

«ПРИРОДНИЧІ НАУКИ»

ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ

УДК 504:06

*В.І. Бредун, к.т.н., доцент,
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

ТЕХНОЛОГІЧНІ Й ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЛОГІСТИКИ ТПВ

***Анотація.** Планування логістичних схем збору ТПВ складових регіональних систем поводження з відходами в сучасних умовах для України є важливою науково-практичною задачею, яка на даний час не має досконалих методологічних механізмів її вирішення. В роботі виділені фактори, що впливають на екологічну безпеку процесів збору ТПВ, встановлено основні концептуальні засади проведення аналітичних досліджень екологічної безпеки логістичних схем збору ТПВ, запропонована система показників для поточного аналізу технологічної ефективності та екологічної безпеки логістичної схеми збору ТПВ під час планування, сформульовано основи концепції та базові принципи аналізу екологічної небезпеки логістичних процесів збору ТПВ.*

***Ключові слова:** логістична схема, тверді побутові відходи, екологічна безпека, технологічна ефективність.*

UDC 504:06

*Bredun V.I., Ph.D. Associate Professor
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»*

TECHNOLOGICAL AND ECOLOGICAL ASPECTS OF MSW LOGISTICS

***Abstract.** Planning of logistical schemes of solid waste collection of components of regional waste management systems in modern conditions for Ukraine is an important scientific and practical task, which currently does not have perfect methodological mechanisms for its solution. The factors influencing the ecological safety of solid waste collection processes are identified, the basic conceptual bases of analytical researches of ecological safety of logistic schemes of solid waste collection are established, the system of indicators for the current analysis of technological efficiency and ecological safety of the logistic scheme of solid waste collection during planning is formulated. and basic principles of environmental hazard analysis of logistics processes of solid waste collection.*

***Keywords:** logistic scheme, solid household waste, ecological safety, technological efficiency.*

Вступ. В сучасних умовах України великі міста здебільшого мають схеми санітарного очищення. Найбільш актуальною задачею даного часу є розробка таких схем для невеликих міст, селищ міського типу, сел. Сучасною тенденцією розвитку адміністративного устрою територій є об'єднання невеликих населених пунктів у об'єднані територіальні громади (ОТГ). Часто в таких територіальних структурах лінійні розміри населених пунктів є меншими ніж відстані між цими населеними пунктами. Таким чином, їх не можна розглядати яку єдину урбанізовану територію. Логістична система збору ТПВ в такому випадку представляє собою комплекс розокремлених низькопродуктивних (з малими добовими обсягами утворення відхо-

дів) ділянок збору, об'єднаних у єдину мережу. В таких випадках структура планування маршруту в середині населених пунктів мало впливає на загальну довжину маршруту. Відповідно, гранична відстань транспортування з урахуванням ступеня завантаженості сміттєвозу та тривалості робочої зміни не завжди може бути критерієм оптимізації вибору транспортного засобу.

Методи досліджень. Методологічною основою даної роботи є системний аналіз сучасних тенденцій розвитку регіональних систем управління відходами малих населених пунктів України та структурно-логічний синтез комплексу технологічних та екологічних показників ефективності даних систем.

Матеріал досліджень. В науковій літературі описано ряд методик визначення ефективності планування логістичних схем збору ТПВ. Кожна з цих методик має свою сферу застосування, переваги та недоліки.

Так, методика, наведена у [1] призначена для аналізу ефективності роботи сміттєвозів великого міста. При цьому головним критерієм є гранична відстань транспортування при порівнянні двох транспортних засобів.

Метод математичного моделювання [2] окремих елементів логістичної схеми базується на аналізі великої кількості статистичної та проектної інформації. Це одночасно є і перевагою і недоліком даного методу. З одного боку, це дозволяє враховувати всі технологічні й економічні аспекти проектування. З іншого – вимагає значних обчислювальних ресурсів та затрат часу, наявності обширної бази даних.

В основу енергетичної моделі оптимізації використання сміттєвозів [3] покладено принцип мінімізації енергозатрат на обслуговування маршрутів. Дана методика дозволяє досить змістовно проаналізувати саме технологічні аспекти проектування. Але зазначений принцип не завжди може бути застосований в повній мірі через регіональну специфіку архітектурно-планувальних обмежень, наявність та якість дорожньої мережі, особливості економічного адміністрування схеми санітарної очистки.

Процес санітарного очищення населених пунктів з екологічної точки зору є доволі специфічним. З одного боку він підвищує рівень санітарного благополуччя і екологічної безпеки населених територій. З іншого – сам є джерелом екологічної небезпеки. Характерною особливістю даного процесу є те, що його технологічна та екологічна ефективність мають тісний логічний зв'язок і значна частина показників екологічної ефективності визначається показниками технологічної ефективності.

На підставі аналізу практичних розробок кафедри ПЕіП [4]. Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», нами виділені наступні фактори, що впливають на екологічну безпеку процесів збору та вивозу ТПВ:

- нормативно-правові;
- технологічні (конструктивні, експлуатаційні);
- логістичні (організаційні, планувальні).

Предметом наших досліджень є друга та третя групи факторів.

Так, в групу технологічних чинників входять: тип системи збору ТПВ; типи і кількість встановлених контейнерів; кількість, ступінь облаштування та місця встановлення контейнерних майданчиків; інтервал вивозу ТПВ; тип сміттєвоза; об'єм бункера та вантажопідйомність сміттєвоза; спосіб завантаження ТПВ та конструктивні особливості бункера; час циклу завантаження одного контейнера; коефіцієнт пресування сміття; технічний стан шасі та спецобладнання; тип двигуна автомобіля та тип пального, що використовується; лінійні витрати пального та витрати пального на вантажні операції; технологічна швидкість руху автомобіля; тип та якість дорожнього полотна; ступінь наповнюваності бункера сміттєвоза.

До групи логістичних чинників належать: тип організації логістичного процесу; структура дорожньої мережі, наявність проїздів, ширина вулиць, наявність обмежень руху; наявність та просторове розташування об'єктів захоронення або переробки ТПВ; режим роботи сміттєвозу; наявність на маршруті руху сміттєвозу природних об'єктів, що охороняються або мають

підвищену вразливість; кількість зупинок на маршруті; кількість операцій завантаження на маршруті; лімітуючі фактори планування маршрутів; конфігурація маршрутів; архітектурно-будівельна, соціальна-побутова, виробничо-промислова досконалість планування інфраструктури міста; адміністративно-економічна організація системи поводження з відходами.

Чітка систематизація чинників дозволяє не тільки зрозуміти загальні принципи формування екологічної небезпеки процесами збору ТПВ, а й сформувати концепцію аналізу логістично-технологічної складової механізму забезпечення екологічної безпеки територій під час збору та вивезення ТПВ. На основі аналізу літературних матеріалів [5] та практичного досвіду кафедри ПЕіП нами встановлено основні концептуальні засади проведення аналітичних досліджень екологічної безпеки логістичних схем збору ТПВ:

1. Елементом управління екологічною безпекою регіону є не тільки процес очищення території від ТПВ, а й забезпечення екологічної безпеки самого процесу збору відходів шляхом його раціонального логістичного планування. Однак, саме ця група завдань логістичного планування на даний час не має достатньо повного всебічного наукового обґрунтування.

2. Основними факторами формування екологічної небезпеки самими елементами систем збору ТПВ є: нормативно-правові чинники; технологічні чинники; логістичні чинники.

3. Логістична структура систем збору ТПВ, процес її планування та особливості формування її екологічної небезпеки мають чітко виражену регіональну специфіку.

4. Системи регіональної логістики відходів Полтавської області мають, здебільшого, комбінований місько-сільський, а частіше селищно-сільський тип. При даному типі логістики екологічна небезпека схеми санітарної очистки може мати три шляхи формування: транспортний (в районах обслуговування сільських населених пунктів), транспортно-вантажний (для невеликих міст та селищ міського типу при пропорційному забезпеченні приватними й колективними контейнерами), вантажний (для невеликих міст та селищ міського типу при переважному забезпеченні приватними контейнерами).

5. Часто існуючі підходи поводження з відходами у сільській місцевості є неприпустимими, оскільки значна частина забруднюючих речовин потрапляє у гідро-, літосферу та біогеоценоз. Відсутність сміттєпереробних заводів, підприємств з утилізації небезпечних відходів у складі побутових та занепад і нестача спеціальних транспортних засобів у сільській місцевості збільшують рівень регіональної екологічної небезпеки.

6. Архітектурно-будівельна, шляхова, соціальна-побутова, виробничо-промислова досконалість планування інфраструктури міста прямо впливає на екологічні показники системи поводження з відходами населеного пункту.

7. Механізм формування екологічної небезпеки системи збору ТПВ становить собою структуру взаємозв'язків чинників правового, організаційного, технологічного і логістичного характеру, і визначається на етапі логістичного планування системи санітарного очищення території.

В якості базисних постулатів, на яких будується методика аналізу нами прийнято положення п. 3, 4, 6 з переліку концептуальних засад.

Концепція аналізу екологічної небезпеки логістичних процесів збору ТПВ базується на принципах нерозривної єдності взаємозв'язків усіх елементів механізму формування небезпеки та первинності логістичної складової. Принцип нерозривної єдності полягає у неможливості виключення з аналізу будь якої складової механізму формування небезпеки, оскільки це порушує цілісну картину процесу формування небезпеки та основні принципи управління екологічною безпекою. Принцип первинності логістичної складової говорить про те, що чинники логістичної групи є похідним базисом у формування чинників технологічної групи.

Важливим аспектом забезпечення технологічної ефективності й екологічної безпеки систем збору ТПВ є прогнозування зазначених параметрів систем ще на етапі їх планування. Як можливий варіант нами запропонована система показників для поточного аналізу технологічної ефективності логістичної схеми збору ТПВ під час планування, адаптована під регіональні

умови.

Ідеологією розробки даної системи показників є використання тих параметрів, які розраховуються безпосередньо в процесі планування, характеризують технологічну раціональність схеми, є простими для обрахунку, можуть бути застосовані в умовах існуючої регіональної специфіки проектування.

Ефективність організації логістичної схеми визначається двома основними складовими: ефективністю використання технологічного обладнання та ефективністю руху по маршруту. Основним технологічним обладнанням у логістичній схемі є сміттєзбиральні контейнери та автомобілі-сміттєвози. Ефективність використання контейнерного парку може бути виражена середнім коефіцієнтом наповнення контейнерів:

$$K_{нк} = V_{тпв} / V_{конт}, \quad (1)$$

де $V_{тпв}$ – обсяг відходів, що підлягає вивозу по маршруту за один рейс;

$V_{конт}$ - сумарний обсяг встановлених на маршруті контейнерів.

Чим ближче значення коефіцієнту до 1, тим вища ефективність.

Вантажна ефективність використання автомобільного парку може бути виражена середнім коефіцієнтом наповнення бункера сміттєвоза

$$K_{на} = K_{пр} / K_{пм}, \quad (2)$$

де $K_{пр}$ – коефіцієнт пресування ТПВ в бункері сміттєвоза реальний (отриманий з розрахунку);

$K_{пм}$ – коефіцієнт пресування ТПВ в бункері сміттєвоза максимальний (згідно паспортних даних автомобіля).

Чим ближче значення коефіцієнту до 1, тим вища ефективність.

Раціональність планування маршруту за кількістю завантажувальних операцій характеризує коефіцієнт ефективності завантажувальних операцій

$$K_{зо} = V_{тпв} / Q_{зав}, \quad (3)$$

де $Q_{зав}$ - кількість завантажень на маршруті.

Чим вище значення показника, тим вища ефективність.

Ефективність використання планових зупинок сміттєвоза на маршруті для проведення завантажувальних операцій характеризує коефіцієнт ефективності використання зупинок

$$K_{вз} = 1 - (Q_{зуп} / Q_{зав}), \quad (4)$$

де $Q_{зуп}$ - кількість зупинок на маршруті.

Чим ближче значення коефіцієнту до 1, тим вища ефективність.

Ефективність використання дорожньої мережі та оптимальність швидкісного режиму руху сміттєвоза характеризує коефіцієнт магістральних витрат палива

$$K_{мпв} = V_{палпасп} / V_{палреал}, \quad (5)$$

$V_{палпасп}$ – лінійні витрати пального паспортні для автомобіля, що обслуговує маршрут;

$V_{палреал}$ – лінійні витрати пального реальні для автомобіля, що обслуговує маршрут.

Чим ближче значення коефіцієнту до 1, тим вища ефективність.

Висновки. Теорія та практика планування логістичних схем збору ТПВ як структурних складових регіональних систем поводження з відходами в сучасних умовах урбанізаційної, демографічної, соціально-економічної та адміністративно-організаційної структури регіонів України на даний час не має досконалих методологічних механізмів. Важливим аспектом забезпечення технологічної ефективності й екологічної безпеки систем збору ТПВ є прогнозування зазначених параметрів систем ще на етапі їх планування, яке базується на принципах нерозривної єдності взаємозв'язків усіх елементів механізму формування технологічної ефективності та екологічної безпеки, а також первинності логістичної складової.

Література

1. Попович Н.П. Екологічно безпечний збір, транспортування та знешкодження

твердих . побутових відходів : дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) : 21.06.01 – екологічна безпека (101 «Екологія») / Наталія Пилипівна Попович; Міністерство освіти і науки України, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій. – Львів, 2019. – 209 с. – Бібліографія: с. 161–181 (193 назви).

2. В. В. Попович, О. В. Придатко, М. І. Сичевський, Н. П. Попович, М. А. Панасюк, Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі "місто – сміттєзвалище" / В. В. Попович, // Науковий вісник НЛТУ України, 2017, т. 27, № 10.- С.73-76.

3. Tamás Bányai, Péter Tamás, Béla Illés, Živile Stankevičiute and Ágota Bányai, Optimization of Municipal Waste Collection Routing: Impact of Industry 4.0 Technologies on Environmental Awareness and Sustainability *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2019, 16, 634; doi:10.3390/ijerph16040634

4. Схема санітарної очистки для м. Лохвиця та сіл Криниця, Васильки, Христанівка, Гаївщина Лохвицького району Полтавської області» (договір № 0150/19 від 02.05.2019).

5. Управління твердими побутовими відходами в умовах реформування місцевого самоврядування та розвитку міжмуніципального співробітництва: Навчально-практичний посібник / За заг. редакцією Толкованова В.В., Ілляш О.Е., Журавля Т.В., Голіка Ю.С. Київ, 2018. — 393 с. ISBN 978-617-7419-05-0.