

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет аграрних технологій та екології

(повне найменування факультету)

Кафедра екології

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»
Оцінка впливу автотранспортного навантаження на
м. Ужгород та його мешканців**

спеціальність 101 Екологія
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Екологія»
(назва освітньої програми)

Виконала: здобувачка вищої освіти
групи ЕОС - 41
Романюк Ангеліна Станіславівна

(підпис)

Керівник: к.пед.н., доцент
Коробчук Людмила Іванівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
к.геогр.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Федонюк Віталіна Володимирівна

(підпис)

Луцьк – 2026 рік

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аграрних технологій та екології

Кафедра екології та агрономії

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 10 Природничі науки

Спеціальність: 101 Екологія

Освітня програма: «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«__» _____ 202__ р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧКИ ВИЩОЇ ОСВІТИ

РОМАНЮК Ангеліни Станіславівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Оцінка впливу автотранспортного навантаження на м. Ужгород та його мешканців

Керівник роботи: к.пед.н., доц. Коробчук Л.І.

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» лютого 2026 р. № 102/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: нормативні документи; законодавча база; Генплан м. Ужгород; інтернет джерела.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):
Вступ. 1. Теоретико-методологічні основи оцінки екологічної безпеки автотранспорту в міському середовищі. 2. Оцінка екологічного стану міського середовища та впливу автотранспорту в м. Ужгород. 3. Заходи щодо зниження негативного впливу автомобільного транспорту на довкілля м. Ужгород. Висновок.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 1. Актуальність роботи. 2. Схематична структура екологічних збитків від автомобільного транспорту м. Ужгород. 3. Кількість автомобілів, що проїхали за одну годину на ділянках дослідження. 4. Концентрації СО по м. Ужгород. 5. Рівні акустичного забруднення житлових районів міста. 6. Комплекс технічних та організаційних заходів щодо підвищення екологічної безпеки транспортних потоків у м. Ужгород. 7. Висновок.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>1-розділ</i>			
<i>2-розділ</i>			
<i>Висновки</i>			

7. Дата видачі завдання «16» жовтня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Обґрунтування теми</i>	<i>Вересень - Жовтень 2025</i>	Викон.
2	<i>Огляд літератури із досліджуваної проблеми</i>	<i>Жовтень – Листопад 2025</i>	Викон.
3	<i>Вступ, 1 розділ</i>	<i>Листопад Січень 2026</i>	Викон.
4	<i>2-3 розділи</i>	<i>Січень – Березень 2026</i>	Викон.
5	<i>Висновки та пропозиції</i>	<i>Березень-Квітень 2026</i>	Викон.
6	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>Квітень 2026</i>	Викон.
7	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>Травень 2026</i>	Викон.
8	<i>Нормоконтроль</i>	<i>Травень 2026</i>	Викон.
9	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>До 03.06.2026</i>	Викон.
10	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>10.06.2026</i>	Викон.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

(Романюк А.С.)
(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

(Коробчук Л.І.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Романюк А.С.: «Оцінка впливу автотранспортного навантаження на м. Ужгород та його мешканців». Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «101» спеціальності Екологія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 3 розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

У першому розділі досліджено теоретико-методологічні засади формування екологічної безпеки транспортних потоків у міській системі. Проаналізовано комплексне негативне вплив автотранспорту на ужгородську екосистему та розглянуто медико-екологічні аспекти впливу загазованості та шуму на здоров'я міського населення. Визначено ключові фактори, що формують якість атмосферного повітря у місті.

В другому розділі надано еколого-географічну та соціально-економічну характеристику м. Ужгород. Проведено детальний аналіз стану атмосферного повітря та рівня транспортного забруднення. На основі натурних досліджень модельних ділянок міста оцінено реальні обсяги викидів та рівень шумового забруднення в зонах із найбільш інтенсивним рухом.

У третьому розділі обґрунтовано комплекс заходів, спрямованих на захист міської середовища Ужгорода від негативного впливу автотранспорту в умовах наявної забудови. Запропоновано технічні та організаційні рішення (оптимізація транспортних потоків, розвиток екологічного транспорту, озеленення), що дозволять підвищити рівень екологічної безпеки міста.

Ключові слова: екологічна безпека, автомобільний транспорт, міське середовище, атмосферний повітря, транспортні потоки, шумове забруднення, модельні ділянки.

ABSTRACT

Romanyuk A.S.: «Assessment of the impact of road traffic on Uzhhorod and its residents». Manuscript.

Bachelor's qualification work OP «101» specialty Ecology. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 3 chapters, conclusions and proposals, and a list of sources used (according to the structure of the qualification work approved by the department).

The first section examines the theoretical and methodological principles of forming the ecological safety of transport flows in the urban system. The complex negative impact of motor vehicles on the Uzhhorod ecosystem is analyzed and the medical and ecological aspects of the impact of gas pollution and noise on the health of the urban population are considered. The key factors that shape the quality of atmospheric air in the city are identified.

The second section provides an ecological, geographical and socio-economic characteristic of the city of Uzhhorod. A detailed analysis of the state of atmospheric air and the level of transport pollution was carried out. Based on field studies of model areas of the city, the real volumes of emissions and the level of noise pollution in the areas with the most intensive traffic were estimated.

The third section substantiates a set of measures aimed at protecting the urban environment of Uzhhorod from the negative impact of motor vehicles in the conditions of existing development. Technical and organizational solutions (optimization of transport flows, development of ecological transport, landscaping) are proposed, which will allow to increase the level of environmental safety of the city.

Keywords: environmental safety, road transport, urban environment, atmospheric air, transport flows, noise pollution, model areas.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АВТОТРАНСПОРТУ В МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ	10
1.1 Теоретичні засади формування екологічної безпеки транспортних потоків у міському середовищі.....	10
1.2. Екологічна безпека автомобільного транспорту в системі міського середовища.....	14
1.3. Комплексний негативний вплив автомобільного транспорту на ужгородську екосистему міста.....	18
1.4. Медико-екологічні аспекти впливу автотранспортного навантаження на здоров'я міського населення	20
1.5. Комплексний аналіз чинників формування екологічного стану атмосферного повітря м. Ужгород.....	22
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ В М. УЖГОРОД...	26
2.1. Еколого-географічна та соціально-економічна характеристика міста Ужгород.....	26
2.2. Аналіз стану атмосферного повітря та рівня транспортного забруднення в м. Ужгород.....	27
2.3. Дослідження модельних ділянок на території міста Ужгород.....	29
2.4. Дослідження шумового забруднення на окремих ділянках міста.....	38
РОЗДІЛ 3. ЗАХОДИ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ДОВКІЛЛЯ М.УЖГОРОД.....	42
3.1. Охорона навколишнього середовища від впливу автомобільного транспорту в умовах міської забудови.....	42
3.2. Технічні та організаційні заходи щодо зниження негативного впливу автотранспорту на міське середовище	43
3.3. Організаційні заходи щодо підвищення екологічної безпеки міського середовища м. Ужгород.....	45
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53

ВСТУП

Актуальність роботи. Сучасний етап розвитку людства характеризується стрімкою урбанізацією, що супроводжується інтенсивною трансформацією природних ландшафтів у техногенні екосистеми.

Одним із найбільш агресивних факторів такого впливу є автомобільний транспорт, який, забезпечуючи високу мобільність населення та економічне зростання, водночас виступає головним джерелом забруднення міського середовища.

Для міста Ужгород проблема оцінки автотранспортного навантаження набуває особливої гостроти. Будучи адміністративним центром Закарпаття та ключовим логістичним вузлом на кордоні зі країнами Європейського Союзу, місто щороку стикається зі зростанням інтенсивності транспортних потоків.

Ситуація ускладнюється специфічною архітектурно-планувальною структурою історичного центру з його вузькими вулицями, що перешкоджають аерації, а також геоморфологічними особливостями розташування міста в улоговині, що сприяє накопиченню токсичних викидів у приземному шарі атмосфери.

Враховуючи європейський вектор розвитку України, актуальним стає перегляд підходів до управління міською мобільністю та необхідність детальної екологічної оцінки впливу транспорту на якість життя та здоров'я міського населення.

Об'єкт дослідження – екологічний стан м. Ужгород.

Предмет дослідження – автотранспортне навантаження на м. Ужгород та його мешканців у зонах впливу основних магістралей міста.

Мета дослідження – провести комплексне оцінювання впливу автотранспортного навантаження на екостан м. Ужгород та виявити ризики для здоров'я місцевих мешканців.

Завдання дослідження:

1. Розкрити теоретико-методологічні підходи до оцінки екологічної безпеки автомобільного транспорту в умовах м. Ужгород.
2. Здійснити комплексну оцінку екологічного стану міської середовища та проаналізувати вплив на нього автомобільного транспорту.
3. Обґрунтувати практичні рекомендації та заходи мінімізації негативного впливу автотранспорту на екологічний стан м. Ужгород.

Методи дослідження: аналіз і узагальнення наукової літератури для вивчення теоретичних засад впливу автомобільного транспорту на довкілля та формування екологічної безпеки міських територій; системний аналіз для комплексного дослідження взаємозв'язків між транспортними потоками, станом атмосферного повітря та рівнем шумового забруднення; метод натурних спостережень для визначення інтенсивності транспортних потоків на обраних модельних ділянках м. Ужгород; розрахунковий метод для визначення концентрації оксиду вуглецю (CO) в атмосферному повітрі на основі транспортно-експлуатаційних та метеорологічних показників; статистичний метод для обробки результатів спостережень, визначення структури транспортного потоку та узагальнення отриманих даних; порівняльний метод для зіставлення рівнів забруднення атмосферного повітря та шумового навантаження на різних модельних ділянках міста; графоаналітичний метод для інтерпретації отриманих результатів та виявлення закономірностей впливу транспортних потоків на екологічний стан міського середовища.

Наукова новизна роботи: полягає у проведенні комплексної оцінки екологічного впливу транспортних потоків на міське середовище м. Ужгород із використанням розрахункового визначення концентрацій оксиду вуглецю та дослідження рівнів шумового забруднення на модельних ділянках міста. Встановлено залежність між інтенсивністю транспортного руху, особливостями організації дорожнього руху та рівнем екологічного навантаження на окремих територіях міста. Обґрунтовано комплекс заходів,

спрямованих на підвищення екологічної безпеки транспортної системи Ужгорода.

Практичне значення: дослідження щодо інтенсивності транспортних потоків, рівнів забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю та шумового впливу можуть бути використані при розробленні та коригуванні заходів з організації дорожнього руху, оптимізації транспортної інфраструктури та зменшення негативного впливу автомобільного транспорту.

Текст цієї бакалаврської роботи є наслідком самостійного дослідження автора. Програмні засоби на основі штучного інтелекту залучалися виключно на етапі опрацювання наукової літератури та корекції формулювань у теоретичній частині. Усі аналітичні положення, розрахунки та фінальні висновки роботи належать автору особисто

Інформаційна база досліджень: нормативні документи; законодавча база; Генплан м. Ужгород; наукові праці, підручники; навчальні посібники; інтернет джерела.

Робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків; містить 56 сторінок тексту, 8 таблиць, 4 рисунки. Список літератури містить 36 найменувань літератури.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АВТОТРАНСПОРТУ В МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ

1.1. Теоретичні засади формування екологічної безпеки транспортних потоків у міському середовищі

В умовах сучасної урбанізації питання забезпечення екологічної безпеки набувають особливої актуальності. Інтенсивний розвиток міст, зростання кількості транспортних засобів та підвищення мобільності населення спричиняють суттєве антропогенне навантаження на навколишнє середовище. У зв'язку з цим проблема збереження екологічної безпеки міського середовища є однією з ключових складових сталого розвитку територій.

Екологічна безпека розглядається як стан захищеності довкілля, населення та природних систем від негативного впливу антропогенних і природних чинників. Її забезпечення передбачає комплекс заходів, спрямованих на попередження, контроль та мінімізацію екологічних ризиків. Реалізація екологічної безпеки здійснюється на глобальному, регіональному та локальному рівнях, однак саме локальний рівень є найбільш чутливим до впливу господарської діяльності людини [13].

Особливо гостро проблема екологічної безпеки проявляється у великих і середніх містах, де зосереджені значні транспортні потоки, щільна житлова забудова, торговельна та соціальна інфраструктура. У таких умовах автомобільний транспорт стає одним із основних джерел забруднення атмосферного повітря, шумового навантаження та погіршення санітарно-екологічного стану міського середовища.

Інтенсивність руху транспортних потоків у межах міста безпосередньо впливає на рівень концентрації шкідливих речовин у повітрі, рівень шуму, комфортність проживання населення та загальний екологічний стан території.

Найбільше навантаження спостерігається на магістральних вулицях і транспортних вузлах, де утворення заторів призводить до зростання часу роботи двигунів у режимі холостого ходу та, відповідно, збільшення обсягів викидів забруднюючих речовин.

Система забезпечення екологічної безпеки транспортних потоків є складною багатокомпонентною структурою, до складу якої входять транспортні засоби, вулично-дорожня мережа, технічні засоби організації дорожнього руху, а також учасники транспортного процесу. Ефективність функціонування цієї системи залежить від якості транспортного планування, стану дорожньої інфраструктури, рівня організації дорожнього руху та впровадження сучасних методів управління транспортними потоками [9].

Формування транспортного потоку залежить від сукупності дорожніх, технічних та організаційних факторів, взаємодія яких визначає рівень транспортного навантаження та екологічної безпеки міського середовища. Основні взаємозв'язки між елементами системи наведено на рисунку 1.1 [27].



Рисунок 1.1 – Схема взаємозв'язку дорожніх умов і транспортного потоку (сформовано автором за джерелом [27])

Наведена схема демонструє комплексний характер взаємодії дорожніх умов і транспортних потоків, що безпосередньо впливають на рівень заторів, інтенсивність руху та екологічний стан міського середовища.

Специфіка впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище визначається низкою особливостей, які відрізняють його від інших джерел техногенного навантаження. Насамперед це стрімкі темпи автомобілізації населення, що супроводжуються постійним збільшенням кількості транспортних засобів у межах міських територій.

Зростання інтенсивності руху призводить не лише до підвищення рівня забруднення атмосферного повітря, а й до ускладнення транспортної ситуації, формування заторів, збільшення шумового навантаження та погіршення умов проживання населення.

Однією з ключових проблем сучасних міст є невідповідність між темпами автомобілізації та розвитком вулично-дорожньої мережі. У більшості випадків транспортна інфраструктура формувалася значно раніше за сучасні обсяги транспортних потоків і не була розрахована на настільки високу інтенсивність руху. Особливо гостро ця проблема проявляється в центральних частинах міст із щільною забудовою, де можливості розширення дорожньої мережі є обмеженими.

Важливим фактором негативного впливу автотранспорту є концентрація великої кількості транспортних засобів на обмеженій території та їх безпосереднє функціонування в межах житлової забудови. Постійне перебування транспортних потоків поблизу житлових кварталів спричиняє підвищення концентрацій забруднюючих речовин у повітрі, збільшення рівнів шуму та погіршення санітарно-екологічного стану міського середовища [6].

Рівень екологічної безпеки транспортних потоків значною мірою залежить від умов дорожнього руху, які формуються під впливом дорожніх, транспортних та природно-кліматичних факторів. До основних чинників належать параметри транспортного потоку, режими руху, дорожні умови та погодні фактори.

Погодні умови безпосередньо впливають на функціонування транспортної системи та безпеку руху. Опади, туман, ожеледь, вітер, температура й вологість повітря можуть суттєво змінювати швидкість руху транспортного потоку, рівень пропускної здатності доріг і умови видимості. Унаслідок цього зростає нерівномірність руху, збільшується кількість заторів та підвищується рівень транспортного навантаження.

Однією з найважливіших характеристик функціонування транспортної системи є режим руху транспортного потоку, який визначається швидкістю руху, щільністю транспортного потоку, його складом та рівнем завантаження вулично-дорожньої мережі. Значний вплив на режим руху мають можливість виконання маневрів, наявність перехресть, світлофорного регулювання та інтенсивність транспортних потоків у суміжних напрямках.

Дорожні умови також є важливою складовою системи управління дорожнім рухом. Вони характеризуються сукупністю геометричних параметрів та транспортно-експлуатаційних характеристик дороги, що впливають на пропускну здатність і безпеку руху. До постійних параметрів належать поздовжній та поперечний профілі дороги, радіуси кривих у плані, ширина проїзної частини та конфігурація транспортних вузлів. Тоді як до змінних параметрів відносять стан дорожнього покриття, рівень видимості, наявність технічних засобів організації дорожнього руху та інші фактори, які можуть змінюватися під впливом погодних умов і особливостей експлуатації дороги [7].

Таким чином, екологічна безпека транспортних потоків є результатом складної взаємодії транспортних, дорожніх, природно-кліматичних та організаційних факторів. Їх сукупний вплив визначає рівень транспортного навантаження, ефективність функціонування вулично-дорожньої мережі та екологічний стан міського середовища.

1.2. Екологічна безпека автомобільного транспорту в системі міського середовища

Транспортно-дорожній комплекс є однією з найбільш екологічно-деструктивних галузей національної економіки. У сучасній Україні, незважаючи на складні геополітичні та економічні умови, автомобільний транспорт залишається головним фактором мобільності, що забезпечує понад 60 % обсягів внутрішніх вантажних та пасажирських перевезень. Проте висока адаптивність та якість логістики супроводжуються значним антропогенним тиском на біосферу, що виводить питання екологічної безпеки автотранспорту в розряд пріоритетних складників національної безпеки держави [1; 29].

Особливість екологічної небезпеки автомобільного транспорту полягає у її локалізації: якщо у глобальному масштабі частка викидів становить близько 13,3%, то в урбанізованих екосистемах (містах) цей показник критично зростає до 80–90%. Для м. Ужгород, як специфічного прикордонного вузла з високою щільністю транзитного руху та компактною історичною забудовою, цей вплив має структуру екологічних збитків (рис. 1.2) [33]:



Рисунок 1.2 – Схематична структура екологічних збитків від автомобільного транспорту м. Ужгород (сформовано автором за джерелом [33])

Виходячи із рис. 1.2 розглядаємо наступне [33]:

1. В основі забруднення атмосферного повітря (частка в структурі – до 95%) лежать наступні речовини забруднювачі: CO, оксиди азоту (NO_x), вуглеводні (C_n H_m), сполуки сірки та специфічні канцерогени, такі як бенз(а)пірен.

2. Транспорт є потужним емітентом парникових газів, котрі вагомо впливають на кліматичну систему (близько 68%). Експлуатація двигунів внутрішнього згоряння супроводжується виділенням великих мас вуглекислого газу, що сприяє формуванню явища «теплового острова» у межах міської забудови.

3. Акустичне та вібраційне навантаження (49,5%) відбувається за рахунок впливу фізичних факторів, зокрема шуму, що, в свою чергу, призводять до деградації життєвої середовища мешканців, викликаючи порушення у роботі нервової та серцево-судинної систем [1; 33].

Екологічна безпека міської середовища визначається не лише кількістю транспортних засобів, а й здатністю міської інфраструктури забезпечувати ефективно розсіювання шкідливих домішок та мінімізацію заторних явищ. Для м. Ужгород характерною є специфічна планувальна структура, що поєднує в собі історичну забудову центральної частини з вузькими вуличними каньйонами та сучасні магістралі з високою інтенсивністю руху.

У науковій літературі під «вуличним каньйоном» розуміють вузьку вулицю, обмежену з обох боків щільною забудовою, де висота будівель значно перевищує ширину проїжджої частини. В Ужгороді (особливо в історичному центрі) такі умови створюють перешкоди для природної вентиляції.

Враховуючи такі особливості, відмічаємо, що за слабого вітру вихлопні гази не виносяться в верхні шари атмосфери, а циркулюють у приземному шарі, створюючи зони екстремально високих концентрацій NO_x та CO [8].

Розташування міста в улоговині річки Вже сприяє частим температурним інверсіям. У зимовий період холодний шар повітря

«притискає» транспортні викиди до землі, що призводить до перевищення ГДК (гранично допустимих концентрацій) навіть за середньої інтенсивності руху.

Стан дорожнього полотна безпосередньо корелює з обсягами викидів. Нерівності покриття, вибоїни та відсутність якісного дренажу змушують водіїв часто змінювати швидкісний режим (гальмування-розгін). Встановлено, що під час розгону автомобіля викиди продуктів неповного згорання палива збільшуються у 3-5 разів порівняно з рівномірним рухом.

Зношене асфальтобетонне покриття є джерелом дрібнодисперсного пилу, який у поєднанні з продуктами стирання шин та гальмівних колодок утворює токсичний аерозоль.

Для Ужгорода проблема заторів на мостах та ключових транспортних розв'язках є екологічно критичною. Під час роботи двигуна на «холостому ході» частка оксиду вуглецю в вихлопі є максимальною.

До 2010 року екологічна ситуація загалом у Закарпатській області та м. Ужгород, зокрема, характеризувалася негативною динамікою через відсутність жорстких лімітів на ввезення транспортних засобів з високим рівнем зношеності. Ситуація почала змінюватись після приєднання України до Женевської Угоди (1958 р.) щодо технічних вимог до конструкцій транспортних засобів [2].

Впровадження міжнародних стандартів «Євро» стало основним інструментом регулювання якості автопарку:

- період 2012–2016 р.р.: охарактеризовувався як період поступового впровадження норм Євро-3 та Євро-4, що дозволило частково обмежити експлуатацію найбільш токсичних моделей;
- з 2016 року по теперішній час описується обов'язковою процедурою для першої реєстрації та імпорту стандарту Євро-5. Це суттєво змінило структуру вторинного ринку, орієнтуючи його на автомобілі віком не більше 5–8 років;

- стандарт Євро-6 («Зелений стандарт»): Передбачає максимально жорсткі вимоги до викидів твердих частинок та оксидів азоту. У країнах ЄС впровадження Євро-6 супроводжується поступовою відмовою від дизельних двигунів на користь електромобілів та гібридних силових установок. В Україні перехід на ці норми є частиною стратегії адаптації до вимог Європейського Союзу, що стимулює власників до оновлення автопарку [2; 16; 26].

Незважаючи на позитивні законодавчі зрушення, реальний механізм забезпечення екологічної безпеки в Ужгороді має низку критичних недоліків (Рис. 1.3.):

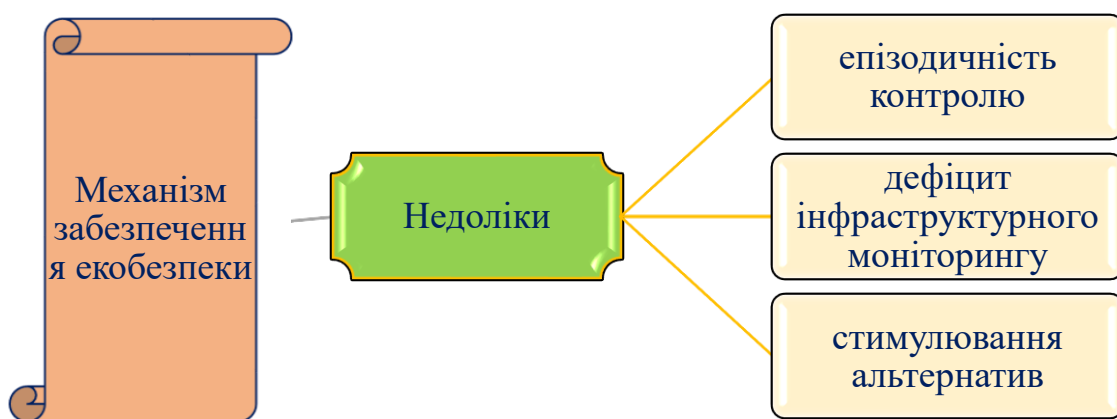


Рисунок 1.3 – Критичні недоліки існуючого механізму забезпечення екобезпеки в м. Ужгород (сформовано автором за джерелами [12; 24])

Аналізуючи рис. 1.3, відмічаємо, що екологічні параметри перевіряються переважно лише у процесі сертифікації або при ввезенні автомобіля. Відсутність обов’язкового періодичного технічного контролю (техогляду) для приватних авто призводить до того, що значна частина транспорту в процесі експлуатації втрачає свої екологічні характеристики. Із збільшенням кількості мешканців (зокрема, ВПО), значно поповнився автопарк міста.

Не зважаючи на такі зміни динаміки, в місті практично відсутні пости автоматизованого контролю рівня шуму та концентрації шкідливих речовин безпосередньо у зонах найбільшого скупчення автотранспорту (перехрестя,

центральні магістралі). І хоча держава впроваджує пільги на імпортування електромобілів, рівень розвитку зарядної інфраструктури та фінансової компенсації за перехід на екологічний транспорт залишається недостатнім у порівнянні з європейськими практиками [12; 24].

1.3. Комплексний негативний вплив автомобільного транспорту на ужгородську екосистему міста

Сучасна урбанізація м. Ужгорода супроводжується інтенсивним зростанням автотранспортного парку, що висуває проблему транспортного навантаження в низку ключових детермінант екологічної безпеки міста. Негативна дія автотранспорту на навколишнє природне середовище має мультифакторний характер і виявляється через складну систему механізмів прямого та опосередкованого впливу.

Найбільш відчутним наслідком експлуатації двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) є емісія токсичних речовин безпосередньо в приземному шарі атмосферного повітря – «зоні дихання» людини (до 1,5–2 метрів від поверхні землі) [8].

Власне процес формування токсикантів у циліндрах двигуна авто поділяється на дві групи:

- продукти неповного згорання та окислення палива виникають внаслідок хімічних реакцій безпосередньо під час спалювання паливної суміші;
- термічні сполуки, які утворюються при високих температурах в результаті взаємодії азоту з залишковим киснем (оксиди азоту NO_x), що не залежить безпосередньо від типу палива, а визначається режимом роботи двигуна.

Накопичення даних речовин призводить до зниження прозорості повітря та виникнення фотохімічного смогу. В умовах Ужгорода, що розташований у улоговині та має низьку швидкість самоочищення атмосфери, цей вплив

посилюється частими інверсіями температури, що спричиняють застій забруднених повітряних мас над містом [3; 5].

Шум спричиняє розвиток «шумової хвороби», що виявляється у вегетативних розладах та погіршенні когнітивних функцій мешканців прилеглих будинків, знижує концентрацію уваги водіїв та стає фактором зростання кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП) [12; 26].

Крім впливу шуму, мешканці можуть відчувати вібраційний вплив. Коливання від руху вантажного транспорту поширюються через ґрунт на відстань до 10-15 метрів. Для історичного центру Ужгорода з його архітектурним наслідком це становить загрозу передчасному руйнуванню фундаментів. Для людини тривала вібрація небезпечна порушенням роботи серцево-судинної системи та опорно-рухового апарату [12; 26].

Забруднення ґрунтів та рослинності має кумулятивний характер. До 75% забруднюючих речовин осідають у безпосередній близькості до полотна дороги, а решта поширюється в радіусі до 10–15 км під впливом вітрових потоків та опадів. Серед основних факторів деградації виділяють:

- 1) трансформацію ландшафту – процес відчуження земель під стоянки, АЗС та розширення доріг призводить до знищення зелених зон;
- 2) хімічне відрування, являє собою надходження в ґрунт важких металів (свинцю), паливно-мастильних матеріалів (ПММ) та протижеледних реагентів (солей);
- 3) вплив на фітоценоз спостерігається в результаті подвійного тиску на зелені насадження Ужгорода (зокрема каштани, липи, сакури, магнолії). Крім токсичного впливу газів через продихи листя, відбувається механічне пошкодження крон при розширенні доріг та асфальтування пристовбурових ділянок, що порушує водний та газовий обмін. Це призводить до передчасного старіння дерев та їх вразливості до шкідників (наприклад, каштанової молі) [3; 22; 36].

Загалом, порівнюючи аналіз стратегій захисту довкілля, хочеться відмітити наступне, що, на відміну від країн ЄС, де активно впроваджуються

шумозахисні екрани, обмеження руху вантажівок вночі та використання шумопоглинаючого покриття, в Україні ці заходи перебувають на стадії зародження або ігноруються. У м. Ужгород спостерігається дефіцит ефективних захисних смуг та нераціональне використання територій під паркування, що лише посилює екологічне напруження [31].

1.4. Медико-екологічні аспекти впливу автотранспортного навантаження на здоров'я міського населення

Вплив хімічних домішок, котрі надходять в атмосферу від автотранспортних джерел, є одним із найбільш агресивних факторів ризику для здоров'я мешканців м. Ужгорода. Токсична дія забруднювачів визначається не лише їхньою хімічною природою, а й здатністю до трансформації в повітряному середовищі з утворенням вторинних, часто більш небезпечних сполук.

Ступінь патогенного впливу техногенного навантаження на організм людини є індивідуальним і залежить від комплексу ендогенних та екзогенних факторів:

- вікового та гендерного складу (діти, літні люди та жінки є більш уразливими);
- загального фізіологічного стану та наявності хронічних захворювань;
- тривалості експозиції та параметрів мікроклімату;
- способу життя та особливостей харчування людини [2; 31].

Організм людини володіє певними адаптаційними механізмами. Зокрема, органи дихання виконують бар'єрну функцію: волосяний покрив носової порожнини відфільтровує великі частинки пилки, а слизова оболонка розчиняє та нейтралізує частину газоподібних домішок. Проте дрібнодисперсні частки (PM_{2,5} та PM₁₀), які переважають у вихлопних газах, безперешкодно проникають у нижні відділи дихальних шляхів та альвеоли, потрапляючи безпосередньо у кровотік.

У структурі транспортних викидів виділяють групу речовин, що мають найбільш виражений негативний вплив на здоров'я:

1. Монооксид вуглецю (CO) при вдиханні з'єднується з гемоглобіном крові, утворюючи карбоксигемоглобін. Це блокує транспортування кисню до тканин, спричиняючи кисневе голодування, що веде до серцево-судинних розладів та спаду розумової діяльності.

2. Оксиди азоту (NOx) викликають сильне подразнення слизових оболонок, що за умови постійного впливу трансформується в хронічні бронхіти та набряк легень.

3. Бенз(а)пірен та важкі метали володіють канцерогенними (спричиняють рак) та мутагенними властивостями. Свинець (Pb), хоча його використання в паливі обмежене, залишається в ґрунтах придорожніх смуг і через пил потрапляє в організм, вражаючи нервову систему та нирки.

4. Дрібнодисперсний пил (гумовий та асфальтний), котрий являє собою частинки знесення шин і дорожнього покриття є сильними алергенами, що провокують екземи, кон'юнктивіти та бронхіальну астму [33].

Згідно з даними медичної статистики, хвороби органів дихання становитимуть до 73,5 % у структурі загальної захворюваності населення України. В умовах м. Ужгород, де концентрація автотранспорту в центральній частині міста є критичною, спостерігається пряма кореляція між відстанню проживання від магістралі та ризиком виникнення патологій.

Дослідження підтверджують, що мешканці будинків, котрі розташовані в межах 10-20 метрів від доріг з інтенсивним рухом, стикаються з онкологічними захворюваннями у 3–4 рази інтенсивніше, ніж жителі віддалених районів.

Крім хімічного впливу, критичне значення для мешканців міста Ужгород має шумове навантаження. Перевищення порога акустичного комфорту в місті спричиняє [2]:

- порушення сну та хронічну втому;
- розвиток гіпертонічної хвороби;

- підвищення агресивності та нервові розлади;
- патології травної системи через стресову реакцію організму тощо.

1.5. Комплексний аналіз чинників формування екологічного стану атмосферного повітря м. Ужгород

Попри відсутність потужних промислових підприємств, м. Ужгород входить до переліку міст Західної України з підвищеним рівнем забруднення атмосферного повітря. Основним джерелом емісії шкідливих речовин є автомобільний транспорт, частка якого у структурі забруднення має тенденцію до зростання.

У процесі дослідження якості атмосферного повітря м. Ужгород встановлено основні чинники його деградації (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Ключові чинники деградації атмосферного повітря м. Ужгород (сформовано автором за джерелами [11; 18; 19; 30; 35])

На основі даних, представлених на рис. 1.4, здійснено комплексне обґрунтування значущості та впливу зазначених факторів на формування екологічного стану міського середовища:

1. Метеорологічні та орографічні умови. Близько 70 % днів у році в місті спостерігаються умови штилю. Географічне положення Ужгорода в улоговиноподібній формі рельєфу сприяє накопиченню забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери, що відповідає зоні активного дихання

людини. Відсутність достатньої природної аерації призводить до погіршення умов розсіювання викидів та формування локальних зон підвищеного забруднення.

2. Транспортне навантаження. Важливим джерелом забруднення є висока інтенсивність автотранспортних потоків, включаючи транзитний та приватний транспорт. Особливу увагу становить зростання частки транспортних засобів, що використовують метанове паливо.

У міських умовах, особливо в режимах заторів, процеси неповного згоряння палива сприяють утворенню вторинних забруднювачів, зокрема формальдегіду, що призводить до погіршення якості атмосферного повітря.

Через відсутність повноцінної об'їзної дороги значна частина великовагового транспорту проходить через житлові райони, що сприяє зростанню концентрацій діоксиду азоту та дрібнодисперсного пилу. За даними систем моніторингу (зокрема SaveEcoBot), у місті фіксуються систематичні перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК), зокрема:

- формальдегід: середньомісячні значення до 2,96 ГДК с. д., максимальні разові – до 4,96 ГДК м. р., а в окремі періоди до 11-кратного перевищення;
- діоксид азоту: середні значення близько 1,54 ГДК с. д., пікові – до 2,41 ГДК м. р.;
- спостерігається підвищення концентрацій оксиду вуглецю, пилу, марганцю та нікелю [11; 18; 19; 30; 35].

Водночас, за офіційними даними екологічного моніторингу, протягом останніх 3-5 років не зафіксовано стабільних перевищень нормативів викидів у межах формальної звітності, що свідчить про розбіжності між реальними та адміністративно зафіксованими показниками.

3. Урбаністичні чинники. Скорочення площ зелених насаджень унаслідок ущільнення забудови, недостатня кількість сучасних газонів та високий рівень запиленості дорожнього полотна призводять до деградації

повітряного середовища міста. Ці процеси супроводжуються порушенням природних біогеохімічних циклів та формуванням антропогенного смогу як специфічного явища урбанізованих територій [18; 35].

4. Медико-біологічні наслідки. Тривалий вплив підвищених концентрацій транспортних викидів негативно позначається на стані здоров'я населення. Зокрема, відзначається розвиток імуносупресивних станів, захворювань органів дихання та онкологічної патології.

У м. Ужгород спостерігається підвищений рівень захворюваності на злоякісні новоутворення верхніх дихальних шляхів, що корелює з концентраціями формальдегіду в атмосферному повітрі. Хронічна дія діоксиду азоту та оксиду вуглецю сприяє зростанню випадків бронхіальної астми, алергічних ринітів та хронічних обструктивних захворювань легень, особливо серед дитячого населення. Також фіксуються часті випадки кон'юнктивітів та подразнення слизових оболонок [15; 34].

5. Недоліки системи міського екологічного управління. Сучасна інфраструктура Ужгорода характеризується поєднанням транскордонних можливостей і значних урбаністичних викликів. Місто виконує функцію логістичного хабу на кордоні з ЄС, що зумовлює інтенсивні транспортні потоки.

Рівень автомобілізації є одним із найвищих в Україні, що частково пов'язано з недостатнім розвитком системи громадського транспорту. Відсутність електротранспорту (тролейбусів, трамваїв) призводить до того, що 95-98 % усіх викидів забруднюючих речовин в атмосферу припадає саме на пересувні джерела.

Додатковими чинниками є:

- близькість КПП «Ужгород–Вишне Немецке» та пункту пропуску «Тиса», що зумовлює концентрацію вантажного транспорту в межах міста;
- реалізація Генерального плану, орієнтованого на розширення дорожньої мережі, що призводить до скорочення зелених зон;

- ефект транспортної перевантаженості («закоркованості») міської мережі;
- заміщення зелених територій парковками та твердим покриттям, що знижує екологічну ємність міста [15].

Таким чином, сучасний екологічний стан м. Ужгород формується під впливом комплексу природних, транспортних, урбаністичних та управлінських факторів. Їх сукупна дія зумовлює погіршення якості атмосферного повітря та підвищення екологічних ризиків для населення. У зв'язку з цим подальший розвиток міста має базуватися на принципах сталого розвитку, що передбачає оптимізацію транспортної системи, збереження зелених зон та впровадження ефективних екологічних рішень.

Висновок до розділу I:

1. Аналіз теоретичних та практичних засад екологічної безпеки свідчить, що контроль за впливом автотранспорту в м. Ужгород залишається недостатньо ефективним.
2. Впливу автотранспорту на м. Ужгород потребує комплексного підходу, який би враховував не лише технічні параметри двигунів, а й особливості дорожньої інфраструктури, щільність забудови та стан здоров'я населення в зонах впливу магістралей.
3. Техногенне навантаження проявляється комплексно: через зміну хімічного складу повітря, ґрунтів та поверхневих вод, деградацію міських ландшафтів та суттєве погіршення показників громадського здоров'я.
4. Безконтрольне зростання автомобілізації без впровадження сучасних методів моніторингу та захисту неминуче призведе до подальшої деградації міської екосистеми та погіршення показників громадського здоров'я мешканців Ужгорода.
5. Існує гостра необхідність проведення детальної оцінки впливу транспортних потоків безпосередньо на локальних умовах міста для розробки заходів із мінімізації екологічних ризиків.

РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ В М. УЖГОРОД

2.1. Еколого-географічна та соціально-економічна характеристика міста Ужгород

Місто Ужгород є адміністративним, науково-освітнім та культурним центром Закарпатської області України. Географічно населений пункт розташований у передгір'ї Українських Карпат, безпосередньо на берегах річки Уж. Попри статус найменшого за чисельністю населення обласного центру України, місто виконує важливу функцію транскордонного вузла та є осередком міжнародного співробітництва.

Площа території міста становить близько 41,56 км². Просторова конфігурація характеризується видовженою формою в меридіональному напрямку (приблизно 12 км з півночі на південь) при відносно обмеженій ширині (до 5 км із заходу на схід), що зумовлює специфіку формування транспортної та міської інфраструктури.

Станом на поточний період офіційна чисельність населення міста становить близько 125 600 осіб. Водночас унаслідок повномасштабної збройної агресії РФ проти України спостерігаються суттєві зміни демографічної ситуації. Починаючи з 2022 року, чисельність фактичного населення міста зросла приблизно на 35%.

У перший період військових дій зафіксовано значний приплив внутрішньо переміщених осіб (орієнтовно 60 000 осіб), а протягом 2023–2024 років цей показник збільшився ще приблизно на 40 000 осіб (оцінка є наближеною через відсутність уніфікованої статистичної бази). Така динаміка суттєво підвищує антропогенне навантаження на міську інфраструктуру та екологічні системи.

Клімат міста Ужгород класифікується як помірно-континентальний із рисами м'якого клімату, що характеризується комфортними літніми умовами

та відносно теплими малосніжними зимами. Важливим кліматотвірним фактором є орографічний вплив Українських Карпат, які частково екранують територію міста від проникнення холодних повітряних мас. Разом з тим для регіону характерні інтенсивні опади у вигляді злив, які періодично створюють переважанню системи водовідведення та локальні підтоплення.

Аналіз багаторічних метеорологічних спостережень свідчить про наявність тенденції до підвищення середньорічної температури повітря, що узгоджується з загальноєвропейськими кліматичними змінами. За останні 100–120 років середньорічна температура зросла приблизно на 1,0 °C, при цьому найбільш інтенсивне підвищення фіксується у першій половині року. Середньорічна норма опадів становить близько 730 мм, із мінімальними значеннями у березні–квітні та максимальними у травні та липні.

Місто Ужгород функціонує як потужний мультимодальний транспортний вузол загальнодержавного та міжнародного значення. Через його територію проходять автомобільні та залізничні магістралі, інтегровані до європейської транспортної мережі, що визначає високу інтенсивність транзитних потоків.

Інфраструктурний комплекс міста включає залізничну вузлову станцію на західній околиці, міжнародний автомобільний пункт пропуску «Тиса» на напрямку Київ-Будапешт, а також прикордонний перехід зі Словаччиною. На південному напрямку функціонує міжнародний аеропорт, що додатково підсилює транспортну доступність регіону [18].

2.2. Аналіз стану атмосферного повітря та рівня транспортного забруднення в м. Ужгород

Загальне спостереження за станом атмосферного повітря та вмістом забруднюючих речовин у м. Ужгород здійснюється фахівцями Ужгородської філії ДУ «Закарпатський обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України» в межах системи державного соціально-гігієнічного моніторингу. Даний підрозділ забезпечує регулярний лабораторний контроль

основних показників якості атмосферного повітря на території міста та проводить оцінку їх відповідності встановленим гігієнічним нормативам.

Фахівцями установи здійснюється щотижневий моніторинг стану атмосферного повітря з визначенням основних забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери. За результатами лабораторного контролю за період з 28 липня по 3 серпня 2025 року в м. Ужгороді зафіксовано такі середньодобові концентрації забруднюючих речовин [32]:

- пил загальний – 0,0156 мг/м³;
- оксид вуглецю (CO) – 0,081 мг/м³;
- оксид азоту (NO) – 0,00076 мг/м³;
- діоксид азоту (NO₂) – 0,0040 мг/м³;
- сірчистий ангідрид (SO₂) – 0,00062 мг/м³.

Встановлено, що за досліджуваний період усі середньодобові концентрації забруднюючих речовин не перевищували гранично допустимих концентрацій, визначених чинними санітарно-гігієнічними нормативами.

У межах дослідження оцінки рівня забруднення атмосферного повітря в зоні впливу транспортних магістралей та прилеглої житлової забудови здійснювали шляхом визначення концентрації оксиду вуглецю (CO). Додатково проведено оцінювання рівнів шумового навантаження на окремих ділянках міста.

Найвищий рівень забруднення атмосферного повітря спостерігається на перехрестях вулиць, де транспортні засоби змінюють швидкість руху або працюють у режимі холостого ходу, що супроводжується зростанням обсягів викидів забруднюючих речовин.

З метою дослідження впливу автотранспортних потоків на екологічну безпеку міського середовища було обрано 5 модельних ділянок у місті Ужгород. Пункти спостереження розташовані на міських вулицях із різними умовами транспортного навантаження та забудови: у зонах світлофорного регулювання та кільцевих розв'язок, на вузьких вулицях історичної забудови, а також на магістральних перехрестях із інтенсивним рухом транспорту:

– на ділянках вулиць із світлофорами, кільцевим рухом, коли спостерігається гальмування автомобіля й викидається найбільша кількість шкідливих речовин (ділянка 1: вул. Минайська – вул. М. Грушевського – вул. Бородіна; ділянка 2: вул. Баб'яка, гіпермаркет «Епіцентр К»);

– в місцях накопичення шкідливих сумішей за рахунок слабого розшарування обумовленого деякими планувальними особливостями – на вузьких ділянках вулиць й доріг з багатоповерхівками (ділянка 1: вул. Минайська – вул. М. Грушевського – вул. Бородіна; ділянка 4: вулиця Корзо; ділянка 5: вул. Берчені – вул. Підгірна, район ЗОШ №2);

– на перехрестях з інтенсивним рухом транспорту (ділянка 1: вул. Минайська – вул. М. Грушевського – вул. Бородіна; ділянка 3: вул. Минайська – вул. Легоцького).

Згідно рекомендацій, вимірювання шуму ми проводили, перебуваючи на тротуарі в межах 5 м від автодороги.

2.3. Дослідження модельних ділянок на території міста Ужгород

Під час дослідження модельних ділянок на території міста Ужгород було проведено оцінку основних характеристик дорожнього середовища, які можуть впливати на формування рівня транспортного навантаження та екологічний стан прилеглих територій [20].

Згідно вибраної методики розрахунку ми вираховували концентрацію СО за формулою (3.1):

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot N \cdot K_m) K_a \cdot K_y \cdot K_c \cdot K_b \cdot K_n \quad (3.1) [20]$$

де 0,5 – фонове забруднення атмосферного повітря нетранспортного походження, мг/м³;

K_m – коефіцієнт токсичності автомобілів за викидами в атмосферне повітря оксидів вуглецю;

K_a – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості;

K_y – коефіцієнт, що враховує забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю в залежності від величини поздовжнього нахилу;

K_c – коефіцієнт, що враховує зміни окису вуглецю в залежності від швидкості вітру;

K_b – те ж у залежності від відносної вологості повітря;

K_n – коефіцієнт збільшення забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю біля перехрестя.

Коефіцієнт токсичності автомобілів розраховуємо за формулою (3.2):

$$K_m = \sum P_i \cdot K_{mi} \quad (3.2) [20]$$

де P_i – склад автотранспорту в частках одиниці;

K_{mi} – табличне значення.

При виборі ділянок враховувалися особливості забудови, відстань від проїзної частини до житлових і громадських будівель, орієнтовний поздовжній ухил дороги, наявність зелених насаджень, а також метеорологічні умови. Дані щодо швидкості та напрямку вітру, а також відносної вологості повітря були отримані з відкритих матеріалів гідрометеорологічної служби.

Результати дослідження п'яти модельних ділянок міста Ужгорода наведено в таблиці 2.1.

Для кожної модельної ділянки визначалися тип вулиці, характер забудови, умови провітрювання території та інтенсивність транспортного потоку. Облік транспортних засобів проводився шляхом безпосередніх натурних спостережень протягом однієї години на кожній дослідній точці. Підрахунок здійснювався у період мінімального транспортного навантаження, що дало змогу отримати репрезентативні показники для подальшого аналізу.

Модельна ділянка №1: вул. Минайська– вул. М. Грушевського – вул. Бородіна.

Перша модельна ділянка для дослідження була вибрана нами на перехресті вулиць Минайська, М. Грушевського та Бородіна. Вказане перехрестя вулиць Минайської та Михайла Грушевського являє собою один із найбільших транспортних вузлів міста Ужгорода, організований у формі кільцевої розв'язки. Вузол забезпечує перерозподіл транспортних потоків між

західними житловими районами, центральною частиною міста та напрямком виїзду до приміської території.

Таблиця 2.1 – Характеристика модельних ділянок за транспортно-планувальними та метеорологічними показниками*

Модельна ділянка, №	Розташування	Тип вулиці	Поздовжній нахил °	Швидкість вітру, м/с	Відносна вологість %	Тип перехрестя	Інтенсивність руху на год (N)
1.	вул. Минайська - вул. М. Грушевського - вул. Бородіна	Магістральний вузол з багатоповерховою забудовою з двох боків	1-2	3	80	Кільце (регульоване, складне)	2114
2.	вул. Баб'яка, гіпермаркет «Епіцентр К»	Магістраль + комерційна зона	1-2	4	85	Регульоване з світлофорами, звичайне.	1577
3.	вул. Минайська - вул. Легоцького	Магістрально-розподільчий вузол з багатоповерховою забудовою з двох боків	3	3	90	Регульоване з світлофорами, звичайне.	1548
4.	вулиця Корзо	Локальна житлова вулиця з щільною старою 1-поверховою забудовою	2-5	2	90	Відсутнє	263
5.	вул. Берчені - вул. Підгірна, район ЗОШ №2	Центральний змішаний вузол з 3-5 поверховою забудовою	1-3	2	90	Нерегульоване	836

*Сформовано автором

Для досліджуваної ділянки характерна щільна міська забудова та високий рівень урбанізації території. Уздовж проїзної частини розташовані багатоквартирні житлові будинки висотою переважно 5-9 поверхів, а також численні об'єкти комерційного та громадського призначення. Дорожнє покриття асфальтобетонне, перебуває у задовільному технічному стані. По

обидва боки вулиці наявні зелені насадження, представлені декоративними деревами, чагарниками та газонною рослинністю, які частково виконують санітарно-захисну функцію.

Рельєф місцевості рівнинний із незначним ухилом у напрямку центральної частини міста, що не перевищує 1–2°. Територія характеризується доброю провітрюваністю, при цьому переважаючими є вітри західного та північно-західного напрямків. Ширина проїзної частини на досліджуваній ділянці становить орієнтовно 10–12 м, а на підходах до транспортного кільця збільшується за рахунок додаткових смуг руху. Організація дорожнього руху передбачає двосторонній рух транспортних засобів із високою інтенсивністю транспортного потоку.

У структурі транспортного потоку переважають легкові автомобілі, однак також спостерігається рух автобусів, маршрутних таксі, вантажного транспорту, мотоциклів і велосипедів. За результатами натурних спостережень інтенсивність руху на даній ділянці становила 2114 транспортних засобів за годину. За умови збереження аналогічної інтенсивності протягом 18 годин доби розрахунковий добовий потік може досягати 38052 транспортних засобів. Отримані результати свідчать про надвисоку інтенсивність руху на кільці (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Кількість автомобілів, що проїхали за одну годину на перехресті вул. Минайська – вул. М. Грушевського – вул. Бородіна*

Час спостереження	Тип автомобіля	Число одиниць	Склад автотранспорту в долях одиниць
60 хв.	Легковий	1523	0,72
	Вантажний	57	0,027
	малої місткості	42	0,02
	Маршрутні таксі (мікроавтобуси)	492	0,233

*Сформовано автором

Визначаємо коефіцієнт токсичності автомобілів:

$$K_m = (0,027 \cdot 2,9 + 0,02 \cdot 2,3 + 0,233 \cdot 2,3 + 0,72 \cdot 1) = 1,3802$$

Наступним нашим кроком є визначення рівня забруднення

атмосферного повітря оксидом вуглецю:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 2114 \cdot 1,3802) \cdot 1,0 \cdot 1,06 \cdot 1,5 \cdot 1,15 \cdot 2,2 = 119,4 \text{ мг/м}^3$$

Модельна ділянка № 2: вул. Баб'яка, гіпермаркет «Епіцентр К»

Друга модельна ділянка була вибрана на вулиці Баб'яка, район гіпермаркету «Епіцентр К», яка є однією з основних міських магістралей західного напрямку, та характеризується як комерційно-індустріальна зона міського типу, без вираженої житлової забудови.

У районі під'їзних шляхів до гіпермаркету організовано регульований дорожній рух. На прилеглих перехрестях використовується світлофорне регулювання транспортних потоків. В'їзд і виїзд на територію торговельного об'єкта облаштовано через окремі заїзні «кишені», а також розширені смуги гальмування та розгону, що забезпечує більш безпечне та впорядковане маневрування транспорту.

Дорожнє покриття асфальтоване, зелені насадження представлені переважно елементами благоустрою біля торговельного об'єкта та поодинокими деревами вздовж магістралі. Проїзна частина має ширину орієнтовно 8–12 м та складається з двох смуг руху в кожному напрямку на основних ділянках. Рельєф місцевості переважно рівнинний, поздовжній ухил становить близько 1–2°, що не чинить суттєвого впливу на пропускну здатність дороги та умови руху транспорту.

Транспортний потік на цій ділянці має змішаний характер. Переважає безперервний рух легкових автомобілів, водночас регулярно фіксується рух вантажного транспорту, пов'язаного з постачанням товарів до торговельного об'єкта. Характерною є наявність частих зупинок на світлофорах, а також періодичне уповільнення руху в зонах заїзду та виїзду з території гіпермаркету.

За годину кількість рухомого автотранспорту 1577 одиниці (див. таб. 2.3). Проводимо обчислення завантаження дослідженої вулиці за 18 годин – 28386 автомобілів – інтенсивність руху на вулиці є високою.

Таблиця 2.3 – Кількість автомобілів, зафіксованих за одну годину по вул. Баб'яка в районі гіпермаркету «Епіцентр К»*

Час	Тип автомобіля	Число одиниць	Склад автотранспорту в долях одиниць
60 хв.	Легковий	1152	0,731
	Вантажний	84	0,053
	малої місткості	107	0,068
	Маршрутні таксі (мікроавтобуси)	234	0,148

*Сформовано автором

Визначаємо коефіцієнт токсичності автомобілів:

$$K_m = (0,053 \cdot 2,9 + 0,068 \cdot 2,3 + 0,148 \cdot 2,3 + 0,731 \cdot 1) = 1,3815$$

Вираховуємо концентрацію СО за формулою. Визначаємо рівень забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 1577 \cdot 1,3815) \cdot 0,4 \cdot 1,06 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 2,0 = 26,08 \text{ мг/м}^3$$

Модельна ділянка №3: вул. Минайська – вул. Легоцького

Перехрестя вулиць Минайської та Легоцького належить до регульованих транспортних вузлів міста Ужгорода. Вузол розташований у межах щільної житлово-комерційної забудови, представленої переважно багатоповерховими житловими будинками з об'єктами обслуговування на перших поверхах. Організація дорожнього руху здійснюється за допомогою світлофорного регулювання.

Дорожнє покриття асфальтобетонне, у задовільному стані. Зелені насадження представлені вздовж вулиці деревами та елементами прибудинкового озеленення. Проїзна частина має ширину близько 8–12 м і складається з двох смуг руху в кожному напрямку на основних ділянках. Рельєф території є відносно рівнинним із незначними поздовжніми ухілами до 3°.

За період спостереження, протягом години, нами було зафіксовано 1548 одиниць рухомого автотранспорту. Було проведено обчислення завантаження

вулиці за 18 годин й отримано показник – 27864 автомобілів. Інтенсивність руху на вулиці є високою. Дані по обчисленню – таблиця 2.4.

Таблиця 2.4 – Кількість автомобілів, зафіксованих за одну годину на перехресті вул. Минайська – вул. Легоцького*

Час	Тип автомобіля	Число одиниць	Склад автотранспорту в долях одиниць
60 хв.	Легковий	1208	0,78
	Вантажний	29	0,019
	малої місткості	22	0,014
	Маршрутні таксі (мікроавтобуси)	289	0,187

*Сформовано автором

Визначаємо коефіцієнт токсичності автомобілів:

$$K_m = (0,019 \cdot 2,9 + 0,014 \cdot 2,3 + 0,187 \cdot 2,3 + 0,78 \cdot 1) = 1,2974$$

А також визначаємо рівень забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 1548 \cdot 1,2974) \cdot 1,0 \cdot 1,06 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 2,0 = 85,09 \text{ мг/м}^3$$

Модельна ділянка №4: вулиця Корзо,

Досліджувана ділянка є вузькою внутрішньоквартальною вулицею центральної частини м. Ужгород. Забудова вздовж вулиці переважно одноповерхова житлова. Рух здійснюється без світлофорного та кільцевого регулювання, переважно через нерівнозначні або Т-подібні перехрестя.

Дорожнє покриття асфальтобетонне, у нерівномірному експлуатаційному стані. Зелені насадження представлені переважно елементами прибудинкового озеленення та поодинокими деревами вздовж вулиці. Проїзна частина має ширину близько 3,5–5,5 м і фактично представлена однією смугою руху з роз'їздами. Тротуари вузькі або переривчасті, а паркування часто здійснюється вздовж проїзної частини, що формує ефект «стисненого вуличного коридору».

Рух транспорту ускладнюється зустрічними роз'їздами та

маневруванням у обмеженому просторі, що додатково посилюється наявністю незначних ухилів рельєфу (2–5°).

За період спостереження, протягом години, нами було зафіксовано 263 одиниць рухомого автотранспорту. Було проведено обчислення завантаження дослідженої вулиці за 18 годин і отримано показник – 4734 автомобілі. Інтенсивність руху на вулиці є низькою. Дані по обчисленню – таблиця 2.5.

Таблиця 2.5 – Кількість автомобілів, які проїхали за одну годину по вулиці Корзо*

Час	Тип автомобіля	Число одиниць	Склад автотранспорту в долях одиниць
60 хв.	Легковий	236	0,897
	Вантажний	0	0,0
	малої місткості	3	0,012
	Маршрутні таксі (мікроавтобуси)	24	0,091

*Сформовано автором

Коефіцієнт токсичності автомобілів розраховали і отримали:

$$K_m = (0,0 \cdot 2,9 + 0,012 \cdot 2,3 + 0,091 \cdot 2,3 + 0,897 \cdot 1) = 1,1339$$

Визначили рівень забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю і отримали такі показники:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 263 \cdot 1,1339) \cdot 0,6 \cdot 1,07 \cdot 2,0 \cdot 1,3 \cdot 1,9 = 11,04 \text{ мг/м}^3$$

Модельна ділянка №5: вул. Берчені – вул. Підгірна, район ЗОШ №2.

Перехрестя вул. Берчені – вул. Підгірна має локальний внутрішньоміський характер із щільною, переважно малоповерховою житловою та змішаною забудовою, ключовим об'єктом, що формує пішохідні потоки, є ЗОШ №2. Регулювання транспортних і пішохідних потоків здійснюється частково за допомогою світлофорів на прилеглих ділянках та пішохідних переходів.

Дорожнє покриття на вулиці Підгірній (район ЗОШ №2) є асфальтобетонним, переважно у задовільному, місцями зношеному стані з

локальними дефектами. Озеленення представлено фрагментарно – поодинокими деревами вздовж вулиці та елементами прибудинкового благоустрою (дерева, кущі, газонні ділянки), без формування суцільної захисної зеленої смуги.

Проїзна частина має ширину близько 5,5–7,0 м і представлена однією смугою руху в кожному напрямку або спільним проїздом, тротуари наявні з обох боків, але мають різну ширину. Рельєф території рівнинний із незначними ухилами (1–3°).

За період спостереження, протягом години, нами було зафіксовано 836 одиниць рухомого автотранспорту. Ми провели обчислення завантаження дослідженої вулиці за 18 годин і отримали показник – 15048 автомобілів. Інтенсивність руху на вулиці є середньою.

Отримані дані нашого спостереження занесені у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Кількість автомобілів, котрі пересувались за одну годину на перехресті вул. Берчені – вул. Підгірна, район ЗОШ №2*

Час	Тип автомобіля	Число одиниць	Склад автотранспорту в долях одиниць
60 хв.	Легковий	773	0,924
	Вантажний	0	0
	малої місткості	14	0,017
	Маршрутні таксі (мікроавтобуси)	49	0,059

*Сформовано автором

Наступним кроком у нас було визначення коефіцієнта токсичності автомобілів:

$$K_m = (0,0 \cdot 2,9 + 0,017 \cdot 2,3 + 0,059 \cdot 2,3 + 0,924 \cdot 1) = 1,0988$$

Потім ми визначили рівень забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 836 \cdot 1,0988) \cdot 0,6 \cdot 1,06 \cdot 2,0 \cdot 1,3 \cdot 1,9 = 30,43 \text{ мг/м}^3$$

Порівняльний аналіз отриманих результатів ми проводили на базі даних по 5 досліджуваних ділянках (таблиця 2.7).

Таблиця 2.7 – Концентрації СО по м. Ужгород (при ГДК 5мг/м³)*

Номер ділянки (вулиця)	Рівень концентрації СО (мг/м ³)
1. Вул. Минайська - вул. М. Грушевського -вул. Бородіна	119,41
2. Вул. Баб'яка, гіпермаркет «Епіцентр К»	26,08
3. Вул. Минайська - вул. Легоцького	85,09
4. Вулиця Корзо	11,04
5. Вул. Берчені - вул. Підгірна, район ЗОШ №2	30,43

*Сформовано автором

Із проведеного нами дослідження можна зробити висновок, що найбільший рівень забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю спостерігається на перехресті вул. Минайська – вул. М. Грушевського – вул. Бородіна – 119,41 мг/м³, що перевищує ГДК у близько 24 рази. Найменше значення зафіксовано на вул. Корзо – 11,04 мг/м³, однак і тут спостерігається перевищення нормативу більш ніж у 2 рази. Усі інші досліджувані ділянки характеризуються суттєвим перевищенням ГДК та перебувають на відносно високому рівні забруднення.

Провівши розрахунки за вибраною методикою, можна сформулювати такі висновки:

1. Максимальні значення концентрації СО спостерігаються на ділянках із високою інтенсивністю руху та складними транспортними вузлами, де відбувається часте гальмування та розгін транспорту, що різко підвищує обсяги викидів;

2. Основним джерелом забруднення атмосферного повітря є легковий автотранспорт, який займає найбільшу частку в транспортному потоці та формує значну частину сумарних викидів у міське середовище.

2.4. Дослідження шумового забруднення на окремих ділянках міста

Транспортний шум є одним із головних джерел фізичного забруднення

в містах і формує більшість акустичного навантаження в житлових районах (близько 60–80%). Біля магістралей він може зберігатися майже протягом усього дня та поширюватися на значні відстані – до кількох кілометрів.

Для м. Ужгород, згідно проведених нами досліджень, характерні інтенсивні транспортні потоки (до 2000 авто/год на окремих вулицях), що разом із великою часткою вантажного транспорту призводить до високих рівнів шуму. Так, на вулиці Баб'яка, де великий потік, саме, вантажівок, шум короткочасно може досягати більше 90 Дб. Додатково суттєвий внесок роблять легкові автомобілі, які створюють низькочастотний шум, що легко проникає в житлову забудову [25].

Транспортний шум поширюється не лише вздовж доріг, а й у житлову забудову та є формою фізичного забруднення, до якого організм майже не адаптується. Рівні до 80 дБ зазвичай безпечні, але понад 85 дБ вже спричиняють порушення сну, нервової системи та працездатності. У житлових приміщеннях допустимі значення становлять 40 дБ удень і 30 дБ уночі, тоді як транспортний шум за останні роки зріс на 12–14 дБ, що загострює проблему акустичного забруднення [25].

Для м. Ужгород характерні високий рівень автомобілізації та інтенсивні транспортні потоки, що зумовлено прикордонним розташуванням і проходженням міжнародних маршрутів. Через брак об'їзних доріг транспорт концентрується в межах міста, перевантажуючи вулично-дорожню мережу. Особливо відчутним є вплив низькочастотного шуму.

Вимірювання рівнів шуму здійснювалися у години пік на магістральних вулицях м. Ужгород та в прилеглих житлових районах. Як інструмент контролю акустичного навантаження використовувався мобільний застосунок Decibel X (Android), що забезпечує вимірювання рівня звукового тиску в діапазоні 20–130 дБ. Дослідження проводилися на перехрестях основних транспортних магістралей із асфальтобетонним покриттям, тривалість спостережень у кожній контрольній точці становила 30 хвилин (табл. 2.8).

Отримані результати зіставлялися з чинними нормативними вимогами України щодо допустимих рівнів шуму в міському середовищі: до 80 дБ для магістральних вулиць, 30–55 дБ для житлових приміщень та 50–70 дБ для громадських будівель [8].

Таблиця 2.8. – Рівні акустичного забруднення житлових районів міста*

Місце проведення дослідження	Інтенсивність руху транспорту, авт/год	Рівень шуму(автомобілі не в русі), Дб	Рівень шуму, Дб
вул. Минайська - вул. М. Грушевського -вул. Бородіна	2114	65-70 (кільцевий рух)	72-85
вул. Баб'яка, гіпермаркет «Епіцентр К»	1577	60-65 (світлофор)	78-82
вул. Минайська - вул. Легоцького	1548	70 (світлофор)	74-76
вулиця Корзо	263	-	45-50
вул. Берчені - вул. Підгірна, район ЗОШ №2	836	40-50 (нерегульоване перехрестя)	50-55

*Сформовано автором

Аналіз рівнів акустичного забруднення в різних районах м. Ужгород показав чітку залежність між інтенсивністю транспортного потоку та рівнем шуму. Найвищі значення зафіксовано на кільцевому перехресті вул. Минайська – вул. М. Грушевського – вул. Бородіна, де при інтенсивності 2114 авт./год рівень шуму досягає 72-85 дБ, що суттєво перевищує нормативні значення для міського середовища.

Підвищений акустичний фон також спостерігається на ділянках із регульованим рухом (вул. Баб'яка, район гіпермаркету «Епіцентр К» та вул. Минайська – вул. Легоцького), де рівні шуму становлять 78-82 дБ. Це значною мірою зумовлено значною часткою вантажного транспорту у транспортному потоці, а також частими зупинками, розгонами та наявністю світлофорного регулювання.

У зоні з помірною інтенсивністю руху (вул. Берчені – вул. Підгірна) рівень шуму знижується до 50–55 дБ, що наближається до гранично допустимих значень для житлової забудови. Найнижчі показники зафіксовано

на пішохідній вулиці Корзо (45–50 дБ), де відсутній інтенсивний транспортний рух.

Отримані результати свідчать, що ключовими факторами формування акустичного навантаження є інтенсивність руху транспорту, тип організації дорожнього руху (кільцевий, світлофорний, нерегульований) та характер транспортного потоку.

Висновки до розділу 2:

Із проведеного у розділі 2 комплексного дослідження можна зробити такі узагальнені висновки:

1. Найбільший внесок у забруднення атмосферного повітря на досліджених ділянках здійснює автотранспорт, причому переважає легковий транспорт, який формує основну частку викидів оксиду вуглецю.

2. Критичні рівні забруднення формуються на перехрестях і транспортних вузлах, де відбуваються часті зупинки, розгони та зміна режимів руху транспортних засобів.

3. Рівень екологічного навантаження прямо залежить від інтенсивності руху транспорту та типу організації дорожнього руху (кільцевий і світлофорний рух формують вищі значення забруднення порівняно з нерегульованими або малонавантаженими ділянками).

4. Транспортний шум є додатковим суттєвим фактором екологічного впливу, причому на магістральних вулицях його рівні перевищують допустимі нормативи, тоді як у малонавантажених зонах наближаються до граничних значень.

5. Загалом, результати дослідження підтверджують, що міське середовище Ужгорода характеризується підвищеним рівнем транспортно-екологічного навантаження, яке має локально виражений характер і концентрується вздовж основних транспортних коридорів.

РОЗДІЛ 3. ЗАХОДИ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ДОВКІЛЛЯ М.УЖГОРОД

3.1. Охорона навколишнього середовища від впливу автомобільного транспорту в умовах міської забудови

Проблема охорони навколишнього середовища сьогодні належить до найважливіших глобальних викликів сучасності. Її актуальність значною мірою зумовлена стрімким розвитком транспортної інфраструктури та постійним зростанням кількості транспортних засобів, особливо в межах міських територій. Автомобільний транспорт є одним із найбільш вагомих джерел антропогенного навантаження на довкілля, оскільки спричиняє забруднення атмосферного повітря, підвищення рівня шуму, утворення відходів та негативно впливає на стан міських екосистем.

У зв'язку з цим необхідність розроблення та впровадження комплексних заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу автотранспорту на навколишнє середовище, виникла вже давно. Вирішення цієї проблеми потребує системного підходу, який охоплює як етап проєктування та виробництва транспортних засобів, так і стадію їх подальшої експлуатації [14].

Значний екологічний вплив автомобільного транспорту потребує особливої уваги з боку державних органів, науковців та суспільства. Аналіз літературних джерел і результатів досліджень дозволяє виокремити основні напрями зниження негативного впливу транспортного комплексу на довкілля [33]:

1. Удосконалення нормативно-правового регулювання – посилення контролю за технічним станом транспортних засобів, дотриманням екологічних стандартів та підвищення відповідальності за порушення природоохоронного законодавства.

2. Застосування економічних механізмів управління транспортною сферою – впровадження екологічних податків, стимулювання використання

екологічно безпечного транспорту та удосконалення системи оподаткування паливно-енергетичних ресурсів.

3. Зниження фізичного впливу транспорту на навколишнє середовище – впровадження заходів щодо захисту населення від шумового, теплового та електромагнітного забруднення, а також удосконалення конструктивних рішень транспортної інфраструктури.

4. Модернізація транспортних засобів – удосконалення існуючих двигунів внутрішнього згорання та розроблення нових екологічно безпечних видів транспорту з нижчим рівнем викидів забруднювальних речовин.

5. Оптимізація транспортних потоків і розвитку громадського транспорту – підвищення ефективності організації дорожнього руху, будівництво сучасних транспортних розв'язок, раціональне планування вулично-дорожньої мережі та покращення якості громадських перевезень.

6. Розвиток альтернативних джерел енергії – розширення використання альтернативних видів палива, впровадження електромобілів та інших екологічно орієнтованих транспортних технологій.

Варто зазначити, що ефективність реалізації природоохоронних заходів значною мірою залежить від економічного розвитку держави, оскільки більшість із них потребує суттєвих фінансових інвестицій. Разом із тим забезпечення екологічної безпеки транспортного комплексу є необхідною умовою сталого розвитку міст та покращення якості життя населення. Тому зі зростанням економічної стабільності країни особливої актуальності набуватиме впровадження сучасних екологічних рішень, спрямованих на зменшення негативних наслідків експлуатації автомобільного транспорту [33].

3.2. Технічні та організаційні заходи щодо зниження негативного впливу автотранспорту на міське середовище

На основі проведених досліджень і розрахунків встановлено, що зниження негативного впливу автомобільного транспорту на міське

середовище та здоров'я населення потребує впровадження системного комплексу взаємопов'язаних технічних і організаційних заходів. Враховуючи високу щільність транспортних потоків у місті та постійне зростання рівня автомобілізації, проблема забруднення атмосферного повітря набуває стійкого характеру та потребує довгострокових рішень.

Ключовим напрямом підвищення екологічної безпеки є вдосконалення конструкції та технічних характеристик двигунів внутрішнього згоряння до рівня сучасних екологічних стандартів. Це передбачає впровадження електронних систем керування, які забезпечують оптимізацію процесів згоряння палива в різних режимах роботи автомобіля, що безпосередньо впливає на зниження обсягів шкідливих викидів. Окрему увагу слід приділяти модернізації різних типів двигунів, зокрема дизельних, роторно-поршневих та газотурбінних, оскільки кожен із них має специфічні екологічні особливості та рівень впливу на довкілля [10].

Важливу роль у зменшенні техногенного навантаження відіграє впровадження систем очищення відпрацьованих газів. Застосування каталітичних нейтралізаторів у вихлопних системах автомобілів дозволяє суттєво знизити концентрацію токсичних речовин, що потрапляють в атмосферу міських територій. Використання як традиційних дорогоцінних каталізаторів, так і більш доступних хімічних сполук розширює можливості їх масового впровадження та підвищує економічну доцільність таких технологій.

Не менш значущим напрямом є поступовий перехід на альтернативні види пального, що розглядається як один із стратегічних шляхів декарбонізації транспортного сектору. Використання біопального, спиртових добавок, біодизеля, газового пального, водневих технологій та електромобільного транспорту дозволяє суттєво знизити рівень викидів парникових газів і токсичних сполук у міському повітрі. Водночас кожен із зазначених видів палива має як екологічні переваги, так і певні технічні та економічні обмеження, що потребує комплексного підходу до їх впровадження [17].

Суттєвим елементом екологічної безпеки є регулярний технічний контроль транспортних засобів, який забезпечує підтримання їх справного технічного стану та запобігає підвищеному рівню викидів у процесі експлуатації. Недотримання вимог технічного обслуговування є одним із факторів, що суттєво погіршують екологічну ситуацію в міських умовах.

Окремо слід відзначити комплекс заходів, спрямованих на зниження токсичності відпрацьованих газів, який включає вдосконалення робочих процесів двигунів, модернізацію технологій їх виробництва, впровадження інноваційних конструктивних рішень, а також підвищення ефективності систем технічного обслуговування та ремонту. Додатковий екологічний ефект досягається шляхом використання сучасних мастильних матеріалів та альтернативних видів пального. Найбільшого результату можна досягти лише за умови комплексного впровадження зазначених заходів, оскільки ізольоване застосування окремих рішень не забезпечує суттєвого покращення екологічної ситуації [17].

Варто також враховувати, що ефективність реалізації екологічних заходів значною мірою залежить від рівня державного регулювання та економічних можливостей. У розвинених країнах подібні підходи інтегруються в транспортну та екологічну політику міст, що дозволяє поступово зменшувати антропогенний тиск на довкілля та покращувати якість життя населення.

3.3. Організаційні заходи щодо підвищення екологічної безпеки міського середовища м. Ужгород

Для організаційних заходів, спрямованих на підвищення екологічної безпеки автомобільного транспорту в м. Ужгород, пропонується комплекс рішень, орієнтованих на зменшення техногенного навантаження на міське середовище та покращення якості атмосферного повітря. Їх реалізація дозволить підвищити ефективність управління транспортними потоками та знизити рівень забруднення в умовах щільної міської забудови.

1. Підвищення ефективності організації та контролю дорожнього руху в місті Ужгород, а також здійснення системного моніторингу показників викидів автотранспорту, зокрема автобусів, мікроавтобусів і транспортних засобів, що залучаються до пасажирських перевезень на конкурсній основі.

Посилення організаційних заходів у сфері регулювання дорожнього руху в межах міста дозволить суттєво знизити рівень [17; 31]:

- забруднення атмосферного повітря міського середовища;
- транспортних заторів та перевантаження вулично-дорожньої мережі;
- дорожньо-транспортних пригод.

Реалізація зазначених заходів повинна здійснюватися з урахуванням просторово-планувальної структури міста, зокрема розміщення житлових масивів, об'єктів соціальної інфраструктури та промислових зон. Такий підхід забезпечує більш раціональне планування транспортних потоків і зменшення негативного впливу на населення.

У зонах інтенсивного пішохідного та транспортного руху доцільним є впровадження регульованих світлофорних об'єктів, облаштування підвищених пішохідних переходів («лежачих платформ»), створення островців безпеки, запровадження обмеження швидкості до 30-40 км/год, а також розвиток безбар'єрної пішохідної інфраструктури.

2. Вантажні автомобілі відіграють значну роль у транспортному навантаженні міського середовища. Частина з них здійснює транзитний рух, оминаючи місто по об'їзній дорозі, однак інша частина використовується для доставки товарів і перевезення вантажів безпосередньо в межах міської забудови.

У зв'язку з цим доцільним є посилення контролю за маршрутами руху вантажного транспорту, а також дотриманням нормативів вантажопідйомності. Реалізація таких заходів дозволить зменшити навантаження на вулично-дорожню мережу міста, знизити рівень дорожніх заторів та скоротити обсяги викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря.

3. Покращення стану дорожнього покриття на ділянках, де існує відповідна потреба, з особливою увагою до періоду після зимового сезону. Своєчасне відновлення та ремонт дорожнього покриття після впливу низьких температур і зимового утримання є важливим елементом забезпечення безпеки дорожнього руху.

4. Облаштовувати узбіччя доріг належним чином: необхідними дорожніми знаками; справними ліхтарями; якісними пішохідними та велодоріжками.

5. Звільнити тротуари для пішоходів від автотранспорту.

6. Організація пішохідних зон із повним обмеженням або виключенням руху автотранспорту (зокрема, прогулянкові зони вздовж Липової алеї, ділянки біля Боздоського парку, набережні річки Уж), а також впровадження системи пропускового режиму для спеціального та обслуговуючого транспорту. Запровадження таких заходів сприятиме впорядкуванню міського простору та підвищенню рівня безпеки пішоходів.

Наразі ситуація в місті ускладнює комфортне та безпечне пересування пішоходів, особливо в зоні тротуарів та пішохідних переходів. Безконтрольне паркування на тротуарах призводить до погіршення умов для пішохідного руху та створює додаткове екологічне навантаження. Зокрема, під час старту та гальмування транспортних засобів зростає рівень забруднення атмосферного повітря, відбувається пошкодження зелених насаджень, а також посилюється шумове та вібраційне навантаження на міське середовище.

7. Облаштувати спеціальні місця для паркування автомобілів. Правильно організовані місця для паркування автівок значно розв'яжуть питання заторів на дорогах, руху пішоходів, аварійних небезпечних ситуацій, ДТП, псування зелених насаджень та інше.

8. Під час імпорту іноземних автомобілів на територію України та їх подальшої експлуатації в межах міських територій забезпечити дотримання екологічних стандартів не нижче рівня «Євро-5».

9. Пошук альтернативних підходів до організації паркування та облаштування гаражів для приватного транспорту. Зростання кількості автомобілів у місті призвело до загострення проблеми їх зберігання, унаслідок чого транспорт часто розміщується на прибудинкових територіях, газонах, дитячих майданчиках та поблизу житлових будинків.

Існуючі рішення в новобудовах (паркування у підвальних або цокольних поверхах) не повністю вирішують проблему дефіциту паркувальних місць. У світовій практиці ефективним підходом є використання багаторівневих паркінгів і модульних гаражних конструкцій, які можуть бути адаптовані до умов міської забудови.

Впровадження таких рішень дозволить зменшити навантаження на дворові території, покращити якість атмосферного повітря, розширити зелені зони та підвищити комфортність проживання населення [31].

10. Завчасна підготовка автомобільних доріг до зимового періоду. У зимовий період снігопади та ожеледиця ускладнюють дорожній рух, підвищують ризик заторів, ДТП і травматизму. Для забезпечення проїзdnості застосовуються протиожеледні матеріали, зокрема сіль і піско-соляні суміші. Водночас їх використання має негативні наслідки: корозія транспорту та інфраструктури, засолення ґрунтів і вод, негативний вплив на зелені насадження.

У м. Ужгород такі заходи переважно зосереджені на центральних вулицях, тоді як периферійні райони обслуговуються недостатньо. У зв'язку з цим актуальним є впровадження більш екологічно безпечних засобів боротьби з ожеледицею [21].

11. Удосконалення системи управління міським транспортом шляхом оптимізації та регулювання вуличного руху з метою зниження викидів забруднюючих речовин.

12. Проведення інтенсивнішого озеленення вздовж автомобільних шляхів міста [4]. З розширенням м. Ужгород спостерігається скорочення площ зелених насаджень, які відіграють важливу екологічну та санітарно-захисну

роль як у межах міста, так і в приміській зоні. У зв'язку з цим доцільним є розширення зелених зон, зокрема вздовж транспортних магістралей та у місцях інтенсивного руху транспорту.

Зелені насадження виконують комплекс важливих функцій: знижують температуру повітря, підвищують його вологість, зменшують інсоляційне навантаження, покращують мікроклімат і сприяють природній фільтрації атмосферного повітря. Крім того, вони виконують шумозахисну, вітрозахисну та психофізіологічну функції, позитивно впливаючи на стан здоров'я населення.

Розширення зелених смуг уздовж доріг також сприяє зменшенню концентрації забруднюючих речовин від автомобільного транспорту та покращенню екологічного стану міського середовища. Ефективними є багатоярусні насадження дерев і кущів, які додатково знижують рівень шуму та підвищують стійкість екосистеми міста [4].

13. На виїзді з міста, у відповідних місцях, вмонтувати шумозахисні екрани.

14. Проведення заходів щодо захисту ґрунтового покриву від негативного впливу транспортної інфраструктури. До таких заходів належать рекультивація ділянок дорожньої інфраструктури, які втратили функціональне призначення або тимчасово використовуються під будівельні роботи, а також озеленення та закріплення ґрунтів на схилах, схильних до ерозійних процесів.

Особливу увагу слід приділяти засіванню трав'яного покриву на вразливих територіях, що дозволяє стабілізувати ґрунт, зменшити пиловиділення та запобігти його подальшій деградації під впливом транспортного навантаження.

15. Розширення та удосконалення мережі інклюзивної та велосипедної інфраструктури в місті. Наразі в місті спостерігається недостатній рівень розвитку велосипедних доріжок та маршрутів, адаптованих для осіб з обмеженою мобільністю, а також їх не завжди раціональне планування.

У зв'язку з цим доцільним є збільшення протяжності велосипедної інфраструктури та облаштування безбар'єрних пішохідних маршрутів, що забезпечать комфортне та безпечне пересування всіх категорій населення. Реалізація таких заходів сприятиме зниженню автомобільного навантаження на міську транспортну систему, покращенню екологічного стану та підвищенню якості міського середовища.

16. Приведення у відповідність нормативно-правових актів щодо допустимих рівнів шуму та вібрації, а також забезпечення їх ефективного виконання на державному рівні [23].

Реалізація організаційних заходів щодо підвищення екологічної безпеки міського середовища м. Ужгород є важливим елементом зменшення негативного впливу автомобільного транспорту. Запропонований комплекс рішень охоплює оптимізацію транспортних потоків, розвиток інфраструктури, удосконалення системи паркування, розширення пішохідних і велосипедних зон, а також підвищення рівня контролю за дотриманням екологічних вимог.

Впровадження зазначених заходів сприятиме зниженню рівня забруднення атмосферного повітря, шумового навантаження та транспортних заторів, а також покращенню умов проживання населення. Комплексний характер запропонованих рішень підкреслює необхідність системного підходу до управління міською транспортною системою та забезпечення сталого розвитку міського середовища.

ВИСНОВКИ:

У бакалаврській роботі досліджено особливості формування екологічної безпеки транспортних потоків у міському середовищі на прикладі м. Ужгород та проведено оцінку впливу автомобільного транспорту на стан атмосферного повітря і рівень шумового забруднення.

У процесі виконання роботи було проаналізовано наукові підходи до оцінювання екологічної безпеки транспортних систем та встановлено, що автомобільний транспорт є одним із провідних джерел антропогенного навантаження в містах. Основними негативними наслідками його функціонування є забруднення атмосферного повітря токсичними компонентами відпрацьованих газів, підвищення рівня шуму, погіршення стану ґрунтів і зелених насаджень, а також зниження комфортності проживання населення.

Наведено еколого-географічну та соціально-економічну характеристику м. Ужгород. Встановлено, що місто є важливим транскордонним транспортним вузлом, через який проходять інтенсивні транспортні потоки міжнародного та регіонального значення. Зростання чисельності населення та рівня автомобілізації посилює навантаження на транспортну інфраструктуру та міське середовище.

У результаті дослідження п'яти модельних ділянок міста проведено оцінку рівня забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю. Встановлено, що найвищі концентрації СО формуються на ділянках із найбільшою інтенсивністю руху та складною організацією транспортних потоків. Максимальне значення зафіксовано на перехресті вул. Минайська – вул. М. Грушевського – вул. Бородіна (119,41 мг/м³), тоді як найнижчий показник отримано на вул. Корзо (11,04 мг/м³). На всіх досліджуваних ділянках розрахункові концентрації перевищують гранично допустиму

концентрацію, що свідчить про значний вплив автотранспорту на якість атмосферного повітря.

Проведено оцінювання шумового забруднення міського середовища. Встановлено, що рівні шуму безпосередньо залежать від інтенсивності транспортного потоку та особливостей організації дорожнього руху. Найвищі показники шумового навантаження зафіксовані на магістральних перехрестях та кільцевих розв'язках, де рівень шуму досягає 72–85 дБ, що перевищує рекомендовані нормативні значення для комфортного міського середовища.

На основі результатів досліджень обґрунтовано комплекс технічних та організаційних заходів щодо підвищення екологічної безпеки транспортних потоків у м. Ужгород. Запропоновано вдосконалення системи організації дорожнього руху, посилення контролю за технічним станом транспортних засобів, розвиток громадського та велосипедного транспорту, збільшення площ зелених насаджень уздовж автомобільних магістралей, оптимізацію паркувального простору, облаштування шумозахисних екранів та впровадження сучасних екологічних стандартів експлуатації транспорту.

Отримані результати підтверджують, що транспортний комплекс є одним із ключових чинників формування екологічного стану міського середовища Ужгорода. Реалізація запропонованих заходів сприятиме зменшенню рівня забруднення атмосферного повітря та шумового навантаження, покращенню якості життя населення і забезпеченню сталого розвитку міста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Автомагістраль та її вплив на довкілля / Совгіра С. В., Білоус С.П. // *I-й Всеукраїнський з'їзд екологів: міжнар. наук.-техн. конф.: тези допов. С. 268. URL : <http://eco.com.ua/content/avtomagistral-ta-ii-vpliv-na-dovkillya> (дата звернення: 20.02.2026)*
2. Автотранспорт та його вплив на навколишнє середовище URL : https://pidru4niki.com/15010922/ekologiya/avtotransport_yogo_vpliv_navkolishnye_seredovische (дата звернення: 07.02.2026)
3. Аналіз впливу автотранспортних засобів на навколишнє середовище в селітебних зонах міст. Васькіна І.В., ас. Сумський державний університет, м. Суми. Екологічна безпека 4/2009(8), ст 16-19. URL : [https://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2009_4\(8\)/PDF/16.PDF](https://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2009_4(8)/PDF/16.PDF) (дата звернення: 08.02.2026)
4. Бардов В. Г. (за заг. ред.). Гігієна та екологія : підручник / В. Г. Бардов, С. Т. Омельчук, Н. В. Мережкіна [та ін.]. Вінниця : Нова Книга, 2020. 472 с.
5. Богобоящий С.С., Тесля С.Р. Моніторинг довкілля: Навчальний посібник. Київ: КНТ. 2023. 168 с.
6. Борисов О. О., Кофанов О. Є. Екологічне навантаження з боку автотранспортних потоків на придорожні території рекреаційного призначення // *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2018. № 4. С. 124-131. URL : <https://energy.kpi.ua/article/view/175648/175572> (дата звернення: 20.02.2026)
7. Внукова, Н. В. (2011). Вплив автомобільних доріг на екобезпеку комплексу «автомобіль-дорога-середовище». *Східно-Європейський журнал підприємницьких технологій*, 5 (3(53), 43-46. URL : <https://journals.uran.ua/eejet/article/view/1193/1097> (дата звернення: 08.02.2026)

8. Все про довкілля. Автотранспорт і навколишнє середовище: проблеми і шляхи їхнього вирішення. URL : <https://www.zoda.gov.ua/news/7207/avtotransport-i-navkolishnjесeredovishe-problemi-i-shlyahi-jihnogo-virishennya.html> (дата звернення: 01.03.2026)
9. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів. 2018. URL : <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/08/DBN-V23-5-2018.pdf>
10. Двигуни внутрішнього згоряння: серія підручників у 6 т. Т. 5. Екологізація ДВЗ : підручник / А. П. Марченко [та ін.] ; за ред. А. П. Марченка. 2-ге вид. Харків : Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2014. 348 с. URL : <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/9570> (дата звернення: 20.03.2026)
11. Департамент екології та природних ресурсів Закарпатської області. Офіційний веб-сайт. Екологічні проблеми Ужгорода та шляхи їх вирішення. URL : <https://ecozakarpat.gov.ua/?p=4911> (дата звернення: 05.01.2026)
12. ДСТУ 3587-97. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану (актуальний стандарт щодо шуму та стану доріг). URL : https://legallaid.wiki/images/d/d4/Dsty_3587_97.pdf (дата звернення: 29.03.2026)
13. ДСТУ ISO 14001:2015 Системи екологічного управління. 2015. URL : https://ecolog-ua.com/system/files/dstu_iso_14001-2015.pdf (дата звернення: 23.04.2026)
14. Екологічне управління: Підручник / В.Я. Шевчук, Ю.М. Саталкін, Г.О. Білявський та ін. К.: Либідь, 2004. 278с.
15. Екологічні ризики нового Генплану міста Ужгорода. URL : <https://zakarpattyа.net.ua/News/235985-Ekolohichni-ryzyky-novoho-Henplanu-mista-Uzhhoroda> (дата звернення: 06.03.2026)
16. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» (із усіма останніми змінами 2024-2025 рр.). URL :

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12/ed20241115#Text> (дата звернення: 23.04.2026)

17. Запорожець О. І. Транспортна екологія : навчальний посібник / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвєєва [та ін.] ; за ред. С. В. Бойченка. Київ : Центр учбової літератури, 2022. 508 с.

18. Карпати. INFO. URL : <https://www.karpaty.info/ua/uk/zk/ug/uzhgorod/> (дата звернення: 25.04.2026)

19. Карпатський об'єктив. Екологи б'ють тривогу: Ужгород став лідером по забрудненості повітря. URL : <https://life.ko.net.ua/?p=7829>

20. Клименко М. О., Прищепа А. М., Борщевська І. М., Михальчук М. А., Буднік З. М. Лабораторний практикум із загальної екології (та неоекології) : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2017. 273 с. <https://surl.li/mfxjkb> (дата звернення: 01.03.2026)

21. Клименко М. О., Прищепа А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля : підручник / М. О. Клименко, А. М. Прищепа, Н. М. Вознюк ; Нац. ун-т водного госп-ва та природокористування. 2-ге вид., допов. та перероб. Рівне : НУВГП, 2023. 350 с.

22. Лукашов Д.В. Моніторинг довкілля. Навчальний посібник. Київ, 2022. 193с. <https://surl.lt/ubaxqe> (дата звернення: 01.03.2026)

23. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році / Міндовкілля України. Київ : Міндовкілля, 2024. 514 с. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf> (дата звернення: 02.04.2026)

24. Олішевська В.Є., Олішевський Г.С. Екологічний вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище. URL : <https://ir.nmu.org.ua/server/api/core/bitstreams/8d5a4ca5-db0c-48da-8f02-8ca3fc922670/content> (дата звернення: 07.04.2026)

25. Петренко О. Національний університет «Львівська політехніка» Аналіз вимог чинних нормативно-правових актів щодо допустимих рівнів шуму і вібрації автомобіля / О. Петренко. Львів, 2013. ст. 152-158. URL : <https://surl.li/dduhoe> (дата звернення: 28.03.2026)

26. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року: Постанова Кабінету Міністрів України від 27.12.2024 № 1550 (редакція від 07.01.2026). URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-2024-%D0%BF#Text> (дата звернення: 25.03.2026)
27. Титаренко, В. Є., & Нестеренко, В. О. (2016). Дослідження екологічного стану транспортних перехресть за викидами автомоїльних двигунів у місті Житомирі. *Вісник ЖДТУ. Серія «Технічні науки»*, (2(77)), 267-273. URL : https://vtn.ztu.edu.ua/article/view/80590?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 27.02.2026)
28. Тарасова В.В., Малиновський А.С., Рибак М.Ф. Екологічна стандартизація і нормування антропогенного навантаження на природне середовище / заг. ред. проф. В.В. Тарасової : Навч. посібник. К. : Центр учбов. Літератури, 2007. 276 с.
29. Транспортно-дорожній комплекс України. URL : <http://www.eco-live.com.ua/content/blogs/zabrudnennya-avtotransportom> (дата звернення: 27.02.2026)
30. Фахівці б'ють на сполох: забрудненість атмосферного повітря в Ужгороді – зашкалює! URL : https://uzhgorod.net.ua/news/67758?utm_source=ukrnet_news (дата звернення: 07.05.2026)
31. Чернишов О. Вплив транспорту на екологію міста. Аналіз та стратегії для України / О. Чернишов. Харків, 2016. 24 с.
32. Чим дихає Ужгород URL : <https://zk.cdc.gov.ua/news/chym-dyhaє-uzhgorod/> (дата звернення: 17.01.2026)
33. Чуваєв П.І. Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище Ст. 380-383. URL : <https://surl.li/xjmkfs> (дата звернення: 18.01.2026)
34. Шкідливий рівень якості повітря зафіксували в Ужгороді та Мукачеві URL : <https://suspilne.media/uzhgorod/956553-v-uzgorodi-ta-mukacevi-zafiksuvali-skidlivij-riven-akosti-povitra/> (дата звернення: 21.02.2026)
35. Ужгород – на другому місці в Україні за забрудненістю повітря. URL : <https://www.radiosvoboda.org/a/24499454.html> (дата звернення: 21.02.2026)
36. Ilchenko S. V. Indicative model of the eco-adaptive modernization of Ukraine's transport and logistic network. URL : https://nvngu.in.ua/jdownloads/pdf/2025/6/06_2025._Ilchenko.pdf