 29220–29227. doi: [10.1080/19443994.2016.1169949](https://doi.org/10.1080/19443994.2016.1169949)
- Chun, S. K., Kim, N. J. (2012). The Effect of Leachate and Organic Waste Water Injection on Decomposition Characteristics of Landfill Waste. Journal of Korea Society of Waste Management, 29 (8), 697–704. doi: [10.9786/kswm.2012.29.8.697](https://doi.org/10.9786/kswm.2012.29.8.697)
- On approval of the Methodology development impact assessment on the environment for objects of solid waste (2006). Kiev: Derzhbud Ukrainy, 21. Available at: <http://ua-info.biz/legal/basert/ua-dmpwje.htm>
- Ilchenko, A. V., Kocyuba, I. G. (2010). Using software to optimize the system of solid waste of the city of Zhitomir. Environmental Security, 1, 13–16.
- Ilchenko, A. V., Kocyuba, I. G. (2008). Determination of change of acidity of soils of elemental dumps of suburb of Zhytomyr. Bulletin ZSTU. Series: Engineering, 4 (47), 252–257.

Поступила (received) 18.02.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Прогнозування обсягів утворення твердих побутових відходів в місті Житомирі/ І. Г. Коцюба, А. Ф. Щербатюк, Т.Б. Годовська// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 7(1179). – С.95–100. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Прогнозирование объемов образования твердых бытовых отходов в городе Житомире/ И. Г. Коцюба, А. Ф. Щербатюк, Т.Б. Годовская// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 7(1179). – С.95–100. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Forecasting volumes of solid waste in the city of Zhytomyr/ I. Kotsiuba, A. Shcherbatyuk, T. Godovska //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – № 7 (1179). – P. 95–100. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Коцюба Ірина Григорівна – кандидат технічних наук, Житомирський державний технологічний університет, доцент кафедри екології; вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005; e-mail: kotsuba28@yandex.ua

Коцюба Ірина Григорьевна – кандидат технических наук, Житомирский государственный технологический университет, доцент кафедры экологии; ул. Чудновская, 103, г. Житомир, Украина, 10005; e-mail: kotsuba28@yandex.ua

Kotsiuba Iryna – candidate of technical sciences, associate professor, Zhytomyr State Technological University, Department of ecology; Chudnivska str., 103, Zhytomyr, Ukraine, 10005; e-mail: kotsuba28@yandex.ua;

Щербатюк Анна Федорівна, Житомирський державний технологічний університет, доцент кафедри екології; вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005; e-mail: bazko80@ukr.net

Щербатюк Анна Федоровна – кандидат технических наук, Житомирский государственный технологический университет, доцент кафедры экологии; ул. Чудновская, 103, г. Житомир, Украина, 10005

Shcherbatyuk Anna – candidate of technical sciences, associate professor, Zhytomyr State Technological University, Department of ecology; Chudnivska str., 103, Zhytomyr, Ukraine, 10005; e-mail: bazko80@ukr.net

Годовська Тетяна Борисівна – кандидат технічних наук, директор, ПП «Експертний центр «Укрєкобіокон», пл. Згоди, 3/75, к. 21, м. Житомир, Україна, 10030, e-mail: godovskatetyana@gmail.com.

Годовская Татьяна Борисовна – кандидат технических наук, директор, ЧП «Экспертный центр «Укрэкобиокон», пл. Згоди, 3/75, к. 21, г. Житомир, Украина, 10030, e-mail: godovskatetyana@gmail.com.

Godovska Tetyana – candidate of technical sciences, director, Private Company "Expert Center "Ukrrekobiokon", Zgoda sq., 3/75, apt. 21, Zhytomyr, Ukraine, 10030, e-mail: godovskatetyana@gmail.com

УДК 621.039.586:614.876

В. М. ВАЩЕНКО, В. Л. СИДОРЕНКО, І. Б. КОРДУБА

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВИДУВАННЯ ^{137}Cs У ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ ЗОНІ ВІДЧУЖЕННЯ ПІСЛЯ ПРИРОДНИХ ПОЖЕЖ

Наведено модель дефляції (вітрового переносу) радіоактивних продуктів згорання після природної пожежі у Чорнобильській зоні відчуження, що використовується для розрахунку горизонтальної міграції радіонуклідів у вигляді модуля дефляції. Запропонована методика розрахунку переносу еолового матеріалу, в якому містяться радіонукліди.

Звертається також увага на те, що вогняні смерчі, які часто утворюються в зонах пожеж, є особливим маловивченим явищем, здатним створити небезпечну радіаційно-екологічну ситуацію шляхом інтенсивного підйому радіоактивних субстанцій на значні висоти та перенесення їх із зони пожежі на значні відстані.

Ключові слова: зона відчуження, природні пожежі, радіоцезій, дефляція, видування, вогняний смерч.

Представлена модель дефляції (ветрового переносу) радиоактивных продуктов сгорания после природного пожара в Чернобыльской зоне отчуждения, которая используется для расчета горизонтальной миграции радионуклидов в виде модуля дефляции. Предложена методика расчета переноса эолового материала, в котором содержатся радионуклиды. Акцентируется также внимание на том, что огненные смерчи, которые часто образуются в зонах пожаров, являются особым малоизученным явлением, способным создать опасную радиационно-экологическую обстановку путем интенсивного подъема и переноса радиоактивных субстанций из зоны пожара на значительные высоты и расстояния.

Ключевые слова: зона отчуждения, природные пожары, радиоцезий, дефляция, выдувание, огненный смерч.

This paper presents deflation (wind blowing) model of radioactive burning products after a wildfire in Chernobyl alienation zone. This model is used to calculate horizontal migration of nuclides as a deflation module. Based on existing models and experimental study of cesium-contaminated radionuclides deflation, a method for calculating eolic material transport containing radionuclides is proposed. Atmosphere radioactive contamination after radionuclides-contaminated forest fires is estimated by model forecast of radionuclides transport after wildfire and experimental data on ^{137}Cs deflation intensity and their ratio. The development of model of radiocesium wind blowing into the air after a wildfire is based on requirement that it must disclose deflation nature, first of all, concerning ^{137}Cs specific activity, maximal wind speed, dust storms durations, etc. Insensitivity and direction of ^{137}Cs horizontal migration are linked to wind speed, its dynamic characteristics, soil susceptibility to deflation, degree of soil protection from wind, soil stability, vegetation availability, relief peculiarities, weather conditions and other factors.

It is also stressed that firestorms, which often occur in wildfire regions, are a special understudied phenomenon that can cause a hazardous radiation-ecological situation by intense uplift of radioactive substances to significant heights and transport them from wildfire area to large distances that will subsequently cause radioactive contamination of areas outside the forest fires region.

Keywords: Exclusion Zone, wildfires, cesium, deflation, blowing out, firestorm.

Вступ. У процесі Чорнобильської катастрофи на територію 30-ти кілометрової зони ЧАЕС випало у вигляді радіоактивних опадів близько 4,4 ПБк ^{137}Cs , 4,0 ПБк ^{90}Sr та 32 ТБк $^{239,240}\text{Pu}$.

З 1986 по 2014 рік у Чорнобильській зоні сталося біля 1000 природних пожеж, якими було охоплено 16,9 тис. га лісів та 19,6 тис. га трав'яного настилу. Після природних пожеж горизонтальна міграція радіоактивних продуктів згорання (РПЗ), які містяться в ґрунтах, призводить до радіоактивного забруднення чистих територій або збільшення густини радіаційного забруднення тих ділянок, що розташовані поруч з територіями, які піддаються видуванню (дефляції).

Разом з тим, небезпека вторинного радіоактивного забруднення територій пов'язана з густиною радіоактив-

ного забруднення ґрунту, який піддається впливу вітрової ерозії, та питомою активністю радіонуклідів в еоловому матеріалі. Існуючі матеріали щодо вітрової ерозії потребують нового аналізу у зв'язку з виникненням питань оцінки поля концентрації радіонуклідів у приземному повітрі, густини випадань на земну поверхню, дози опромінення від вторинного забруднення РПЗ, а дефляція як агент горизонтальної міграції радіонуклідів набуває нового мало вивченого напрямку.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Інформація про рівень дефляції РПЗ після природної пожежі (лісова, лугова, торф'яна, їх комбінації), пов'язана з розрахунками модуля дефляції. Такі розрахунки зручно виконувати, користуючись моделями дефляції. Проте існуюче різно-

© В. М. Ващенко, В. Л. Сидоренко, І. Б. Кордуба, 2016