





original article | 504.06 | doi: 10.31210/visnyk2020.03.14

**THE SYSTEM OF COMPLEX GOVERNING SOLID WASTE MANAGEMENT IN THE
CONTEXT OF SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT**
P. V. Pysarenko

 ORCID  [0000-0002-4915-265X](https://orcid.org/0000-0002-4915-265X)
M. S. Samoilik

 ORCID  [0000-0003-2410-865X](https://orcid.org/0000-0003-2410-865X)
O. Yu. Dychenko

 ORCID  [0000-0003-0113-9998](https://orcid.org/0000-0003-0113-9998)
*O. M. Rudenko**

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

 E-mail: ukrpoltavaolga@gmail.com,

How to Cite

Pysarenko, P. V., Samoilik, M. S., Dychenko, O. Yu., & Rudenko, O. M. (2020). The system of complex governing solid waste management in the context of sustainable regional development. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 125–134. doi: 10.31210/visnyk2020.03.14

The problem of solid waste management is one of the most important environmental, economic, and social problems of the regional development. Yearly, about 480 thousand tons (1.6 million m³) of solid domestic waste products are generated in Poltava region, and they are disposed in 377 authorized solid domestic waste landfills and dumps; also 4.5 million tons of industrial wastes are formed (200 thousand tons of which are dangerous waste products). The tendency is observed as to yearly increasing the formation of both industrial, including dangerous and domestic wastes. Moreover, the questions directed at obtaining desirable effect of using the potential in the area of waste management as a part of gross economic potential of the regional economy taking into account environmental factors and as a result of mutual activity of the participants in the area of solid waste management, have not yet received corresponding study. Taking into account all the above mentioned problems, theoretical and conceptual model of controlling the system of solid waste management at the regional level has been developed and scientifically substantiated. Based on this model, the algorithm of decision making in the area of waste management has been formulated, optimal managerial strategies in this area and mechanisms of their implementation have been determined. The developed algorithm enables to solve the questions of optimizing the development of the sphere of solid waste management having the given plurality of variables and parameters of the system's condition for specific type of waste life cycle. The algorithm also enables to work out optimal system of waste management, having the given system parameters in the region. Target functions of governing the area of waste management, directed at optimizing economic, ecological, and social criteria of regional development have been determined. Recommendations have also been given as to improving the mechanisms of complex regional governing the sphere of solid waste management at all stages of its life cycle. Such recommendations help achieve extreme significance of target functions in governing this sphere. The obtained research results are directed at creating the basis for the development of target programs for environmental protection and also waste management in the context of the region's synergic development.

Key words: solid waste, region, optimization model, solid waste management system, secondary resources.

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛІННЯ СФЕРОЮ ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ВІДХОДАМИ В КОНТЕКСТІ ЗБАЛАНСОВАНОГО РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ

П. В. Писаренко, М. С. Самойлік, О. Ю. Диченко, О. М. Руденко

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Проблема поводження з твердими відходами є однією з найбільш важливих еколого-економічних і соціальних проблем регіонального розвитку. Щорічно в Полтавській області утворюється близько 480 тис. т (1,6 млн м³) твердих побутових відходів, які видаляються на 377 санкціонованих полігонах та звалищах твердих побутових відходів та 4,5 млн т промислових відходів (з них 200 тис. т – небезпечні відходи). Спостерігається тенденція до щорічного збільшення утворення як промислових, у тому числі і небезпечних, так і побутових відходів. При цьому питання, орієнтовані на отримання бажаного ефекту використання потенціалу сфери поводження з відходами, як частини сукупного потенціалу економіки регіону з урахуванням екологічних факторів та як результату сукупної дії учасників сфери поводження з твердими відходами, до сих пір не отримали відповідного вивчення. Враховуючи це, у статті розроблено та науково обґрунтовано теоретико-концептуальну модель управління системою поводження з твердими відходами на регіональному рівні, на основі якої сформульовано алгоритм прийняття рішень у сфері поводження з відходами, визначені оптимальні управлінські стратегії у даній сфері і механізми їх реалізації. Розроблений алгоритм дозволяє вирішувати поставлені задачі оптимізації розвитку сфери поводження з твердими відходами при заданій множині змінних і параметрів стану системи для конкретного типу життєвого циклу відходів або розробити оптимальну систему поводження з ними виходячи із заданих параметрів системи у регіоні. Визначені цільові функції управління сферою поводження з відходами, які направлені на оптимізацію економічних, екологічних та соціальних критеріїв розвитку регіону. Також надані рекомендації щодо удосконалення механізмів комплексного регіонального управління сферою поводження з твердими відходами по всіх етапах їх життєвого циклу, які сприяють досягненню екстремальних значень цільових функцій управління даної сфери. Отримані результати дослідження спрямовані на створення основ для розробки цільових програм охорони навколишнього природного середовища, управління відходами в контексті синергічного розвитку регіону.

Ключові слова: *тверді відходи, регіон, оптимізаційна модель, система поводження з твердими відходами, вторинні ресурси.*

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛІННЯ СФЕРОЮ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ ОТХОДАМИ В КОНТЕКСТЕ СБАЛАНСИРОВАННОГО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

П. В. Писаренко, М. С. Самойлик, О. Ю. Дыченко, О. Н. Руденко

Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Разработано и научно обоснованно теоретико-концептуальную модель управления системой обращения с твердыми отходами на региональном уровне на основе которой сформулировано алгоритм принятия решений в сфере обращения с отходами, определены оптимальные управленческие стратегии в сфере данной и механизмы их реализации. Разработанный алгоритм позволяет решать поставленные задачи оптимизации развития сферы обращения с твердыми отходами при заданном множестве переменных и параметров состояния системы для конкретного типа жизненного цикла отходов или разработать оптимальную систему обращения с ними, выходя из заданных параметров системы в регионе.

Ключевые слова: *твердые отходы, регион, оптимизационная модель, система обращения с твердыми отходами, вторичные ресурсы.*

Вступ

Потреби зростаючого людства і можливості збіднівшої планети лежать в основі кризи сучасної економічної теорії. Ці факти охоплюють всю проблему сучасної економіки, у якій знаходить свої відображення еколого-економічний критерій оптимальності – максимально можливе задоволення потреб людства при обмеженості ресурсів і лімітованості середовища існування. Економічні теорії, в основу яких покладено нереаль-

ні умови Землі з її необмеженими можливостями, втрачають буд-який зміст [1–5].

На практиці це означає переведення природоохоронної сфери з другорядної в низькі національних проблем в пріоритетні. З позиції головного принципу сталого розвитку – гармонізації інтересів економіки, екології та суспільства – сфера поводження з відходами є однією з найбільш перспективних. У той же час проблеми утворення відходів і поводження з ними є надзвичайно гострими для України та її регіонів. З одного боку, природні ресурси використовують за екстенсивним принципом, що не відповідає принципам сталого розвитку і призводить до нераціонального використання мінеральних і сировинних запасів. З іншого боку, нераціональне використання ресурсів, застарілі технології й відсутність розвинутої сфери вторинної переробки сприяють утворенню великих обсягів відходів, зберігання яких потребує вилучення значних земельних ділянок, а також спричиняє негативний вплив на стан здоров'я людей і якість навколишнього природного середовища. У цьому аспекті актуалізується проблема формування нових підходів до управління системою поводження з твердими відходами (ТВ), основаної на розробці інноваційної методології і концепції управління нею, як складною економіко-екологічною системою, визначенні оптимізаційних моделей і механізмів підтримання прийняття управлінських рішень з використанням методології системного аналізу з урахуванням екологічних, технологічних і соціально-економічних умов функціонування даної системи на регіональному рівні [6–11].

Загалом, проблеми соціально-економічного, збалансованого розвитку регіонів досліджуються науковими установами держави та провідними вітчизняними та зарубіжними вченими, але питання, орієнтовані на отримання бажаного ефекту використання потенціалу сфери поводження з відходами, як частини сукупного потенціалу економіки регіону з урахуванням екологічних факторів та як результату сукупної дії учасників сфери поводження з ТВ, до сих пір не отримали відповідного вивчення [10–14].

Мета проведення досліджень – розробка системи комплексного управління сферою поводження з відходами. Головним *завданням* досліджень було розробити та науково обґрунтувати оптимізаційну модель управління системою поводження з твердими відходами на регіональному рівні, на основі якої сформулювати алгоритм прийняття рішень у сфері поводження з ТВ у регіоні та визначити напрями удосконалення економічного механізму управління даною сферою.

Матеріали і методи досліджень

Об'єктом дослідження є сфера поводження з твердими відходами регіону. Теоретичним та методологічним підґрунтям дослідження є результати фундаментальних і прикладних досліджень у галузі екологічної безпеки та регіоналістики, положення концепції сталого розвитку, наукові розробки вітчизняних і зарубіжних учених з питань управління сферою поводження з твердими побутовими відходами. Методичною базою дослідження стали загальнонаукові еколого-економічні методи, зокрема монографічний, порівняльний аналіз, абстрактно-логічний метод, картографічний та інші [15–16].

Результати досліджень та їх обговорення

У Полтавській області щорічно утворюється близько 480 тис. т (1,6 млн. м³) твердих побутових відходів, з яких 97–98 % вивозяться на 377 санкціоновані полігони та звалища ТВ (площею 460,2 га), та 4,5 млн. т. промислових відходів (з яких 200 тис. т – небезпечні відходи). Спостерігається тенденція до щорічного утворення як промислових, у тому числі і небезпечних, так і побутових відходів. Так, якщо у 2000 р. відходи, що утворюються в Полтавській області, становили 1,5 % від загального обсягу, який утворюється в Україні, то у 2018 р. – 8,5 % відповідно. Зростає обсяг накопичених відходів у місцях організованого та неорганізованого складування, так станом на 1.01.2018 р. в області накопичено понад 18 млн. т промислових відходів та 22 млн. т побутових ТВ [17–23]. Загальна площа несанкціоновано видалених відходів у 2018 р. склала 80,2 га (411 одиниць). Значно зменшився обсяг утворення вторинної сировини (на 32 % у 2018 р. у порівнянні з 2010 р.) та її використання, що вказує на неефективність функціонування даної сфери у регіоні [23].

До головних проблем у сфері поводження з відходами Полтавської області можна віднести: постійне збільшення обсягу утворення відходів у регіоні; низький рівень утилізації ресурсоцінних відходів; збільшення кількості та площ звалищ ТПВ та невідповідність більшості із них екологічним та санітарно-гігієнічним нормам; залишається незадовільною ситуації щодо видалення відходів у місця неорганізованого складування. Перераховані недоліки висувають задачу створення нової, більш ефективної системи поводження з ТВ, яка б дозволила знизити антропогенне навантаження на навколи-

шне середовище, оптимально вирішити проблему знешкодження відходів, раціонально використовувати вторсировину. Вирішення існуючих проблем повинно базуватися на наступних принципах: запропонована система поводження з ТВ повинна бути економічно доцільною, здійснювати мінімальний вплив на навколишнє середовище, мати високі технологічні показники, забезпечувати максимально корисне використання всіх складових відходів, ґрунтуватися на логістичних засадах; відповідати основним підцілям системи управління сферою поводження з ТВ: мінімізація утворення, максимальна утилізація та безпечне видалення залишків ТВ; вирішення проблеми повинно базуватися на комплексному підході і безперервності розвитку галузі.

Система поводження з ТВ (СПТВ) у регіоні є складовою частиною економіки регіону, тому модель СПТВ у регіоні повинна описувати як економічні зв'язки всередині життєвого циклу ТВ, так і їх взаємозв'язок з економікою регіону. При цьому ідея раціонального управління відходами полягає в тому, що всі ці аспекти повинні розглядатися в комплексі. Виходячи з цього, імітаційну модель життєвого циклу ТВ у регіоні можна представити;

$$X = \Phi(X, Y), \quad \text{при умові } X \leq X^m, Y \leq Y^m,$$

де $X = X^S \cup X^3 \cup \dots \cup X^{PB} \cup \dots \cup X^{\Pi}$ - множина змінних стану системи поводження з ТВ у регіоні; $Y = \{\alpha_s, \beta_p, \dots, \tau^T\}$ - множина параметрів стану даної системи у регіоні; X^m, Y^m - множина обмежень на змінні і параметри стану даної системи у регіоні; Φ - лінійний функціонал, який пов'язує значення змінних стану між собою при заданих параметрах стану системи.

Так як множина X ширша ніж множина зв'язків у функціоналі Φ , то дана система має множину допустимих рішень і, відповідно, пропонує вибір найкращого з них. Задача вибору найкращого рішення системи і є задачею управління системою поводження з ТВ, і вирішується вона за допомогою цільових функцій.

1. Мінімізація утворення відходів:

$$F_1(X) = \sum_{s=1}^{n_y} X_s^y - X_s^{yB\Pi} \rightarrow \min; \quad S = \overline{1, n_y}$$

Ефективність критерію мінімізації утворення ТВ визначається як різниця між загальним обсягом утворення ТВ (X_s^y) та відібраними ресурсоцінними компонентами ТВ ($X_s^{yB\Pi}$), і в основному залежить від розумінням s -го власника відходів еколого-соціально-економічного значення системи поводження з ТВ у регіоні і його економічними можливостями організації рециркуляції ТВ.

2. Мінімізація сумарних екологічних ризиків, які рівні добутку величини економічного збитку за забруднення від даної сфери (D) на значення ризику як вірогідної характеристики – ризик здоров'ю людини (R_m):

$$F_3(X) = \sum_{m=1}^{n_H} R_m D = \left(\sum_{n=1}^N 1 - \exp \left\{ \ln(0.84) \left[\frac{C}{\Gamma_{DK} K_E} \right]^b \right\} \right) \cdot \left(\gamma \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^J \delta_j \cdot \sum_{k=1}^K V_k M_k e^{-ht} \right] \cdot C_i a_i \right) + \varphi \sum_{i=1}^I a_i b_i (1 - E - \mu W) \cdot C_i + (BP + PP) \rightarrow \min$$

$$, \quad m = \overline{1, n_H}$$

де Y_n – економічний збиток за забруднення навколишнього середовища від поводження з ТВ, грн.; R_n – ризик здоров'ю населення від сфери поводження з ТВ; n – кількість об'єктів навколишнього середовища (рівне трьом: атмосфера, водне середовище, ґрунти); C – середня концентрація речовини, що надходить в організм людини протягом його життя; K_e – коефіцієнт небезпеки, який визначається залежно від класу небезпеки речовини; b – коефіцієнт ізоефективності; γ, φ – константи, чисельне значення якої встановлюється з урахуванням інфляції; δ_j – коефіцієнт відносної небезпеки забруднення атмосферного повітря над територіями різного типу j ; V_k – теоретичний потенціал утворення метану з органічної складової ТВ, м³/рік; M_k – маса органічної складової у загальному обсягу відходів, т/т за рік; h – константа утворення метану з органічних відходів; t – час з моменту відкриття полігону, років; C_i – масова доля i -ї шкідливої речовини у загальному обсязі біогазу (фільтраті); a_i –

показник відносної агресивності i -ї шкідливої речовини; b_i – показник відносної екологічної небезпеки скиду шкідливих речовин у водойми; l – загальний об’єм притоку води, м³/рік; E – об’єм випаровування та транспірації води, м³/рік; μ – поглинаюча здатність відходів; W – щорічна маса відходів, що видаляються, м³/рік; BP – недоотриманий прибуток регіону від вилучення земель під об’єкти поводження з ТВ із господарського обігу, грн.; PP – втрати від забруднення земель у результаті функціонування даної технології поводження з ТВ, грн.

3. Максимальне вилучення вторинних ресурсів. Критерій максимального вилучення BP буде прагнути до максимуму, якщо максимально забезпечити заходи по мінімізації утворення ТВ у s -го власника та збільшити долю ТВ, які направляються на заводи по переробці ТВ, а також коефіцієнти вилучення вторресурсів на цих заводах.

4. Максимізація прибутку від реалізації вторресурсів:

$$F_4(X) = (D^B - T^{PB} - T^{MB} - T^{KB}) \rightarrow \max,$$

де D^B – доходи регіону від продажу вторресурсів; T^{PB}, T^{MB}, T^{KB} тарифіковані транспортні витрати на перевезення ТВ з пунктів збору, заводів по переробці (сортуванню) та компостуванню. Даний критерій забезпечується виконанням всіх заходів по максимальному вилученню вторинних ресурсів, що забезпечить ріст доходів від продажу вторресурсів. При цьому важлива якість відібраних компонентів, адже від цього залежить ціна на дані ресурси.

5. Мінімізація сумарних витрат.

$$C_{екон} = \sum_{t=1}^T \left[\frac{1}{(1+i)^t} \cdot (A_t \cdot X_t + B_t \cdot Y_t + C_t \cdot Z_t + E_t + F_t) \right] \rightarrow \min,$$

де i – ставка дисконтування; t – періоди функціонування сфери поводження з ТВ, рік; A – витрати на переробку, за вирахуванням прибутку від продажу ресурсоцінних фракцій, грн./т; B – витрати на збір і транспортування ТВ, грн./т; C – витрати на захоронення ТВ, грн./т; X – маса ТВ, що надходить на переробку, т; Y – маса ТВ, яка транспортується на полігон, т; Z – загальний обсяг ТВ, що видаляється, та залишок від переробки, т; E, F – витрати на відкриття переробного заводу (станції), полігону, грн. При цьому мінімізація транспортних витрат регіону у сфері поводження з ТВ можлива за рахунок оптимального розміщення елементів даної системи і оптимізації структури транспортних потоків між ними [3].

6. Максимізація прибутку, отриманого від функціонування системи поводження з ТВ у регіоні, визначається як різниця між прибутком від функціонування сфери поводження з ТВ регіону та витратами на дану сферу:

$$P^P = D^P - B^P,$$

Якщо $P^P \geq 0$ – $F_7(X) = P^P \rightarrow \max$, якщо $P^P \leq 0$ – $F_7(X) = P^P \rightarrow \min$. При $P^P \geq 0$ – система поводження з ТВ у регіоні сама себе забезпечує фінансовими ресурсами, тобто прибуткова. Якщо $P^P \leq 0$, то дана система у регіоні дотаційна, тобто збиткова.

У контексті ефективної структури управління системи поводження з ТВ на регіональному рівні, при умові створення цілісного інформаційного простору як невід’ємної частини, актуалізується необхідність розробки стратегій підтримання прийняття управлінських рішень. Система підтримання прийняття рішень повинна формувати інформаційну множину $I^T = (X)_{opt}^T \cup (Y)_{opt}^T$, тобто визначати теоретично оптимальні значення параметрів і змінних стану системи. У загальному вигляді задача оптимального управління сфери поводження з ТВ на регіональному рівні представляє собою детерміновану задачу повної оптимізації: знайти множину змінних (X) і параметрів (Y) стану оптимуму системи ($X=X_{opt}^1, Y=Y_{opt}^1$), при яких: $X_{opt}^1 = \Phi(X_{opt}^1, Y_{opt}^1), 0 \leq X_{opt}^1 \leq X^{m1}, 0 \leq Y_{opt}^1 \leq Y^{m1}$, а критерії оптимізації досягають своїх екстремумів: $F_1(X, Y) \rightarrow \min; F_2(X, Y) \rightarrow \min; F_3(X, Y) \rightarrow \max; F_4(X, Y) \rightarrow \max; F_5(X, Y) \rightarrow \min; F_6(X, Y) \rightarrow \max$ при $X=X_{opt}^1, Y=Y_{opt}^1$.

При умові вже існування певної системи поведження з ТВ у регіоні, тобто коли параметри задані ($Y=Y_{const}$) і постійні протягом певного проміжку часу, оптимізаційна задача зводиться до необхідності знайти $X=X_{opt}^2$ при умові, $Y=Y_{const}^2$, а множина критеріїв досягає своїх екстремальних значень. Рішення, які отримуються в кінці, надають інформацію про найбільш оптимальне управління матеріальними і фінансовими потоками при існуючій уже схемі поведження з ТВ. Дана задача не залежить від часу, але вона дозволяє отримувати динамічну інформацію при кожній зміні параметрів системи за рахунок багатокритеріального її рішення, при чому вираховуються безпосередні значення змінних стану системи X_{opt}^2 , які забезпечують найкраще досягнення цілей управління.

Якщо $X=X_{const}^3$, та необхідно визначити оптимальні значення параметрів системи $Y=Y_{opt}^3$, а множина критеріїв досягає своїх екстремальних значень. Даний тип задачі дозволяє отримати інформацію про економічно оптимальні рішення для випадку зміни технологічних параметрів сфери поведження з ТВ. Як правило, ця задача пов'язана із оптимізацією інвестування коштів у будівництво чи механічне переоснащення даної системи. Якщо необхідно визначити оптимальні значення частини змінних і частини параметрів стану при заданих значення інших змінних і параметрів стану, тобто $X = X_K \cup X_L$ та $Y = Y_K \cup Y_L$, де X_K, Y_K – змінні і параметри оптимізації системи, а X_L, Y_L – константи, тоді: $X^4 \in X_K$, то $X^4 = X_{opt}^4$, $X^4 \in X_L$, то $X^4 = constX_L$; $Y^4 \in Y_K$, то $Y^4 = Y_{opt}^4$, $Y^4 \in Y_L$, то $Y^4 = constY_L$. Даний тип задач використовується, як правило, для вирішення задач з метою оптимального включення в існуючу систему поведження з ТВ додаткових ланок або циклів і, у результаті її вирішення, визначаються змінні і параметри цієї ланки чи циклу, які дозволяють найкращим еколого-соціально-економічним способом включити дану ланку чи цикл в існуючу систему.

Очевидно, що при вибраних лінійних критеріях оптимізації і лінійній системі зв'язку змінних у розрахунковій схемі, ми отримаємо класичну задачу лінійного програмування (для однокритеріальних задач) і класичну задачу квадратичного програмування (для багатокритеріальних задач). При цьому, в якості єдиного інтегрального критерію при вирішенні задач оптимізації управління СПТВ у регіоні, можна використовувати суму квадратів відхилень нормованих цільових функцій (F_j , $j=1,6$) від своїх максимальних і мінімальних значень (K_{ij} і W_{ij} – найкращі і найгірші значення j -го критерію в i -й задачі оптимізації процесу поведження з ТВ у регіоні):

$$G_{ij}(X, Y) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\alpha_j - \varphi_j^{(i)})^2}, i = \overline{1,4}, j = \overline{1,6},$$

$$\text{де } \varphi_j^{(i)} = \frac{F_j(X, Y) - \min(K_{ij}; W_{ij})}{\max(K_{ij}; W_{ij}) - \min(K_{ij}; W_{ij})} \quad i = \overline{1,4}, j = \overline{1,6},$$

$$\alpha_j = \begin{cases} 0, & \text{якщо } j - \text{критерій прагне до мінімуму,} \\ 1 & \text{якщо } j - \text{критерій прагне до максимуму.} \end{cases}$$

Використовуючи вище приведені закономірності і властивості задач оптимізації управління СПТВ, можна сформулювати алгоритм прийняття рішень у сфері поведження з ТВ у регіоні. Особа, яка приймає рішення, визначає реальну задачу управління СПТВ, тобто визначає тип оптимізаційної задачі, формує багатокритеріальну цільову функцію та задає обмеження для СПТВ (рис. 1).

У залежності від особливостей і специфіки функціонування СПТВ у тих чи інших регіонах України виявляються не лише прийнятними, але і дієвими лише ті економічні механізми комплексного управління СПТВ по всіх етапах життєвого циклу ТВ, які сприяють досягненню екстремальних значень цільових функцій управління даної сфери. При цьому слід особливо відзначити, що ці функції не є чисто фіскальними, тобто засоби, отримані в ході їх здійснення, мають цільовий характер використання для всієї СПТВ.

Для мінімізації утворення ТВ у процесі виробництва і споживання ($F_1(X) \rightarrow \min$) необхідним є розвиток існуючої системи платежів за розміщення відходів у частині розповсюдження її на всі категорії утворювачів відходів. Тут мається на увазі, по-перше, заміна платежів за збір, транспортування і захоронення ТВ на платежі за розміщення ТВ, що буде забезпечувати єдину тарифікацію витрат у регіонах України, підвищення собівартості даних платежів і ефективний контроль даних фінансових потоків. Зокрема, у Законі України «Про відходи» необхідно записати «Плата за розміщення відходів стягується з індивідуальних підприємців, юридичних осіб та населення у відповідності до законодавства України». Виходячи з цього доцільним є створення відокремленого фонду управління відхода-

подальшому і ліквідацію втрат при транспортуванні. Доцільно також створити систему стимулювання інспекторського складу природоохоронних органів за підвищення ефективності їх діяльності у частині виявлення порушень і стягування штрафів та позовів за забруднення довкілля відходами (за рахунок органів місцевого самоуправління у вигляді премій і грантів), використовувати інструменти екологічного страхування.

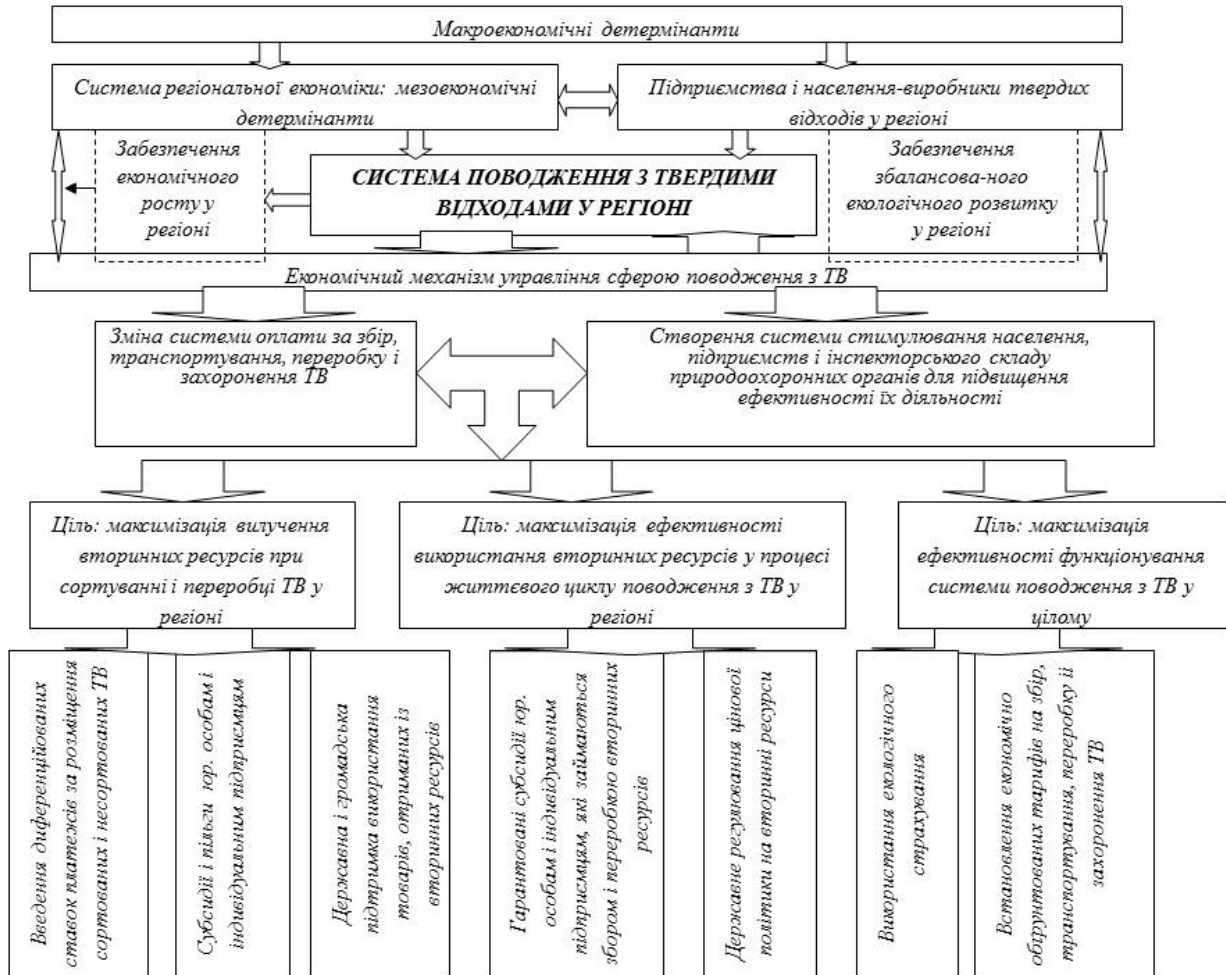


Рис. 2 Напрями удосконалення економічного механізму комплексного управління ССТВ (складено авторами)

Для забезпечення максимізації вилучення вторинних ресурсів при сортуванні і переробці ТВ ($F_3(X) \rightarrow \min$), необхідно: ввести диференційовані ставки платежів за розміщення відсортованих і невідсортованих ТВ, причому їх співвідношення повинно бути таким, щоб пільга, яка надається, перевищувала витрати власника відходів на їх сортування; передбачати субсидії юридичним особам і індивідуальним підприємствам на створення комплексних пунктів по прийому вторинних ресурсів і розповсюдження на них пільг, передбачених Законами України «Про охорону навколишнього природного середовища» і «Про відходи»; державна і громадська підтримка використання товарів, отриманих із вторинних ресурсів.

Для максимізації ефективності використання вторинних ресурсів у процесі життєвого циклу поводження з ТВ ($F_4(X) \rightarrow \min$) необхідно впровадження у практику поводження з ТВ у регіоні наступних економічних інструментів: надання гарантованих субсидій юридичним особам і індивідуальним підприємствам, які займаються збором і переробкою вторинних ресурсів із ТВ, за рахунок повернення залогової вартості за: пластикові і скляні пляшки, алюмінієві банки, відпрацьовані акумулятори, шини, паперову тару, кузови автомобілів, відходи нафтопродуктів, застарілі комп'ютери тощо. державне регулювання цінової політики на вторинні ресурси для встановлення мінімально допусти-

мих цін на їх приймання і переробку.

Для максимізації ефективності функціонування системи поводження з ТВ у цілому: мінімізація витрат – ($F_5(X) \rightarrow \min$); максимізація прибутку – ($F_6(X) \rightarrow \max$) основним економічним інструментом є встановлення економічно обґрунтованих тарифів на збір, транспортування, переробку і захоронення ТВ. Таким чином, представлені вище основні складові удосконалення економічного механізму комплексного управління СПТВ у регіоні по всім етапам життєвого циклу ТВ передбачають також розробку і провадження новітніх інвестиційних і інституційних складових по реалізації запропонованих інструментів, включення їх у місцеві, регіональні і в цілому державні стратегічні плани розвитку СПТВ.

Висновки

На основі розробленої оптимізаційної моделі управління сферою поводження з твердими відходами регіону сформовано алгоритм визначення оптимальних управлінських стратегій і економічного механізму їх реалізації. Так як множина X ширша ніж множина зв'язків у функціоналі Φ , то розроблена модель має множини допустимих рішень і, відповідно, пропонує вибір найкращого з них з урахуванням цільових функцій. Таким чином, розроблений алгоритм дозволяє вирішувати поставлені задачі оптимізації розвитку сфери поводження з ТВ при заданій множині змінних і параметрів стану системи для конкретного типу життєвого циклу ТВ або розробити оптимальну систему життєвого циклу твердих відходів виходячи із заданих параметрів системи у регіоні.

Перспективи подальших досліджень. Проведені дослідження є основою для розробки програм охорони навколишнього природного середовища місцевого та регіонального рівнів, стратегій розвитку регіонів, реалізація яких дозволить: покращити ресурсозабезпеченість та конкурентоспроможність регіону, отримати додатковий дохід від вторресурсів, зберегти первинні ресурси та покращити їх якість, повернути забруднені землі в господарський обіг регіону (відображає економічний та ресурсний аспект); зменшити ризик здоров'ю населення від негативного впливу відходів, покращити соціально-психологічний клімат у регіоні (відображає соціальний аспект); забезпечити збереження й відновлення навколишнього середовища регіону, природного стану екосистем та мінімуму ентропії (відображає екологічний аспект). Очікуваними результатами реалізації розробленого комплексу заходів є комплексне рішення економічних, соціальних і екологічних завдань регіону, забезпечення економічного використання первинних сировинних, матеріальних і паливно-енергетичних ресурсів регіонів України.

References

1. Biryukov, D. S., & Kondratov, S. I. (2012). *Zahist kritichnoyi infrastrukturi: problemi ta perspektivi vprovadzhennya v Ukraini: analitichna dopovid*. Kiyiv: NISD [In Ukrainian].
2. *Ekologichnij pasport Poltavskoyi oblasti (2018 rik) (2019)*. *Departament ekologiyi ta prirodnih resursiv Poltavskoyu ODA*. Poltava [In Ukrainian].
3. Burkinskij, B. V., Stepanov, V. N., & Harichkov, S. K. (2005). *Ekonomiko-ekologicheskie osnovy regionalnogo prirodopolzovaniya i razvitiya*. Odessa: IPREEI NAN [In Russian].
4. Gerding, J., Kirshy, M., Moran, J., Bialek, R., Lamers, V., & Sarisky, J. (2016). A Performance Management Initiative for Local Health Department Vector Control Programs. *Environmental Health Insights*, 10, 113–118.
5. Yunjiang, Y., Ziling, Y., Peng, S., & Bigui, L. (2018). Effects of ambient air pollution from municipal solid waste landfill on childrens non-specific immunity and respiratory health. *Environmental Pollution*, 236, 382–390.
6. Golik, Yu.S. (2014). *Dovkillya Poltavshini: monografiya*. Poltava: Kopicentr [In Ukrainian].
7. Pisarenko, P. V. (2018). Viktoristannya riznih tehnologichnih rishen u sferi povodzhennya z tverdimi vidhodami pri ocinci rizikiv shodo zdorov'ya naseleennya. *Visnik Poltava State Agrarian Academy*, 4, 23–25 [In Ukrainian].
8. Il, H., Gui, N., & Jee, H. (2018). Pollution level and reusability of the waste soil generated from demolition of a rural railway. *Environmental Pollution*, 240, 867–874.
9. Forrester, J. W. (2010). *System Dynamics: the Foundation Under Systems*. *Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology Cambridge*.

10. Wierzbicki, A. (2013). Model-based decision support methodology with environmental applications. *Kluwer Academic Publishers. IASA Institute for Applied Systems Analysis Dordrecht*, 2, 67–71.
11. Prokopenko, O. M. (red.). (2019). *Statistichnij zbirnik «Dovkillya Ukrayini» za 2018 rik*. Kiyiv, 2019. 225 s [In Ukrainian].
12. Vagin, V. S. (2004). *Kompleksnoe upravlenie zhiznennym ciklom TBO v regione: ponyatijno-terminologicheskie i metodologicheskie osnovy koncepcii*. Rostov na Donu: SKNCVSh [In Russian].
13. Singh, C., Kumar, A., & Roy, S. (2017). Estimating Potential Methane Emission from Municipal Solid Waste and a Site Suitability Analysis of Existing Landfills in Delhi, India. *Technol*, 5 (4), 62–68.
14. Amos, R. T., Blowes, D. W., Bailey, B. L., Sego, D. C., Smith, L., & Ritchie, A. I. M. (2015). Waste-rock hydrogeology and geochemistry. *Applied Geochemistry*, 57, 140–156. doi: 10.1016/j.apgeochem.2014.06.020.
15. Gricayenko, G. M. (2003). *Metodi biologichnih ta agrohimichnih doslidzhen roslin i gruntiv*. Kiyiv: Nichlava [In Ukrainian].
16. Cikunov, A. E. (2006). *Sbornik matematicheskikh formul*. Piter [In Russian].
17. Pisarenko, P. V., & Samojlik, M. S. (2009). Ekologo-ekonomichna ocinka vplivu poligoniv i zvalish tverdih pobutovih vidhodiv na stalij rozvitok regionu. *Visnik Poltavskoyi Derzhavnoyi Agrarnoyi Akademiy*, 4, 15–23 [In Ukrainian].
18. Onishenko, V. O., Golik, Yu. S., & Ilyash, O. E. (2012). *Regionalna programa ohoroni dovkillya, racionalnogo vikoristannya prirodni resursiv ta zabezpechennya ekologichnoyi bezpeki z urahuvannyam regionalnih prioritetiv Poltavskoyi oblasti*. Poltava: Poltavskij literator [In Ukrainian].
19. Vigileos, G. (2002). Analysis of Institutional Structures for Sustainable Solid Waste Management for the South West of England. *Candidate's thesis*. University of Gloucestershire.
20. Piddubnogo, I. A. (Red.). (2012). *Ekologichnij pasport Poltavskoyi oblasti*. Poltava: Derzhupravlinnya ohoroni navkolishnogo prirodno seredovisha v Poltavskij oblasti [In Ukrainian].
21. Onishenko, S. V., & Samojlik, M. S. (2012). *Ekologo-ekonomichna ocinka zabrudnennya navkolishnogo seredovisha v sistemi ekologichno bezpechnogo rozvitku regioniv Ukrayini*. Poltava: PolNTU [In Ukrainian].
22. Onishenko, V. O., & Samojlik, M. S. (2013). *Teoretiko-metodologichni zasadi upravlinnya sferoyu povodzhennya z tverdimi vidhodami na regionalnomu rivni*. Poltava: PolNTU [In Ukrainian].
23. Han, I., Wee, G. N., & No, J. H. (2018). Pollution level and reusability of the waste soil generated from demolition of a rural railway. *Environmental Pollution*, 240, 867–874.

Стаття надійшла до редакції 05.07.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Руденко О. М. Система комплексного управління сферою поводження з твердими відходами в контексті збалансованого регіонального розвитку. *Вісник ПДАА*. 2020. № 3. С. 125–134.

© Писаренко Павло Вікторович, Самойлік Марина Сергіївна,
Диченко Оксана Юріївна, Руденко Ольга Миколаївна, 2020