

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА ОСНОВИ МЕТОДОЛОГІЇ РОЗРОБКИ Й ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНОЇ СТРУКТУРИ РЕГІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

Бредун В. І., канд. техн. наук

*Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка», Україна*

Анотація. Питання щодо збору, утилізації та захоронення відходів виробництва та споживання актуальні практично для всіх регіонів України. Збір, транспортування та видалення є взаємопов'язаними етапами процесу рекультиваци населених пунктів. У рамках розроблення Регіонального плану поводження з відходами в Полтавській області до 2030 року (далі – РПУВ або регіональний план) необхідно створити та забезпечити ефективне функціонування системи поводження з відходами в Полтавській області. Техніко-логістична складова системи поводження з відходами є суттєвою основою, яка визначає ефективність усієї системи поводження з відходами. Особливого значення набувають логістичні питання на довгострокові періоди планування при впровадженні багатоетапних транспортних концепцій. Але, по-перше, перспективний період, закладений в регіональному плані, становить лише 9 років. По-друге, регіональний план передбачає різноманітну реалізацію. По-третє, існує ряд факторів, які впливають на структуру та перспективи розвитку логістичної складової системи поводження з відходами. Ці обставини обґрунтовують необхідність розробки чіткої методики проведення комплексного аналізу технічної та матеріально-технічної складової регіональної системи поводження з відходами для кожного територіального утворення як невід'ємної частини регіональної системи управління відходами, а також можливих перспектив її розвитку.

MODERN APPROACHES AND FUNDAMENTALS OF THE DEVELOPMENT METHODOLOGY AND FORECASTING THE DEVELOPMENT OF THE LOGISTICS STRUCTURE OF REGIONAL WASTE MANAGEMENT SYSTEMS

Bredun V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Ukraine

Abstract. Issues related to the collection, disposal and disposal of production and consumption waste are relevant for almost all regions of Ukraine. Collection,

transportation and disposal are interrelated stages of the settlement reclamation process. As part of the development of the Regional Waste Management Plan in the Poltava Region until 2030 (hereinafter referred to as the Regional Waste Management Plan or Regional Plan), it is necessary to create and ensure the effective functioning of the waste management system in the Poltava Region. The technical and logistical component of the waste management system is an essential basis that determines the effectiveness of the entire waste management system. Logistics issues for long-term planning periods are of particular importance when implementing multi-stage transport concepts. But, firstly, the prospective period laid down in the regional plan is only 9 years. Secondly, the regional plan provides for various implementation. Thirdly, there are a number of factors that affect the structure and development prospects of the logistics component of the waste management system. These circumstances justify the need to develop a clear methodology for conducting a comprehensive analysis of the technical and logistical component of the regional waste management system for each territorial entity as an integral part of the regional waste management system, as well as possible prospects for its development.

Для регіонального рівня поводження з відходами визначальними факторами економічної, технологічної та екологічної ефективності системи поводження з відходами є питання розробки концепцій логістики збору комунальних відходів, у тому числі побутових. Ми зупинимось на логістично-технологічних факторах організації систем управління відходами регіонального та місцевого рівнів.

В Україні та світі регулярно проводяться дослідження щодо різних аспектів поводження з твердими побутовими відходами. Так, у роботі [1] досліджено застосування принципів системності, цільової ієрархії, економічної та екологічної ефективності при розробці систем управління збиранням та захороненням ТПВ.

Так, загальні аспекти забезпечення ефективності систем управління відходами, що забезпечуються логістичною складовою розглянуті у роботах різних авторів. Автори [2, 3] на основі загального аналізу підходів до моделювання та імітації як етапів проектування стверджують, що комплекс заходів заснованих на моделях інноваційного поводження з матеріалами, застосуванні оперативної координації та оптимізації маршрутів забезпечують вирішення проблеми міських відходів. Співпраця державного, приватного і громадського секторів у сфері розробки рішень сприятимуть сталому управлінню відходами, особливо в країнах, що розвиваються, допоможуть оптимізувати загальну систему регіонального та місцевого управління відходами. На даному етапі становлення регіональних систем поводження з відходами ці положення актуальні і для України.

У роботі [4] автори розглядають загальні концепції планування систем збирання відходів. За їх думкою, стратегія збору відходів має базуватись на наступних принципах:

- основні характеристики стратегії управління відходами (наприклад, кількість окремо зібраних фракцій відходів);
- цілі, встановлені в стратегії управління відходами (наприклад, частка окремо зібраних відходів від загальної кількості зібраних відходів, рівень домішок окремо зібраних фракцій, доходи від вторинної сировини);
- характеристики території збору (наприклад, щільність населення та основні типи житла);
- поточне екологічне ставлення та уявлення мешканців;
- будь-які інші специфічні умови, що впливають на збирання відходів (наприклад, відповідна присутність туристів/мандрівників та ін.).

В якості основних шляхів оптимізації логістики збору відходів автори роботи [5] пропонують:

- встановлення, де це доцільно, альтернативних системи збору, такої як пневматична система в міських районах;
- використання технології комп'ютеризованої маршрутизації та планування режиму роботи транспортних засобів;
- вивчення можливостей співпраці з сусідніми організаціями з утилізації відходів;
- порівняльний аналіз споживання палива/енергії та/або викидів CO₂;
- включення одного або кількох показників навколишнього середовища, таких як кумулятивний попит на енергію та/ або викиди CO₂, у процес розробки маршрутної мережі та алгоритмів оптимізації маршруту;
- встановлення телематичного обладнання в сміттєзбиральні автомобілі для оптимізації маршруту в режимі реального часу на основі GPS та навчання водіїв техніці екологічного водіння.

Ряд робіт присвячено дослідженню управління транспортними потоками при управлінні відходами на регіональному рівні. Автори акцентують увагу на різних складових: економічній складовій утилізації відходів [6] та логістично-технологічній [7].

Важливу роль у забезпеченні ефективності місцевих та регіональних систем поводження з відходами відіграє раціональність використання спеціалізованого транспорту. Методика визначення раціональної вантажопідйомності сміттєвозів з наявного модельного

ряду автомобілів [8] дозволяє підібрати марку автомобіля, що відповідає можливому об'єму перевезень через визначення цільової функції з урахуванням витрат для кожної схеми організації захоронення твердих побутових відходів.

Автори роботи [9] доводять необхідність комплексної оцінки транспортного процесу з урахуванням експлуатаційних витрат і капітальних вкладень. На їх думку, єдиним критерієм, за яким можна охарактеризувати всі групи операцій, є час виконання. Крім того, розподіл операцій за часом є основною ознакою надійності транспорту.

Із точки зору надійності обладнання та ефективності логістичної складової системи управління відходами важливу роль відіграють питання експлуатації сміттевозів. Так, у роботі [10] проаналізовано власні дослідження та дослідження інших авторів стосовно процесів, що відбуваються в системі «Сміттевози – умови експлуатації», забезпечення максимального ресурсу двигунів спецавтомобілів, алгоритми оптимізації періодичності технічного обслуговування та ремонтів із мінімальними витратами на планове обслуговування та відновлення працездатного стану.

Сучасні наукові погляди на транспортне обслуговування систем збору побутових відходів, позитивні, так і негативні сторони характеризування технологічних процесів збору твердих побутових відходів та передумови для подальшого вивчення транспортного обслуговування систем збирання побутових відходів розглянуто в роботі [11].

Аналізуючи технологічну ефективність використання сміттевозів багато авторів доходять висновку, що найбільший вплив на ефективність має об'єм кузова сміттевоза. Також, вантажопідйомність маніпулятора відіграє важливу роль, оскільки потужний маніпулятор дозволяє піднімати великі контейнери для побутових відходів, сприяючи зменшенню кількості завантажувальних операцій. Маса сміття, що перевозиться сміттевозом, не має істотного впливу на його ефективність, оскільки в основному залежить від коефіцієнта ущільнення сміття в кузові.

Максимальна дальність перевезення, при якій використання транспортного засобу стає пріоритетним за рентабельністю порівняно з іншими видами техніки є одним з основних технологічних аспектів вибору транспортного засобу для відповідних умов експлуатації за максимальною продуктивністю [12].

Актуальним питанням для України є оновлення спеціалізованого транспортного парку. Це складне питання, яке має ряд технологічних [13], архітектурно-планувальних [14], організаційно-концептуальних

умов [15, 16]. Наприклад, у статті [10] проаналізовано роботи в галузі створення методики визначення економічної доцільності переходу на оновлену структуру парку спеціалізованого сміттєзбирального автотранспорту. В основу методики покладено розрахунок різниці між витратами на експлуатацію наявного транспортного парку та запланованими до введення в експлуатацію, а також витратами на розміщення ТПВ на полігоні. В роботі [17] наведено аналіз перспектив використання різних типів спеціалізованої сміттєзбиральної і сміттєтранспортної техніки, означено перспективи використання багатосекційних сміттєвозів. Одним із проблемних аспектів, особливо при плануванні регіональних систем управління відходами є дуже низька представленість на ринку України спеціалізованої техніки для магістральних перевезень ТПВ.

В умовах нового адміністративного поділу важливою для регіонів України є тема міжмуніципальної співпраці. Цікавий досвід, напрацьований європейськими країнами, висвітлений у роботі [18]. На думку авторів для малих і середніх муніципалітетів найбільш ефективною практикою є запровадження міжмуніципального співробітництва, яке дозволяє впроваджувати заходи, реалізація яких поодиночі була б занадто дорогою для окремих муніципалітетів. Як результат такої співпраці – покращення економічних та екологічних показників системи управління відходами.

Міжмуніципальна співпраця дає можливість залученим муніципалітетам:

- розподілити адміністративні витрати;
- зменшити собівартість одиниці продукції та підвищити якість;
- залучати інвестиційні кошти, зарезервовані для проектів визначеного мінімального розміру (наприклад, структурні фонди ЄС та інші інвестиційні механізми) та підвищити економічні показники шляхом скоординованого планування, забезпечуючи при цьому кращий захист навколишнього середовища.

Міжмуніципальне співробітництво в регіональних системах управління ТПВ дозволяє уникнути дублювання роботи і покращити ефективність використання ресурсів, зменшити витрати, пов'язані з управлінням відходами. Автори роботи в інших своїх публікаціях відмічають характерний ефект міжмуніципального співробітництва в невеликих муніципалітетах, який полягає в наступному: вартість поводження з відходами при збільшенні частоти збирання не завжди збільшується. На думку авторів, цей ефект походить від концепції економії масштабів територій, оскільки, наприклад, одна вантажівка може обслуговувати кілька муніципалітетів (особливо актуально для

невеликих сільських поселень).

Муніципалітети, які співпрацюють у сфері поводження з відходами, відносно добре відомі в Європі. Так, за даними [19] 63% мерій великих міст Франції передали управління відходами консорціуму міст. Таким чином, міжмуніципальна співпраця дозволяє впроваджувати найкращі практики, які є можливими лише для організацій певного розміру, бо для невеликих сусідніх муніципалітетів така співпраця може обходитись значно дешевше, ніж кожному реалізувати управління ТПВ самостійно.

Прикладом міжмуніципального співробітництва в Полтавській області може слугувати співпраця Опішнянської й Диканської громад, Полтавської та розташованих поруч Терешківської та інших громад.

Як фактори оптимізації логістичних процесів зі збору відходів виділяють автори роботи [20]: тип, кількість і розташування об'єктів обробки чи захоронення, контейнерів, вибір концепції та засобів транспортування, вибір швидкості транспортування, вибір маршруту та вибір часу збору.

Аспекти забезпечення екологічної безпеки логістичних систем [21], є невід'ємною складовою формування систем управління відходами різного рівня як елементу формування екологічно безпечного розвитку територій [22]. В цьому сенсі цікаві результати [23]. Авторами доведено, що ступінь економії палива та рівень навантаження на навколишнє середовище, досягнуті завдяки оптимізації логістики, значною мірою залежать від ефективності операцій зі збору відходів. Так, дослідження щодо застосування систем на основі GPS та геоінформаційних систем для оптимізації збирання ТПВ у Великобританії показало, що такі комплексні рішення можуть скоротити транспортні відстані та пов'язане з цим споживання палива на 15% та, відповідно, до супутнього скорочення виснаження викопних ресурсів та викидів у повітря викидів одночасно збільшуючи продуктивність до 9%.

Активний круїз-контроль на транспортних сміттевозах дозволяє знизити використання палива та викиди парникових газів на 1-2% для систем регіональної логістики [24].

Існує ряд технологічних способів зменшення викидів від спеціалізованого транспорту. Пріоритетні варіанти технологій включають [25]:

- стоп/старт і відключення холостого ходу;
- шини з низьким опором коченню;
- гібридні транспортні засоби;
- спеціалізовані транспортні засоби на природному газі /

біометані або двопаливні транспортні засоби (дизель/газ);

– транспортні засоби з електроприводом.

Комплексне багаторівневе (територіальний або місцевий та регіональний рівні) логістично-технологічне планування систем поводження з відходами в умовах сучасної України має ряд своїх особливостей. Основними практичними завданнями логістичного планування регіональних/територіальних систем збору відходів є:

- забезпечення всіх населених пунктів необхідними санітарно-побутовими приміщеннями;
- визначення оптимальних рішень щодо методів збирання відходів;
- забезпечення економічно та екологічно обґрунтованих нормативно регламентованих систем санітарного очищення територій;
- визначення необхідної матеріально-технічної бази;
- визначення необхідного персоналу.

У Полтавській області у рамках розроблення Регіонального плану управління відходами [26] (РПУВ) реалізовано перший етап вирішення всього комплексу вищевказаних завдань. Регіональним планом передбачається поступове збільшення частки населення, охопленого централізованою системою збору побутових відходів (із завданням до 90% населення області до 2030 року), з одночасним переходом до багаторівневої структури системи збору та транспортування побутових відходів (зменшення кількості полігонів, збільшення кількості сортувально-перевантажувальних станцій, робота регіональних сміттєпереробних комплексів). На даний час, безумовно, змінюються певні поточні цілі, але загальна концепція, передбачена регіональним планом, залишається.

Перший етап – збір побутових відходів на територіях ТГ (відповідає сценарію №1 – основний). Другий етап – транспортування ТПВ від місцевих до регіональних РООВ (еквівалент сценарію №3 – перспективний або сценарію №2 – альтернативний).

Оптимальний прогноз логістичної структури можливий за умови розуміння тенденцій її розвитку в прогнозованому періоді з огляду на специфіку регіональних факторів. На цей період існують методики розвитку регіональних систем поводження з ТПВ за відомими показниками [27]. Проте актуальним є питання прогнозування розвитку логістичних структур за рахунок взаємодії комплексу соціально-технологічних факторів, що виникли під впливом регіональних умов.

Аналіз концепцій розвитку логістичної організації регіональної системи управління відходами є одним із підходів до вирішення задачі

щодо зниження ризиків реалізації регіональних проєктів системи управління відходами та підвищення їх ефективності. Завдяки цьому вдається налагодити найбільш перспективні види та технології організації матеріально-технічного забезпечення поводження з відходами в регіоні.

Відповідно до поставленого завдання нами розроблено структурно-логічну схему процесу прогностичного дослідження розвитку регіональної системи поводження з ТПВ (рис. 1). Особливістю даної схеми є врахування всіх аспектів формування логістичної складової регіональної системи поводження з відходами.

Дослідження перспектив розвитку логістичної організації регіональних систем управління відходами базуються на: детальному структурно-генетичному та факторному аналізі концепцій розвитку логістичної організації регіональних систем управління відходами, передбачених регіональними планами; визначенні типу логістичної організації системи поводження з відходами з огляду на містобудівну структуру регіону; дослідження демографічного розвитку регіону та визначення критеріїв включення населених пунктів у логістичні концепції; прогноз трафіку; встановлено критерії вибору транспортних засобів, визначення перспективної видової бази сміттевозів; аналіз основних транспортних шляхів, критеріїв використання дорожньої мережі, процесів створення дорожньої мережі області та планів її модернізації.

Аналіз концепцій розвитку логістичної організації регіональної системи поводження з відходами дозволяє встановити найбільш перспективні види та технології логістичної організації поводження з відходами в регіоні.

Аналітичний огляд топології сміттевозів, їх основних характеристик та особливостей використання дозволяє встановити найпоширеніші типи сміттевозів, що зустрічаються на сьогоднішній день в Україні, визначити перспективні типи та скласти видову базу сміттевозів для подальшого аналізу.

Важливим елементом логістичної структури є дорожня мережа. Комплексний аналіз транспортних маршрутів, доріг, що входять до них (створення переліку доріг, їх категорій та параметрів, стану пошкодженості доріг), планів модернізації вулично-дорожньої мережі дозволяє визначити найбільш критичні ділянки мережі доріг у регіоні пропозиції щодо їх модернізації та ремонтних робіт та запобігання технологічним небезпекам у реалізації регіональних стратегій управління відходами.

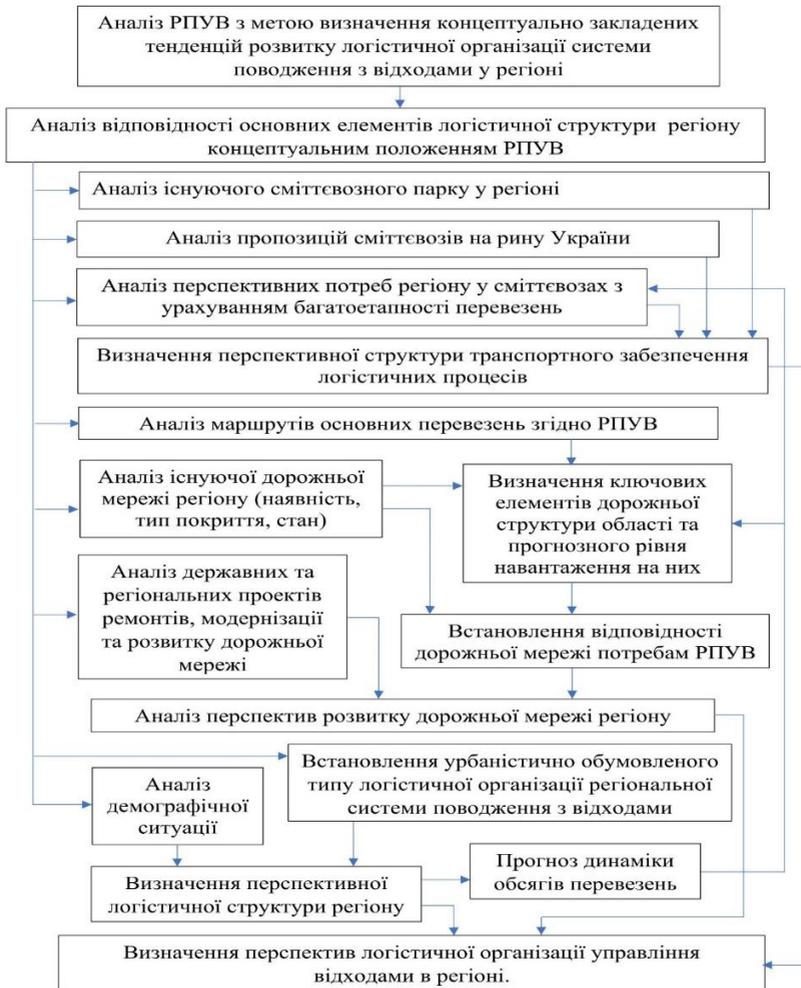


Рисунок 1 – **Методологія прогностичних досліджень розвитку логістичної структури регіональних систем поводження з відходами**

Демографічна ситуація в регіоні є фактором, який визначає обсяги утворення та транспортування відходів та відповідні вимоги до мережі доріг. Визначення перспектив логістичної організації поводження з відходами базується на аналітичних дослідженнях

попередніх етапів та встановленні критеріїв включення населених пунктів до логістичних схем на основі аналізу прогнозних демографічних показників населених пунктів.

Системи видалення відходів з населених пунктів можуть реалізовуватися за різними сценаріями залежно від місцевих умов (найбільш населені пункти, щільність і тип забудови районів, кількість жителів, які обслуговуються системою, наявність і тип місць компактного утворення відходів, віддаленість). інфраструктури поводження з відходами від місць їх утворення, наявності резервних територій, економічних, соціальних та інших умов тощо) у формі як прямого, так і двоступеневого та змішаного розміщення відходів. Таким чином, формування регіональної системи управління відходами на регіональному рівні значною мірою визначається особливостями окремих громад.

Більшість громад області має селищно-сільський тип логістичної організації, яка суттєво впливає на фактори формування логістичної структури системи поводження з відходами. Одним із таких факторів є демографічна ситуація в суспільстві. Це безпосередньо впливає на прогнозовані обсяги утворення та транспортування ТПВ. За даними [26], коефіцієнт зміни чисельності населення з 2022 року до 2025 та 2030 років у Полтавській області становить 0,964 та 0,921 відповідно. Тому чисельність населення регіону невпинно скорочується.

Ще одним важливим аспектом, зумовленим демографічними факторами, є зменшення кількості перспективних населених пунктів. Цей спад відображає наслідки урбаністичних процесів, які відбувалися в Україні протягом останніх десятиліть. Наслідком цього стало зменшення чисельності сільського населення. Нині на території Полтавської області є значна кількість сіл, в яких майже немає населення.

Наприклад, за даними [28], із 30 населених пунктів на території Опішнянського товариства 9 мають населення менше 10 осіб, і це переважно люди похилого віку. Ці села не мають ані промислової, ані соціальної інфраструктури. Тому при плануванні системи поводження з відходами на муніципальному рівні в сучасний час включення цих населених пунктів до систем водовідведення є економічно та екологічно недоцільним. На етапі довгострокового планування системи поводження з відходами Опішнянського територіального товариства, в рамках реалізації ПЗП [26], вищевказані 9 сіл мають бути виключені з системи. Основними наслідками цього рішення є:

- практично повна відсутність його впливу на показник обсягу транспортування ТПВ;

- через просторове розташування цих населених пунктів у межах муніципалітету їх виключення з логістичної структури призводить до значного скорочення довжини сміттєвозів.

Ще одним важливим чинником можливого скорочення вивезення побутових відходів є використання їх окремих компонентів у власному господарстві в сільській місцевості. В межах області, за даними [26], вага цього фактору може становити до 12,33% від загальної кількості побутових відходів.

Процес логістичного планування маршрутів збору побутових відходів є інформаційно-аналітичним. Для забезпечення його оптимальності важливо раціонально організувати інформаційні потоки в системі планування (рис. 2).

Основними інформаційними елементами цієї структури є нормативно-правова база, база даних соціально-демографічної інформації, база даних побутових відходів, база спецтехніки, державна програма поводження з відходами та геобаза даних.

У структурі програмного комплексу ГІС всі компоненти взаємопов'язані. Робоче середовище програмного забезпечення ГІС працює з двома базами даних: базою регіональної системи управління відходами та базою геоданих по регіону. В результаті комплексної обробки даних у програмному середовищі ГІС користувач отримує кінцеву інформацію у вигляді розрахунково-зображувального матеріалу логістичної складової регіонального проекту поводження з ТПВ.

Звернемо увагу на діаграму вище. На підставі нормативних документів планується вид руху спецавтомобілів (вибирається тривалість зміни). Тоді цей параметр може бути скоригований за результатами розрахунку, але відповідно до нормативів, встановлених КЗПП України.

На підставі [29] попередньо вибрано інтервал руху сміттєвозів.

Дані про соціальний склад і чисельність населення, яке проживає в районі планового ремонту, відбираються з бази даних із соціально-демографічною інформацією. На основі цих даних та з урахуванням бази даних побутових відходів формується інформація про приблизний якісний та кількісний склад побутових відходів, яка є основою для визначення кількості відходів у зоні постачання або [29]. Отримані таким чином дані служать основою для розрахунку кількості контейнерів. Результати розрахунків є рекомендаціями щодо вибору оптимального контейнерного забезпечення для зони обслуговування або запровадження безконтейнерного способу збору відходів.

безконтейнерний, одноступеневий або багатоступеневий збір).

Наведена схема (рис. 2) передбачає можливість централізованого збору ТПВ до сміттєсортувальної станції з подальшим транспортуванням залізницею до регіонального сміттєпереробного комплексу.

Оскільки процес збору ТПВ безпосередньо геоприв'язаний, база геоданих є невід'ємною частиною інформаційної структури проекту розробки маршруту. Зараз широко поширені відкриті та комерційні електронні бази геоданих. Перевага їх використання полягає в можливості автоматизації процесу проектування за допомогою прикладних програмних комплексів на базі геоінформаційних технологій.

Як видно з рисунку 2, база геоданих містить інформацію про всі елементи географічного середовища, які беруть участь у проектуванні маршруту. На основі інформації про розташування населених пунктів складається схема розподілу ТПВ по території обслуговування. Дані про межі адміністративних одиниць визначають площу зони обслуговування. До речі, існуючий адміністративний поділ території не завжди має сенс з точки зору логістики відходів. Часто виникають ситуації, коли доцільніше запровадити субрегіональний підхід або принцип концентрації агломерацій, як на прикладі планування маршрутів збору твердих побутових відходів у Козельщанському районі Полтавської області, про який йдеться нижче.

Оскільки основним видом транспорту для збору твердих побутових відходів є автомобіль, то для побудови схеми вулиць використовуються дані про елементи автотранспортної мережі. Схема вулиць містить інформацію про всі лінійні елементи вуличної мережі, їх тип, дані про їх перетин у горизонтальній і вертикальній площинах, варіанти поворотів, напрямки та обмеження руху.

Процес побудови маршруту відбувається в спеціалізованому програмному середовищі, в якому зв'язуються необхідні елементи бази даних, розраховуються маршрути та генеруються результати.

Результатами розрахунків є маршрутні карти, інформація про тип та кількість необхідного спецтранспорту, графік їх роботи, техніко-економічні показники розроблених систем збору ТПВ (довжина маршрутів, витрата палива, час, витрачений на технічне обслуговування, площа, необхідна чисельність персоналу тощо).

Вирішення проблем оптимізації систем поводження з відходами на рівні окремого муніципалітету має здійснюватися в рамках оптимізації всієї системи управління відходами регіону.

Відповідно до наведеної методології можна визначити перелік

базової інформації, необхідної для прогнозування:

1. Перелік чинних та планованих регіональних і місцевих нормативно-правових актів у сфері поводження з твердими побутовими відходами (побутовими відходами) та іншими побутовими відходами (див. бібліографію).

2. Діючі норми накопичення побутових відходів.

3. Генеральні плани або плани територіального розвитку муніципалітетів.

4. Технічний регламент утилізації відходів.

5. Інформація про наявність спеціального транспорту та обладнання.

6. Особливість об'єктів РООВ.

7. Організації, які займаються збором твердих побутових відходів і вивезенням їх на полігони.

8. Характеристика пунктів збору твердих побутових відходів.

9. Особливість дорожньої мережі регіону.

10. Інформація про стан дорожньої мережі та плани щодо її модернізації.

Отже, проблема комплексної логістично-технологічної оптимізації систем поводження з ТПВ різних рівнів є актуальною для України багатofакторною задачею. В Україні такі дослідження присвячені або економічній складовій, або технологічній надійності спецтранспорту. Практично відсутні дослідження екологічної складової. Українськими виробниками слабо представлений асортимент спеціалізованих транспортних машин, що породжує певні складнощі при проектуванні логістики регіонального рівня. Важливими аспектами у проектуванні регіональних систем поводження з відходами є інтегрований підхід, за якого державний, приватний і громадський сектори працюють разом і забезпечують запровадження міжмуніципального співробітництва.

Планування, прогнозування і оптимізація логістично-технологічної структури систем управління відходами різних рівнів варіюється від проектування інфраструктури та мереж збору відходів до оптимізації маршруту в режимі реального часу на основі програмного забезпечення GPS. Найбільш ефективним інструментом техніко-логістичного проектування є використання геоінформаційних систем. З однієї сторони, це вимагає створення обширних та детальних баз даних. Але з іншої – робить процеси планування, оптимізації та управління в системах поводження з відходами більш технологічними, гнучкими, адаптивними і ефективними.

Використані інформаційні джерела:

1. Абрамова М. В., Османов І. Х. Формування раціональної системи управління твердими побутовими відходами // Вісник економічної науки України. 2011. №2 (20). С. 6–10.
2. Sarkis J., Helms M. M., Hervani A. A. Reverse logistics and social sustainability, Corporate Social Responsibility and Environmental Management 17 (2010), 337–354.
3. Barker T. J., Zabinsky Z. B. Reverse logistics network design: A conceptual framework for decision making, International Journal of Sustainable Engineering 1 (2008), 250–260.
4. ACR+ (2014). The EU Capital Cities waste management benchmark. ACR+, Brussels.
5. AMEC (no date). Design of New Alternate Week Waste Collection Rounds: Sefton Metropolitan Borough Council. AMEC website: http://www.amec-ukenvironment.com/logistics/Downloads/pp_1207.pdf.
Київського нац.університету імені Тараса Шевченка. 2007. Випуск 74. С. 7–10.
6. Корпан Р. В. Логістика в системі екологічного менеджменту. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Логістика. 2004. №6. С. 67–76.
7. Ілляш О. Е., Бредун В. І. Особливості формування кластерної моделі системи управління побутовими відходами для Полтавської області. Вісник Хмельницького національного університету : Технічні науки : наук. журн. / Хмельниц. нац. ун-т. Хмельницький: Вид-во ХНУ, №5 (301), 2021. С.7–12. – ISSN 2307-5732 DOI: <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2021-301-5-7-12>
8. Методика вибору раціональної схеми при доставке твердых бытовых отходов / [А. В. Павленко, В. Н. Нефёдов, Д. А. Музылёв, Р. Н. Гришаточкин]. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. № 6/3 (60). 2012. С.8–11.
9. Процик О. П., Коцюк О. Я. Аналіз ефективності роботи сміттєвозів // Вісник КДПУ. 2006. Випуск 6 (41). Ч. 1. С. 52–54.
10. 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.
11. Горяинов А. Н., Стариенко О. Е. Транспортное обслуживание систем сбора бытовых отходов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. №1/3 (31). 2008. С. 34–37.
12. Герелиця Р. О., Герелиця Н. Є. Управління транспортною логістикою в сільськогосподарських підприємствах // Всеукр. наук.-виробн. журнал «Інноваційна економіка». Житомир, 2010. С. 292–298.
13. Бредун В. І., Попельников В. В. Аналіз технологічної ефективності логістичної схеми збору ТПВ, «Екологія. Довкілля. Енергозбереження»: Матеріали І Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною

участю «Екологія. Довкілля. Енергозбереження», присвяченій 90-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (3-4 грудня 2020року). Полтава : НУПП, 2020. С.241–243.

14. Бредун В. І. Проблеми збору твердих побутових відходів у населених пунктах Полтавської області, пов'язані з їх архітектурно-планувальними особливостями. Архітектура: естетика + екологія + економіка: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції = Architecture: Aesthetic+Ecology +Economics : IV International Scientific Practical Conference Proceedings / Полт. націон. Техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. Полтава : ПолтНТУ, 2019. 229 с.

15. Bredun V., Smoliar N., Sarkarli A. (2022). Logistic Component of Regional Waste Management Systems Efficiency Improvement. In: Onyshchenko V., Mammadova G., Sivitska S., Gasimov A. (eds) Proceedings of the 3rd International Conference on Building Innovations. ICBI 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 181. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_44

16. Бредун В., Дубина К., Бурда А. Основні проблеми та завдання перспективного логістичного планування регіональної системи поводження з відходами // Тези 74-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Том 1. (Полтава, 25 квітня – 21 травня 2022 р.). Полтава : Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2022. С.267–269.

17. Бредун В. І. Тенденції розвитку технологічної складової логістики ТПВ у Полтавській області. Вісник Хмельницького національного університету : Технічні науки : наук. журн. / Хмельниц. нац. ун-т. – Хмельницький: Вид-во ХНУ, №3 (309), 2022. – С.205-205. – ISSN 2307-5732 DOI: 10.31891/2307-5732-2022-309-3-205-208

18. Bel, G., Warner, M. (2015). Inter-municipal cooperation and costs: Expectations and evidence. *Public Administration*, 93(1), 52–67.

19. Djemaci, B. (2009). Public waste management services in France: National analysis and case studies of Paris, Rouen and Besançon. CIRIEC Report, 2009/2. Available at www.ciriec.ulg.ac.be,

20. Dekker, R., Bloemhof, J., Mallidis, I. (2012). Operations Research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research*, Volume 219, Issue 3, 16 June 2012, Pages 671–679, ISSN 0377-2217.

21. Бредун В. І. Техніко-логістичне планування екологічно безпечних схем збору твердих побутових відходів // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Кременчук : КрНУ, 2020. Випуск 3(122). С.60–66.

22. Скороход І. С., Ребрина Н. Г. Роль логістики в забезпеченні екобезпечного розвитку регіону // Науковий журнал «Логістика: теорія та практика» Луцького національного технічного університету. 2011. №1. С. 105–110.

23. WRAP (2010). Use of Vehicle Routing and Scheduling Software in CDE Waste Collection. Report written by Entec for WRAP, Oxon.

24. Ricardo-AEA (2012). Opportunities to overcome the barriers to uptake of low emission technologies for each commercial vehicle duty cycle. Ricardo-AEA Ltd, London.
25. Di Maria F., Micale C. (2013). Impact of source segregation intensity of solid waste on fuel consumption and collection costs. Waste management (33) 2170-2176.
26. Регіональний план управління відходами у Полтавській області до 2030 року. Полтава, 2021.
27. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів №142 від 12.04.2019 зі змінами від 10.09.2021 Наказ №586 «Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення регіональних планів управління відходами». [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0142737-19#Text>
28. Опішнянська громада. Картка громади. Режим доступу: <http://opishnya.gromada.org.ua/structure>
29. Правила визначення норм надання послуг з вивезення побутових відходів. Затверджені Наказом Міністерства з питань ЖКГ України від 30.07.2010 р. №259.
30. «Комплексна програма поводження з твердими побутовими відходами у Полтавській області на період 2017-2021 роки». Полтава, 2017. 154 с.