

УДК 338.24:005.936.5\_027.33

DOI: 10.25140/2411-5215-2019-1(17)-96-106

Надія Ющенко

**ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ПЛАНУВАННЯ  
РОЗВИТКУ ТА РОЗМІЩЕННЯ ПІДПРИЄМСТВ ІЗ ПЕРЕРОБКИ СМІТТЯ  
В УКРАЇНІ**

Надежда Ющенко

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПЛАНИРОВАНИЯ  
РАЗВИТИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ МУСОРА  
В УКРАИНЕ**

Nadiia Yushchenko

**ECONOMIC AND MATHEMATICAL TOOLS FOR PLANNING  
OF DEVELOPMENT AND PLACEMENT OF ENTERPRISES  
FOR THE PROCESSING OF GARBAGE IN UKRAINE**

Обґрунтовано необхідність поширення в Україну досвіду країн Європейського Союзу, де діють організаційно-правові механізми, що забезпечують мінімізацію утворення відходів та залучення їх до повторного використання як сировини. А також доцільність застосування економіко-математичного інструментарію в процесі прийняття управлінських рішень, спрямованих на створення й розвиток потужностей із переробки сміття, зокрема, для виробництва енергії в Україні.

**Ключові слова:** інвестування; відходи; децентралізація; енергоефективність; місцеві бюджети; моделювання; утилізація.

Рис.: 4. Табл.: 2. Бібл.: 24.

Обоснована необходимость заимствования в Украину опыта стран Европейского Союза, где действуют организационно-правовые механизмы, обеспечивающие минимизацию образования отходов и их повторного использования в качестве сырья. А также целесообразность применения экономико-математического инструментария в процессе принятия управленческих решений, направленных на создание и развитие мощностей по переработке мусора, в частности, для производства энергии.

**Ключевые слова:** инвестирование; отходы; децентрализация; энергоэффективность; местные бюджеты; моделирование; утилизация.

Рис. 4. Табл.: 2. Библ.: 24.

The necessity of borrowing the experience of the European Union countries to Ukraine, where organizational and legal mechanisms are in place to ensure the minimization of waste generation and their reuse as raw materials, is substantiated. As well as the feasibility of using economic and mathematical tools in the process of making management decisions aimed at the creation and development of facilities for recycling waste, in particular, for energy production.

**Keywords:** investment; waste; decentralization; energy efficiency; local budgets; modeling; recycling.

Fig.: 4. Table: 2. References: 24.

**JEL Classification:** C61, Q53

**Постановка проблеми.** Зменшення обсягу відходів шляхом вживання заходів щодо запобігання їх утворенню, їх скорочення, переробки та повторного використання є однією з підцілей Глобальних цілей сталого розвитку на 2016-2030 роки [1].

Підвищення енергетичної незалежності шляхом нарощування власного виробництва енергетичних ресурсів, модернізація енергетичної інфраструктури, диверсифікація джерел постачання енергоресурсів, забезпечення ефективного та безпечного поводження з відходами Планом [2] віднесені до пріоритетних дій для досягнення Україною більш високого рівня економічного розвитку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання формування систем поводження з відходами в контексті сприяння екологічній безпеці та ресурсозбереженню розглянуто в роботах [3; 4]. Значна кількість українських учених однією з основних передумов ефективного поводження з відходами розглядає налагодження індустрії їх переробки, що вимагає формування сучасного інституціонального підґрунтя диверсифікації джерел інвестування проектів утилізації побутового сміття та відходів промислового, сільськогосподарського й лісогосподарського виробництва [5; 6; 7]. Використанню відходів через призму альтернативних джерел енергетичного забезпечення

## ГАЛУЗЕВИЙ АСПЕКТ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

присвячена публікація д.е.н. В. А. Голяна [8], а обґрунтуванню необхідності вдосконалення інституціонального середовища інвестиційного забезпечення поводження з відходами в умовах децентралізації – [9].

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Однак сучасна практика інвестиційного забезпечення переробки відходів свідчить про те, що проекти вторинного ресурсокористування не отримали належного поширення, що призводить до надмірного накопичення відходів, а це вимагає розвитку досліджень цього питання для сприяння залучення вітчизняних та іноземних інвестицій у сферу поводження з відходами.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є статистичний аналіз даних щодо різних видів відходів, що накопичуються в Україні, дослідження досвіду поводження з відходами в країнах ЄС та обґрунтування пропозицій стосовно доцільності застосування адекватного економіко-математичного інструментарію для аналізу інваріантів управлінських рішень, спрямованих на збільшення потужностей використання значного потенціалу сміття для виробництва енергії та інших відходів як вторинної сировини.

**Виклад основного матеріалу.** На 1 січня 2017 р. загальний обсяг відходів, що накопичилися в Україні, за всіма класами небезпеки становив 12,4 млрд т. Тільки в секторі домогосподарств у 2016 р. утворилося 6,3 млн т відходів, що становить 2,1 % від загального обсягу відходів у країні [8]. З 2014 р. обсяги утворення відходів почали знижуватися, що є наслідком кризи в промисловому виробництві та пов'язано з неможливістю врахувати відходи на тимчасово окупованих територіях Донецької і Луганської областей та в анексованому Криму.

Забезпечення ефективної системи максимального повторного використання твердих побутових відходів у господарському обігу як вторинних ресурсів, збільшення частки їх утилізації є одним із завдань діяльності Кабінету Міністрів України, визначених Програмою [10]. Зважаючи на значні обсяги різних видів відходів (рис. 1) та низьку ефективність поводження з ними в Україні, збільшення потужностей щодо використання їх як вторинної сировини є, водночас, важливим екологічним завданням. Проблема модернізації національної системи поводження з відходами актуалізувалась у зв'язку з необхідністю імплементації природоохоронних директив Європейського Союзу.

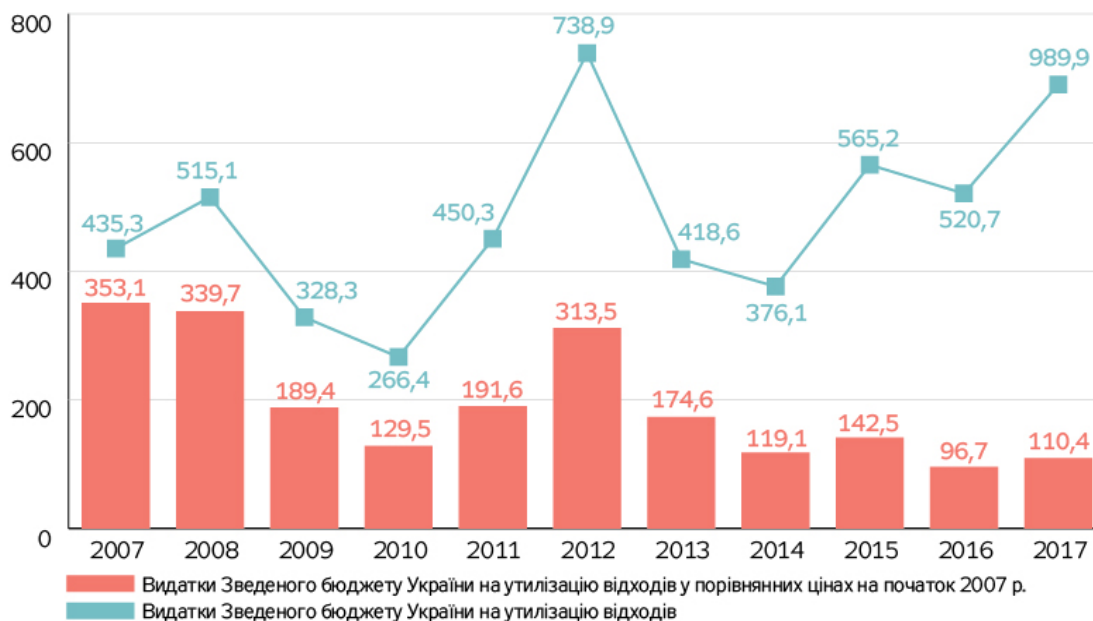
Промислові та тверді побутові відходи	Відходи електричного та електронного устаткування	Зношені автомобільні шини	Відпрацьовані технічні масла, хімічні джерела струму (батареї та акумулятори)	Медичні відходи
На території країни 6 тис. легальних звалищ і полігонів з 12,5 млрд т промислових і побутових відходів, або близько 300 т на одного українця. Щорічно обсяги сміття поповнюються приблизно 300 млн т [19]. За оцінками експертів, крім легальних полігонів, в країні є близько 35 тис. нелегальних звалищ, площа яких 12 тис. кв. км [14]	Зростання їх кількості зумовлене широким використанням телевізорів, комп'ютерів та телефонів	Накопичуються на полігонах, займаючи значні площі земельних угідь, розсіюються в лісах, водоймах тощо, забруднюючи довкілля	Щорічно утворюється близько 400 тис. т відпрацьованих технічних масел (олив), які належать до небезпечних відходів	Щорічно утворюється майже 350 тис. т медичних відходів, що містять небезпечні патогенні й умовно патогенні мікроорганізми і становлять потенційний ризик поширення інфекцій

Рис. 1. Види відходів, що утворюються в Україні

## ГАЛУЗЕВИЙ АСПЕКТ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

На перспективність використання значного потенціалу сміття (10 млн т на рік) для виробництва енергії в Україні зосереджувалась увага в межах заходів Асамблеї IRENA (м. Абу-Дабі, січень 2019 р.) на зустрічі Голови Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України С. Савчука з представниками провідної у відновлюваній енергетиці компанії Masda, заснованій у 2006 р. в ОАЕ, що має близько 3 ГВт «зелених» проектів загальною вартістю 8,5 млрд \$ у понад 20 країнах світу. За підсумками зустрічі сторони домовилися спільно розглянути потенційні проекти енергетичної утилізації сміття в Україні для опрацювання можливостей їх впровадження за участю арабської компанії [11].

У 2016–2017 рр. видатки зведеного бюджету на утилізацію відходів порівняно з 2012 р. скоротилися на 218,2 млн і 49 млн грн відповідно. Максимально витрати бюджетів усіх рівнів на утилізацію відходів було скорочено в 2013–2014 рр., що пов'язано з політнестабільністю в країні та звуженням бюджетних можливостей у фінансуванні природоохоронних заходів. У 2017 р. порівняно з 2016 р. видатки зведеного бюджету на утилізацію відходів збільшилися на 169,2 млн грн, але істотного реального зростання цього виду витрат не відбулося, про що свідчить динаміка видатків зведеного бюджету на утилізацію відходів у порівнянних цінах на початок 2007 р. (рис. 2). Номінальний обсяг витрат на утилізацію відходів збільшився у 2017 р. порівняно з 2016 р. за рахунок як державного, так і місцевих бюджетів. Для першого зростання становило 69,5 млн грн, для других – 99,9 млн.



Джерела: Державна казначейська служба України, розрахунки European Analytical Centre.

Рис. 2. Динаміка видатків Зведеного бюджету України на утилізацію відходів, млн грн

Питома вага місцевих бюджетів у загальних бюджетних витратах у 2007–2017 рр. коливалася в діапазоні 11,6–35,5 % (рис. 3). У 2017 р. порівняно з 2014–2016 рр. відбулося зниження питомої ваги державного бюджету та, відповідно, зростання питомої ваги місцевих бюджетів у структурі витрат зведеного бюджету України на утилізацію відходів.

Аналіз витрат державного та місцевих бюджетів на утилізацію відходів свідчить про звуження інвестиційної участі держави й територіальних громад у процесах ефективного поводження з відходами. Зважаючи на потреби в інвестресурсах для розвитку індустрії утилізації відходів, витрати, профінансовані за рахунок державного та місцевих бюджетів, потребують доповнення значними обсягами вітчизняних і іноземних приватних інвестицій.

## ГАЛУЗЕВИЙ АСПЕКТ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

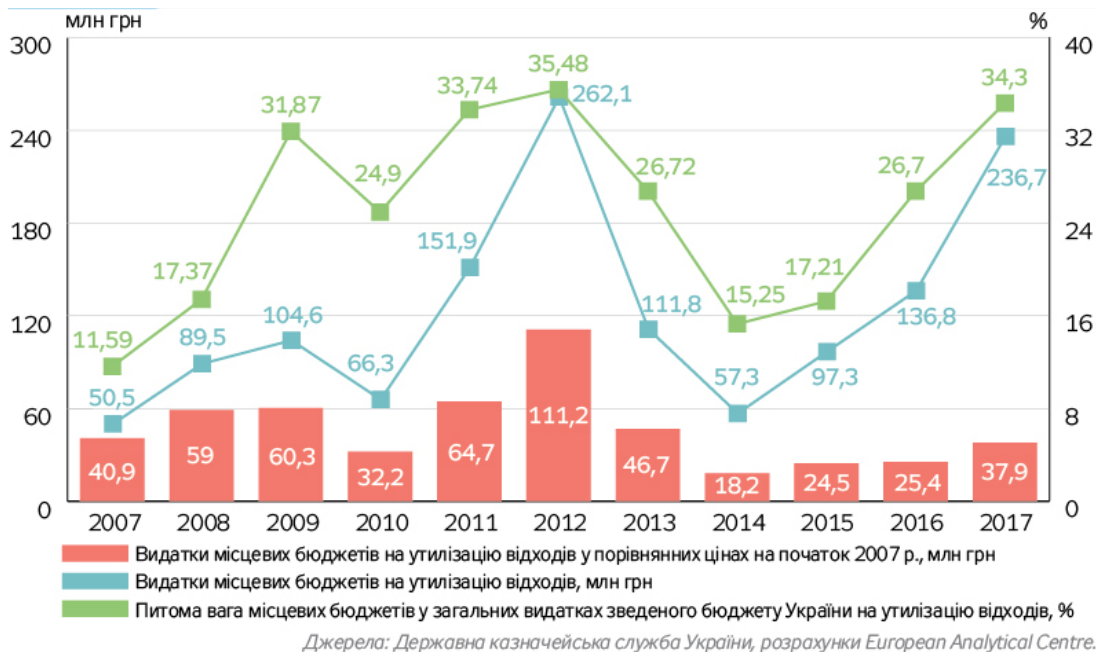


Рис. 3. Динаміка видатків місцевих бюджетів на утилізацію відходів

Нарощування обсягів утилізації відходів здешевить енергоресурси для населення. Україна споживає дорогого природного газу більше, ніж Швеція, Бельгія, Польща, Чехія, Норвегія, Естонія та Латвія разом [12, с. 109], у той час як відновлювальні та альтернативні джерела енергії, зокрема й такі, як енергія біогазів зі звалищ відходів, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій та ін., становлять тільки 4 % від всієї енергії, яка споживається в країні. Тоді як, наприклад, подача електрики і тепла в столиці Швеції [13] Стокгольмі – одній із самих чистих і зелених столиць світу, хоч в ній і розташовані п'ять станцій зі збирання сміття та завод із його спалювання, на 45 % забезпечена саме переробкою відходів, а її частка в енергозабезпеченні країни сягає 20 %. У Берліні за рахунок сміття обігріваються і отримують струм 12 % домогосподарств.

За даними статистики, більшість відходів на звалищах України промислові, проте кількість побутового сміття також вражає – кожен з українців викидає до 250-270 кг на рік. Незважаючи на те, що майже 80 % відходів – це пуста порода від видобутку і переробки корисних копалин, відходи рослинного і тваринного походження, які відносяться до 4-го класу небезпеки (екосистема відновлюється за три роки), на полігонах є і більш небезпечне сміття, наприклад, відходи чорних металів і опади промстоків, побутові відходи 3-го класу небезпеки – їх по 2 %; з'єднання органічної й неорганічної хімії і важкі метали – смертельно небезпечні відходи 1-го і 2-го класів, після яких екологія практично не відновлюється, – всього 2 % і вони знешкоджуються. Але, за словами екологів, віднести те, що зберігається на міських полігонах, до 3-го класу небезпеки можна дуже умовно, оскільки там зберігаються й забруднюють екосистему сотні тонн використаних батарейок, акумуляторів, будвідходів, лаків, фарб, які люди викидають на звалища замість того, щоб здавати на утилізацію. За підрахунками Державної служби статистики України, в рік на звалищах виявляється 3,1 тис. т автомобілів (близько 3000 шт.), з яких утилізовано 3 %, 42 тис. т пластику – утилізується 5 %, 22,3 тис. т скла – утилізується 10 %, 22,9 тис. т гуми – утилізується 28 %, 111 тис. т паперу – утилізується 50 % [14].

Спалювання або захоронення з отриманням енергії – технологія переробки відходів, коли при їх спалюванні виробляються тепло й електроенергія. Для отримання тепла та електрики також використовується метан, що утворюється на полігонах під час розкладання органічної складової відходів [15].

## ГАЛУЗЕВИЙ АСПЕКТ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

Обсяги утворення відходів, які можуть бути використані як вторинні ресурси, настільки великі, що за своєю цінністю вони не тільки відповідають, а й часто перевищують цінність первинних ресурсів. У країнах ЄС діють організаційно-правові механізми, які забезпечують мінімізацію утворення відходів та залучення їх до повторного використання як сировини [12, с. 112], проте в Україні організаційно-правові засади використання відходів як вторинної сировини за основними напрямками поводження з відходами досі не створені.

Одним із головних напрямів зменшення утворення відходів є встановлення відповідальності виробника цих відходів за їх збирання, утилізацію або захоронення (рис. 4).

Інструменти економічного стимулювання скорочення відходів	Схема «Платиш стільки, скільки викидаєш»	Застосовується як у роботі з домогосподарствами, так і з іншими виробниками твердих побутових відходів. Передбачає оплату послуг компаній, що займаються вивезенням і утилізацією відходів, залежно від ваги відходів	Інструменти можуть бути ефективними за умови існування в країні або регіоні, де вони застосовуються, альтернативних способів і технологій переробки та утилізації відходів, рівносильних або більш вигідних за вартістю порівняно зі звичайним захороненням відходів на полігонах	
	Різні податки на захоронення, утилізацію та/або транспортування відходів	У цьому випадку податки мають фіксовану ставку. В Європі такий податок введений у десяти країнах. Найвищий у трьох скандинавських країнах і в Нідерландах – 20-50 євро за тону; в інших країнах – 5-20 євро за тону. Крім того, у Данії, Норвегії та Нідерландах існує податок на спалювання відходів		
	Відшкодування/зниження ставки податків на захоронення та/або вивезення відходів	На суму, витрачену домогосподарством чи іншим суб'єктом господарювання на переробку/мінімізацію відходів безпосередньо в джерела їх продукування		Наприклад, за компостування з використанням спеціального устаткування
	Товарні сертифікати (товарні екологічні дозволи)	Цей інструмент прийшов із практики екологічної політики і являє собою дозвіл на певну кількість (квоти) тих або інших видів відходів. Коли якийсь споживач виробляє меншу кількість відходів, він може продати свою квоту іншим споживачам. Нині такі сертифікати широко застосовуються тільки у Великобританії, здебільшого при роботі з відходами упакування і біорозкладними відходами		Такі сертифікати зазвичай визнаються економічно ефективним засобом для використання в екологічних проектах. Крім того, це зручний інструмент для компаній при виконанні ними своїх зобов'язань у межах прийнятої на себе відповідальності виробників зі скорочення відходів
	Плани із запобігання утворення відходів	Можуть складатися як для цілих галузей, так і для окремих виробництв. Перевагою таких планів є те, що вони дозволяють визначити найбільш економічно ефективні напрями попередження утворення відходів, однак для їх успішного виконання необхідна підтримка відповідних органів влади		Зазвичай вони розробляються в межах різноманітних систем екологічного менеджменту, наприклад, Схема екологічного менеджменту й аудиту EMAS
	Покладання відповідальності за продукування відходів на виробника	У цьому випадку саме виробник несе відповідальність за обсяг і якість відходів, що можуть утворюватися в процесі виробництва його продукції, переважно це стосується упакування, але може стосуватися й безпосередньо продукту. Зазвичай бажаний рівень переробки та/або мінімізації технічних чи інших відходів встановлюється національною владою країни		Оскільки відповідні витрати можуть бути надто високими для окремих виробників, то існує практика створення спеціалізованої компанії всіма або більшістю підприємств галузі, яка займається переробкою та/або утилізацією відходів для цієї галузі. Фінансування діяльності такої компанії здійснюється підприємствами галузі й торговельними компаніями, що реалізують продукцію цих підприємств

Рис. 4. Економічні інструменти мінімізації утворення твердих побутових відходів у країнах ЄС

Джерело: [16].

## ГАЛУЗЕВИЙ АСПЕКТ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

В Європі роздільний збір сміття впроваджений у 1980-х. У Швеції переробляється 99 % усього сміття, в Німеччині, Австрії та Швейцарії обсяг переробки сміття сягає 97 %. У цих країнах сміттєзвалища закриті через непотрібність, практично всі відходи переробляються швидко і з чималою вигодою. Україна залишається однією з небагатьох європейських держав, де досі відсутня державна політика щодо стимулювання сортування і переробки сміття. Закон не зобов'язує виробників переробляти сміття, у зв'язку з чим у нас переробляється тільки 3-8 % відходів [17] (табл. 1).

Таблиця 1

*Переробка побутових відходів в Україні у 2015 році*

Регіон	Обсяг, тис. т
м. Київ	390
Рівненська обл.	37
Київська обл.	36
Тернопільська обл.	16
Харківська обл.	1
Чернівецька обл.	0,9
Вінницька обл.	0,2
Усього	481,1

Джерело: [18].

У світі близько 2,6 тис. сміттєспалювальних заводів, тільки в Японії їх більше ніж 100, у Німеччині працює понад 70 сміттєпереробних заводів [19]. В Україні чотири таких заводи: у Києві, Дніпрі, Харкові та окупованому Севастополі, з них діючий тільки один – завод «Енергія» Київенерго (238 млн грн інвестицій протягом 2013-2018 рр.), що спалює відходи для отримання енергії й тепла, і який через події на Грибовицькому сміттєзвалищі приймав і львівське сміття. За оцінками експертів, з огляду на обсяги похованих відходів в Україні для розвантаження сміттєзвалищ буде потрібно побудувати 50 переробних заводів. Зведення одного універсального заводу з переробки всіх видів твердих побутових відходів потребує близько 20 млн \$. Таким чином, для вирішення проблеми переробки сміття державі необхідно знайти не менше 1 млрд дол., що вимагає залучення інвесторів (табл. 2).

Таблиця 2

*Проекти сміттєпереробних заводів на етапі реалізації в Україні*

Місце розташування підприємства	Обсяг інвестицій	Інвестор
м. Дніпро	120 млн \$	Еко Енерджи (Швеція)
м. Тернопіль	45 млн €	Lone Star International (США)
м. Харків	44 млн \$	Світовий банк
Київська обл.	40 млн €	Emic-Steam (Україна)
м. Одеса	25 млн \$	ОНВ Holding (Південна Корея)
Закарпаття	10 млн €	АВЕ Умвельт (Австрія)

Джерело: [19].

МС Соціальний проект, що належить на 100 % КУА Інвестиційний капітал Україна з групи ІСУ [20], інвестує від 7 млн до 10 млн € в будівництво в Житомирі найбільшого в Україні заводу з переробки несорттованих твердих побутових відходів за спеціальною технологією. Глибина переробки за цією технологією буде досягати 85–95 %, а її результатом стане отримання вторинної сировини, альтернативного RDF-палива для цементних заводів і компосту з органічної фракції твердих побутових відходів. Проектна потужність заводу передбачає переробку близько 82 тис. т твердих побутових відходів за рік. Підприємством з реалізації проекту обрали хорватську компанію Tehnix, яка є виробником обладнання і розробником МБО-Т технології (механічна, біологічна і термічна обробка й переробка твердих комунальних відходів), що побудувала і ввела в експлуатацію понад 50 аналогічних заводів у країнах Євросоюзу.

## ГАЛУЗЕВИЙ АСПЕКТ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

Для вирішення проблеми забезпечення потужностями переробки сміття в Україні до уваги слід взяти всі можливі варіанти розвитку діючих підприємств, а також наявні проекти введення в дію нових підприємств. З розвитком децентралізації зростає роль місцевої влади в питаннях поводження з відходами. Збільшенню обсягів інвестування сприятиме розширення переліку угод державно-приватного партнерства у сфері поводження з відходами. У чинній редакції Закону [21] обробка відходів належить до угод між державними (комунальними) і приватними партнерами, що створює певні інституціональні передумови для застосування такого роду угод у практиці поводження з відходами. При цьому в законодавстві відсутня конкретизація можливих форм державно-приватного партнерства з розміщення, утилізації, видалення та спалювання відходів, тобто не визначені різні моделі співробітництва територіальних громад із приватними партнерами (резидентами та/або нерезидентами), які мають у своєму розпорядженні необхідну матеріально-технічну базу та значний досвід ведення підприємницької діяльності у сфері поводження з відходами [8].

Вибір конкретних варіантів розвитку та розміщення підприємств здійснюється з урахуванням обсягів інвестиційних ресурсів, які можна буде використати для підтримки та нарощування виробничих потужностей. Критерієм оптимальності може слугувати вимога мінімізації необхідних загальних зведених інвестиційних витрат, витрат на переробку сміття, на його транспортування до місця переробки та (або) на транспортування продукту переробки до споживачів [22, с. 21–25; 23, с. 191–193].

Для побудови економіко-математичної моделі задачі планування розвитку та розміщення підприємства (галузі, корпорації) з оптимальним розподілом інвестиційних ресурсів можуть бути введені такі позначення для відомих величин (некерованих параметрів):

$i$  – номер підприємства, існуючого або запроєктованого ( $i = \overline{1; m}$ );

$j$  – номер варіанта розвитку  $i$ -го підприємства ( $j = \overline{1; n_i}$ );

$N_{ij}$  – виробнича потужність  $i$ -го підприємства за умови його розвитку за  $j$ -м варіантом;

$I_{ij}$  – інвестиційні витрати, необхідні для реалізації  $j$ -го варіанта розвитку на  $i$ -му підприємстві;

$R$  – максимально можливий обсяг інвестиційних витрат, що спрямовуватимуться на забезпечення розвитку всіх підприємств;

$e$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності інвестицій (норма дисконту);

$c_{ij}$  – вартість одиниці продукції, яку буде виготовлено на  $i$ -му підприємстві за умови його розвитку за  $j$ -м варіантом;

$k$  – номер споживача продукції ( $k = \overline{1; p}$ );

$b_k$  – попит на продукцію з боку  $k$ -го споживача;

$d_{ik}$  – транспортні витрати на перевезення одиниці продукції за маршрутом з  $i$ -го підприємства до  $k$ -го споживача.

Невідомими виступають:

$x_{ij}$  – логічна змінна, яка відбиває факт вибору для реалізації  $j$ -го варіанта розвитку  $i$ -го підприємства:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i - \text{те підприємство буде розвиватися за } j - \text{м варіантом,} \\ 0 & \text{у протилежному випадку;} \end{cases}$$

$u_{ij}$  – обсяг виробництва продукції на  $i$ -му підприємстві згідно з  $j$ -тим варіантом його розвитку;

$z_{ik}$  – обсяг перевезень продукції за маршрутом з  $i$ -го підприємства до  $k$ -го споживача;

$v$  – загальні зведені витрати на інвестування, виробництво та перевезення продукції.

## ГАЛУЗЕВИЙ АСПЕКТ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

З урахуванням введених позначень економіко-математична модель задачі планування розвитку та розміщення об'єктів з оптимальним розподілом інвестиційних ресурсів набуває виду:

$$v = e \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} I_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} c_{ij} y_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p d_{ik} z_{ik} \rightarrow \min;$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} = 1, i = \overline{1; m}, \\ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} I_{ij} x_{ij} \leq R; \\ 0 \leq y_{ij} \leq N_{ij} x_{ij}, i = \overline{1; m}, j = \overline{1; n_i}; \\ \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij} = \sum_{k=1}^p z_{ik}, i = \overline{1; m}; \\ \sum_{i=1}^m z_{ik} \geq b_k, k = \overline{1; p}; \\ x_{ij} \in \{0; 1\}, i = \overline{1; m}, j = \overline{1; n_i}; \\ z_{ik} \geq 0, i = \overline{1; m}, k = \overline{1; p}. \end{cases}$$

Наведена математична модель являє собою задачу частково цілочислового лінійного програмування з булевими змінними. Для її розв'язування може бути використана надбудова «Пошук рішення» пакета MS Excel.

**Висновки і пропозиції.** Головним напрямом державної політики в напрямі здійснення заходів, спрямованих на енергозбереження, підвищення енергоефективності та отримання енергії з альтернативних джерел в Україні має стати створення всеосяжної послідовної та гнучкої системи фінансових стимулів. Формування сучасної індустріальної бази поводження з відходами має бути не лише важливою складовою державної та регіональної екологічної політики, а й одним із пріоритетів децентралізації влади та реформи місцевого самоврядування.

Переробка сміття в напрямі покращення якості життя й піклування про навколишнє середовище – задоволення не з дешевих, тому в межах міжнародної технічної допомоги Україні варто розглянути також питання її переорієнтації із досліджень на підвищення інвестиційної частки та екологічної конверсії частини зовнішньої заборгованості (debt-for-environment swap), оскільки Україна після підписання Угоди про асоціацію з ЄС [24] має впроваджувати норми європейського законодавства, що потребує збільшення обсягів фінансування. Екологічна конверсія передбачає можливість трансформації частини зобов'язань щодо зовнішнього державного боргу у зобов'язання країни профінансувати природоохоронні заходи на власній території в національній валюті на зумовлену суму. Така екоконверсія здійснювалася у Польщі, Болгарії та інших країнах [12, с. 113–114].

#### Список використаних джерел

1. Цілі сталого розвитку 2016–2030. URL: <http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku-tysiacholitia/tsili-staloho-rozvytku>.
2. Середньостроковий план пріоритетних дій Уряду до 2020 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 3 квітня 2017 р. № 275-р. *Урядовий портал*. URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/diyalnist/programa-diyalnosti-uryadu/serednostrokovij-plan-prioritetnih-dij-uryadu-do-2020-roku-ta-plan-prioritetnih-dij-uryadu-na-2017-rik>.



## ГАЛУЗЕВИЙ АСПЕКТ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

3. Губанова О. Р. Теоретико-методологічні засади формування організаційно-економічного механізму стимулювання вторинного ресурсокористування. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2012. Вип. 13. С. 29–37.
4. Міщенко В. С., Виговська Г. П. Організаційно-економічний механізм поводження з відходами в Україні та шляхи його вдосконалення: монографія. Київ: Наукова думка, 2009. 294 с.
5. Гаркушенко О. М. Регулювання утворення твердих побутових відходів та поводження з ними: необхідність або чинник політичного тиску. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка»*. 2014. Вип. 2 (43). С. 215–218.
6. Маковецька Ю. Фінансово-економічні важелі забезпечення розвитку вторинного ресурсокористування. *Економіст*. 2010. № 12. С. 76–78.
7. Міщенко В., Омеляненко Т. Становлення фінансової бази управління відходами в Україні. *Економіст*. 2012. № 7. С. 48–51.
8. Голян В. Інвестиції в переробку відходів: як подолати пасивність влади та бізнесу. *Дзеркало тижня*. 2018. № 13 (359). С. 9.
9. Голян В. А., Рудинець М. В., Рошкевич В. Ф. Інвестування проектів переробки відходів в умовах децентралізації: сучасний стан та пріоритети. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 9. С. 6–12. URL: <http://www.investplan.com.ua/?op=1&z=6060&i=0>.
10. Програма діяльності Кабінету Міністрів України: Постанова Верховної Ради України № 1099-VIII від 14.04.2016 р. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1099-19#n7>.
11. Держенергоефективності та провідна арабська компанія розглянули шляхи інвестування в українські проекти «зеленої» енергетики та переробки сміття // Урядовий портал. URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/news/derzhenergoefektivnosti-ta-providna-arabska-kompaniya-rozglyanuli-shlyahi-investuvannya-v-ukrayinski-proekti-zelenoyi-energetiki-ta-pererobki-smittya>.
12. Цілі розвитку тисячоліття Україна: 2000-2015. Національна доповідь. Київ, 2015. 125 с. URL: [http://un.org.ua/images/stories/docs/2015\\_MDGs\\_Ukraine\\_Report\\_ukr.pdf](http://un.org.ua/images/stories/docs/2015_MDGs_Ukraine_Report_ukr.pdf).
13. Біржовий лідер. URL: [profi-forex.org](http://profi-forex.org).
14. Панченко О., Серов І. На одного українця припадає 300 тонн відходів: як забруднюють країну. *Сьогодні*. URL: <http://ukr.segodnya.ua/economics/enews/na-odnogo-ukrainca-prihoditsya-300-tonn-othodov-kak-zagryaznyayut-stranu-721245.html>.
15. Україна комунальна. URL: [jkg-portal.com.ua](http://jkg-portal.com.ua).
16. Ющенко Н. Л. Перспективи забезпечення енергопостачання внаслідок переробки сміття в Україні. *Ukraine – EU. Modern Technology, Business and Law : collection of international scientific papers: in 2 parts. Parts 2. Current Issues of Legal Science and Practice. Management and Public Administration. Innovations in Education. Environmental Protection. Engineering and Technologies*. Chernihiv: CNUT, 2017. P. 107–110.
17. Як оптимізувати утилізацію відходів? *Урядовий кур'єр*. URL: <http://ukurier.gov.ua/uk/articles/yak-optimizuvati-utilizaciyu-vidhodiv>.
18. Офіційний веб-сайт Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. URL: <http://www.minregion.gov.ua>.
19. Finance.UA. URL: <http://news.finance.ua/ua/news/-/394107/ukrayinske-eldorado-chomu-vazhlyvi-investytsiyi-v-pererobku-vidhodiv>.
20. ICU побудує найбільший завод з переробки відходів в Україні. URL: <https://biz.nv.ua/ukr/markets/icu-pobuduje-najbilshij-zavod-z-pererobki-vidkhodiv-v-ukrajini-2484776.html>.
21. Про державно-приватне партнерство: Закон України від 10.06.2018 р. № 2189-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2404-17>.
22. Кігель В. Р. Математичні методи ринкової економіки : навч. посіб. Київ: Кондор, 2003. 158 с.
23. Ющенко Н. Л. Економіко-математичні моделі в управлінні та економіці: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.]. Чернігів: Черніг. нац. технолог. ун-т, 2016. 278 с.
24. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. URL: [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/984\\_011](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/984_011).

### References

1. Tsili staloho rozvytku 2016-2030 [Sustainable Development goals 2016-2030]. Retrieved from <http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku-tysiacholittia/tsili-staloho-rozvytku>.
2. Cerednostrokovyi plan priorytetnykh dii Uriadu do 2020 roku [Medium-Term Plan for Priority Actions of the Government by 2020]. № 275-p (dated April 3, 2017). Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/ua/diyalnist/programa-diyalnosti-uryadu/serednostrokovij-plan-prioritetnih-dij-uryadu-do-2020-roku-ta-plan-prioritetnih-dij-uryadu-na-2017-rik>.
3. Hubanova, O. R. (2012). Teoretyko-metodolohichni zasady formuvannya orhanizatsiino-ekonomichnoho mekhanizmu stymuliuвання вторинного resursokorystuvannya [Theoretical and methodological principles of formation of organizational and economic mechanism of stimulation of secondary resource use]. *Visnyk Odeskoho derzhavnogo ekolohichnoho universytetu – Bulletin of the Odessa State Ecological University*, 13, 9–37 [in Ukrainian].
4. Mishchenko, V. S. & Vyhovska, H. P. (2009). *Orhanizatsiino-ekonomichni mekhanizm povodzhennia z vidkhodamy v Ukraini ta shliakhy yoho vdoskonalennia: monohrafiia [Organizational and economic mechanism of waste management in Ukraine and ways of its improvement: monograph]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
5. Harkushenko, O. M. (2014). Rehuliuвання utvorennia tverdykh pobutovykh vidkhodiv ta povodzhennia z nymy: neobkhidnist abo chynnyk politychnoho tysku [Regulation of the formation and handling of solid household wastes: the necessity or factor of political pressure]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Serii Ekonomika – Scientific Bulletin of Uzhgorod University. Series Economics*, 2 (43), 215–218 [in Ukrainian].
6. Makovetska, Yu. (2010). Finansovo ekonomichni vazheli zabezpechennia rozvytku вторинного resursokorystuvannya [Financial economic levers of development of secondary resource use]. *Ekonomist – Economist*, 12, 76–78 [in Ukrainian].
7. Mishchenko, V. & Omelianenko, T. (2012). Stanovlennia finansovoi bazy upravlinnia vidkhodamy v Ukraini [Formation of the financial base of waste management in Ukraine]. *Ekonomist – Economist*, 7, 48–51 [in Ukrainian].
8. Holian, V. (2018). Investytsii v pererobku vidkhodiv: yak podolaty pasyvnist vlady ta biznesu [Investments in waste processing: how to overcome the passivity of power and business]. *Dzerkalo tyzhnia – Mirror of the week*, 13 (359), 9 [in Ukrainian].
9. Holian, V. A., Rudynets, M. V. & Roshkevych, V. F. (2018). Investuvannya proektiv pererobky vidkhodiv v umovakh detsentralizatsii: suchasnyi stan ta priorytety [Investment in waste processing projects under conditions of decentralization: current state and priorities]. *Investytsii: praktyka ta dosvid – Investments: practice and experience*, 9, 6–12. Retrieved from <http://www.investplan.com.ua/?op=1&z=6060&i=0>.
10. Prohrama diialnosti Kabinetu Ministriv Ukrainy [Program of activity of the Cabinet of Ministers of Ukraine]. № 1099-VIII (dated April 14, 2016). Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1099-19#n7>.
11. Derzhenerhoefektyvnosti ta providna arabska kompaniia rozghlianuly shliakhy investuvannya v ukrainski proekty zelenoi enerhetyky ta pererobky smittia [State Department of Energy Efficiency and a leading Arabian company have considered ways to invest in Ukrainian green energy and garbage recycling projects]. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/ua/news/derzhenergoefektivnosti-ta-providna-arabska-kompaniya-rozglyanuli-shlyahi-investuvannya-v-ukrayinski-proekti-zelenoyi-energetiki-ta-pererobki-smittia>.
12. Tsili rozvytku tysiacholittia Ukraina: 2000-2015. Natsionalna dopovid [Millennium Development Goals Ukraine: 2000-2015. National report]. Retrieved from [http://un.org.ua/images/stories/docs/2015\\_MDGs\\_Ukraine\\_Report\\_ukr.pdf](http://un.org.ua/images/stories/docs/2015_MDGs_Ukraine_Report_ukr.pdf).
13. Birzhovyy lider [Stock market leader]. Retrieved from [profi-forex.org](http://profi-forex.org).
14. Panchenko, O. & Sierov, I. (2018). Na odnogo ukraintsia prypadaie 300 tonn vidkhodiv: yak zabrudniuiut krainu [One Ukrainian has 300 tons of waste: how to pollute the country]. *Sehodnia – Today*. Retrieved from <http://ukr.segodnya.ua/economics/enews/na-odnogo-ukrainca-prihoditsya-300-tonn-othodov-kak-zagryaznyayut-stranu-721245.html>.
15. Sait «Ukraina komunalna» [Sait «Ukraine communal»]. Retrieved from [jkg-portal.com.ua](http://jkg-portal.com.ua).

## ГАЛУЗЕВИЙ АСПЕКТ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

16. Yushchenko, N. L. (2017). *Perspektyvy zabezpechennia enerhopostachannia vnaslidok pererobky smittia v Ukraini* [Perspectives of provision of energy supply as a result of rubbish recycling in Ukraine]. Proceedings from *Collection of international scientific papers «Ukraine-EU. Modern Technology, Business and Law»*, 2, 107–110 [in Ukrainian].

17. *Yak optymizuvaty utylizatsiiu vidkhodiv?* [How to optimize waste utilization?]. *Uriadovyi kurier – Uriadovy Courier*. Retrieved from <http://ukurier.gov.ua/uk/articles/yak-optimizuvati-utilizaciyu-vidkhodiv>.

18. *Ofitsiynyi veb-sait Ministerstva rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy* [Official website of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine]. [www.minregion.gov.ua](http://www.minregion.gov.ua). Retrieved from <http://www.minregion.gov.ua>.

19. *Sait Finance.UA* [Site Finance.UA]. *news.finance.ua*. Retrieved from <http://news.finance.ua/ua/news/-/394107/ukrayinske-eldorado-chomu-vazhlyvi-investytsiyi-v-pererobku-vidkhodiv>.

20. *ICU pobuduie naibilshyi zavod z pererobky vidkhodiv v Ukraini* [ICU will build the largest waste recycling plant in Ukraine]. Retrieved from <https://biz.nv.ua/ukr/markets/icu-pobuduje-najbilshij-zavod-z-pererobki-vidkhodiv-v-ukrajini-2484776.html>.

21. *Pro derzhavno-pryvatne partnerstvo* [On Public-Private Partnership. Law of Ukraine]. № 2189-VIII (dated June 10, 2018). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2404-17>.

22. Kihel, V. R. (2003). *Matematychni metody rynkovoi ekonomiky* [Mathematical methods of market economy]. Kyiv: Kondor [in Ukrainian].

23. Yushchenko, N. L. (2016). *Ekonomiko-matematychni modeli v upravlinni ta ekonomitsi* [Economics and Mathematical Models in Management and Economics]. Chernihiv: ChNTU [in Ukrainian].

24. *Uhoda pro asotsiatsiiu mizh Ukrainoiu, z odniiei storony, ta Yevropeiskym Soiuzom, Yevropeiskym spivtovarystvom z atomnoi enerhii i yikhnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoi storony* [Association Agreement between Ukraine, on the one hand, and the European Union, the European Atomic Energy Community and their Member States, on the other]. Retrieved from [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/984\\_011](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/984_011).

**Ющенко Надія Леонідівна** – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри бухгалтерського обліку, оподаткування та аудиту, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Ющенко Надежда Леонидовна** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета, налогообложения и аудита, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

**Yushchenko Nadiia** – PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of Department of Accounting, Taxation and Audit, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** [nadezhda15yu@gmail.com](mailto:nadezhda15yu@gmail.com)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5213-8341>

**ResearcherID:** F-3202-2016