

ОСОБЛИВОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ КОМУНАЛЬНИХ ВІДХОДІВ ТА ВІДХОДІВ РУЙНАЦІЇ

Пацева І.Г.¹, Герасимчук Л.О.¹, Валерко Р.А.¹, Пацев І.С.², Палій О.В.¹

¹Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир

²Національний транспортний університет
вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 01010, м. Київ
rig@ztu.edu.ua

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 населення, підвищення добробуту, зміни обсягу житлового фонду, роздрібної торгівлі та виробництва. Визначено особливості екологічної політики в Україні в умовах розвитку євроінтеграційних процесів. Метою статті є розроблення концептуальних засад формування стратегії реалізації екологічної логістики відходів з позицій сталого екологічно збалансованого розвитку та визначення обсягів накопичення відходів. Опанували 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. Доведено актуальність формування управлінських рішень екологічної логістики твердих побутових відходів задля зниження негативного впливу на довкілля. Показано роль логістики у зменшенні кількості відходів та в досягненні його економічних, соціальних та екологічних цілей. Підкреслено роль екологічної інформації та екологічних знань як особливого ресурсу в інноваційній економіці. Виявлено особливості впровадження екологічного підходу у сфері логістики. Екологістика розглядається як органічна складова загальної стратегії розвитку міста. *Ключові слова:* навколишнє середовище, екологічна криза, тверді побутові відходи, логістика, екологістика, звалище, полігон.

Peculiarities of logistics processes of transportation of utilities and ruinations. Patseva I., Herasymchuk L., Valerko R., Patsev I., Paliy O.

Today, one of the main reasons for the environmentally hazardous situation in a number of regions of Ukraine is the imperfection of the system of collection and transportation of municipal solid waste (MSW), which needs to be improved and constantly adapted to the growth in the amount and variety of household waste due to an increase in the urban population, rising welfare, changes in the volume of housing, retail trade and production. The article also identifies the peculiarities of environmental policy in Ukraine in the context of the development of European integration processes. The purpose of the article is to develop a conceptual framework for the formation of a strategy for the implementation of environmental waste logistics from the standpoint of sustainable ecologically balanced development and to determine the volume of waste accumulation. We studied the practical experience of municipal solid waste (MSW) management in Ukraine and developed countries. We studied theoretical and methodological approaches to analyzing the processes of solid waste generation, taking into account environmental, social and economic factors. The scientific and methodological support for predicting the volume of solid waste generation in the city was created. The dependence of solid waste accumulation on the influence of the main social, environmental and economic factors was revealed, which would provide an opportunity to predict their dynamics as a basis for effective management decisions in the field of regional environmental safety. The article proves the relevance of forming management decisions for the environmental logistics of municipal solid waste in order to reduce the negative impact on the environment. The role of logistics in reducing the amount of waste and in achieving its economic, social and environmental goals is shown. The role of environmental information and environmental knowledge as a special resource in the innovation economy is emphasized. The peculiarities of implementing an ecological approach in the field of logistics are identified. Ecology is considered as an organic component of the overall strategy of city development. *Key words:* environment, ecological crisis, hard domestic wastes, logistic, ecologicistic, dump, ground.

Постановка проблеми. Прийнята Національна стратегія управління відходами в Україні [1] створює умови для підвищення стандартів життя населення шляхом впровадження системного підходу до поводження з відходами на державному та регіональному рівні, зменшення обсягів утворення відходів та збільшення обсягу їх переробки та

повторного використання. Відповідно розробляються Регіональні плани управління відходами. Впровадження заходів, передбачених у цих документах, здійснюється, в першу чергу, на місцевому рівні територіальними громадами (ТГ) та муніципальному рівні – в містах обласного чи районного значення.

Актуальність дослідження. Ринок послуг у сфері поводження з відходами недостатньо розвинутий, інформація про можливості переробки ТКВ [7] та відходів руйнації часто розпорошена по різних джерелах, або її важко отримати. Об'єднані громади не розвивають систему роздільного сортування відходів через недостатній попит на вторинні ресурси та відсутність інформації про засоби та способи рекуперації відходів, особливо відходів руйнації під час військових дій. Проблемою є незначна кількість та незадовільна якість ТКВ та відходів руйнації, що сортує населення. Це не приносить очікуваного прибутку бізнес-структурам, оскільки витрати на збирання та утилізацію занадто великі.

Значна частина ресурсоцінних компонентів найчастіше вивозиться на полігони чи звалища. Вторинна переробка ТКВ та відходів руйнації й їх вторинне використання у господарській діяльності чи вторинному використанні у промисловості дозволила б зменшити кількість відходів на сміттєзвалищах. Проте така діяльність потребує залучення та підтримки місцевої громади [8], додаткового фінансування процесів поводження з відходами, особливо з відходами руйнації та вимагає запровадження системної екологічної просвіти населення. Важливим фактором є підтримка органів державної влади та місцевого самоврядування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика досліджень цієї сфери завжди була у колі особливої уваги таких вітчизняних учених, як С. Беляєва, Р. Берлінг, Г. Виговська, Т. Галушкіна, О. Губанова, Н. Зіновчук, О. Кашенко, В. Кислий, Л. Мельник, О. Оксанич, Ю. Стадницький, С. Харічков та ін [1-4]. Питання, що стосуються включення екологічної складової до системи логістичного управління, розглядаються в працях Є.В. Крикавського, Н.В. Пахомової, Т.М. Скоробогатова, В.П. Мешалкіна, М.М. Некрасової [5]. Слід зазначити, що їх дослідження найчастіше зосереджені в рамках однієї функціональної області логістики, наприклад, ресурсозбереженні. Однак питання стосовно удосконалення системи поводження з відходами

Новизна. Управління відходами в самих громадах є важливим елементом системи господарювання, проте, існуюча криза в сфері надання комунальних послуг вплинула на муніципальне управління твердими комунальними відходами [6]. Компанії, які працюють у сфері поводження з відходами, неспроможні забезпечити населення об'єднаних громад якісними комунальними послугами. Їх обладнання є переважно застарілим та зношеним. Лише незначна частка ТКВ та відходів руйнації із домогосподарств та порушених будівель внаслідок військових дій тощо збирається роздільно та переробляється. В Україні існують окремі успішні підприємства, але їх кількість досить незначна.

Таким чином, існуюча система управління відходами на регіональному рівні не забезпечує збереження економіко-екологічної безпеки держави. Вирішення

цієї проблеми вимагає нових сучасних підходів до формування системи управління відходами на рівні територіальних громад.

Виклад основного матеріалу. Невід'ємною частиною логістичної системи рециклінгу ТКВ та відходів руйнації є процес їх доставки до місця сортування, переробки чи зберігання, що забезпечує організацію збору та перевезення ТКВ ТА та відходів руйнації на підприємство переробки. Етап транспортування відходів є одним із важливих чинників негативного впливу на довкілля. Отже, вибір бізнес-структури перевізника для транспортування ТКВ та відходів руйнації є важливим етапом оптимізації логістичної системи поводження з відходами.

Для комплексної оцінки впливу системи транспортування, розміщення, переробки ТКВ та відходів руйнації слід керуватися певним набором критеріїв [9]. Серед критеріїв необхідно враховувати критерії екологічного впливу на довкілля, економічної ефективності, транспортно-експлуатаційні (логістичні). Існує низка часткових критеріїв оцінки еколого-економічної ефективності транспортної логістичної системи як складової поводження з відходами. Критерій довговічності, наявності нового обладнання, нового автомобільного парку чи термін експлуатації транспортного засобу та наявності власної ремонтної та мийної дільниці є дуже важливим критерієм для нормального функціонування підприємства.

Важливим критерієм вибору підприємства-перевізника є наявність власних контейнерів (не менше 30% від загальної кількості контейнерного парку), для роздільного збору сміття. Тому кількість та наявність таких контейнерів також можна вважати важливим показником. Досвід роботи підприємства свідчить про його можливості та перспективи розвитку у цій сфері. Очевидно, що між двома фірмами оберуть ту, яка вже давно визнана на ринку та повністю задовольняє користувачів їх послуги. Тому, як ще одним критерієм доцільно обрати досвід роботи [10].

Для дослідження доцільно використовувати ті, що в повній мірі відображають ефективність процесу транспортування та вплив на довкілля. При виборі критеріїв необхідно орієнтуватися на такі показники, що враховують принципи сталого розвитку, споживання природних ресурсів (в процесі транспортування – палива, що виробляється з вичерпного природного ресурсу – нафти), рівень впливу на довкілля шкідливих компонентів відпрацьованих газів двигунів транспортних засобів, мінімізацію впливу на довкілля тощо.

Згідно з методологією управління програмами Р2М [13] найбільш прийнятними та ефективними методами, що формують системи показників ефективності програми, є метод «П'ять «Е» і два «А»». Метод «П'ять «Е» і два «А»» включає показники: п'ять «Е» – efficiency (ефективність), effectiveness

(результативність), earned value (освоений об'єм), ethics (етика), ecology (екологія) і два «А» – accountability (підзвітність), ascertability (прийнятність). Набір показників може бути представлено у вигляді такої моделі:

$$P5E2A = (E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, A_1, A_2) = (\{e_1\}, \{e_2\}, \{e_3\}, \{e_4\}, \{e_5\}, \{a_1\}, \{a_2\}) = (e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, a_1, a_2) \quad (1)$$

$$0 \leq e_i^- \leq e_i \leq e_i^+ < +\infty, i = 1, 2, 3, 4, 5;$$

$$0 \leq a^- \leq a_i \leq a^+ < +\infty, i = 1, 2.$$

де $P5E2A$ – показник ефективності екологічної програми;

E_1 – матеріально-технічні критерії;

E_2 – професійні вимоги;

E_3 – фінансово-економічні критерії;

E_4 – екологічні критерії;

E_5 – соціальні критерії;

A_1 – надійність, визначається рівнем відповідальності менеджменту за результати програми, включаючи проміжні результати, отримані зацікавленими сторонами, а також прозорістю, наочністю і відкритістю інформування громадськості про статус програми на поточний момент;

A_2 – допустимість, яка визначається значеннями, що прийняли зацікавлені сторони для вартісних показників програми, виражені в кількості вкладеного капіталу, гарантії повернення інвестицій і затверджених планів розподілу потоку грошових коштів програми в часі; e^- , e^+ , a^- , a^+ – межі зміни показника.

Множина матеріально-технічних критеріїв включає [11]:

$$E_1 = (MT_1^{\text{норм.прав}}, MT_2^{\text{мат-техн.}}, MT_3^{\text{ефект.послуг}}, MT_4^{\text{автотр.}}, MT_5^{\text{контейн.госп}}) \quad (2)$$

де $MT_1^{\text{норм.прав}}$ – критерій відповідності нормативно-правовим вимогам;

$MT_2^{\text{мат-техн.}}$ – критерій відповідності матеріально-технічної бази;

$MT_3^{\text{ефект.послуг}}$ – критерій ефективності виконання послуги;

$MT_4^{\text{автотр.}}$ – характеристика автотранспорту перевізника;

$MT_5^{\text{контейн.госп}}$ – критерій контейнерне господарство.

Характеристика критерію нормативно-правових вимог може визначатися множиною:

$$MT_1^{\text{норм.прав.}} = (MT_{1.1}^{\text{норм.прав.}}, MT_{1.2}^{\text{норм.прав.}}, MT_{1.3}^{\text{норм.прав.}}, MT_{1.4}^{\text{норм.прав.}}, MT_{1.5}^{\text{норм.прав.}}, MT_{1.6}^{\text{норм.прав.}}) \quad (3)$$

де $MT_{1.1}^{\text{норм.прав.}}$ – наявність сертифікату відповідності послуг;

$MT_{1.2}^{\text{норм.прав.}}$ – наявність дозволу на право вивезення відходів;

$MT_{1.3}^{\text{норм.прав.}}$ – наявність дозволів на розміщення відходів на полігоні;

$MT_{1.4}^{\text{норм.прав.}}$ – наявність дозволу від санепідемстанції на розміщення відходів;

$MT_{1.5}^{\text{норм.прав.}}$ – наявність відповідних дозволів від місцевих органів, органу державного екологічного управління;

$MT_{1.6}^{\text{норм.прав.}}$ – наявність лімітів на утворення та розміщення ТКВ та відходів руйнації.

Характеристика критерію матеріально-технічної бази може визначатися множиною:

$$MT_2^{\text{матер.техн.}} = (MT_{2.1}^{\text{матер.техн.}}, MT_{2.2}^{\text{матер.техн.}}, MT_{2.3}^{\text{матер.техн.}}, MT_{2.4}^{\text{матер.техн.}}, MT_{2.5}^{\text{матер.техн.}}) \quad (4)$$

де $MT_{2.1}^{\text{матер.техн.}}$ – власна матеріально-технічна база;

$MT_{2.2}^{\text{матер.техн.}}$ – орендована з власними фахівцями щоденного контролю технічного стану автотранспорту та медичного контролю стану здоров'я водіїв;

$MT_{2.3}^{\text{матер.техн.}}$ – орендована з наданням послуг відповідною організацією;

$MT_{2.4}^{\text{матер.техн.}}$ – наявність авторемонтної майстерні для ремонту автотранспорту;

$MT_{2.5}^{\text{матер.техн.}}$ – наявність приміщення для ремонту та зберігання контейнерів для сміття.

Характеристика критерію ефективності виконання послуги може визначатися множиною:

$$MT_3^{\text{ефект.послуги}} = (MT_{3.1}^{\text{ефект.послуги}}, MT_{3.2}^{\text{ефект.послуги}}, MT_{3.3}^{\text{ефект.послуги}}, MT_{3.4}^{\text{ефект.послуги}}, MT_{3.5}^{\text{ефект.послуги}}) \quad (5)$$

де $MT_{3.1}^{\text{ефект.послуги}}$ – наявність власного полігону;

$MT_{3.2}^{\text{ефект.послуги}}$ – наявність власного сміттесортувальної станції;

$MT_{3.3}^{\text{ефект.послуги}}$ – наявність договорів з підприємствами, що здійснюють зберігання, утилізацію, переробку, знешкодження або захоронення відходів;

$MT_{3.4}^{\text{ефект.послуги}}$ – % власного автотранспорту у загальній кількості автотранспорту перевізника з діючими ліцензійними картками;

$MT_{3.5}^{\text{ефект.послуги}}$ – % вітчизняного автотранспорту у загальній кількості автотранспорту перевізника.

Характеристика критерію автотранспорту перевізника може визначатися множиною:

$$MT_4^{\text{автотр.}} = (MT_{4.1}^{\text{автотр.}}, MT_{4.2}^{\text{автотр.}}, MT_{4.3}^{\text{автотр.}}, MT_{4.4}^{\text{автотр.}}, MT_{4.5}^{\text{автотр.}}, MT_{4.6}^{\text{автотр.}}, MT_{4.7}^{\text{автотр.}}, MT_{4.8}^{\text{автотр.}}, MT_{4.9}^{\text{автотр.}}, MT_{4.10}^{\text{автотр.}}, MT_{4.11}^{\text{автотр.}}, MT_{4.12}^{\text{автотр.}}, MT_{4.13}^{\text{автотр.}}) \quad (6)$$

де $MT_{4.1}^{\text{автотр.}}$ – кількість спеціалізованих сміттєвозів;

$MT_{4.2}^{\text{автотр.}}$ – кількість вантажних платформ;

$MT_{4.3}^{\text{автотр.}}$ – кількість вантажних самоскидів;

$MT_{4.4}^{\text{автотр.}}$ – термін експлуатації автотранспорту;

$MT_{4.5}^{\text{автотр.}}$ – Євро-клас транспортного засобу;

$MT_{4.6}^{\text{автотр.}}$ – вантажопідйомність транспортного засобу;

$MT_{4.7}^{\text{автотр.}}$ – кількість споживання палива;

$MT_{4.8}^{\text{автотр.}}$ – наявність системи заднього завантаження Євро контейнерів різного об'єму;

$MT_{4.9}^{\text{автотр.}}$ – обладнання тентами для перевезення сипучих вантажів;

$MT_{4,10}^{автомр.}$ – ущільнення кузовів для запобігання забруднення шляхів та прилеглої території;

$MT_{4,11}^{автомр.}$ – обладнання пристроями контролю та супроводу перевезення відходів;

$MT_{4,12}^{автомр.}$ – наявність системи GPS-control;

$MT_{4,13}^{автомр.}$ – проведення планової мийки і дезінфекції сміттєвозів.

Характеристика критерію *контейнерне господарство* може визначатися множиною:

$$MT_5^{контейн.госп} = (MT_{5,1}^{контейн.госп}, MT_{5,2}^{контейн.госп}, MT_{5,3}^{контейн.госп}), \quad (7)$$

де $MT_{5,1}^{контейн.госп}$ – загальна кількість власних контейнерів;

$MT_{5,2}^{контейн.госп}$ – кількість контейнерів для роздільного збору ТКВ та відходів руйнації;

$MT_{5,3}^{контейн.госп}$ – кількість типів контейнерів різного об'єму (якісний склад).

Множина критеріїв професійних вимог включає:

$$E_2 = (E_2^{досвід}, E_2^{рівень.знань}, E_2^{рівень.роботи}) \quad (8)$$

де $E_2^{досвід}$ – досвід перевізника;

$E_2^{рівень.знань}$ – рівень знань перевізника;

$E_2^{рівень.роботи}$ – рівень роботи перевізника без порушень, виявлених працівниками Державтоінспекції.

Характеристика критерію *досвід перевізника* може визначатися множиною:

$$E_2^{досвід} = (E_{2,1}^{досвід}, E_{2,2}^{досвід}) \quad (9)$$

де $E_{2,1}^{досвід}$ – досвід роботи перевізника з надання певних послуг;

$E_{2,2}^{досвід}$ – досвід роботи перевізника з організації збору, вивезення ТКВ та відходів руйнації.

Характеристика критерію *рівня знань перевізника* може визначатися множиною:

$$E_2^{рівень.знань} = (E_{2,1}^{рівень.знань}, E_{2,2}^{рівень.знань}, E_{2,3}^{рівень.знань}) \quad (10)$$

де $E_{2,1}^{рівень.знань}$ – % адміністративного персоналу, які мають необхідні знання та досвід у сфері поводження з ТКВ та відходів руйнації;

$E_{2,2}^{рівень.знань}$ – % виробничого персоналу, які мають необхідні знання та досвід;

$E_{2,3}^{рівень.знань}$ – % водіїв, які пройшли спеціальний інструктаж.

Характеристика критерію *рівень роботи перевізника без порушень, виявлених працівниками Державтоінспекції*, може визначатися множиною:

$$E_2^{рівень.роботи} = (E_{2,1}^{рівень.роботи}, E_{2,2}^{рівень.роботи}) \quad (11)$$

де $E_{2,1}^{рівень.роботи}$ – % порушень, виявлених працівниками Державтоінспекції, що припадає на кількість дозволів виданих перевізникові;

$E_{2,2}^{рівень.роботи}$ – кількість дорожньо-транспортних пригод, скоєних з вини водіїв перевізника (за останній рік).

Множина фінансово-економічних критеріїв включає:

$$E_3 = (FE_1^{фін.}, FE_2^{екон.}, FE_3^{екон.-екол.}), \quad (12)$$

де $FE_1^{фін.}$ – критерій фінансових показників;

$FE_2^{екон.}$ – критерій економічних показників;

$FE_3^{екон.-екол.}$ – критерій еколого-економічних показників.

Відповідність критерію фінансових показників може визначатися множиною:

$$FE_1^{фін.} = (FE_{1,1}^{фін.}, FE_{1,2}^{фін.}, FE_{1,3}^{фін.}, FE_{1,4}^{фін.}), \quad (13)$$

$FE_{1,1}^{фін.}$ – ціна вивезення 1 м³ ТПВ з певної території;

$FE_{1,2}^{фін.}$ – вартість пального, що використовується для транспортування ТКВ та відходів руйнації;

$FE_{1,3}^{фін.}$ – витрати на оплату праці водіїв;

$FE_{1,4}^{фін.}$ – витрати на технічне обслуговування транспортних засобів.

Відповідність критерію економічних показників може визначатися множиною:

$$FE_2^{екон.} = (FE_{2,1}^{екон.}, FE_{2,2}^{екон.}), \quad (14)$$

де $FE_{2,1}^{екон.}$ – продуктивність праці спецавтотранспорту з перевезення ТПВ (об'єм ТПВ і негабаритних відходів, що перевозяться за один рейс);

$FE_{2,2}^{екон.}$ – можливість залучення інвестицій для придбання відповідної кількості контейнерів для збору ТПВ з наступною передачею їх до міської комунальної власності.

Відповідність критерію еколого-економічних показників може визначатися множиною:

$$FE_3^{екон.-екол.} = (FE_{3,1}^{екон.-екол.}, FE_{3,2}^{екон.-екол.}, FE_{3,3}^{екон.-екол.}), \quad (15)$$

де $FE_{3,1}^{екон.-екол.}$ – еколого-економічний збиток від забруднення довкілля;

$FE_{3,2}^{екон.-екол.}$ – еколого-економічний збиток від вилучення земель із с/г використання;

$FE_{3,3}^{екон.-екол.}$ – екологічні платежі за використання природних ресурсів.

Відповідність екологічному критерію *ніків* може визначатися множиною:

$$E_4 = (E_{4,1}^{екол.}, E_{4,2}^{екол.}, E_{4,3}^{екол.}, E_{4,4}^{екол.}, E_{4,5}^{екол.}), \quad (16)$$

де $E_{4,1}^{екол.}$ – викиди в атмосферу шкідливих речовин при перевезенні ТКВ та відходів руйнації;

$E_{4,2}^{екол.}$ – забруднення водою та підземних вод;

$E_{4,3}^{екол.}$ – забруднення ґрунтів та прилеглої території;

$E_{4,4}^{екол.}$ – кількість відходів самого підприємства;

$E_{4,5}^{екол.}$ – збереження біорізноманіття.

Відповідність соціальному критерію може визначатися множиною:

$$E_5^{соціальн} = (E_{5,1}^{соціальн}, E_{5,2}^{соціальн}, E_{5,3}^{соціальн}, E_{5,4}^{соціальн}, E_{5,5}^{соціальн}), \quad (17)$$

де $E_{5,1}^{соціальн}$ – якість перевезення;

$E_{5,2}^{соціальн}$ – додержання графіка вивозу ТКВ та відходів руйнації;

$E_{5.3}^{\text{соціальн}}$ – наявність системи зв'язку з клієнтами;
 $E_{5.4}^{\text{соціальн}}$ – ефективність проведення інформаційної компанії впровадження системи роздільного збору відходів;

$E_{5.5}^{\text{соціальн}}$ – % скарг, що припадає на кількість дозволів виданих перевізникові.

При виборі критеріїв потрібно спиратися на наявні кількісні та якісні показники роботи підприємств. Розроблені критерії дозволяють вибирати підприємство, для здійснення відповідних послуг. Множини локальних критеріїв можуть бути використані самим підприємством для здійснення тих чи інших заходів.

Застосуємо окремі критерії для вибору більш екологічного транспортного засобу для транспортування ТКВ та відходів руйнації.

З множини запропонованих критеріїв вибираємо критерії, які найбільш характеризують еколого-економічну ефективність превезення відходів. В результаті експертного оцінювання було вибрано фінансові, еколого-економічні та матеріально-технічні критерії:

$$(FE_{1.2}^{\text{фін.}}, FE_{1.3}^{\text{фін.}}, FE_{1.4}^{\text{фін.}}) \cup (FE_{3.1}^{\text{екон.-екол.}}, FE_{3.2}^{\text{екон.-екол.}}, FE_{3.3}^{\text{екон.-екол.}}) \cup (MT_{4.5}^{\text{автомтр.}}, MT_{4.6}^{\text{автомтр.}}, MT_{4.7}^{\text{автомтр.}}). \quad (18)$$

Вартість пального ($FE_{1.2}^{\text{фін.}}$) в сукупності з логістичними витратами впливає на вартість перевезення відходів, але це є некерований параметр, оскільки ціна на паливо залежить від ціни на нафту. Розрахунок витрат пального транспортним засобом будемо проводити відповідно до [195, 290].

Еколого-економічний збиток від забруднення довкілля шкідливими викидами забруднюючих речовин від двигунів внутрішнього згоряння транспортних засобів залежать в першу чергу від Євро-класу транспортного засобу [12]. Тобто чим менше двигун викидає в довкілля поллютантів тим меншим буде екологічний збиток довкілля, відповідно заміна транспортного засобу на більш «зелений» мінімізує негативний вплив на довкілля.

Еколого-економічний збиток від забруднення довкілля транспортними засобами будемо проводити відповідно методики визначення рівня забрудненості навколишнього середовища автомобілями відповідно до норм Euro представленої в методичних

вказівках «Оцінювання автомобільного транспорту як джерела шкідливих речовин».

Логістичні витрати на транспортування ТКВ та відходів руйнації залежать від транспортно-експлуатаційних показників вантажівок. Від Євро-класу транспортного засобу залежить витрата палива та викиди шкідливих речовин, що відповідно визначають еколого-економічний збиток довкілля. Вантажопідйомність є не менш важливим критерієм, оскільки від нього залежить скільки їздок має зробити транспортний засіб, щоб доставити необхідну масу вантажу у визначене місце.

Еколого-економічну ефективність системи поводження з ТКВ та відходів руйнації можна визначити як сукупність еколого-економічного збитку завданому навколишньому середовищу, відповідно чим менший збиток, тим ефективніше система поводження з відходами (8):

$$\sum EEZ \rightarrow \min \quad (19)$$

Під час визначення ефективності системи поводження з ТКВ та відходів руйнації слід враховувати подальші збитки довкілля (при розміщення пляшок на звалищі) та наявність чи відсутність прибутку від даної діяльності.

Головні висновки. Таким чином, в результаті досліджень сформована концептуальна модель екологічно-безпечної інноваційної логістичної системи управління поводження з відходами для територіальних громад. Запропонована схематична модель логістичної системи функціонування регіонального плану поводження з відходами для ОТГ із включенням координаційного агенту для управління поводженням з відходами для забезпечення управління всіма логістичними потоками ТКВ та відходів руйнації – фінансовими, матеріальними, інформаційними. Для комплексної оцінки впливу системи транспортування, розміщення і переробки ТКВ та відходів руйнації запропоновано набір критеріїв, який включає матеріально-технічні критерії, критерії професійних вимог, фінансово-економічні критерії, екологічні критерії та соціальні критерії. Кожна група критеріїв характеризується множиною локальних критеріїв, що дозволяє здійснити вибір бізнес-структури перевізника для транспортування ТКВ та відходів руйнації при оптимізації логістичної системи поводження з відходами.

Література

1. Управління відходами: вітчизняний та зарубіжний досвід: посіб. / [О.І. Бондар, В.Є. Барановська, М.О. Барінов та ін.]; за ред. О.І. Бондаря. К.: Айва Плюс Лтд, 2008. 196 с.
2. Воробйов А.Е., Чекушина Е.В. Принципи управління твердими побутовими відходами. Співпраця для вирішення проблеми відходів: Зб. наук. праць. Харків: ХНЕУ, 2009. С. 65–69.
3. Коцюба І.Г., Хрутьба В.В. Методологія екологічного краудсорсингу у сфері поводження з відходами. Науково-практичний журнал «Екологічні науки». 2019. Вип. 2(25). С. 203–205.
4. Podchashinskiy, Y., Kotsiuba, I., Yelnikova, T. (2017). Math modeling and analysis of the impact of municipal solid waste landfill leachate on the environment. Східно-Європейського журналу передових технологій, 1 (10). р. 4–10.
5. Kotsiuba I., Lyko S., Lukianova V., Anpilova Y. Computational dynamics of municipal wastes generation in Zhytomyr city. Збірник наукових праць: Екологічна безпека та природокористування. № 1(25), 2018. С. 33–44.

6. Коцюба І. Г., Щербатюк А. Ф., Годовська Т.Б. Прогнозування обсягів утворення твердих побутових відходів в місті Житомирі. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Серія: «Механіко-технологічні системи та комплекси», Харків: НТУ «ХПІ». 2016. № 7 (1179). С. 95–100.
7. Коцюба І.Г., Лефтер Ю.О., Нонік Л.Ю., Єльнікова Т.О., Герасимчук О.Л. Аналіз сучасного досвіду та напрямів вирішення проблем управління твердими комунальними відходами. Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: Видавничий дім «Гельветика», 2021. № 6(39). С. 166–170. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.28>
8. Silvia Cosimato, Orlando Troisi The Influence of Green Innovation in Logistics Competitiveness and Sustainability. The DHL Case Study. Liverpool (2014): 17th Toulon-Verona Conference “Excellence in Services”. 28–29 august, 2014. P. 95–112.
9. Long D. Nghiem, Faisal I. Hai, Andrzej Listowski. Water reclamation and nitrogen extraction from municipal solid waste landfill leachate. *Desalination and Water Treatment*. 2016. Vol. 57, Issue 60. P. 29220–29227. <http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2016.1169949>.
10. Seung-Kyu Chun, Nack-Joo Kim. The Effect of Leachate and Organic Waste Water Injection on Decomposition Characteristics of Landfill Waste. *Journal of Korea Society of Waste Management*. 2012. Vol. 29. No. 8. P. 697–704. <https://doi.org/10.9786/kswm.2012.29.8.697>.
11. Melnyka, A. Kuklińska K., Wolskaa L., Namieśnika J. Chemical pollution and toxicity of water samples from stream receiving leachate from controlled municipal solid waste (MSW) landfill. *Environmental Research*. 2014. Vol. 135. P. 253–261. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2014.09.010>.
12. Kotsiuba I., Herasymchuk O., Shamrai V., Lukianova V., Anpilova Y., Rybak O., Lefter I. A Strategic Analysis of the Prerequisites for the Implementation of Waste Management at the Regional Level. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. Vol. 24(1). P. 55–66.
13. Khrutba V., Morozova T., Kotsiuba I., Shamrai V. Simulation Modeling for Predicting the Formation of Municipal Waste. In: Shkarlet S., Morozov A., Palagin A. (eds) *Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020)*. MODS 2020. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1265. Springer, Cham. 2021. P. 24–35. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_3
14. Коцюба І., Лико С., Луцянова В., Анпілова Ю. Науково-теоретичне обґрунтування накопичення твердих побутових відходів Житомирщини. Збірник наукових праць: Екологічна безпека та природокористування, Київ. № 4 (36). 2020. С. 56–65.