

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

Кафедра фізичної географії

На правах рукопису

КІЙКО ЯНА ПЕТРІВНА

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТРАНСПОРТУ У ПРОСТОРОВОМУ
ПЛАНУВАННІ РОЗВИТКУ ЛУЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ
ГРОМАДИ

Спеціальність: 106 Географія

Освітня програма: Регіональний розвиток і просторове планування

Робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного ступеня «Магістр»

Науковий керівник:

Фесюк Василь Олександрович

доктор географічних наук, професор

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол №

засідання кафедри фізичної географії

від _____ 2025 р.

Завідувач кафедри

проф. Фесюк В.О. _____

ЛУЦЬК – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. РОЛЬ ТРАНСПОРТУ У ПРОСТОРОВОМУ ПЛАНУВАННІ ТА РОЗВИТКУ МІСТ УКРАЇНИ.....	6
1.1 Екологічні аспекти функціонування транспортних комплексів міст.....	6
1.2. Найважливіші концепції місця транспорту у просторовому розвитку міста.....	7
1.3. Методика дослідження екологічної безпеки транспорту у просторовому плануванні розвитку міст.....	11
1.4. Особливості сучасного стану вивчення питання впливу транспорту на просторове планування та екологічну безпеку міст в науковій літературі.....	14
РОЗДІЛ 2. УРБОЕКОСИСТЕМА М. ЛУЦЬК.....	16
2.1 Природні умови території.....	16
2.2 Характеристика Луцької міської територіальної громади.....	25
2.3 Екологічні проблеми громади.....	30
РОЗДІЛ 3. ТРАНСПОРТНИЙ КОМПЛЕКС М. ЛУЦЬКА: СТРУКТУРА, ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ, ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ...	36
3.1. Структура транспорту міста	36
3.2. Екологічні аспекти функціонування транспортного комплексу.....	42
3.3. Проблеми транспорту у контексті просторового розвитку міста.....	49
РОЗДІЛ 4. ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТУ У ПРОСТОРОВОМУ ПЛАНУВАННІ РОЗВИТКУ ЛУЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ.....	55
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69

ВСТУП

У сучасних умовах зростання урбанізаційних процесів та інтенсифікації транспортного руху питання екологічної безпеки транспорту набуває особливого значення, особливо в контексті сталого розвитку міст. Транспортна інфраструктура, з одного боку, забезпечує економічну та соціальну динаміку громади, а з іншого – є одним із ключових джерел забруднення довкілля, погіршуючи якість повітря, збільшуючи рівень шуму, впливаючи на зміну клімату та стан здоров'я населення.

Для Луцької міської територіальної громади, адміністративного, культурного та економічного центру регіону, проблема екологічної безпеки транспорту є особливо актуальною. Зростаючий автопарк, нераціональне просторове планування, недостатня інтеграція громадського транспорту та велоінфраструктури створюють виклики, які вимагають системного підходу до просторового планування. Інтеграція екологічних критеріїв у транспортну політику та просторове планування дозволяє зменшити негативний вплив транспорту на довкілля, підвищити якість життя мешканців та сформувати передумови для сталого розвитку. Тому дослідження екологічної безпеки транспорту в контексті просторового розвитку Луцької МТГ є **актуальним та важливим** як з наукової, так і з практичної точки зору.

Метою роботи є визначення шляхів підвищення екологічної безпеки транспортної системи у процесі просторового планування розвитку Луцької міської територіальної громади шляхом аналізу чинного стану, виявлення основних проблем та розроблення рекомендацій щодо інтеграції екологічних принципів у транспортну політику громади.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд **завдань**:

1. Проаналізувати наукові засади дослідження ролі транспорту у просторовому плануванні та розвитку міст.
2. Оцінити природні ресурси, їх використання та супутні екологічні проблеми Луцької міської територіальної громади.

3. Проаналізувати структуру, екологічні аспекти функціонування, проблеми розвитку транспортного комплексу м. Луцька.
4. Запропонувати комплекс заходів підвищення екологічної безпеки транспорту у просторовому плануванні розвитку Луцької міської територіальної громади.

Об'єктом дослідження є процеси просторового планування розвитку Луцької міської територіальної громади в контексті транспортної діяльності.

Предмет дослідження – екологічні аспекти функціонування та розвитку транспортної системи Луцької міської територіальної громади в системі просторового планування.

Методологічну основу дослідження становлять принципи сталого розвитку, екологічної безпеки, комплексного просторового планування та системного підходу до аналізу транспортної інфраструктури.

Інформаційну базу дослідження становлять:

- нормативно-правові акти України у сфері охорони довкілля, транспорту та просторового планування;
- стратегічні та програмні документи Луцької міської територіальної громади (Генеральний план, Стратегія розвитку, Програми соціально-економічного розвитку);
- статистичні дані Державної служби статистики України та органів місцевого самоврядування;
- матеріали екологічного моніторингу (Екологічний паспорт м. Луцька, Звіт про СЕО Програми економічного і соціального розвитку Луцької міської територіальної громади на 2021 р.);
- наукові публікації, аналітичні звіти, картографічні матеріали, а також результати власних спостережень та аналізів.

Наукова новизна. У дослідженні обґрунтовано необхідність інтеграції екологічних вимог у просторове планування транспортної системи Луцької міської територіальної громади. Запропоновано комплексні підходи до удосконалення транспортної політики громади на основі принципів сталого

розвитку та екологічної безпеки.

Практична значимість. Результати дослідження можуть бути використані органами місцевого самоврядування Луцької МТГ для розроблення стратегій сталого транспортного розвитку, удосконалення просторового планування, зменшення негативного впливу транспорту на довкілля та підвищення якості життя мешканців громади.

Методи дослідження. Під час виконання випускної кваліфікаційної роботи застосовані загальнонаукові методи аналізу та синтезу, що дозволило опрацювати теоретичні засади теми, здійснити критичний огляд літературних джерел, нормативно-правових документів, стратегічних планів, а також систематизувати емпіричну інформацію щодо стану транспортної інфраструктури та її екологічного впливу. Метод системного аналізу дав змогу розглядати урбоекосистему Луцька як цілісне утворення, де транспортна система є ключовим функціональним елементом, що взаємодіє з природним середовищем, населенням та інфраструктурою. Це забезпечило основу для просторової інтерпретації взаємозв'язків між розвитком транспорту й екологічною ситуацією в громаді. Картографічний метод і метод просторового аналізу застосовані для відображення стану транспортної мережі, джерел забруднення, щільності забудови та зон, найбільш вразливих до впливу транспорту. Використання ГІС-технологій дозволило не лише візуалізувати просторову структуру урбанізованої території, але й здійснити аналіз розміщення проблемних ділянок, що зазнають екологічного навантаження. У процесі розробки рекомендацій застосовувався метод експертного оцінювання, що полягав у якісному аналізі ефективності можливих заходів і рішень з урахуванням локальних особливостей території.

Апробація роботи. За результатами кваліфікаційної роботи опублікована стаття у науковому фаховому виданні [42].

Структура та обсяг роботи. Випускна кваліфікаційна робота має загальний обсяг 73 сторінки і складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (50 позицій).

РОЗДІЛ 1.

РОЛЬ ТРАНСПОРТУ У ПРОСТОРОВОМУ ПЛАНУВАННІ ТА РОЗВИТКУ МІСТ УКРАЇНИ

1.1. Екологічні аспекти функціонування транспортних комплексів міст

Транспортні комплекси міст відіграють ключову роль у забезпеченні мобільності населення, але їх функціонування супроводжується значним впливом на довкілля. Основними екологічними проблемами міського транспорту є забруднення повітря, шумове забруднення, емісія парникових газів, вплив на міський ландшафт і використання енергоресурсів. Розширення транспортної інфраструктури зменшує біорізноманіття та посилює деградацію природних територій.

Найважливішим наслідком функціонування міського транспортного комплексу є забруднення атмосфери. Автомобільний транспорт є джерелом викиду оксидів нітрогену (NO_x), діоксиду сірки (SO_2), вуглекислого і чадного газів (CO_2 , CO), твердих часток різного розміру (PM) та інших шкідливих речовин. Висока концентрація цих забруднювачів спричиняє погіршення якості повітря, розвиток респіраторних захворювань, загострення хронічних хвороб населення, негативний вплив на флору і фауну міських екосистем [3].

Транспорт є одним із найбільших джерел викидів парникових газів, що посилює глобальне потепління клімату. Збільшення масштабів використання викопного пального зумовлює збільшення викидів CO_2 . Крім того, інтенсивне використання особистих автомобілів посилює проблему транспортних заторів, що ще збільшує викиди через неефективне використання пального.

Інтенсивний рух транспорту також є чинником формування високого рівня шуму, що негативно впливає на психофізіологічний стан людей, викликає стрес, порушення сну, зниження працездатності та підвищення ризику серцево-судинних захворювань. Найбільше потерпають мешканці мегаполісів та густонаселених районів, де рівень шуму часто перевищує

допустимі норми [10].

Транспортні системи споживають значну кількість енергії, головним чином у вигляді нафтопродуктів. Залежність від традиційних видів пального не тільки спричиняє забруднення довкілля, але й створює економічні ризики, пов'язані з нестабільністю цін на енергоресурси. Тому розвиток громадського транспорту з використанням екологічно чистих технологій також є важливим кроком у мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище [2].

Розвиток транспортної інфраструктури спричиняє зміни міського середовища, зменшення зелених зон, фрагментацію екосистем, збільшення площі асфальтованих територій та порушення природного водного балансу. Дорожнє будівництво впливає на міську флору та фауну, зменшуючи природні ареали проживання деяких видів [39].

Екологічні проблеми транспортних комплексів міст є комплексними і потребують системного підходу до їх вирішення. Впровадження сталої транспортної політики, розвиток екологічного громадського транспорту, зменшення використання автомобілів із двигунами внутрішнього згоряння, покращення міського планування та застосування новітніх технологій дозволяють мінімізувати негативний вплив транспорту на навколишнє середовище та здоров'я населення.

1.2. Найважливіші концепції місця транспорту у просторовому розвитку міста

Концепція поліцентричної міської структури. Поліцентрична модель розвитку міста передбачає створення кількох незалежних або частково взаємопов'язаних центрів, які виконують різні функції – адміністративні, комерційні, промислові, культурні тощо. Головною метою цієї концепції є зменшення концентрації населення та навантаження на центральні райони міста, що сприяє більш збалансованому просторовому розвитку та рівномірному розподілу транспортних потоків [43].

У поліцентричних містах транспортна інфраструктура розробляється з урахуванням множинних транспортних вузлів, що з'єднані між собою ефективними транспортними коридорами. Це дозволяє зменшити необхідність довгих щоденних поїздок, оскільки мешканці мають доступ до всіх необхідних послуг у межах свого району. Окрім того, поліцентричний розвиток сприяє розширенню громадського транспорту та покращенню мобільності мешканців.

Реалізація цієї концепції вимагає комплексного містобудівного планування, що враховує не лише транспортні магістралі, але й розташування житлових масивів, бізнес-центрів, парків та рекреаційних зон. Успішні приклади поліцентричного розвитку можна побачити в таких містах, як Амстердам, Франкфурт, Барселона, де розбудова багатьох міських центрів сприяє більш ефективному функціонуванню транспортної системи [43].

Концепція «міста коротких відстаней» (місто 15 хвилин). Ця концепція стає щоразу популярнішою у світі, оскільки забезпечує ефективне використання міського простору та зменшує залежність населення від автомобілів. Вона передбачає, що кожен житель міста повинен мати можливість дістатися до основних об'єктів інфраструктури – магазинів, лікарень, навчальних закладів, робочих місць, парків пішки або на велосипеді протягом 15 хв. Реалізація цієї концепції передбачає багатофункціональне використання міської території, зменшення автомобільного руху та розвиток екологічно чистого транспорту. Важливими елементами є добре сплановані вулиці, доступність громадського транспорту, наявність пішохідних і велосипедних маршрутів, що сприяють зниженню рівня забруднення повітря та покращенню якості життя мешканців. У містах, що впроваджують цю концепцію, особливу увагу приділяють локальній економіці, створюючи можливості для роботи та підприємницької діяльності без необхідності довгих поїздок. Прикладом міста, де впроваджується концепція 15-хвилинного міста, є м. Париж [38].

Концепція транзитно-орієнтованого розвитку (TOD). Transit-Oriented

Development (TOD) – це підхід, що орієнтується на формування густонаселених районів навколо ключових транспортних вузлів. Його основна мета – створити зручне та доступне міське середовище, де громадський транспорт відіграє центральну роль, а приватні автомобілі використовуються рідше. Райони, побудовані за принципом TOD, мають високий рівень інтеграції між житловими, комерційними та рекреаційними зонами, що сприяє зменшенню транспортного навантаження та підвищенню рівня життя. Вони характеризуються щільною забудовою, пішохідними вулицями, добре розвиненою велосипедною інфраструктурою та доступністю громадського транспорту. Реалізація TOD вимагає узгодження транспортного планування з містобудівними стратегіями. В таких містах, як Токіо, Копенгаген, Ванкувер, ця концепція активно впроваджується через розвиток метро, трамвайних ліній та автобусних маршрутів, що забезпечують ефективне сполучення між районами міста [40].

Концепція сталого транспорту. Сталий транспорт є ключовою складовою екологічно орієнтованого розвитку міст. Ця концепція передбачає мінімізацію негативного впливу транспорту на довкілля, зниження рівня споживання вуглеводневого пального та використання альтернативних джерел енергії. Основними напрямками розвитку сталого транспорту є популяризація громадського транспорту, розвиток електротранспорту, покращення інфраструктури для велосипедистів та пішоходів, а також зменшення використання автомобілів із двигунами внутрішнього згорання. Важливу роль відіграє впровадження інтелектуальних транспортних систем, які допомагають оптимізувати рух, зменшити затори та підвищити ефективність транспортних мереж. Прикладами впровадження концепції є міста Осло, Амстердам та Відень, де активно впроваджують заходи для стимулювання використання електромобілів, скорочення автомобільного руху в центрах міст та розвитку громадського транспорту, що сприяє покращенню екологічної ситуації та підвищенню якості життя мешканців [39].

Концепція інтегрованого транспортного планування. Воно

передбачає створення єдиної системи транспорту, яка ефективно поєднує різні види мобільності – залізничний, автомобільний, велосипедний, пішохідний та громадський транспорт. Головна ідея полягає у забезпеченні безперешкодного пересування містом із використанням різних видів транспорту. Ця концепція включає розбудову транспортних вузлів, створення зручних пересадкових станцій, впровадження єдиних квиткових систем, а також розвиток технологій, що полегшують навігацію та планування поїздок. Важливим аспектом є цифровізація транспорту, що включає впровадження мобільних додатків для відстеження розкладів, бронювання місць у транспорті та інтеграції з екологічними видами транспорту. Прикладами успішних кейсів інтегрованого транспортного планування є Лондон, Берлін, Сінгапур із зручним, доступним та ефективним для всіх категорій населення громадським транспортом [46].

Концепція швидкісного автобусного транзиту (Bus Rapid Transit – BRT). Це система громадського транспорту, яка використовує автобуси для надання швидкого, зручного та економічно ефективного обслуговування пасажирів. Основні характеристики BRT є: виділені смуги (автобуси рухаються по спеціально відведених смугах, що дозволяє уникнути заторів), станції, схожі на станції метро, з платформами на рівні підлоги автобуса для швидкої посадки, пріоритет автобусів BRT на перехрестях, попередня оплата проїзду, висока частота руху, інформаційні системи (електронні табло показують час прибуття наступного автобуса як у метро), більші, екологічніші автобуси з кращим дизайном. BRT поєднує ефективність рейкового транспорту з гнучкістю та нижчою вартістю автобусних систем. Це робить його популярним рішенням для міст, які прагнуть покращити громадський транспорт без величезних витрат на будівництво метро чи трамвайних ліній. Прикладом є Амстердам, Лондон. Іноді таке будівництво просто неможливе, оскільки відсутні необхідні просторові ресурси. Іноді просторові ресурси наявні, проте BRT вдало поєднується із концепціями інтегрованого транспортного планування та транзитно-орієнтованого розвитку [43].

1.3. Методика дослідження екологічної безпеки транспорту у просторовому плануванні розвитку міст

Методика дослідження екологічної безпеки транспорту у просторовому плануванні розвитку міст передбачала 4 послідовні етапи (рис. 1.1).

На підготовчому етапі визначалися цілі, завдання та методологічні підходи до дослідження, проведено огляд наукової літератури щодо екологічної безпеки транспорту, визначено ключові показники екологічного впливу транспорту (викиди, шумове забруднення, енерговитрати), підготовлено карту досліджуваної території для подальшого просторового аналізу, обґрунтовано вибір відповідних методів збору та аналізу даних.

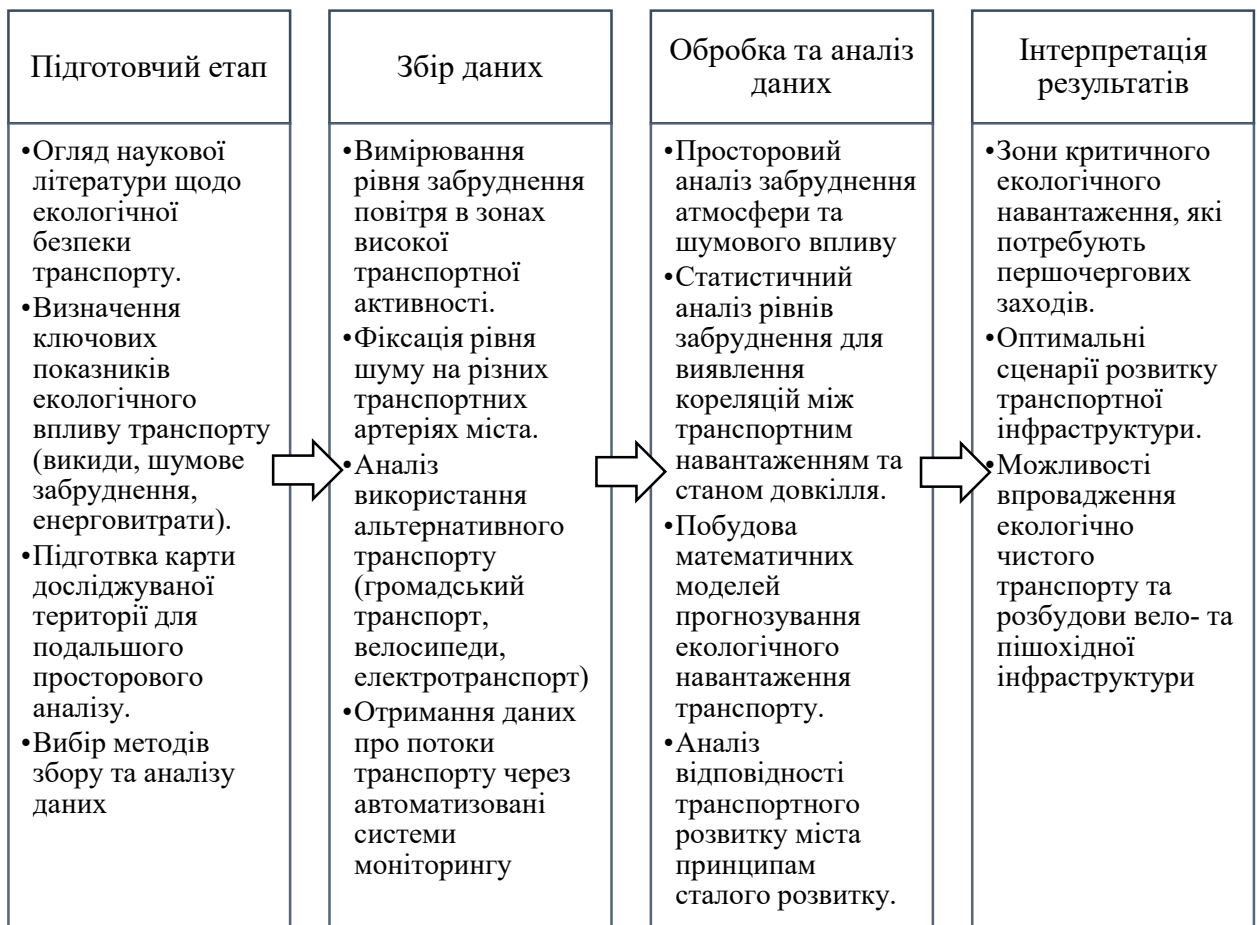


Рис. 1.1. Алгоритм проведення дослідження

Збір первинних даних проводився на наступному етапі шляхом польових досліджень, використання існуючих екологічних баз даних та супутникового моніторингу. На цьому етапі:

- проаналізовано рівень забруднення повітря в зонах високої транспортної активності;
- виміряно рівень шуму на різних транспортних артеріях міста;
- проаналізовано використання альтернативного транспорту (громадський транспорт, велосипеди, електротранспорт);
- оцінено потоки транспорту на основних транспортних артеріях міста.

Після збору даних проводиться їх обробка та систематизація.

Використано такі методи аналізу:

- просторовий аналіз забруднення атмосфери та шумового впливу через ГІС-моделювання;
- статистичний аналіз рівнів забруднення для виявлення кореляцій між транспортним навантаженням та станом довкілля;
- побудова математичних моделей прогнозування екологічного навантаження транспорту;
- аналіз відповідності транспортного розвитку міста принципам сталого розвитку.

На основі отриманих даних формуються рекомендації щодо зниження екологічного навантаження від транспорту. При цьому визначаються зони критичного екологічного навантаження, які потребують першочергових заходів, оптимальні сценарії розвитку транспортної інфраструктури, можливості розвитку екологічно чистого транспорту та розбудови вело- та пішохідної інфраструктури.

Серед використаних методів дослідження одним із найважливіших є просторовий аналіз (ГІС-моделювання). Основні етапи застосування методу:

- збір геоданих щодо розташування транспортних потоків, промислових зон, зелених територій;

- аналіз картографічних матеріалів про рівень забруднення повітря та шум;
- візуалізація проблемних зон та моделювання альтернативних схем транспортного розвитку.

Наступним важливим методом є екологічний моніторинг. Він включає: вимірювання концентрацій основних забруднюючих речовин (CO_2 , NO_x , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$) з допомогою спеціальних аналізаторів, рівня шумового забруднення за допомогою шумомірів, використання супутникових знімків для оцінки динаміки змін екологічної ситуації.

Метод математичного моделювання використовується для прогнозування майбутніх змін у стані довкілля залежно від сценаріїв транспортного розвитку. Включає побудову моделей поширення забруднень у повітрі, розрахунок потенційного зниження рівня викидів при переході на екологічний транспорт, оцінку ефективності різних сценаріїв транспортної політики (наприклад, збільшення кількості громадського транспорту, впровадження електробусів).

Метод соціологічного дослідження передбачає опитування населення щодо екологічного стану транспорту та мобільності. Основні питання стосуються рівня задоволеності якістю повітря та рівнем шуму в місті, готовності використовувати громадський або екологічний транспорт, визначення основних бар'єрів для переходу на сталу мобільність.

Метод порівняльного аналізу застосовується для аналізу досвіду інших міст щодо екологічного транспорту. Включає вивчення міжнародних практик сталого транспортного розвитку, порівняння показників забруднення повітря та шуму у різних міських агломераціях, визначення ключових факторів успіху в містах, що ефективно впровадили екологічні транспортні стратегії.

Очікуваними результати дослідження є:

- визначення ключових факторів екологічного впливу транспорту у містах;
- складання карт просторового розподілу екологічного навантаження

транспорт;

- розробка рекомендацій щодо оптимізації транспортного планування;
- впровадження інструментів моніторингу екологічного впливу транспорту.

Використана в роботі методика дослідження дозволяє комплексно оцінити рівень екологічної безпеки транспорту та знайти ефективні рішення для зниження його негативного впливу на міське середовище.

1.4. Особливості сучасного стану вивчення питання впливу транспорту на просторове планування та екологічну безпеку міст в науковій літературі

Дослідження впливу транспорту на просторове планування екологічну безпеку міст є актуальною темою як для українських, так і для зарубіжних науковців. Українські вчені, зокрема, Ю.Ф. Гутаревич, В.П. Матейчик та А.О. Копач в роботі [10] пропонують методи покращення екологічних показників автомобільного транспорту. П.В. Босак, Н.Г. Лук'янчук та В.В. Попович в статті [4] аналізують чинники, що впливають на екологічну безпеку залізниці, визнаючи її негативний вплив на довкілля.

Особлива увага приділяється транспорту на альтернативних видах палива, що відображено в роботах Ю.Н. Бурдукіної [5], А.А. Олейнікова та В.М. Попова [24]. В.А. Кашканов та О.В. Устюшенко [18]. О.І. Богатов та В.М. Попов [3] розробляють стратегії для підвищення екологічної безпеки автотранспорту. О. М. Бабенко та Л. Б. Ящук досліджують взаємозв'язок між транспортною діяльністю та забрудненням міського повітря [2].

Зарубіжні дослідники також активно вивчають цю проблему. Наприклад, М. Lindsey, J.L. Schofer, Р. Durango-Cohen та К.А. Gray [47] вивчають вплив місця проживання на використання автомобілів, споживання енергії та викиди парникових газів. W. Van Beek, H. Derriks, P. Wilbers, P. Morsink, L. Wismans та P. Van Beek [50] аналізують вплив обмежень

швидкості на забруднення повітря та безпеку дорожнього руху. J. Luoma та M. Sivak [49] досліджують взаємодію екологічних та безпекових заходів для сталого автомобільного транспорту.

Також традиційно багато уваги, особливо в закордонній літературі, приділяється питанням місця транспорту у просторовому розвитку міста. Зокрема, у статті Г.П. Підгрушного, Н. І. Провотар, В.С. Дудіна [26] обгрунтована концепція поліцентричності розвитку Київського метрополісного регіону, у роботі T. Abbiasov, C. Heine, E. Glaeser, C. Ratti, S. Sabouri, A. Salazar-Miranda, P. Santi [38] – концепція «міста 15 хвилин», P. Calthorpe [40] – концепція транзитно-орієнтованого розвитку, D. Banister [39] – концепція сталого транспорту, A. Hull [46] – концепція інтегрованого транспортного планування.

У контексті м. Луцька, Я.О. Мольчак, В.О. Фесюк та О.Ф. Картава [21] започаткували дослідження впливу транспорту на забруднення повітря та екологічний стан міста. Ці дослідження були продовжені В.О. Фесюком в монографії перспективи сталого розвитку міста [35], в статті В.О. Фесюк, І.А. Мороз [36], де оцінено забруднення повітря та роль міського транспорту в цьому процесі, а також у статті V.O. Fesyuk, I.A. Moroz, L.T. Chyzhevska, Y.P. Kiyko, A.V. Karpuk про транспорт і екологічну безпеку міст [42].

Через Луцьк проходять ключові автомобільні траси, що з'єднують його з Ковелем, Києвом, Львовом, Чернівцями, Ягодином, Хелмом та Любліном. Відстань до Києва становить 400 км, Рівного – 70 км, Львова – 178 км, Тернополя – 176 км. Луцька громада також є важливим транспортним вузлом на шляху до країн Європейського Союзу, через місто проходять міжнародні автодороги, що з'єднують Україну з Польщею. Відстань до пункту перетину кордону Устилуг становить 85 км [32].

Досліджувана територія розташована в межах Волинської височини, на південно-західній околиці Східноєвропейської платформи, у бортовій частині Львівсько-Волинської палеозойської западини. Геологічна структура території включає породи протерозойської, палеозойської, мезозойської та кайнозойської систем. Протерозойські відклади залягають на значних глибинах під палеозойськими породами та знаходяться нижче зони вільного водообміну. Палеозойські відклади занурюються на захід під кутом 2-3° і представлені утвореннями кембрійської, ордовікської, силурійської та девонської систем. Нижній палеозой складається з пісковиків, алевролітів, аргілітів кембрію (до 240 м товщиною) та кварцованих вапняковистих пісковиків ордовіку (до 10 м). Силурійська система представлена доломітами, доломітизованими кавернозними вапняками з прошарками мергелів, аргілітів і гіпсів загальною потужністю 300-350 м, які залягають на глибині до 600 м. Девонська система поширена повсюдно і включає середній та верхній відділи з різними світами, що містять гіпси, доломіти, алевроліти, аргіліти, пісковики та вапняки. Верхньокрейдові відклади трансгресивно перекривають палеозойські породи і складаються з сеноманського, туронського, коньякського і сантонського ярусів. Палеогенова система представлена обухівською світою з кварцово-глауконітовими пісками потужністю 10-18 м. Четвертинні відклади суцільним шаром покривають верхньокрейдові породи і представлені різними типами утворень: озерно-алювіальними, алювіальними, еолово-делювіальними та болотними. Їх потужність варіює від 3-5 м на схилах до 30-40 м у долині річки Стир і на вододілах [29].

Рельєф території формувався під впливом неотектонічних процесів, річкової та еолово-делювіальної акумуляції, еолових, карстових і ерозійних процесів. Місто розташоване в межах Луцько-Рівненського лесового пасма. Поверхня має загальний нахил з півдня на північ і розчленована річковими долинами Стиру та його приток [29].

У межах міста спостерігаються різноманітні форми рельєфу: заболочені рівнини, заплави, надзаплавні тераси, вододільні поверхні з хвилясто-горбистим рельєфом. Значно ускладнюють геоморфологічні умови численні техногенні форми рельєфу. Останнім часом у Луцьку поширюються несприятливі геологічні процеси, включаючи зсуви, суфозійні просадки та зміни в складі ґрунтів через переущільнення та перезволоження [21].

Рельєф Луцька характеризується різноманітністю форм, утворених різними геологічними процесами. Місто розташоване в долині річки Стир, де виділяються заплава та надзаплавна тераса. На вододілах переважають еолово-делювіальні форми рельєфу, а в долинах річок – алювіальні та болотні.

Місто розташоване на першій надзаплавній терасі та заплаві по обидва береги річки. Основна частина міста, включаючи центр, знаходиться на правому березі. На території міста також протікають малі річки Сапалаївка, Омеляник та Жидувка, які впадають р. Стир в межах міста чи недалеко від нього.

Клімат Луцької громади за багатолітній період можна оцінити як помірно-континентальний з м'якою зимою та теплим літом. Проте останнім через глобальні кліматичні зміни сучасна ситуація дещо змінюється [34].

За інформацією Волинського обласного центру з гідрометеорології, середньорічна температура повітря у 2022 р. досягла $+9,4^{\circ}\text{C}$. За середніми багаторічними даними після 2000 р. становить $+8,5^{\circ}\text{C}$. Історичні спостереження зафіксували абсолютний температурний мінімум $-33,6^{\circ}\text{C}$ та максимум $+36,2^{\circ}\text{C}$. У 2022 р. середня максимальна літня температура становила $+20,4^{\circ}\text{C}$, а середня мінімальна зимова температура $-0,1^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.2).

Цікаво виглядає аналіз динаміки середньорічної температури повітря

досліджуваної території (рис. 2.3). Якщо за період 1970-90 рр. середня річна температура становила $+6,9^{\circ}\text{C}$, то вже у 2000 р. вона (згідно поліномального тренду) перейшла значення $+8,0^{\circ}\text{C}$, у 2011 р. $+9,0^{\circ}\text{C}$ і продовжує зростати. Проте з 2018 р. темпи приросту дещо сповільнились. Коефіцієнт детермінації по лінії тренду становить 0,5214, а коефіцієнт кореляції – 0,722.

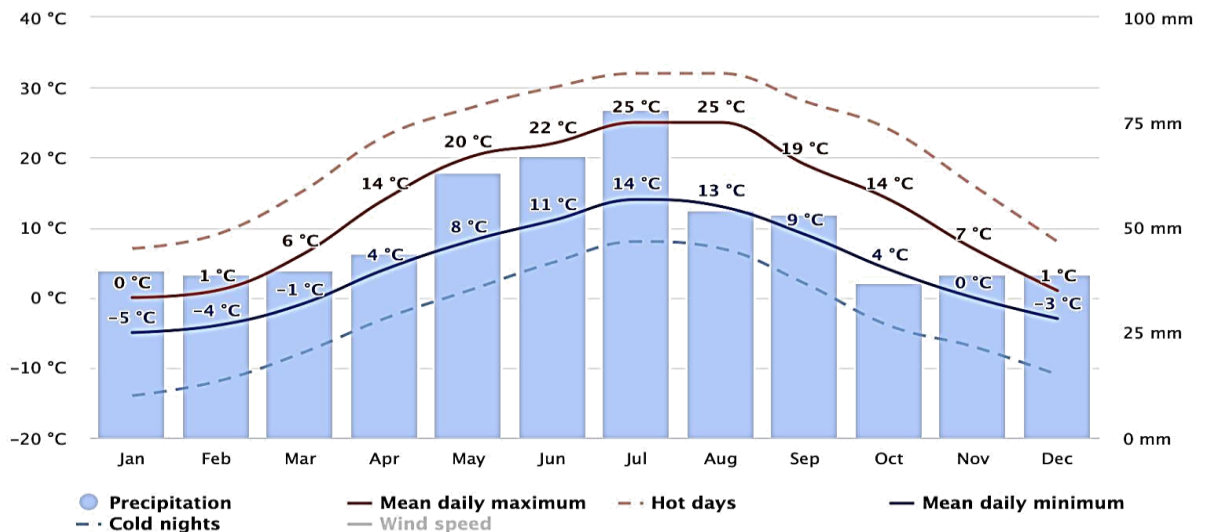


Рис. 2.2. Середня температура та опадами по метеостанції Луцьк [27]

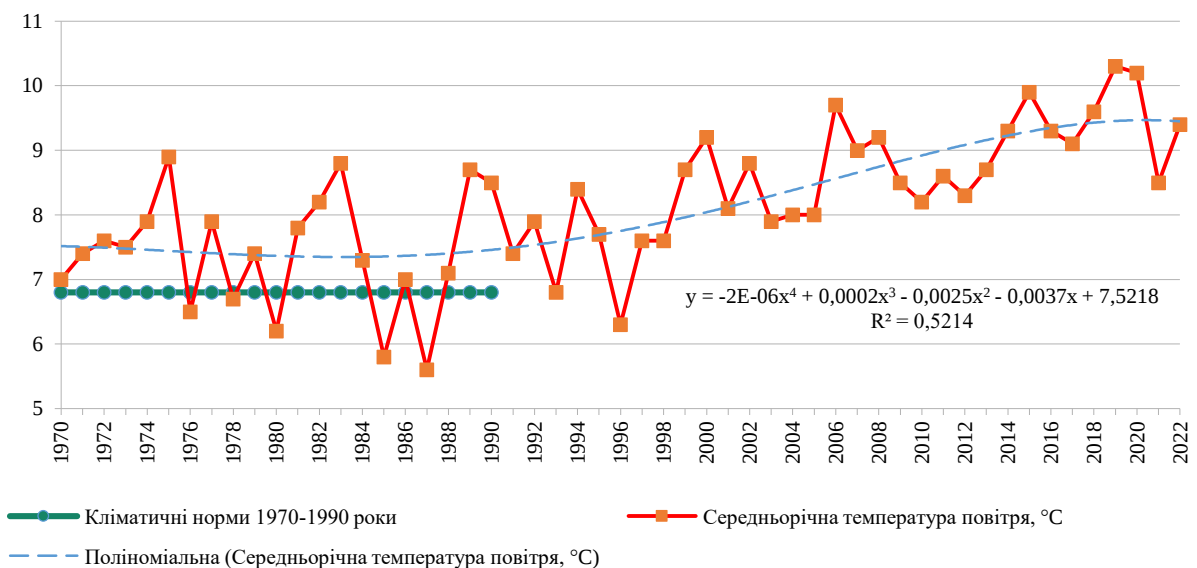


Рис. 2.3. Зміна температури повітря по метеостанції Луцьк за багаторічний період [27]

Дослідження кліматичних змін показують, що за період 1970-2022 рр. середньорічна температура в регіоні підвищилась приблизно на 2,4°C порівняно з кліматичною нормою 1970-90 рр. Це потепління відбулося переважно за рахунок підвищення температури в зимовий та літній періоди.

Для прогнозування майбутніх кліматичних змін використовується методика CMIP₅, узгоджена міжнародними науковими групами. Найбільш поширені сценарії включають RCP-4.5 (помірний сценарій з піком викидів близько 2040 р. і подальшим їх зниженням) та RCP-8.5 (сценарій найбільших викидів з їх постійним зростанням протягом XXI ст.) [27].

Таблиця 2.1.

Прогнозована зміна основних кліматичних показників за методикою CMIP₅ [27]

	2021 р.	RCP-4.5			RCP-8.5		
		до 2040 р.	до 2060 р.	до 2080 р.	до 2040 р.	до 2060 р.	до 2080 р.
Середня температура, °C	+8,5			+1,5-2			+2,5-4,2
Середні опади, мм	723,9	+5-10 %	+5-10 %	+0-5 %	+5-10 %	+5-10 %	+15-20%

Згідно прогнозу за цією методикою до 2040 р. температура зросте ще на 1-2,5 °C, а опади на 5-10 % (табл. 2.1).

Відносна вологість повітря змінюється протягом року: найвища вона у грудні (89%), найнижча у травні (64%), середній річний показник – 78%. Найменша хмарність спостерігається у серпні, найбільша – у грудні. Переважають західні вітри, найменш поширені – північно-східні. Середня швидкість вітру вища взимку (4,1 м/с у січні) і нижча влітку (2,8 м/с у липні).

Річна кількість опадів складає в середньому 560 мм, з найменшою кількістю у березні та найбільшою у липні. Зафіксований історичний мінімум річних опадів становив 310 мм (1961 р.), максимум – 822 мм (1931 р.). Рекордна добова кількість опадів (114 мм) зареєстрована 4 серпня 1959 р. У місті в середньому 148 днів з опадами на рік, з найменшою їх кількістю у серпні (10) та найбільшою у грудні (16) [34].

Територія дослідження розташована в зоні широколистяних лісів, для

неї характерні типові чорноземи та сірі опідзолені ґрунти. Ґрунтоутворюючі породи представлені комплексом алювіальних та еолово-делювіальних відкладів, переважно піщаного, супіщаного та суглинистого механічного складу. У заплавах річок та понижених ділянках рельєфу близьке до поверхні залягання ґрунтових вод призводить до заболочування та утворення органогенних порід, зокрема торфу. На більшій частині території ґрунтоутворення відбувається на лесових породах. Характерними є крупнопилювато-легкосуглинисті леси, які досить однорідні за площею, мають палевий колір із слідами оглеєння. Переважає промивний водний режим ґрунту, що зумовлює неглибоке залягання ґрунтових вод і поширення заболочених ділянок [35].

Поширені декілька типів ґрунтів: торфово-болотні і торфовища низинні, чорноземи опідзолені легкосуглинисті на лесових породах та їх змиті різновиди, сіро-опідзолені супіщані і легкосуглинисті на лесових породах та їх змиті різновиди [35].

Торфово-болотні ґрунти й торфовища зустрічаються в заплавах річок і міжгорбових зниженнях лесової височини. У багатьох місцях ці ґрунти зазнали меліоративних змін, переосушені та використовуються під забудову, вимощення, частково під городи і парки. Потужність торфового шару в торфово-болотних ґрунтах становить 20-40 см, під ним знаходиться глеєвий горизонт. У торфовищах потужність торфу сягає 0,5-1,5 м, іноді до 4 м. Підстилаючі породи представлені переважно пісками й супісками, рідше суглинками [21].

Найбільшу частину території займають опідзолені ґрунти: сірі опідзолені супіщані і легкосуглинисті на лесових породах та їх змиті різновиди. Вони поширені майже по всій території, за винятком заплав річок.

Також зустрічаються чорноземи неглибокі малогумусні, легко-середньосуглинисті на лесових породах та їх змитих різновидах. Ці ґрунти характеризуються темно-сірим гумусовим горизонтом загальною потужністю

30-40 см, який зверху має крупнопиловато-важкосуглинистий порохувато-грудкуватий склад, а нижче – карбонатний грудкуватий ущільнений [35].

У ландшафтній структурі досліджуваної території виділяють два основні типи ландшафтів: долинні та вододільні. Кожен з них поділяється на два підтипи: долинні включають заплави і надзаплавні тераси, а вододільні – слабодреновані межиріччя і лесові межиріччя [1].

Ландшафти заплави простягаються смугами по заплаві р. Стир та її приток. Виділяють два види заплавних ландшафтів: лучні заплави середніх річок із різнотравно-злаковими луками на дернових оглеєних ґрунтах і торфовищах та лучні заплави невеликих річок із різнотравно-злаково-осоковими луками на лучно-болотних ґрунтах. Обидва значно осушені [1].

Ландшафти надзаплавної тераси прилягають до заплави, добре виражені в рельєфі з чіткими уступами і шириною 1,5-2,0 км. Вони складені потужною товщею супіщаного алювію, перекритого лесовидними суглинками. Поверхня терас переважно плоска, з ерозійним розчленуванням біля уступів. Найпоширенішим видом терасних ландшафтів є нерозчленовані перші й другі лесові тераси з чорноземами неглибокими малогумусними і опідзоленими, переважно під орними угіддями на місці колишніх дубово-грабових лісів [1].

Ландшафти міжрічкових лесових хвилясто-горбистих підвищень займають значні території на сході, півдні та заході м. Луцька з абсолютними висотами 230-250 м над рівнем моря і вище. Поверхня сформувалась під впливом елювіальних та еолово-делювіальних процесів на переважно палево-жовтих лесах. Виділяється два види ПТК: слабодреновані межиріччя на різних типах ґрунтів під забудовою на місці колишніх лісів, та лесові межиріччя на сірих і темно-сірих опідзолених ґрунтах, зайняті забудовою та орними землями [1].

Місцевості слабодренованих рівнинно-западинних межирічч характеризуються незначними коливаннями висот, але безстічність ділянок призводить до активізації процесів заболочення. Відмінності в геологічній будові, умовах стоку та вологозабезпечення зумовили значну мозаїчність

грунтового покриття, де підзолистий процес часто комбінується з процесами заболочування й оглеєння [29].

До групи лесових межиріч входять урочища вододільних горбів зі слабопологими схилами, балкові урочища з пологими схилами, та урочища крутих схилів лесових горбів на сильноеродованих ґрунтах. Ці місцевості характеризуються значною ерозією ґрунтів, що вимагає проведення спеціальних захисних інженерних заходів [29].

Таблиця 3.1

Структура територій та об'єктів природно-заповідного фонду
Луцької територіальної громади [17]

Категорія, тип	Загальнодержавного значення		Місцевого значення		Всього	
	кількість об'єктів, шт.	площа, га	кількість об'єктів, шт.	площа, га	кількість об'єктів, шт.	площа, га
Національні природні парки	1	799,8962	–	–	3	799,8962
Заказники	–	–	6	1012,68	6	1012,68
загальнозоологічні	–	–	2	348,95	2	348,95
орнітологічні	–	–	2	100,00	2	100,00
гідрологічні	–	–	2	563,72	2	563,73
Пам'ятки природи	–	–	17	56,24	17	56,24
ботанічні	–	–	14	39,33	14	39,33
зоологічні	–	–	1	7,0	1	7,0
гідрологічні	–	–	2	9,91	2	9,91
Заповідні урочища	–	–	9	412,8	9	412,8
Ботанічні сади	1	10,00	–	–	1	10,00
Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва	1	13,0	1	12,5	2	25,5
Всього	3	822,8962	33	1494,22	36	2317,1162

Природно-заповідна та екологічна мережі території Луцької територіальної громади найбільш ґрунтовно вивчені в монографії З.К. Карпюк, В.О. Фесюка [17]. В цій роботі природно-заповідні об'єкти охарактеризовані наступним чином: «...За даними відділу екології Луцької міської ради, станом на 01.01.2021 р., у межах Луцької ТГ до складу ПЗФ

включені 36 природоохоронних об'єкти загальною площею 2317,1162 га, із яких три об'єкти – загальнодержавного значення: частина Ківерцівського національного природного парку «Цуманська пуща», Луцький ботанічний сад, парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва «Байрак» (822,8962 га; 35,51% площі ПЗФ ТГ), 33 об'єкти місцевого значення (1494,22 га; 64,49% площі ПЗФ ТГ). До територій та об'єктів ПЗФ місцевого значення належать: шість заказників (два загальнозоологічних, два орнітологічних, два гідрологічних) – 1012,68 га, 17 пам'яток природи (14 ботанічних, одна зоологічна, дві гідрологічних) – 56,24 га, дев'ять заповідних урочищ – 412,8 га, один парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва – 12,5 га. У відсотковому відношенні найбільша кількість об'єктів ПЗФ належить до категорії «пам'ятки природи» (47,22%), «заповідні урочища» (25,00%), «заказники» (16,67%). Відповідно на «ППСПМ» припадає 5,55%, НПП – 2,78%, ботанічний сад – 2,78% всіх ПЗФ-об'єктів територіальної громади. Частка площ природоохоронних територій та об'єктів різних категорій у структурі ПЗФ Луцької ТГ інша: КНПП – 799,8962 га (34,52%), заказники – 1012,68 га (43,70%), пам'ятки природи – 49,34 га (2,43%), заповідні урочища – 412,8 га (17,82%), ботанічний сад – 10,0 га (0,43%), парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва – 25,5 га (1,10%) ...».

Екологічна мережа території Луцької міської територіальної громади, за З.К. Карпюк, В.О. Фесюком (2022), включає частково регіональне природне ядро – Ківерцівське і регіональні екологічні коридори – Стирський, Лузько-Чорногузький, Риловицько-Серненський. Також до її складу входять структурно-функціональні елементи локального рівня [17]:

- 13 природних ядер, в т.ч. Ківерцівські дубово-соснові ліси, а також Рокинівське, Озерецьке, Луцьке, Теремнівське, Заборольське, Чорногузьке та Шепельське;
- 7 екологічних коридорів: Сапалаївський, Гнідавський, Омелянівський, Прудниківський, Жидичинсько-Прилуцький, Шепельсько-Боголюбський і Богущівсько-Буківський;

- 2 території відновлення: Прилуцька та Рокинівська;
- території природного розвитку, що сприяють збереженню та розширенню екосистеми.

2.2. Характеристика Луцької міської територіальної громади

Луцька міська територіальна громада сформувалася внаслідок реформи децентралізації в Україні. Вона складається з обласного адміністративного центру м. Луцька та старостинських округів: Прилуцького, Жидичинського, Боголюбського, Княгининівського та Заборольського. Громада має багату історичну спадщину, розвинену інфраструктуру та значний потенціал для подальшого розвитку. Перш за все це стосується потенціалу розвитку культурного та інших видів туризму, що зумовлено наявністю великої кількості пам'яток архітектури, заповідної історичної зони, розвинутих мистецьких осередків та фестивального іміджу міста [32].

Станом на 01.01.2022 р. чисельність населення Луцької міської територіальної громади становила 243482 чол., з яких 215986 чол. – населення м. Луцька. Порівняно з 2007 р., коли розрахункова чисельність населення громади становила 227764 чол. (з них у м. Луцьку – 207586 чол.), спостерігається тенденція до зростання кількості жителів [30].

Під час воєнного стану громада прихистила багатьох вимушених переселенців, що позитивно вплинуло на збільшення загальної кількості населення. Хоча цей чинник є ситуативним і може змінитися після завершення війни. Аналіз демографічних даних за останні роки показує, що в м. Луцьку, як і в багатьох інших обласних центрах України, спостерігається значна нестабільність демографічних показників. Це пов'язано з різними чинниками, зокрема, природним приростом/скороченням населення, міграційними процесами, економічною ситуацією тощо [30].

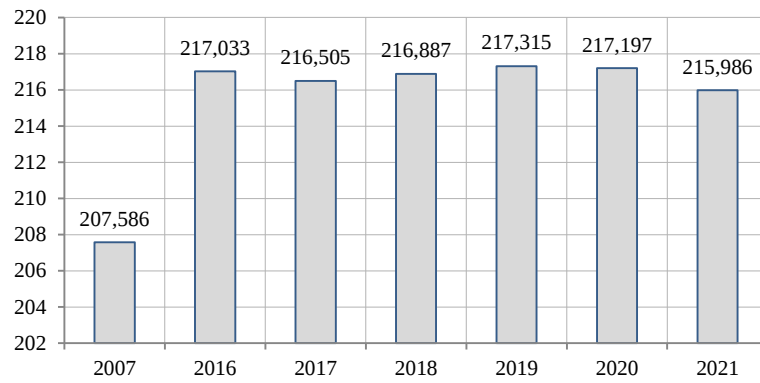


Рис. 2.4. Динаміка кількості населення м. Луцька, тис. чол. [32]

Також спостерігається тенденція до скорочення кількості зайнятого населення у м. Луцьку. Це можна пояснити структурними змінами в економіці, міграційними процесами, демографічними тенденціями та наслідками впливу COVID-19 на ринок праці. Покращення економіки міста та стабілізація зайнятості населення можлива внаслідок відкриття нових підприємств, освоєння нових технологій і ринків збуту продукції, що повинно стати одним із пріоритетів соціально-економічного розвитку громади.

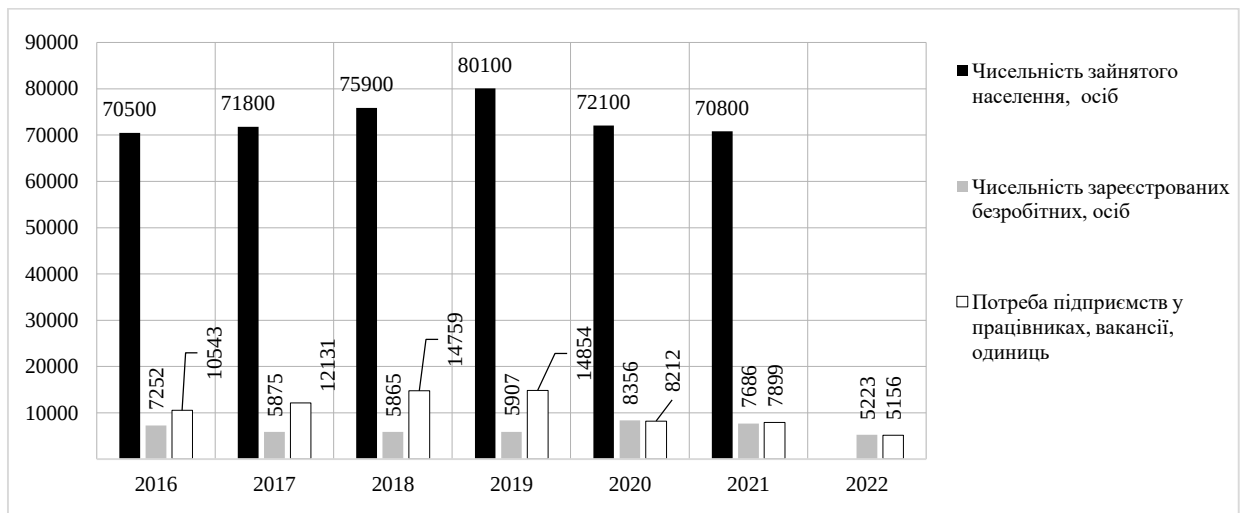


Рис. 2.5. Динаміка зайнятості населення та безробіття в м. Луцьку [32]

Загальна кількість суб'єктів підприємницької діяльності у Луцькій ТГ від 2020 р. значно збільшилася, що можна пояснити проведенням

Аналіз доходів бюджету Луцької міської територіальної громади за 2012-22 рр. порівняно із 2007 р. показує стабільну тенденцію до зростання (рис. 2.6). Так, якщо у 2007 р. загальний обсяг доходів бюджету становив 409,7 млн.грн, то у 2022 р. цей показник зріс до 3121,8 млн.грн. При цьому рівень доходів бюджету в цей період відповідав інфляції, що свідчить про збереження реальної купівельної спроможності бюджетних коштів [30].

В структурі доходів бюджету громади найвища частка податку на доходи фізичних осіб – 69,3%, єдиний податок – 13,5%, акцизний збір – 6,2%, податок на майно – 8,1%, інші доходи – 2,9%. Видаткова частина бюджету теж демонструє тенденцію до зростання. У 2007 р. загальний обсяг видатків становив 339,0 млн.грн, у 2022 р. – 2629,2 млн грн. Громада має можливість впроваджувати інвестиційні проєкти, виконувати енергоефективні заходи в муніципальних установах та покращувати інфраструктуру міста [30].

Науково-освітній потенціал Луцької МТГ представлений розгалуженою мережею навчальних закладів різних рівнів. Зокрема, в громаді функціонує 38 загальноосвітніх навчальних закладів, 5 професійно-технічних закладів та 10 вищих навчальних закладів. Дошкільна освіта забезпечується 51 постійним дошкільним закладом. Діє мережа позашкільних установ: Палац учнівської молоді, Луцький міський Центр науково-технічної творчості учнівської молоді Луцької міської ради, Міський центр туризму, спорту і краєзнавства учнівської молоді Луцької міської ради, Волинська обласна Мала академія наук. У 2022 р. професійна та вища освіта в Луцьку забезпечувалася 10 закладами, де навчалася загалом 17994 студенти і працювало 1217 викладачів. Найбільшими за кількістю студентів були Волинський національний університет імені Лесі Українки (9234 студ.), Луцький національний технічний університет (9737 студ.) та Луцький педагогічний коледж Волинської обласної ради (1610 студ) [32].

Система охорони здоров'я в Луцькій міській ТГ представлена широкою мережею медичних закладів. У м. Луцьку функціонує 19 лікарняних закладів: обласна лікарня, перинатальний центр, обласна дитяча лікарня, міська лікарня,

спеціалізовані лікарні, госпіталь для інвалідів війни, пологовий будинок, медичний центр реабілітації учасників бойових дій Луцької ТГ, стоматологічна поліклініка, інфекційна лікарня, психіатрична та наркологічна лікарні та диспансери зі стаціонарами [32].

У громаді розвинена спортивна інфраструктура, функціонує 5 дитячо-юнацьких спортивних шкіл, багато стадіонів та спортивних секцій.

Транспортне обслуговування Луцька забезпечується автомобільним, залізничним та електротранспортом. Розвинена транспортна інфраструктура є важливим чинником економічного розвитку громади, оскільки вона сприяє мобільності робочої сили, полегшує доступ до ринків збуту та постачальників для місцевих підприємств, а також створює сприятливі умови для розвитку туризму.

Незважаючи на загалом позитивну динаміку розвитку Луцької міської ТГ, існують певні виклики, які потребують уваги. Серед них можна виділити:

1. Демографічні виклики. Хоча загальна кількість населення громади зростає, це частково пов'язано з приєднанням нових територій та прибуттям вимушених переселенців. Натомість, природний рух населення (народжуваність, смертність) має негативну динаміку, що потребує відповідних заходів та створює значні загрози демографічній безпеці.

2. Скорочення зайнятості. Для подолання тенденції до скорочення кількості зайнятого населення необхідна розробка та впровадження ефективних програм стимулювання зайнятості, підтримка малого та середнього бізнесу, залучення інвестицій для створення нових робочих місць.

3. Інфраструктурні потреби: незважаючи на розвинену інфраструктуру, існує потреба в її модернізації та розширенні, особливо в новоприєднаних територіях громади (колишніх сільських радах). В т.ч. це стосується й транспортної інфраструктури. Зокрема, в напрямку добудови об'їзних доріг, розширення тролейбусних маршрутів, велодоріжок тощо.

4. Складність в подоланні лагу між доходами та видатками громади, особливо з врахуванням наслідків військового стану.

2.3. Екологічні проблеми громади

В Звіті про стратегічну екологічну оцінку Програми економічного і соціального розвитку Луцької міської територіальної громади на 2021 р. [13] виділено та прореєтрировано в напрямку зниження екологічної небезпеки та гостроти наступні екологічні проблеми Луцької міської громади (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

Екологічні проблеми Луцької міської ТГ [13]	
№ (рейтинг)	Проблема
1	Незадовільний стан звалища ТПВ в с. Брище
2	Проблема розміщення та захоронення твердих побутових відходів (ТПВ)
3	Високий рівень забруднення атмосферного повітря
4	Недостатня ефективність роботи каналізаційних очисних споруд через високий рівень зношення та амортизації обладнання та застарілі технології очистки стоків
5	Накопичення значної кількості мулу на каналізаційних очисних спорудах
6	Відсутність очисних споруд зливових (дощових) стоків
7	Відсутність підприємств з переробки ТПВ
8	Незадовільний стан каналізаційних та водопровідних мереж
9	Низький рівень впровадження роздільного збору відходів
10	Утилізації біовідходів не відповідає законодавчим вимогам
11	Забруднення та засмічення малих річок
12	Велика кількість перестійних дерев, уражених хворобами та шкідниками та значне поширення адвентивних інвазійних рослин
13	Низький рівень екологічної культури у представників бізнесу та населення
14	Слабкі важелі впливу органів місцевого самоврядування на процеси техногенного навантаження в місті
15	Недосконалість системи екологічного моніторингу
16	Низький рівень використання альтернативних джерел енергії .

1. Незадовільний стан звалища ТПВ в с. Брище. Корінь проблеми полягає у невідповідності існуючого полігону захоронення побутових відходів екологічним нормам. Полігон переповнений, відсутня належна система фільтрації, забруднення ґрунтових вод, наявні неприємні запахи. Це питання є дуже актуальним для Луцька, зокрема, в контексті розширення полігону, його модернізації чи рекультивації.

2. Проблема розміщення та захоронення ТПВ тісно пов'язана з

попередньою проблемою. Викликом для міста є зростання обсягів ТПВ та нестача потужності полігону захоронення або альтернативних методів їх утилізації. Внаслідок зростає навантаження на існуюче звалище та потенційне забруднення довкілля. Необхідним є будівництво сміттєпереробного заводу або впровадження нових технологій у сфері поводження з відходами.

3. Високий рівень забруднення атмосферного повітря. Найбільшим джерелом забруднення повітря в місті є викиди автотранспорту, на нього припадає 95-99% всіх викидів.

4. Недостатня ефективність роботи каналізаційних очисних споруд (КОС) міста внаслідок зношення, амортизації обладнання та застарілих технологій очистки стоків. Таке обладнання не гарантує належного рівня очистки стічних вод, що призводить до забруднення водних об'єктів. Недостатньо очищені стічні води потрапляють в р. Стир та забруднюють її. Нині ситуація дещо поліпшується. Це стало можливим у зв'язку із реалізацією проекту «Комплексна модернізація системи водопостачання і водовідведення у місті Луцьку». Фінансування за проектом становить 13,92 млн. євро. Передбачено впровадження низки заходів для значного підвищення ефективності очистки стічних вод. Зокрема, основна увага приділятиметься осушенню та переробці осадів стічних вод, що дозволить вирішити проблему їх накопичення. Модернізація механічної очистки дозволить запобігти потраплянню навіть дрібного сміття, що зменшить утворення неприємних запахів та навантаження на мулові майданчики. Впровадження сучасної системи аерації забезпечить оптимальний режим подачі повітря та реагентів, що покращить якість біологічної очистки стічних вод [19].

5. Накопичення значної кількості мулу (осадів стічних вод) на каналізаційних очисних спорудах. Ця проблема, певною мірою, пов'язана з попередньою. У процесі очистки стічних вод утворюються осади, які потрібно регулярно видаляти та утилізувати. Накопичення значних обсягів мулу може призвести до зниження ефективності роботи очисних споруд та створювати

екологічні проблеми, пов'язані з його зберіганням та можливим забрудненням довкілля [20].

6. Відсутність очисних споруд зливових (дощових) стоків. Зливові стоки з міських територій змивають різноманітні забруднюючі речовини (нафтопродукти, важкі метали) з твердих поверхонь (вулиці, промислові майданчики тощо). Згодом вони без очистки потрапляють у р. Стир та її притоки й забруднюють їх.

7. Відсутність підприємств з переробки ТПВ. Відсутність сучасних сміттепереробних заводів у Луцьку спричиняє потрапляння більшості ТПВ на полігон захоронення, що збільшує навантаження на нього та займає значні площі. Сортування та переробка відходів дозволили б зменшити обсяги відходів та переробити вторинну сировину.

8. Незадовільний стан каналізаційних та водопровідних мереж. Зношеність труб призводить до частих поривів, втрат води та забруднення ґрунту неочищеними стічними водами. Це також спричиняє неефективне використання водних ресурсів та може призводити до аварійних ситуацій.

9. Недостатнє впровадження роздільного збору відходів. Низька кількість контейнерів для роздільного збору ТПВ, неповне охоплення мешканців сортуванням, низька екологічна свідомість населення призводять до того, що більшість відходів змішуються та потрапляють на полігон без можливості їх переробки.

10. Необхідне впровадження ефективних методів утилізації біовідходів, зокрема, компостування. Неправильна їх утилізація спричиняє утворення неприємних запахів, розмноження шкідників та забруднення навколишнього середовища. Очікуваним результатом є також добування біогазу та отримання альтернативної теплової (електричної) енергії.

11. Забруднення та засмічення малих річок, що негативно впливає на їх екологічний стан та біорізноманіття.

12. Значна кількість перестійних дерев, уражених хворобами та шкідниками, значне поширення адвентивних інвазійних рослин у місті.

Наявність хворих та старих дерев є загрозою безпеці містян та причиною поширення хвороб на здорові дерева. Інвазійні рослини витісняють місцеві види, порушуючи біорізноманіття екосистем.

13. Низький рівень екологічної культури населення та бізнесу. Нерозуміння екологічних проблем, наслідків екологічно не раціональних дій та низька відповідальність за них спричиняють порушення природоохоронного законодавства, забруднення довкілля та неефективне використання природних ресурсів.

14. Слабкі важелі впливу органів місцевого самоврядування на процеси техногенного навантаження в місті.

15. Недосконалість системи екологічного моніторингу. Існуюча система моніторингу є не ефективною, що ускладнює оцінку реального рівня забруднення та розробку ефективних заходів для його зменшення.

16. Низький рівень використання альтернативних джерел енергії. Залежність від викопного палива сприяє емісії парникових газів та забрудненню атмосферного повітря. Ширше використання альтернативних джерел енергії (сонячної, вітрової) зменшує вищезгадані наслідки. Особливо це актуально в умовах військового стану та постійних атак держави-агресора на енергетичну інфраструктуру України.

Багато із розглянутих екологічних проблем мають стосунок до екологічної безпеки транспорту і просторового планування м. Луцька. А саме:

3. Високий рівень забруднення атмосферного повітря. Транспорт є одним із основних джерел забруднення атмосферного повітря у містах. Викиди від автомобілів містять шкідливі речовини, які негативно впливають на здоров'я людей та екосистему. Просторове планування міста, зокрема, організація дорожнього руху, наявність об'їзних шляхів, розвиток громадського транспорту та велосипедної інфраструктури, безпосередньо впливає на рівень транспортного забруднення.

6. Відсутність очисних споруд зливових (дощових) стоків. Злизові стоки з дорожнього покриття змивають нафтопродукти, важкі метали та інші

забруднюючі речовини, які утворились внаслідок діяльності транспорту, а згодом потрапляють у водні об'єкти. Просторове планування має передбачати створення ефективної системи збору та очистки зливових стоків з урахуванням транспортної інфраструктури.

8. Незадовільний стан каналізаційних та водопровідних мереж. Хоча прямо не пов'язано з транспортом, стан інженерних мереж є важливим аспектом просторового планування та може впливати на екологічну безпеку міста в цілому. Прориви мереж можуть призводити до забруднення ґрунту та водних об'єктів, зокрема, в зонах транспортних комунікацій.

12. Велика кількість перестійних дерев, уражених хворобами та шкідниками та значне поширення адвентивних інвазійних рослин. Озеленення міських територій, зокрема, вздовж транспортних магістралей є важливим елементом екологічної безпеки та комфорту. Адже дерева очищають повітря від шкідливих речовин, що надходять з вихлопних газів, а також і від шумового забруднення. Просторове планування має передбачати збереження та розвиток зелених насаджень, боротьбу з інвазійними видами та своєчасне видалення хворих дерев.

14. Слабкі важелі впливу органів місцевого самоврядування на процеси техногенного навантаження в місті. Ця проблема властива всім територіальним громадам України. Вона стосується регулювання транспортних потоків, контролю за викидами автотранспорту та планування розвитку транспортної інфраструктури з урахуванням екологічних вимог. У великих містах проблема ускладнюється обмеженістю просторових ресурсів та високою вартістю землі.

15. Недосконалість системи екологічного моніторингу. Ефективна система моніторингу повинна включати контроль за якістю повітря в районах з інтенсивним рухом транспорту та оцінку впливу транспортної інфраструктури на навколишнє середовище. Це важливо для прийняття обґрунтованих рішень у сфері просторового планування та транспортної політики. Система моніторингу повинна бути оперативною, мобільною,

розгалуженою і передбачати швидку реакцію на перевищення забруднення, наприклад, атмосферного повітря. Наразі в м. Луцьку моніторинг забруднення атмосферного повітря проводиться на 3 стаціонарних постах за обмеженим спектром речовин-забрудників (всього 6 речовин). Тому система потребує оновлення, насамперед, в напрямку ширшого охоплення території міста мобільними (особливо на найбільш оживлених магістралях) автоматичними пунктами моніторингу.

16. Низький рівень використання альтернативних джерел енергії. Контекст цієї проблеми значно ширший, проте вона також стосується й розвитку екологічно чистих видів транспорту (електромобілів, велосипедів) та створення відповідної інфраструктури, що є аспектом просторового планування.

Деякі інші проблеми також можуть мати опосередкований вплив на транспортну екологічну безпеку та просторове планування, але вище проаналізовано лише ті, що мають найбільш прямий і очевидний зв'язок.

РОЗДІЛ 3.

ТРАНСПОРТНИЙ КОМПЛЕКС М. ЛУЦЬКА: СТРУКТУРА, ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ, ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ

3.1. Структура транспорту міста

Протяжність автомобільних доріг Луцької територіальної громади із асфальтовим покриттям становить 308,4 км, в т.ч. автомобільних мостів та шляхопроводів – 22 км. Значна частина з них – у м. Луцьк. Тут на багатьох вулицях та проспектах є спеціально позначені велодоріжки. В той же ж час рівень розвитку велоінфраструктури в місті вимагає поліпшення [42].

У місті перевезення вантажів та пасажирів здійснюється електричним транспортом (тролейбусами), автобусами, легковими та вантажними автомобілями, залізницею. Тому враховуючи особливості транспортної системи громади, форми власності та обсяги споживання палива, транспортний парк у місті можна розділити на три групи: муніципальний, громадський та приватний.

Розвиток муніципального транспорту охарактеризований у таблиці 3.1, споживання палива – на рис. 3.1. На комунальних підприємствах використовують 132 легкові автомобілі, 89 вантажних автомобілів, 32 автобуси та 169 одиниць спеціального транспорту. Як видно з таблиці 3.1, комунальний транспорт досить старий та зношений. Наприклад, середній вік легкового авто – 22 роки, вантажного – 28 років, автобуса – 23 роки.

Таблиця 3.1.

Характеристика муніципального транспорту Луцької міської громади [27]

Легкові автомобілі		Вантажні автомобілі		Автобуси		Спеціальний транспорт	
Кількість	Середній рік випуску	Кількість	Середній рік випуску	Кількість	Середній рік випуску	Кількість	Середній рік випуску
132	2003	89	1997	32	2002	169	1997

Таблиця 3.2.

Споживання палива муніципальним транспортом у 2022 р. [27]

Паливо	Бензин	Дизельне паливо	Зріджений газ	Стиснутий газ
Одиниці вимірювання	л	л	л	м ³
Кількість	364066,01	725032,21	74959,33	28199,04

В структурі споживання палива у 2022 р. (табл. 3.2) найбільше використовується дизельного палива (725032 л), бензину (364066 л), дещо менше зрідженого газу (74959 л) та стиснутого газу (28199 м³).

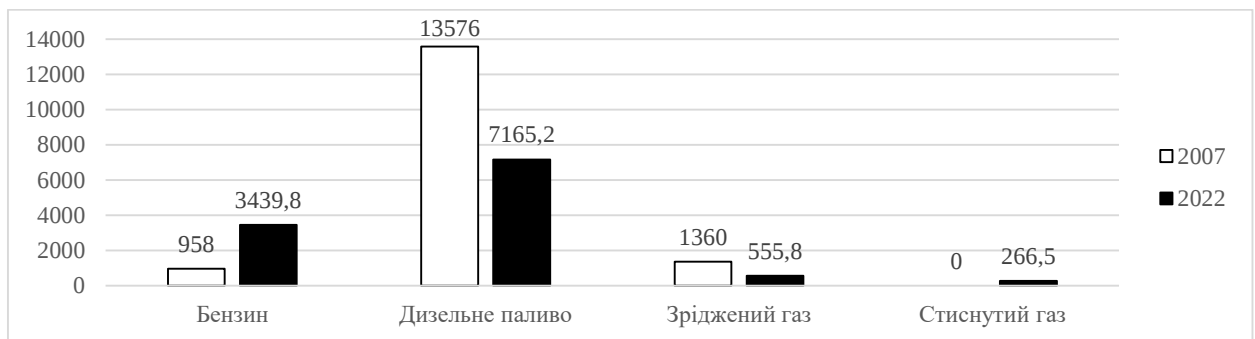


Рис. 3.1. Загальні обсяги споживання палива муніципальним транспортом м. Луцька у 2007 та 2022 рр. у МВт.год [27]

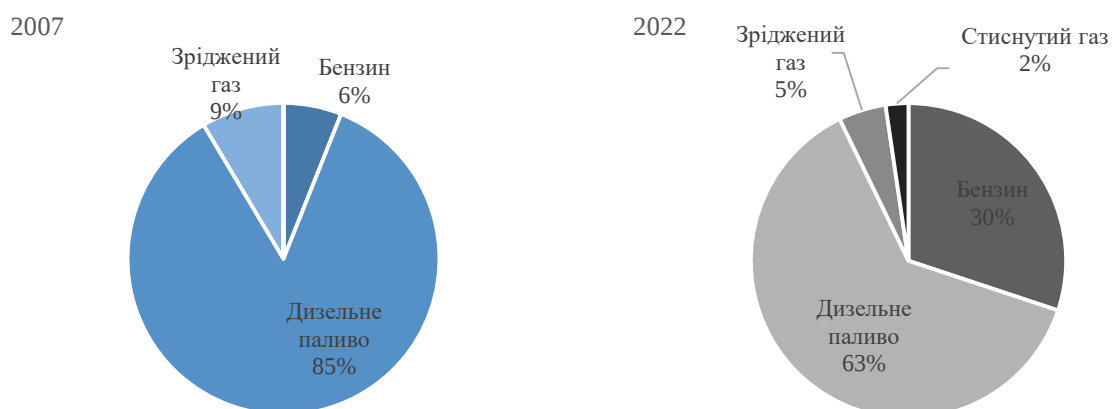


Рис. 3.2. Структура споживання палива муніципальним транспортом у 2007 та 2022 рр. м. Луцька [27]

Для споживання палива муніципальним транспортом у 2022 р. порівняно із 2007 р. (рис. 3.1, 3.2) характерною тенденцією є зменшення обсягу споживання дизельного палива в 1,9 раза, зрідженого газу – в 2,44 раза. Натомість збільшилось споживання бензину в 3,6 раза та стиснутого газу [42].

Станом на 1.01.2023 р. перевезення пасажирів в м. Луцьку здійснювали 13 приватних перевізників та Луцьке підприємство електротранспорту. Приватні перевізники забезпечували 28 маршрутів. Їх автобусний парк налічував 139 автобусів. Загальна довжина автобусних маршрутів в місті складає 330 км. Середня довжина тролейбусного маршруту – 21,29 км [27].

У межах громади налічується 717 зупинок громадського транспорту, в т.ч. 454 – в Луцьку (табл. 3.3, рис. 3.3). У 2019 р. впроваджено автоматизовану систему оплати проїзду, яка включає GPS-моніторинг, автоматичне сповіщення пасажирів та відеоспостереження. Для пасажирів створено різні інтерфейси та мобільний додаток. У рамках проєкту «Використання екологічних і розумних технологій у системі громадського транспорту м. Луцька» встановлено "смарт-зупинки» з інформаційними табло, сонячними панелями, точками для зарядки телефонів, Wi-Fi та іншими зручностями [32]. В 2022 р. порівняно із 2015 р. (табл. 3.3) збільшилась кількість приватних перевізників (на 30%), тролейбусів (на 12%), зменшилась кількість маршрутів (з 39 до 30), кількість транспортних засобів, що використовуються перевізниками (з 298 до 212) [27].

Таблиця 3.3

Громадський транспорт Луцької міської територіальної громади [27]

Показник	2015 р.	2022 р.
Кількість перевізників	10	13
у тому числі тролейбусних	1	1
Кількість маршрутів	39	30
у тому числі тролейбусних	11	9
Загальна кількість транспортних засобів, що використовуються	298	212
у тому числі тролейбусів	65	73
Загальна довжина контактної мережі тролейбусів (км)	109,2	109,2
Кількість тягових підстанцій тролейбусів	9	9
Експлуатаційна довжина тролейбусних ліній (км)	276	276

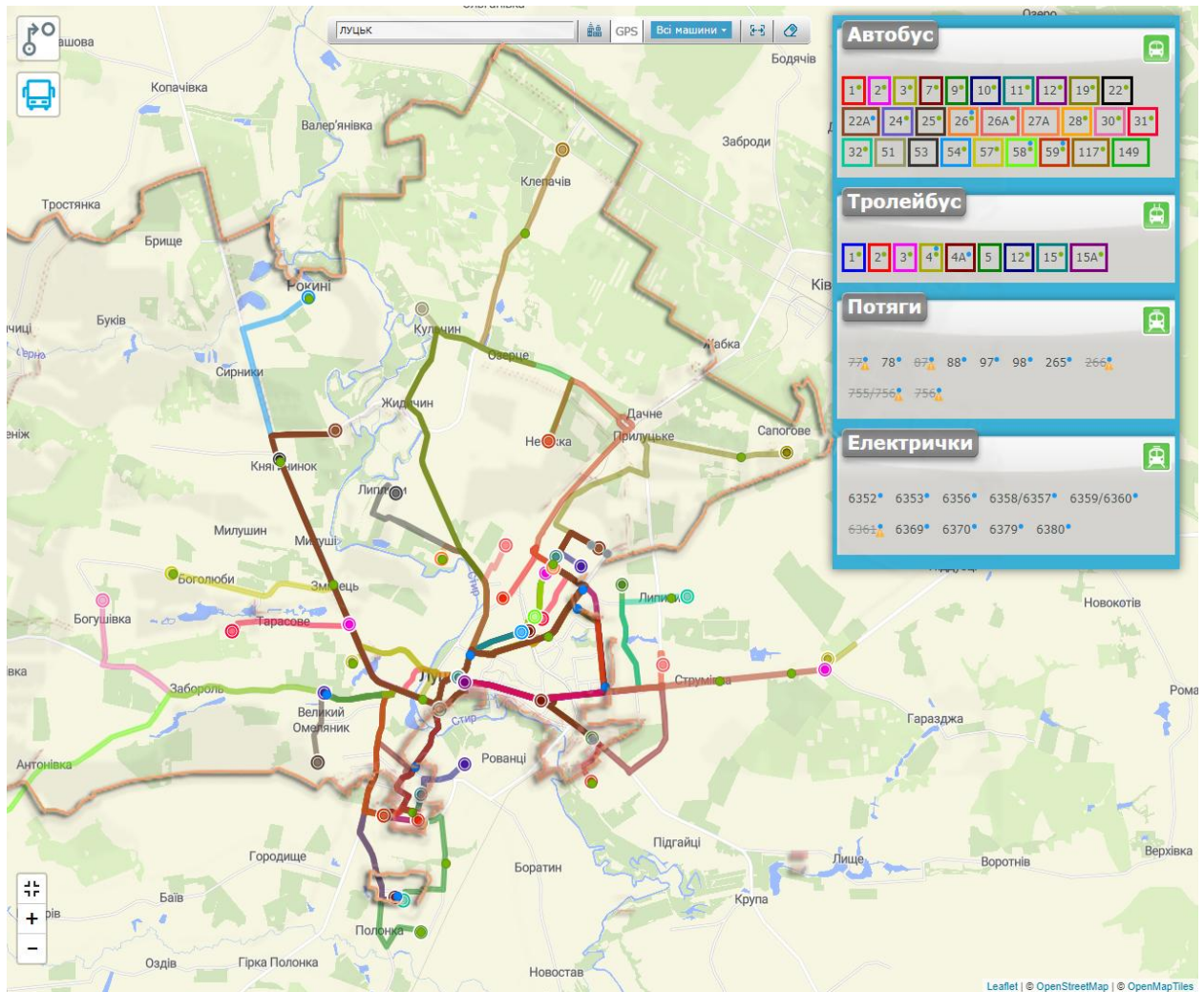


Рис. 3.4. Схема руху громадського транспорту Луцької міської ТГ [7]

Споживання палива громадським транспортом розраховується шляхом врахування пройденого шляху (в км) та технічних характеристик транспортних засобів. Обсяги споживання палива протягом 2007-22 роки наведені в табл. 3. 4, а тенденції структури споживання – на рис. 3.5.

Таблиця 3.4.

Споживання палива громадським транспортом м. Луцька протягом 2007-22 рр., МВт.год [27]

Тип палива	Споживання за рік, МВт.год			Споживання в 2022 р. порівняно із 2007 р. (%)
	2007	2020	2022	
Електрика	8944,878	5272,809	4680,113	52
Дизельне паливо	38476,3	23596,8	22351,4	58
Всього	47421,178	28869,609	27031,513	57

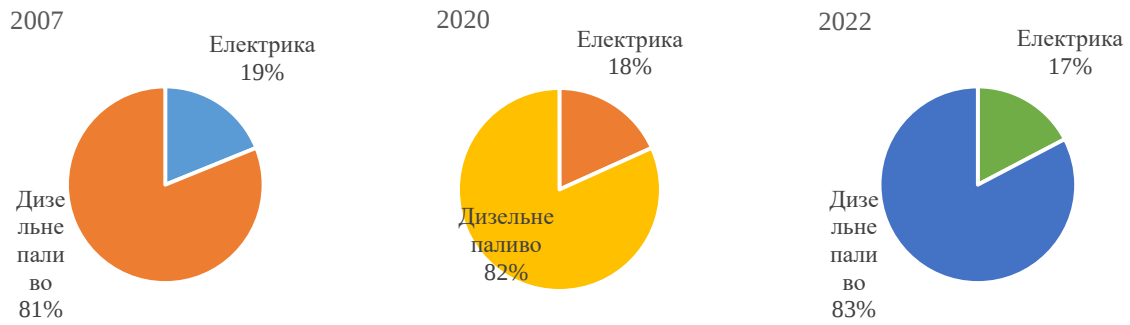


Рис. 3.5. Динаміка співвідношення споживання дизельного палива та електроенергії громадським транспортом м. Луцька протягом 2007-22 рр. [42]

Протягом 2007-22 рр. поступово зменшувалося споживання дизельного палива за рахунок ширшого використання в громадському транспорті міста тролейбусів. Так у 2022 р. порівняно із 2007 р. зменшилось споживання дизельного палива на 58%, електроенергії на 52%. Це дуже позитивна тенденція. Вона пояснюється:

- зміною автобусного парку маршрутних таксі з невеликих автобусів типу Mercedes-Benz на більші та екологічно чистіші автобуси;
- зміною старих тролейбусів, вироблених ще в часи СРСР на новіші, сучасніші та економніші.

В той же ж час в структурі споживання дизельного палива та електроенергії громадським транспортом м. Луцька протягом 2007-22 рр. відносна частка дизельного палива зростає з 81% у 2007 р. до 82% у 2020 р. та 83% у 2022 р. Пропорційно зменшується частка електроенергії.

В той же ж час в м. Луцьку помітно зросла кількість транспорту, що спричинило завантаження вулиць міста транспортом, збільшення забруднення атмосферного повітря, погіршення умов життя містян.

За даними регіонального сервісного центру ГСЦ МВС у Волинській області найбільша частка серед приватного автомобільного транспорту у Луцькій міській територіальній громаді припадає на легкові автомобілі – 85% [27].

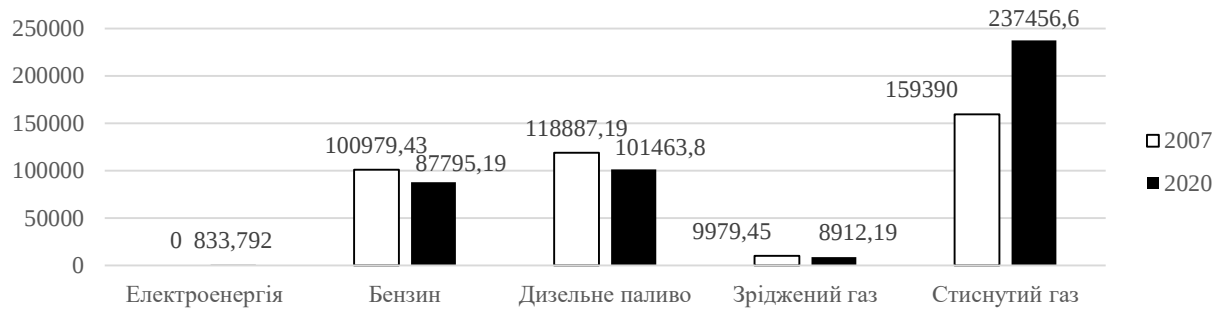


Рис. 3.6. Загальне споживання палива приватним та комерційним транспортом в 2007 та 2020 рр. (МВт·год) [27]

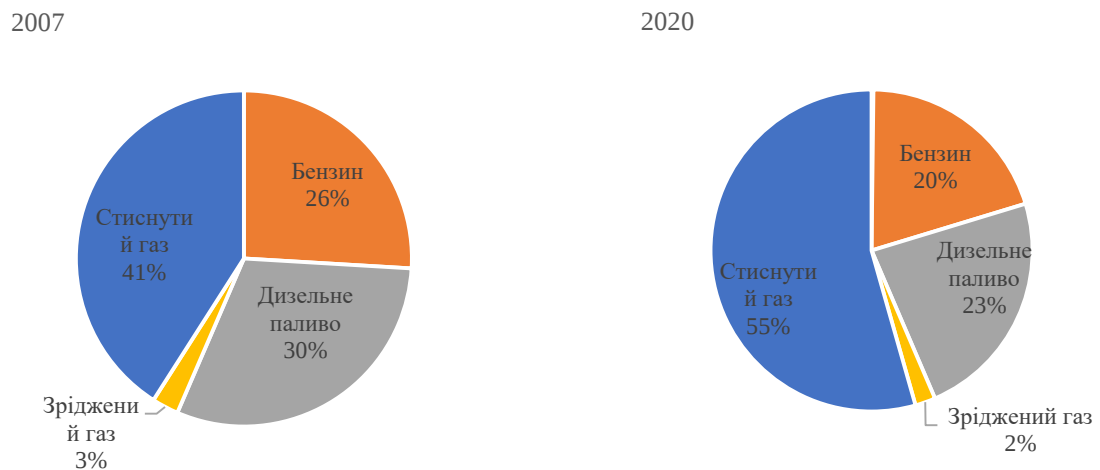


Рис. 3.7. Структура споживання палива приватним та комерційним транспортом в 2007 та 2020 рр. [42]

З рис. 3.6 та 3.7 видно, що у 2020 р. порівняно із 2007 р. зросло споживання електроенергії на 100%. Це спричинено появою електрокарів та інфраструктури для них. Також зросло споживання стисненого газу в 1,5 рази. В той же ж час знизилось споживання бензину на 11%, дизпалива – на 17%, зрідженого газу – на 12%. Отже, в Луцькій міській громаді збільшується частка транспорту, що працює на електроенергії та стисненому газі. Загальний приріст споживання пального – 12,1%, що співставно із загальнодержавною статистикою зростання кількості транспорту у вказаному часовому діапазоні.

3.2. Екологічні аспекти функціонування транспортного комплексу

Така ситуація із розвитком транспорту у громаді спричинює загострення екологічних проблем. Насамперед, в межах м. Луцька. Вони полягають у забрудненні атмосферного повітря, впливі на зелені зони та біорізноманіття а також шумовому забрудненні території.

В статті В.О. Фесюка та І.А. Мороз [36] детально проаналізовано стан забруднення атмосферного повітрям м. Луцька. Зокрема, цими авторами встановлено, що м. Луцьк регулярно потрапляє до переліку міст нашої держави із найвищим рівнем забруднення атмосферного повітря (рис. 3.8). Протягом останніх років величина індексу забруднення атмосфери (ІЗА) міста змінюється в інтервалі 7,7-10,49, що відповідає високому рівню забруднення (за визначенням та методикою розрахунку Центральної геофізичної обсерваторії ім. Бориса Срезневського). Положення нашого міста серед інших найбільш забруднених міст України корелює із величиною індексу. Наприклад у 2013-14 р.р. значення ІЗА було відносно невисоке (7,99-8,55), що відповідало 22 сходинці рейтингу. З 2016 р. значення ІЗА почало збільшуватись, що відповідало 9-7 місцям в рейтингу забруднених міст. Максимум ІЗА досягнув в 2024 р. – 10,65 (4 місце в рейтингу). Для прикладу у м. Київ ІЗА у 2024 р. – 9,65.

Як видно з рис. 3.8, в повітрі міста постійно перевищений вміст NO_2 в 2-2,6 рази, фенолу в 1,2-1,8 рази, формальдегіду – в 1,9-3,1 рази. Наявність в атмосферному повітрі міста саме цих речовин свідчить про значне транспортне забруднення. Концентрація інших речовин, як правило, не перевищує гранично-допустимої концентрації. Суттєвий вплив на стан повітря в місті здійснює виробнича діяльність 44 підприємств та організацій міста, робота котельного обладнання, яке працює на органічному паливі [36].

Вплив транспорту на екосистеми полягає у забрудненні атмосфери, водних об'єктів і земель, зміні хімічного складу ґрунтів і мікрофлори, утворенні виробничих відходів, шламів, замазучуванні ґрунтів, котельних шлаків, золи й сміття [36].



Рис. 3.8. Динаміка індексу забруднення атмосфери м. Луцька (за інформацією Центральної геофізичної обсерваторії ім. Бориса Срезневського) [36]

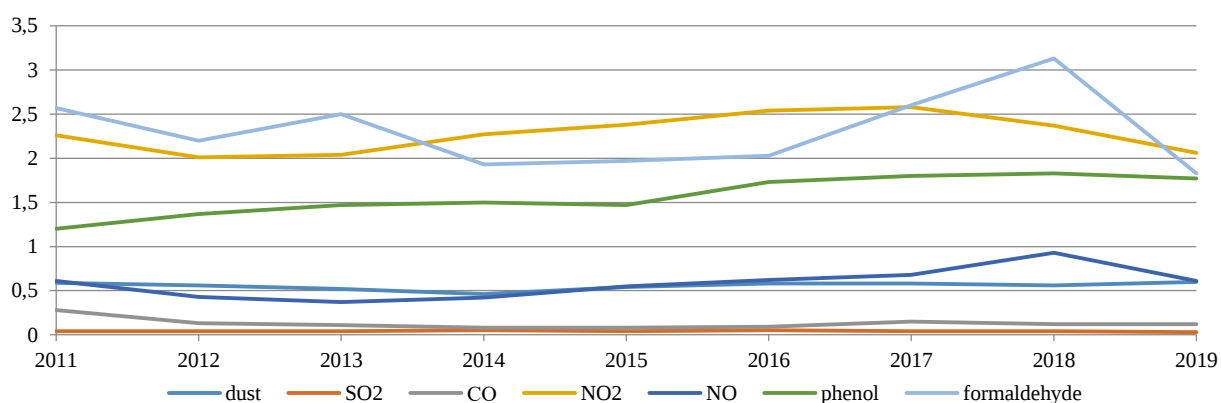


Рис. 3.9. Кратність перевищення середньодобового ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Луцька протягом 2011-2019 рр. (за матеріалами Волинського ЦГМ) [36]

Шкідливі речовини, що викидаються транспортом, негативно впливають не лише на довкілля, але й руйнують створені людьми об'єкти: будівельні матеріали, історичні пам'ятки, архітектурні споруди та скульптури. Метали зазнають корозії, а шкіряні й текстильні вироби швидко псуються [2].

Транспортна галузь активно споживає природні ресурси. Для

функціонування двигунів внутрішнього згорання необхідне атмосферне повітря. Як паливо використовуються нафтопродукти та природний газ. Вода витрачається на охолодження двигунів, миття транспортних засобів, а також для забезпечення виробничих і побутових потреб транспортних підприємств. Значні площі земельних ресурсів відводяться під автошляхи, залізничні колії та інші об'єкти транспортної інфраструктури [3].

Робота двигунів внутрішнього згорання та паливоспалювальних установок супроводжується виділенням тепла і створює високі рівні шуму й вібрації. Найбільшою проблемою транспортного комплексу м. Луцька є відсутність повних за охопленням міста кільцевих (об'їздних) доріг, поганий стан дорожнього покриття, перевантаженість окремих вулиць внаслідок низької їх пропускної здатності та нераціональна структура транспортних потоків [11].

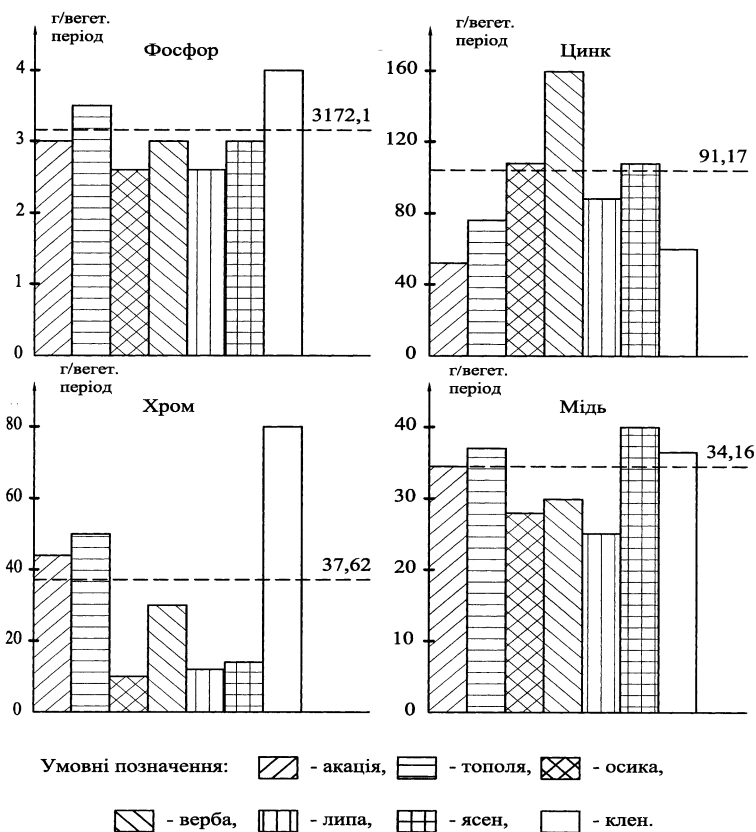


Рис. 3.10. Гістограми вмісту забруднюючих речовин у гілках дерев на території м. Луцька (г / вегетаційний період на 1 кг золи) [21]

Автотранспорт в урбанізованих зонах суттєво впливає на зелені насадження та біологічне різноманіття. Вплив проявляється через абсорбцію шкідливих речовин з автомобільних викидів рослинами, через шумове та вібраційне навантаження, а також у зв'язку з розширенням міської транспортної інфраструктури. Монографія [21] містить результати вимірювання результатів акумуляції важких металів у деревних гілках на території міста Луцька (рис. 3.10). Для таких досліджень найбільш показовими є береза, вільха, клен, тополя та верба. Найвища концентрація забруднюючих елементів виявлена в деревних гілках. Дослідження [21] охопило різні види: тополя (понад 50 зразків), акація (15), осика (15), верба (30), липа (15), ясен (8) та клен (15). Здатність поглинати й накопичувати важкі метали та інші хімічні сполуки варіюється залежно від виду рослин.

Обчислені середні коефіцієнти біологічної абсорбції токсичних елементів рослинами (K_6) відносно фонових показників складають: для фосфору – 6,9; цинку – 4,2; хрому – 2,9; міді – 2,6; стронцію – 11,1; свинцю – 3,2. Тривалий вплив забрудненого повітря змінює забарвлення листя, час опадання, форму росту та мікроструктуру рослин. Хвойні породи (ялина, сосна, модрина) демонструють найвищу чутливість до різноманітних атмосферних забруднень. Натомість біла акація, тополя та вузьколистий лох найстійкіші до забрудненого повітря. Ялина, ялівець і сосна добре витримують токсичні гази, вільха, ліщина, калина, горобина та кизил ефективно затримують пил [21].

Шумове забруднення також перевищує допустимі значення (70 дБ) практично для всього міста. Спричинене воно, переважно, автотранспортом. В роботі [35] наведені результати впливу транспорту на шумове забруднення міста. Значне шумове забруднення характерне для вулиць з інтенсивним рухом транспорту. Більшість з них знаходяться в центрі міста (Винниченка, Глушець, пр. Волі) – 84-90 дБ або на виїзді з міста і об'їзних трасах (вул. Ковельська, Володимирська, Ківерцівська, Рівненська, Дубнівська, Львівська) – 80-84 дБ. Проблема шумового забруднення в місті актуальна ще з 70-х років XX століття. Нині автомобільний парк збільшується і проблема й надалі загострюється.

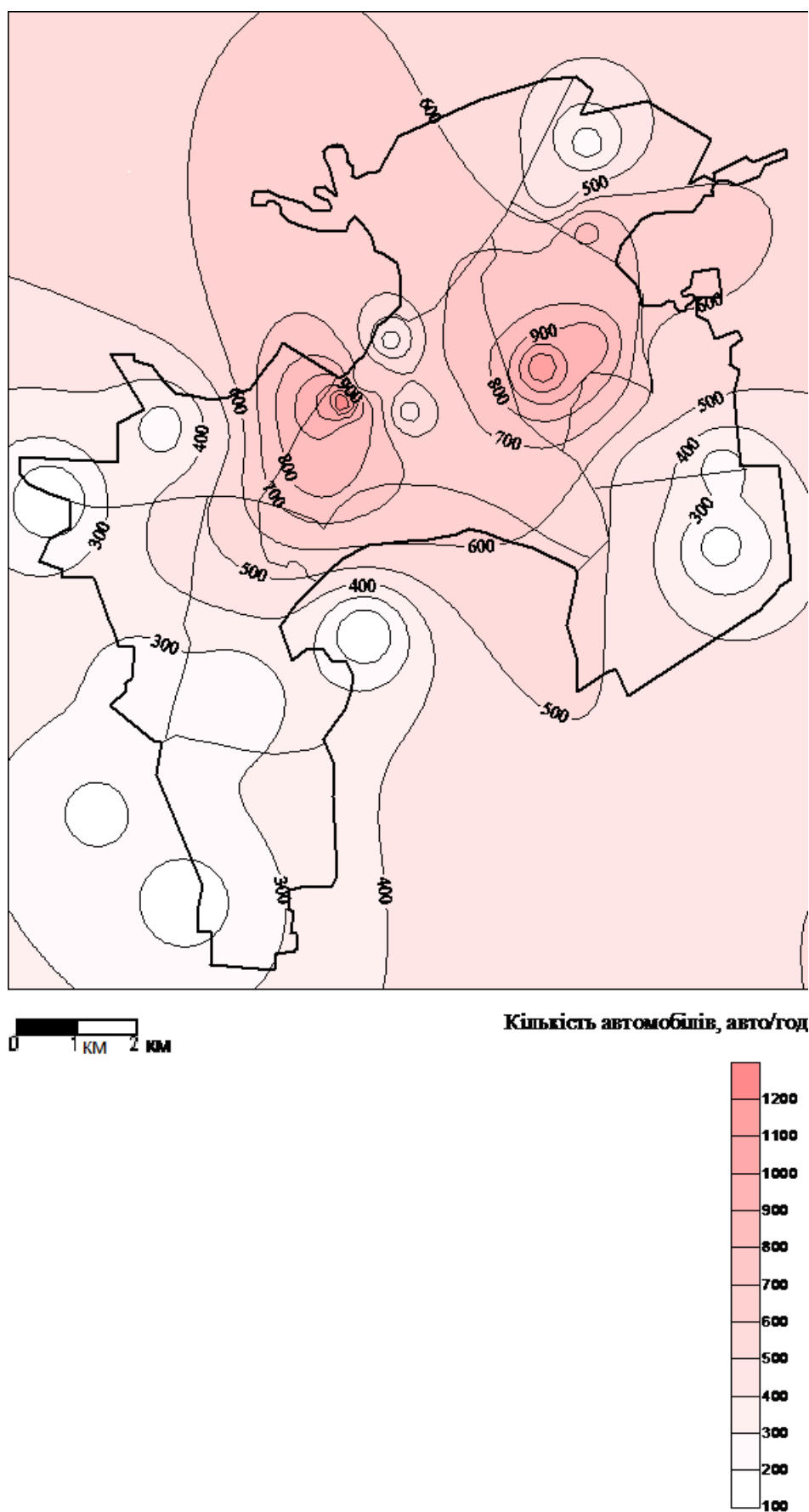


Рис. 3.11. Кількість автомобілів на вулицях міста за В.О. Фесюком, 2013 [35]

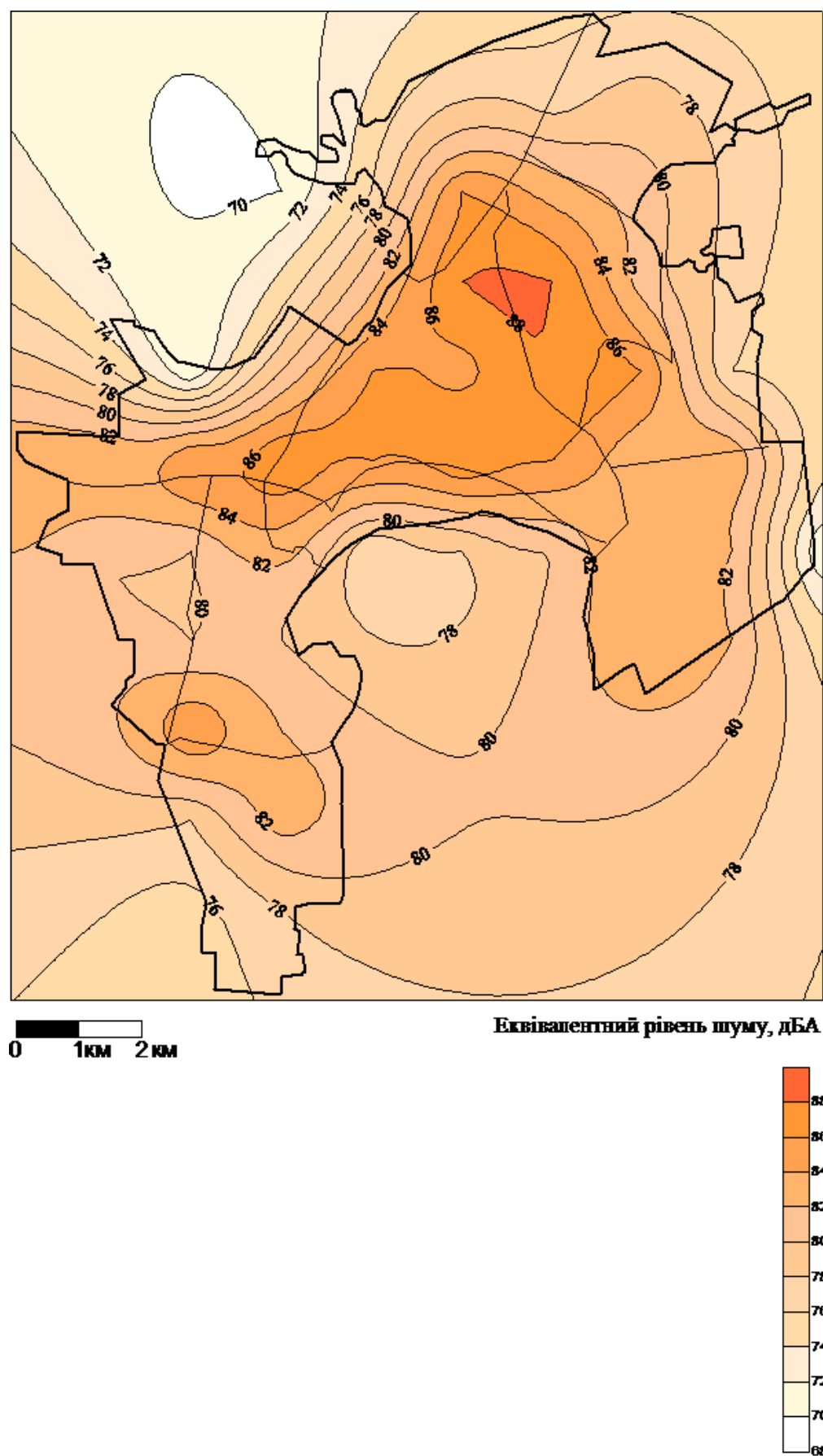


Рис. 3.12. Еквівалентний рівень шуму вулицях міста за В.О. Фесюком, 2013 [35]



Рис. 3.13. Еквівалентний рівень шуму вулицях міста за результатами власних замірів

Картосхема на рис. 3.13 побудована за результатами власних польових досліджень рівня шуму з використанням переносного шумоміра. Аналізуючи картосхеми на рис. 3.12-3.13, можна зробити висновок, що рівень шумового забруднення за період 2013-25 рр. не зменшився, в багатьох районах (пр. Волі, Соборності, Молоді) лишився на стабільно високому рівні (більше 70 дБ), в окремих (вул. Винниченка, пр. Грушевського) – навіть зріс.

3.3. Проблеми транспорту у контексті просторового розвитку міста

Проблеми транспорту в контексті просторового розвитку міста є надзвичайно важливими для формування комфортного, ефективного та сталого міського середовища. Однією з основних проблем є диспропорція між просторовим розвитком і транспортною інфраструктурою. Розширення міських територій нерідко відбувається без належного врахування транспортної складової. Та й в старозабудованих районах ущільнюється забудова, особливо багатоповерхова, що спричиняє значне збільшення кількості мешканців, а отже й пасажирів для транспорту. Також це посилює залежність населення від приватного автомобільного транспорту [26].

Зростання автомобілізації створює серйозні виклики. Приватні авто стають основним засобом пересування для значної частини населення, що веде до перевантаження доріг, утворення заторів, зростання забруднення повітря і зниження привабливості публічного простору, особливо, в центральних частинах міст. Фактично на сьогодні в центральній частині міста неможливо знайти вільну стоянку для авто. По-перше, їх мало. По-друге, вони всі зайняті. Зусилля міської влади спрямовані не на розбудову інфраструктури паркінгів, а на розвиток муніципальної варти, яка штрафує порушників правил паркування. Таким чином заробляються кошти в міський бюджет, проблема парковок не вирішується й надалі, автівки паркуються в дворах, на газонах, тротуарах тощо, транспортна небезпека продовжує зростати, екологічна ситуація – погіршуватись.

У свою чергу, громадський транспорт часто не є конкурентоспроможним умісті. Застарілий рухомий склад, нерегулярність маршрутів, недостатній комфорт, охоплення території міста та відсутність інтеграції між різними видами транспорту знижують його привабливість. Особливо гострим питанням є нерегулярність маршрутів. Фактично за межами «часу пік» графіки руху громадського транспорту в місті дуже розріджені. Інтервал руху, наприклад, окремих маршрутів тролейбусів може становити 40-50 хвилин. Це ще більше посилює залежність міського населення від особистих авто.

Однією з причин подібної ситуації є недостатня інтеграція транспортного планування з містобудівною політикою [25]. У багатьох випадках транспорт розглядається окремо від загального просторового розвитку, внаслідок чого не формуються комплексні транспортно-просторові рішення. Це ускладнює доступ до соціальної інфраструктури, зокрема, до шкіл, лікарень, культурних установ тощо. Розвиток житлового фонду в місті йде шляхом ущільнення житлової забудови вже існуючих районів. При їх плануванні та будівництві ще в радянські часи транспортне планування належним чином з містобудівною політикою не були узгоджені. Зараз в межах вже існуючих районів із старою транспортною інфраструктурою теж такої можливості немає. Вихід тут один: заборона ущільнення вже існуючої забудови, нове будівництво лише в нових районах за межами міської забудови на землях колишніх сілрад. При цьому створюватиметься нова інфраструктура, в т.ч. і транспортна, яка вже повинна відповідати сучасним вимогам, належним чином враховувати інтеграцію транспортного планування з містобудівною політикою, плануватись та будуватись із значним запасом «потужності» на перспективу.

Не менш важливою проблемою є обмеженість або повна відсутність якісної пішохідної та велосипедної інфраструктури. Вуличний простір нашого міста більшістю не враховує потреби пішоходів та велосипедистів, що знижує рівень інклюзивності, а також не сприяє переходу до більш сталих видів мобільності. Особливо уразливими в цьому контексті є маломобільні групи населення, для яких міський простір лишається фактично фізично недоступним.

Крім того, транспорт у містах створює значне екологічне навантаження. Він є одним із головних джерел забруднення повітря, шуму та викидів парникових газів. В Луцьку на викиди автотранспорту припадає 95-99% сумарних викидів в атмосферу. Відсутність належної уваги до розвитку екологічно чистих видів транспорту (електробусів, тролейбусів), велосипедної та пішохідної інфраструктури лише посилює цю проблему.

Проведені дослідження дозволили зробити певні узагальнення. Для цього розрахований індекс транспортно-екологічної стійкості міста Луцька (ІТЕС) – комплексний показник, що оцінює ефективність та екологічність транспортної системи міста. Він враховує різні аспекти взаємодії транспорту та довкілля, а також вплив на якість життя мешканців. Компонентами індексу є [42]:

1. Якість повітря (рівень викидів CO_2 та NO_x транспортом, концентрація дрібнодисперсних частинок ($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10})).
2. Шумове забруднення (середній рівень шуму від транспорту, частка населення, що зазнає надмірного шумового впливу).
3. Ефективність громадського транспорту (охоплення мережею громадського транспорту, частота руху, середній час поїздки).
4. Розвиток велосипедної інфраструктури (довжина велодоріжок на km^2 території міста, кількість велопарковок, відсоток поїздок, здійснених на велосипеді).
5. Пішохідна доступність (індекс пішохідності (walkability index), площа пішохідних зон).
6. Ефективність використання енергії (відсоток екологічно чистого транспорту, енергоефективність громадського транспорту).
7. Управління паркувальним простором (співвідношення паркомісць до кількості автомобілів, наявність системи "Park and Ride").
8. Інноваційність та адаптивність (впровадження інтелектуальних систем управління транспортом, гнучкість транспортної системи до кризових ситуацій).

Розрахунок індексу проводиться наступним чином: кожен компонент

оцінюється за шкалою від 1 до 5, де 5 – найкращий показник. Загальний індекс розраховується як середньозважене значення всіх компонентів, де ваги визначаються експертним шляхом з урахуванням специфіки конкретного міста. Максимальне значення індексу – 85 балів [42].

Таблиця 3.5.

Розрахунок індексу транспортно-екологічної стійкості міста Луцька [42]

No.	Компонентні індекси	Індикатор	Оцінка, бали	Коментар
1.	Якість повітря	Викиди CO ₂ та NO _x	1	Високі
		Концентрація дрібнодисперсних часток	3	Середня
2.	Шумове забруднення	Рівень шуму	1	High
		Відсоток населення, що зазнає впливу надмірного шуму	2	100%
3.	Ефективність громадського транспорту	Охоплення мережею громадського транспорту, частота руху	2	Охоплення – 80%, частота руху недостатня
		Середній час поїздки	3	Середній (30 хв.)
4.	Розвиток велосипедної інфраструктури	Довжина велодоріжок на км ² території	2	Низька
		Кількість велопарковок	2	Низька
		Відсоток поїздок на велосипеді	2	Низький
5.	Пішохідна доступність	Індекс пішохідності	3	Середня
		Площа пішохідних зон	2	Недостатня
6.	Ефективність використання енергії	Відсоток екологічно чистого транспорту	4	Постійно збільшується
		Енергоефективність громадського транспорту	4	Значно підвищилась в останні роки
7.	Управління паркувальним простором	Забезпеченість паркомісцями	1	Критично недостатня
		Наявність системи "Park and Ride"	1	Відсутня
8.	Інноваційність та адаптивність	Впровадження інтелектуальних систем управління транспортом	4	Значно підвищилось в останні роки
		Гнучкість транспортної системи до кризових ситуацій	3	Середня
Індекс транспортно-екологічної стійкості міста (мах 85 балів)			40	Середній

Індекс транспортно-екологічної стійкості міста застосовується для [42]:

- моніторингу прогресу міста в покращенні транспортно-екологічної ситуації;
- порівняння різних міст (районів міста) та виявлення кращих практик;

- визначення пріоритетних напрямків для інвестицій та розвитку;
- інформування громадськості про стан транспортної системи та її вплив на екологічну безпеку.

Індекс транспортно-екологічної стійкості м. Луцька становить 40 балів. Цей показник нижчий середнього (модального) значення. Аналогічні дослідження по інших містах нами не проводились у зв'язку із специфікою роботи. Тому можливість порівняння з іншими містами відсутня. Проте, підсумовуючи, можна виділити основні проблеми розвитку транспорту в м. Луцьку в контексті просторового планування та екологічної безпеки (рис. 3.14):

1. Диспропорція між просторовим розвитком та транспортною інфраструктурою (розширення міських територій без належного врахування транспортного забезпечення, ущільнення забудови в старих районах без модернізації інфраструктури, зростання населення → збільшення кількості пасажирів → навантаження на транспорт).
2. Підвищення рівня автомобілізації, надмірна залежність від приватних авто, затори, перевантаження доріг, зниження якості публічного простору, критичний дефіцит паркомісць, відсутність системи "Park and Ride", паркування на тротуарах, газонах → транспортна небезпека, погіршення екологічної ситуації.
3. Низька якість громадського транспорту (застарілий рухомий склад, нерегулярність маршрутів, особливо, поза годинами пік, відсутність інтеграції між видами транспорту, низька ефективність та привабливість для мешканців, відсутність програм стимулювання «переходу» на громадський транспорт.
4. Відсутність інтеграції транспортного планування з містобудівною політикою (під час планування житлових масивів транспорт не враховувався, ущільнення забудови відбувається без оновлення інфраструктури), відсутність комплексного підходу до формування транспортно-просторових рішень.

5. Слабкий розвиток сталої мобільності (недостатньо пішохідних зон, низький індекс пішохідності, погано розвинена велосипедна інфраструктура), низький рівень інклюзивності для маломобільних груп населення).
6. Екологічні наслідки транспортної ситуації (на транспорт припадає 95-99% усіх викидів в атмосферу, в місті відсутня системна підтримка екологічно чистого транспорту (електробусів, тролейбусів, електромобілів).
7. Проблеми управління паркуванням (міська влада фокусується на штрафів, а не на розвитку стоянок, паркування на недозволених місцях створює додаткові ризики, відсутність системного вирішення проблеми).

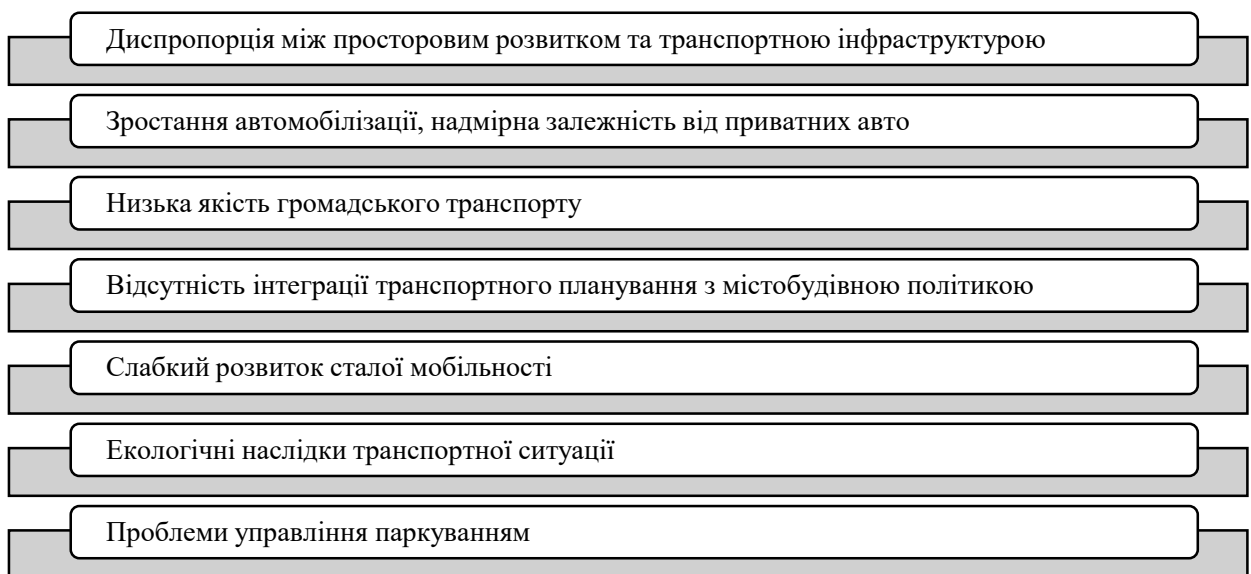


Рис. 3.14. Проблеми розвитку транспорту в м. Луцьку в контексті просторового планування та екологічної безпеки

Для місцевої влади в цьому контексті важливо зменшувати забруднення атмосферного повітря міста та рівень шуму, збільшувати частоту рейсів громадського транспорту, розвивати велосипедну інфраструктуру, пішохідну доступність та систему паркінгів, почати впроваджувати підхід "Park and Ride".

РОЗДІЛ 4

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТУ У ПРОСТОРОВОМУ ПЛАНУВАННІ РОЗВИТКУ ЛУЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

Екологічна безпека розвитку транспортної системи є одним із ключових чинників сталого розвитку сучасного міста. Для м. Луцька, як обласного центру з населенням понад 216 тис. чол., питання збалансованого розвитку транспортної інфраструктури з мінімальним впливом на довкілля набуває особливої актуальності. На основі комплексного аналізу встановлено, що основними напрямками поліпшення екологічної безпеки транспорту в місті є (рис. 4.1):

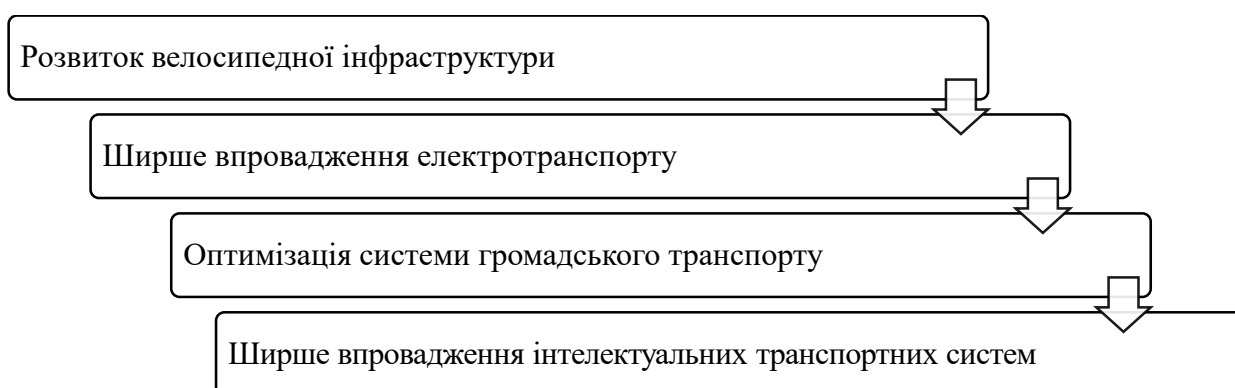


Рис. 4.1. Напрямки підвищення екологічної безпеки транспорту

1. Розвиток велосипедної інфраструктури є одним із найефективніших способів зменшення негативного впливу транспорту на екологічний стан довкілля міста, насамперед, на забруднення атмосферного повітря. Велосипедний транспорт не викидає забруднюючі речовини, не споживає викопного палива, потребує значно менше міського простору порівняно з автомобілями. Окрім того, популяризація велосипедного руху сприяє зменшенню заторів, покращенню здоров'я населення та зниженню рівня шумового забруднення.

Досвід європейських міст, зокрема, Амстердаму, Копенгагену та Берліну показує, що збільшення частки велосипедного транспорту в міській мобільності на 10% призводить до зниження викидів CO₂ від транспорту на 7-9% [49]. Для м. Луцька, з його компактною забудовою та відносно плоским рельєфом, велосипедний транспорт має значний потенціал розвитку. Згідно з дослідженнями, близько 60% поїздок у місті здійснюються на відстань до 5 км, що є оптимальною дистанцією для використання велосипеда [47].

Конкретними кроками для м. Луцька в цьому контексті мало б стати:

- створення мережі безперервних безпечних велосипедних доріжок загальною довжиною не менше 50 км, що з'єднали б усі житлові райони з центром міста, основними місцями роботи, навчання та відпочинку. Особливу увагу варто приділити безпеці перетину велосипедистами транспортних артерій та організації руху на перехрестях;
- встановлення не менше 200 безпечних велосипедних парковок мінімальною місткістю 2000 велосипедів біля громадських закладів, навчальних установ, торгових центрів та транспортних вузлів;
- створення системи міського велопрокату з не менш ніж 20 станціями та парком у 200 велосипедів, тут частково можна використати досвід вже працюючого в місті сервісу по прокату електросамокатів;
- реалізація освітніх програм з безпеки велосипедного руху для різних вікових груп населення, особливо для шкільного віку;
- проведення регулярних промоційних кампаній та заходів, таких як "День без автомобіля", "Велосипедом на роботу", "Велосипед – це круто", для популяризації велосипедного транспорту серед містян.

Очікувані результати:

- збільшення частки велосипедних поїздок з нинішніх <1% до 10-15% від загальної кількості переміщень у місті протягом 5 років;
- зниження викидів парникових газів від транспорту в м. Луцьку на 7-9% за рахунок заміщення автомобільних поїздок велосипедними;

- зниження захворюваності мешканців на серцево-судинні та респіраторні захворювання на 3-4% завдяки поліпшенню якості повітря та збільшенню фізичної активності;
- підвищення туристичної привабливості міста завдяки охопленню веломаршрутами Старого міста, Гнідавського болота та інших історичних та мальовничих локацій м. Луцька.

2. Ширше впровадження електротранспорту, який є екологічно чистою альтернативою транспортним засобам із двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ). Електричні транспортні засоби не здійснюють локальних викидів забруднюючих речовин, що особливо важливо для міст з високою щільністю населення. Крім того, експлуатація електротранспорту супроводжується значно нижчим рівнем шумового забруднення та вищою енергоефективністю порівняно з традиційними видами транспорту із ДВЗ. Впровадження електротранспорту також є актуальним для нашої держави в контексті енергетичної незалежності та необхідності диверсифікації джерел постачання енергії. Електроенергія може вироблятися з різних джерел, включаючи відновлювані, що зменшує залежність від імпортованих нафтопродуктів. За оцінками експертів, електробус за весь життєвий цикл викидає на 30-40% менше CO₂ порівняно з дизельним аналогом [43]. Наше місто має розвинену тролейбусну мережу та досвід експлуатації електротранспорту. Тому розширення використання електричних транспортних засобів є логічним продовженням існуючих тенденцій та інфраструктури.

Конкретними кроками для м. Луцька в цьому контексті мало б стати:

- поступова заміна парку міських автобусів на електробуси з запланованим оновленням не менше 10 одиниць щорічно, щоб охопити електротранспортом всі райони міста, а не лише ті, де є контактна мережа;
- розширення існуючої тролейбусної мережі на 15-20 км для повнішого охоплення нових мікрорайонів міста, зокрема, 55-го, 40-го мікрорайонів, району ЛПЗ (з'єднання Гнідави та району вул. Львівської), Вишкова;

- розвиток мережі швидких зарядних станцій (потужністю > 50 кВт·год) для електромобілів з встановленням не менше 50 публічних зарядних пристроїв у ключових точках міста: біля торгових центрів, ринків, офісних будівель, на міських парковках та вздовж основних транспортних магістралей;
- створення міського парку службових електромобілів для потреб комунальних підприємств та муніципальних служб з метою демонстрації переваг електротранспорту та стимулювання його ширшого використання;
- впровадження економічних стимулів та пільг для власників електромобілів: безкоштовні паркінги в центральній частині міста, доступ до виділених смуг руху, зниження місцевих податків для компаній, що використовують електротранспорт у своїй діяльності.

Очікувані результати:

- зниження викидів забруднюючих речовин від громадського транспорту на 25-30% протягом 5 років;
- зниження рівня шумового забруднення в місті на 3-5 дБ, особливо вздовж основних транспортних магістралей;
- збільшення частки електромобілів у загальному автопарку міста до 20% протягом 5 років;
- покращення іміджу Луцька як прогресивного екологічно відповідального міста, що сприятиме залученню інвестицій та розвитку туризму.

3. Оптимізація системи громадського транспорту. Ефективна система громадського транспорту є основою сталої міської мобільності, оскільки громадський транспорт дозволяє перевозити значно більшу кількість пасажирів, використовуючи менше ресурсів та міського простору порівняно з приватним автотранспортом. Згідно експертних оцінок, один автобус середньої місткості замінює 30-40 приватних автомобілів на дорогах, що зменшує «корки», споживання палива та викиди забруднюючих речовин [48].

Розвиток громадського транспорту уп населення, включаючи тих, хто не має можливості користуватися приватним автотранспортом. Це особливо важливо для людей з обмеженими фізичними можливостями, людей похилого віку, молоді та малозабезпечених громадян. Для Луцька властива відносно компактна територія та історично сформована система громадського транспорту. Тому оптимізація цієї системи є більш економічно доцільною порівняно з розширенням вулично-дорожньої мережі для приватного транспорту в межах вже сформованої забудови окремих районів міста.

Конкретними кроками для м. Луцька в цьому контексті мало б стати:

- проведення детального аналізу пасажиропотоків та транспортної поведінки мешканців міста з використанням сучасних методів збору та аналізу даних, в т.ч. мобільних додатків, автоматизованих систем підрахунку пасажирів, парсипативних опитувань;
- оптимізація маршрутної мережі громадського транспорту на основі отриманих даних для кращого покриття міста, усунення дублювання маршрутів та забезпечення ефективних пересадок між різними видами транспорту;
- впровадження регулярного розкладу руху громадського транспорту з інтервалами, що відповідають попиту в різний час доби, та забезпечення його дотримання за допомогою систем моніторингу та контролю руху транспортних засобів. Цей захід, значною мірою, вже впроваджений. Функціонує електронний квиток, розумні зупинки, GPS-трекінг транспортних засобів тощо. Проте існує ще ряд проблем, які потребують негайного вирішення. Наприклад, дотримання та оптимізація графіків руху;
- створення виділених смуг для громадського транспорту на основних транспортних артеріях міста загальною довжиною не менше 15 км, що дозволить підвищити швидкість руху та точність дотримання розкладу. Наразі такі виділені смуги існують лише у центрі міста (пр. Волі), на проспекті Соборності;

- прискорення оновлення рухомого складу громадського транспорту на більш екологічні та комфортні моделі, включаючи низькопідлогові транспортні засоби для забезпечення доступності для маломобільних груп населення. Цей захід також частково впроваджений. За європейські кошти, отримані в межах реалізації міжнародних проектів, міська влада частково закупляє нові тролейбуси. Потрібно поширити існуючу практику й на електробуси;
- впровадження єдиної системи електронного квитка для всіх видів громадського транспорту з гнучкою тарифною політикою, що стимулюватиме регулярне використання громадського транспорту.

Очікувані результати:

- збільшення частки поїздок громадським транспортом у загальній структурі міської мобільності з поточних 35-40% до 50-55% протягом 5 років;
- зниження середнього часу очікування громадського транспорту на 5-10 хв. за рахунок оптимізації розкладу та підвищенню регулярності руху;
- скорочення середньої тривалості поїздки громадським транспортом на 15-20% за рахунок оптимізації маршрутів та впровадження виділених смуг;
- зменшення заторів на основних транспортних магістралях міста на 20-25% завдяки зниженню кількості приватних автомобілів на дорогах;
- зниження викидів парникових газів транспортом на 10-15% за рахунок переходу частини населення з приватного автотранспорту на громадський;
- підвищення рівня задоволеності мешканців якістю громадського транспорту до 70-75% за даними парсипативних опитувань.

4. Впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС), які інтегрують інформаційні технології, комунікації та управління для підвищення ефективності, безпеки та екологічності транспортної системи. ІТС дозволяють оптимізувати використання існуючої транспортної

інфраструктури без необхідності її фізичного розширення, що особливо актуально для історичних міст з обмеженими можливостями розширення вулично-дорожньої мережі, або для міст із сформованою забудовою, яка не дозволяє розвивати транспорту інфраструктуру. Впровадження ІТС сприяє зменшенню заторів та часу простою транспорту, що впливає на зниження викидів забруднюючих речовин. Наприклад, адаптивні системи керування світлофорами можуть зменшити час поїздки на 15-20% та скоротити викиди CO₂ на 10-15% [50].

Конкретними кроками для м. Луцька в цьому контексті мало б стати:

- створення єдиного центру управління транспортом міста, який інтегруватиме дані з різних джерел (камери відеоспостереження, датчики потоку транспорту, GPS-трекери громадського транспорту) та забезпечуватиме координоване управління транспортною системою в режимі реального часу;
- впровадження системи адаптивного керування світлофорами на основних перехрестях міста, що дозволить динамічно регулювати інтенсивність транспортних потоків;
- створення системи інформування водіїв про наявність вільних паркомісць на муніципальних парковках через мобільний додаток та інформаційні табло на вулицях міста.

Очікувані результати:

- зменшення середнього часу поїздки автомобільним транспортом на 15-20% завдяки оптимізації руху на перехрестях та зниженню заторів;
- скорочення викидів забруднюючих речовин від автотранспорту на 10-12% за рахунок зменшення часу простою з працюючим двигуном у заторах та на світлофорах;
- зниження кількості дорожньо-транспортних пригод на 15-20% завдяки покращенню організації та інформованості учасників дорожнього руху.

Для впровадження вищеописаних напрямків та досягнення очікуваних результатів необхідно реалізувати короткострокові та довгострокові заходи.

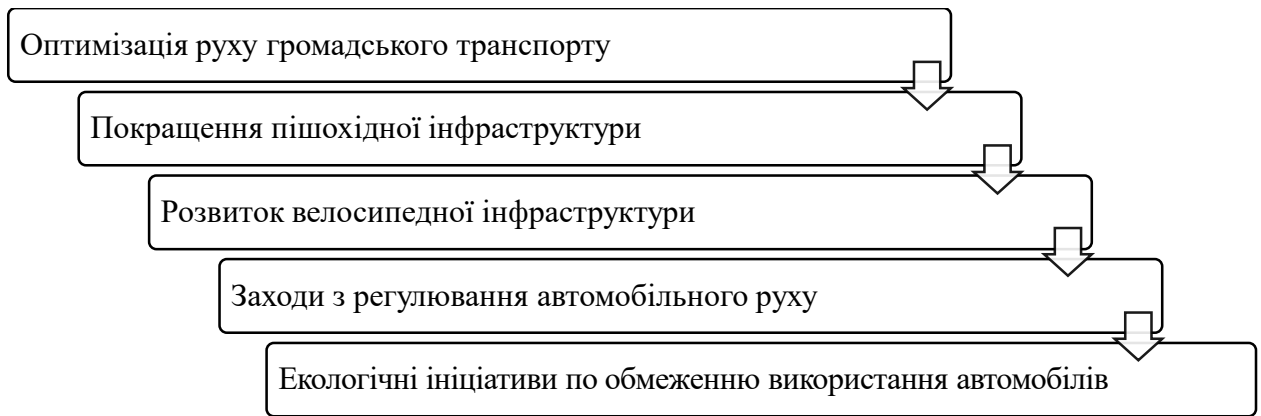


Рис. 4.2. Короткострокові заходи покращення транспортно-екологічної ситуації в м. Луцьку

Короткострокові заходи спрямовані на швидке покращення ситуації і можуть бути реалізовані протягом 1-3 років. Вони включають (рис. 4.2) [42]:

1. Оптимізацію руху громадського транспорту: оптимізацію маршрутів, впровадження виділених смуг для громадського транспорту, зменшення інтервалів рух громадського транспорту.
2. Покращення пішохідної інфраструктури: ремонт тротуарів, встановлення додаткових пішохідних переходів, покращення освітлення вулиць, поліпшення умов транспортної та пішохідної доступності міста для маломобільних груп населення.
3. Розвиток велосипедної інфраструктури: створення захищених велодоріжок на основних магістралях, велосипедних парковок біля громадських закладів, пілотного проекту міського велопрокату.
4. Заходи з регулювання автомобільного руху: впровадження "розумних" світлофорів на ключових перехрестях, розширення пішохідних зон та зон з обмеженим рухом автотранспорту в центрі міста, розширення кількості та місткості парковок, впровадження підходу "Park and Ride".
5. Екологічні ініціативи: посилення контролю за викидами автотранспорту, проведення днів без автомобіля, різноманітне заохочення використання екологічно чистого транспорту.

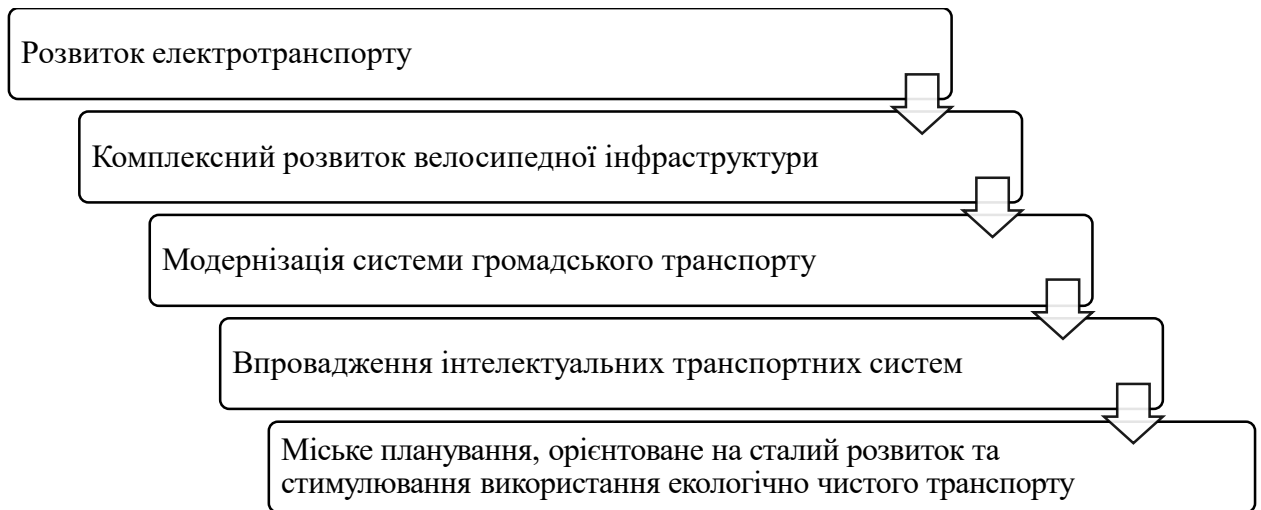


Рис. 4.3. Довгострокові заходи покращення транспортно-екологічної ситуації в м. Луцьку

Довгострокові заходи розраховані на період 5-15 років і спрямовані на системні зміни в транспортній інфраструктурі міста (рис. 4.3) [42]:

1. Розвиток електротранспорту: поступова заміна автобусного парку на електробуси, розширення тролейбусної мережі та тролейбусного парку, створення розгалуженої мережі зарядних станцій для електромобілів.
2. Комплексний розвиток велосипедної інфраструктури: створення повноцінної мережі велосипедних доріжок, що охоплює все місто, інтеграція велосипедної інфраструктури з громадським транспортом, впровадження системи велопрокату по всьому місту
3. Модернізація системи громадського транспорту: впровадження системи BRT (Bus Rapid Transit), створення транспортно-пересадочних вузлів (хабів), перехід на систему єдиного проїзного документа.
4. Впровадження інтелектуальних транспортних систем: створення єдиного центру управління транспортом міста, адаптивне управління світлофорами, розробка та впровадження мобільних додатків для мультимодальних перевезень.
5. Міське планування, орієнтоване на сталий розвиток: впровадження концепції "15-хвилинного міста", створення пішохідних зон у центрі

міста, глибша інтеграція транспортного планування з містобудівною політикою.

6. Стимулювання використання екологічно чистого транспорту, впровадження економічних стимулів для використання екологічного транспорту, створення зон з нульовими викидами в центрі міста.

Реалізація запропонованого комплексу покращення транспортно-екологічної ситуації в Луцьку дозволить створити сталу, екологічно чисту та ефективну транспортну систему в м. Луцьку, яка задовольнятиме потреби жителів міста та сприятиме поліпшенню якості життя.

ВИСНОВКИ

1. Екологічна безпека транспорту в розвитку міст дедалі більше позиціонується не як окреме технічне завдання, а як комплексна просторово-планувальна проблема, що визначає якість урбанізованого середовища. Сучасні міста змушені шукати нові моделі інтеграції транспортної інфраструктури, які б поєднували мобільність з екологічною стійкістю та соціальною інклюзивністю. У цьому контексті винятково важливо не лише мінімізувати негативні впливи транспорту на довкілля, а й переосмислити саму логіку просторового розвитку – від домінування автомобіле-орієнтованих структур до формування компактних, поліцентричних і транспортно-орієнтованих міських систем. Такий підхід поєднує просторовий аналіз, моделювання, соціоекологічне оцінювання та вивчення інституційного контексту, дозволяє розглядати екологічну безпеку транспорту не як сукупність технічних заходів, а як індикатор якості стратегічного просторового планування. Це відкриває перспективи для формування нової парадигми міського розвитку, в якій транспорт є не джерелом ризиків, а інструментом забезпечення сталості.

2. Луцька міська територіальна громада розташована у південно-східній частині Волинської області в межах Волинської височини. В геологічній будові території значну роль відіграють палеозойські, мезозойські і кайнозойські відклади, які представлені карбонатними породами, пісками, суглинками та флювіогляціальними відкладами. Рельєф переважно рівнинний із незначним похилом у північному напрямку, що створює сприятливі умови для розвитку міської інфраструктури, проте в окремих районах спостерігаються небезпечні геологічні процеси – зсуви, підтоплення, просідання ґрунтів.

Гідрографічна мережа представлена р. Стир та її притоками, заболоченими ділянками, ставками, які відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття та формуванні мікроклімату. Клімат помірно

континентальний з м'якою зимою і теплим літом, що сприяє сільськогосподарському освоєнню. Поширені сірі опідзолені, чорноземи опідзолені та лучні ґрунти, що є родючими, але місцями потребують меліорації через перезволоження. За особливостями ландшафтної структури громада належить до Полісько-Волинського округу, тут переважають агроландшафти, урбанізовані території та заліснені ділянки, які мають значення для екологічного балансу.

Згідно з результатами стратегічної екологічної оцінки Програми економічного і соціального розвитку Луцької міської громади за 2021 р., визначено ряд важливих екологічних проблем, що потребують вирішення для покращення екологічної ситуації в місті. Серед них виділяються: забруднення атмосферного повітря, стан сміттєзвалищ, ефективність роботи очисних споруд та каналізаційної системи, відсутність сучасних технологій переробки відходів. Найбільше значення має високий рівень забруднення повітря через автотранспорт, що є основним джерелом шкідливих викидів, а також проблема відсутності очисних споруд зливових стоків, що сприяє забрудненню річок.

Загальний стан каналізаційних та водопровідних мереж, зокрема зношеність труб та накопичення осадів стічних вод (ОСВ), ще більше погіршує екологічну ситуацію в місті. Водночас, низький рівень роздільного збору відходів та відсутність підприємств з переробки ТПВ збільшують навантаження на полігони, що вимагає термінових заходів для зменшення обсягів захоронених відходів.

У контексті екологічної безпеки транспорту, проблеми забруднення атмосферного повітря, відсутність ефективних зливових очисних споруд та незадовільний стан інженерних мереж прямо пов'язані з транспортною інфраструктурою. Просторове планування міста повинно включати рішення для зниження транспортного забруднення, розвитку громадського транспорту та велосипедної інфраструктури. Окрім того, необхідно розвивати екологічно чисті види транспорту та створювати інфраструктуру для електричних автомобілів.

Не менш важливою є реформа екологічного моніторингу для оперативного реагування на забруднення, а також розвиток альтернативних джерел енергії для зменшення впливу на довкілля. Всі ці проблеми взаємопов'язані і потребують комплексного підходу в рамках стратегії екологічної безпеки та розвитку міського середовища.

3. Протяжність автомобільних доріг міської територіальної громади з асфальтовим покриттям складає 308,4 км, в т.ч. 22 км мостів та шляхопроводів. Транспорт у Луцьку представлений тролейбусами, автобусами, легковими та вантажними автомобілями, залізницею, що організовують перевезення пасажирів і вантажів. Міський транспортний парк включає муніципальний, громадський та приватний транспорт, при цьому парк муніципальних автомобілів застарілий, зокрема, середній вік легкових автомобілів становить 22 роки. В останні роки спостерігається тенденція до зменшення споживання дизельного палива та зрідженого газу, але зростає споживання бензину і стисненого газу.

Розвиток транспорту в м. Луцьку спричиняє загострення екологічних проблем, зокрема, забруднення атмосферного повітря, негативний вплив на зелені зони та біорізноманіття, а також шумове забруднення. Місто регулярно потрапляє до списку міст з найвищим рівнем забруднення повітря в Україні. Викиди від транспорту призводять до перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі. Це, в свою чергу, негативно впливає не тільки на довкілля, але й на споруди, будівлі, здоров'я людей. На тлі збільшення споживання транспортом електроенергії та стисненого газу частково зменшується навантаження на атмосферу, але проблема забруднення залишається актуальною.

Основними проблемами в контексті просторового розвитку міста є диспропорція між розвитком міської інфраструктури та транспортними потребами. Відсутність кільцевих доріг, перевантаженість вулиць, низька їх пропускна здатність та нераціональна структура транспортних потоків створюють серйозні виклики. Зростання кількості автомобілів сприяє

забрудненню атмосфери, збільшенню заторів і зниженню привабливості публічного простору, особливо в центральній частині міста. Проблема стоянок і паркінгів не вирішується через відсутність необхідної інфраструктури. Окрім того, громадський транспорт не є конкурентоспроможним через застарілий рухомий склад і нерегулярність маршрутів, що також підвищує залежність мешканців від приватних автомобілів. Місто має окремі елементи велоінфраструктури, але вони потребують вдосконалення.

4. Основними напрямками підвищення екологічної безпеки транспорту в Луцьку є:

1. Розвиток велосипедної інфраструктури: створення мережі безпечних велосипедних доріжок, велопарковок та системи велопрокату для зменшення забруднення повітря, зниження заторів і покращення здоров'я мешканців. Очікуваний результат – збільшення частки велосипедних поїздок до 10-15% та зниження викидів CO₂ на 7-9%.
2. Ширше впровадження електротранспорту: заміна частини автобусів на електробуси, розширення тролейбусної мережі, розвиток зарядних станцій для електромобілів. Це дозволить знизити викиди забруднюючих речовин на 25-30% і шум на 3-5 дБ.
3. Оптимізація системи громадського транспорту: створення виділених смуг для транспорту, оновлення рухомого складу допоможе збільшити використання громадського транспорту до 50-55% і зменшити затори на 20-25%.
4. Впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС), в т.ч. адаптивне керування світлофорами, дозволить зменшити затори, скоротити час поїздок і знизити викиди на 10-12%.

Короткострокові заходи включають оптимізацію громадського транспорту, розвиток велосипедної інфраструктури, покращення пішохідної доступності та регулювання автомобільного руху. Довгострокові заходи передбачають розвиток електротранспорту, створення повної мережі велосипедних доріжок і модернізацію системи громадського транспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Атлас Волинської області / за ред. Ф.В. Зузука. Москва: Комітет геодезії і картографії СРСР, 1991. 42 с.
2. Бабенко О. М., Ящук Л. Б. Екологічна безпека транспорту та його внесок у забруднення атмосферного повітря. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів і студентів (м. Черкаси, 10-11 травня 2019 року). Черкаси. 2019. С. 130-131.
3. Богатов О.І., Попов В.М. Шляхи підвищення екологічної безпеки в автомобільній галузі. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. 2018. №5(1). С. 135-139.
4. Босак П.В., Лук'янчук Н.Г., Попович В.В. Чинники впливу залізничного транспорту на екологічну безпеку довкілля. Екологічні науки. 2019. №3(42). С. 205-210.
5. Бурдукіна Ю.Н. Экологическая безопасность транспорта, работающего на газовом топливе. Матеріали XV НТК курсантів та студентів НУЦЗУ. 2011. С. 519-521.
6. Васильєва О.І., Васильєва Н.Н. Концептуальні засади сталого розвитку територіальних громад. Інвестиції: практика та досвід. 2018. № 8. С. 75-78.
7. Геопортал Луцької міської територіальної громади. URL: <https://geo.lutskrada.gov.ua/home>
8. Герасимчук З.В. Регіональна політика сталого розвитку: теорія, методологія, практика: Монографія. Луцьк: Надстир'я, 2008. 528 с.
9. Гринів Л.С. Екологічно збалансована економіка: проблеми теорії. Монографія. Львів: ЛНУ ім. І.Франка, 2001. 240 с.
10. Гутаревич Ю.Ф., Матейчик В.П., Копач А.О. Шляхи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів. Вісник Східноукраїнського НУ ім. Володимира Даля. Луганськ, 2004. № 7(77). С. 11-15.
11. Дейлі Г. Поза зростанням. Економічна теорія сталого розвитку. [пер. з

- англ.]. Київ: Інтелсфера, 2002. 236 с.
12. Другий Національно визначений внесок України до Паризької угоди (HBB2). URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/infografika-Mindovkilliya-11.12.2020.pdf>
 13. Звіт про стратегічну екологічну оцінку Програми економічного і соціального розвитку Луцької міської територіальної громади на 2021 рік. URL: <https://www.lutskrada.gov.ua/static/content/files/t/a7/f7ofdeoyv6lp5qgpgor742sxv53yha7t.doc>
 14. Екологічний паспорт м. Луцька. URL: <https://www.lutskrada.gov.ua/documents/ekolohichnyi-pasport-m-lutska>.
 15. Карпюк З.К., Фесюк В.О., Антипюк О.В. Природно-заповідний фонд Волинської області: альбом-каталог. К.: ОК-Поліграф, 2018. 136 с.
 16. Карпюк З. К., Фесюк В. О. Природоохоронні мережі Волинської області: монографія. Луцьк: Терен, 2021. 212 с.
 17. Карпюк З.К., Фесюк В.О. Локальна екомережа Луцької міської територіальної громади: монографія. Луцьк: ПП Іванюк В.П., 2022. 110 с.
 18. Кашканов В.А., Устюшенко О.В. Шляхи підвищення екологічної безпеки автомобільного транспорту. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/11114/780.pdf?sequence=3>
 19. КП «Луцькводоканал» презентувало проєкт реконструкції очисних споруд в селі Липляни. URL: <https://vd.lutsk.ua/news/kp-luckvodokanal-prezentuvav-proyekt-rekonstrukciyi-ochysnyh-sporud-v-seli-lyplyany.html>.
 20. Луцьк – серед перших міст в Україні, де за кошти Європейського інвестиційного банку модернізують очисні споруди. URL: <https://vd.lutsk.ua/news/luck-sered-pershyh-mist-v-ukrayini-de-za-koshty-yevropeyskogo-investytsiynogo-banku-modernizuyut>
 21. Мольчак Я.О., Фесюк В.О., Картава О.Ф. Луцьк: сучасний екологічний стан та проблеми. Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2003. 464 ст.
 22. Мольчак Я.О., Мігас Р.В. Річки Волині. Луцьк: Надстир'я, 1999. 176 с.
 23. Національна доповідь «Цілі Сталого Розвитку: Україна». URL:

https://mepr.gov.ua/files/docs/Національна%20доповідь%20ЦСР%20України_липень%202017%20ukr.pdf.

- 24.Олейніков А.А., Попов В.М. Экологическая безопасность транспорта альтернативные источники энергии для транспортных средств. Матеріали XV НТК курсантів та студентів НУЦЗУ. 2011. С. 542-544.
- 25.Патинська М.М. Формування категорії "сталий розвиток територіальних громад" в умовах євроінтеграційної перспективи. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27362/1/P.32-33.pdf>
- 26.Підгрушний Г. П., Провотар Н. І., Дудін В. С. Просторові особливості розвитку Київського метрополісного регіону: виміри поліцентричності. Український географічний журнал, 2023, №1, с. 23–34.
- 27.План дій сталого енергетичного розвитку та клімату Луцької міської територіальної громади до 2050 року. URL: <https://www.lutskrada.gov.ua/documents/17157745203358799-pro-zatverdzhennya-planu-diy-stalogo-energetichnogo-rozvitku-ta-klimatu-lutskoi-miskoi-teritorialnoi-gromadi-do-2050-roku>.
- 28.Поверхневі води Волині: колективна монографія / за ред. Я.О. Мольчака. Луцьк: Терен, 2019. 344 с.
- 29.Природа Волинської області / за ред. К.І. Геренчука. Львів: Каменяр, 1975. 146 с.
- 30.Програма економічного і соціального розвитку Луцької міської територіальної громади на 2024 рік. URL: <https://www.lutskrada.gov.ua/documents/17029909013231950-pro-programu-ekonomichnogo-i-sotsialnogo-rozvitku-lutskoi-miskoi-teritorialnoi-gromadi-na-2024-rik>
- 31.Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року: Указ Президента України від 30.09.2019 р. № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
- 32.Стратегія розвитку Луцької міської територіальної громади до 2030 року. URL: <https://www.lutskrada.gov.ua/static/content/files/a/v5/6ctmbb5maw3>

gijjwx4e6wjyjpgd3v5a.pdf

- 33.Серія тренінгів з планування адаптації до зміни клімату для представників місцевих органів влади. URL: <https://mepr.gov.ua/oneevent/seriya-treningiv-z-planuvannya-adaptatsiyi-do-zminy-klimatu-dlya-predstavnykiv-mistsevyh-organiv-vlady/>
- 34.Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області: колективна монографія. / за ред. В. О. Фесюка. К.: ТОВ «Підприємство «Ві Ен Ей», 2016. 316 ст.
- 35.Фесюк В.О. Луцьк: сталий розвиток і соціально-екологічні проблеми. Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2013. 304 с.
- 36.Фесюк В. О., Мороз І. А. Сучасний стан забруднення атмосферного повітря м. Луцька. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія». 2021. Випуск. 54. С. 250-255.
- 37.Фесюк В.О., Мороз І.А., Карпюк З.К., Чижевська Л.Т. Методика дослідженнях структури земельного покриття для розробки схем екологічної мережі локального рівня з використанням методів ГІС та ДЗЗ. Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Географія та туризм». Харків: ХНПУ ім. Г.С. Сковороди. 2022. С. 126-134.
- 38.Abbiasov T., Heine C., Glaeser E., Ratti C., Sabouri S., Salazar-Miranda A., Santi P. "The 15-Minute City Quantified Using Mobility Data". arXiv preprint, 2022.
- 39.Banister D. "The Sustainable Mobility Paradigm". Transport Policy, 2008, 15(2), с. 73–80.
- 40.Calthorpe P. "The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream". Princeton Architectural Press, 1993.
- 41.Castillo, H., & Pitfield, D. E. (2010). ELASTIC – A methodological framework for identifying and selecting sustainable transport indicators. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 15(4), 179-188. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2009.09.002>

42. Fesyuk V. O., Moroz I. A., Chyzhevska L. T., Kiyko Y. P., Karpuk A. V. Transport and environmental safety of cities (on the example of Lutsk city territorial community). Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія. 2024. № 2 (вип. 57). С. 164-173.
43. Hariram, N. P., Mekha, K. B., Suganthan, V., & Sudhakar, K. (2023). Sustainalism: An Integrated Socio-Economic-Environmental Model to Address Sustainable Development and Sustainability. *Sustainability*, 15(13), 10682. <https://doi.org/10.3390/su151310682>
44. Holden, E., Banister, D., Gössling, S., Gilpin, G., & Linnerud, K. (2020). Grand narratives for sustainable mobility: A conceptual review. *Energy Research & Social Science*, 65, Article 101454. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101454>
45. Holden, E., Gilpin, G., & Banister, D. (2019). Sustainable Mobility at Thirty. *Sustainability*, 11(7), 1965. <https://doi.org/10.3390/su11071965>
46. Hull A. "Integrated Transport Planning: A Spatial Challenge". Ashgate Publishing, 2011.
47. Lindsey M, Schofer JL, Durango-Cohen P, Gray KA (2011) The effect of residential location on vehicle miles of travel, energy consumption and greenhouse gas emissions: Chicago case study. *Transp Res Part D: Transp Environ* 16:1–9
48. Le Pira, M., Tavasszy, L. A., de Almeida Correia, G. H., Ignaccolo, M., & Inturri, G. (2021). Opportunities for integration between Mobility as a Service (MaaS) and freight transport: A conceptual model. *Sustainable Cities and Society*, 74, Article 103212. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103212>
49. Luoma, J., Sivak, M. Interactions of environmental and safety measures for sustainable road transportation. *Eur. Transp. Res. Rev.* 4, 189–199 (2012). <https://doi.org/10.1007/s12544-012-0078-5>.
50. Van Beek W, Derriks H, Wilbers P, Morsink P, Wismans L, van Beek P (2007) The effects of speed measures on air pollution and traffic safety. *Proceedings of the European Transport Conference*. 2007.