

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний технічний університет**  
**«Дніпровська політехніка»**

**Навчально-науковий інститут природокористування**  
**Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра**

студента Самойленка Руслана Олександровича  
(ПІБ)  
 академічної групи 183-20ск-1  
(шифр)  
 спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»  
(код і назва спеціальності)  
 за освітньо-професійною програмою – «Технології захисту  
навколишнього середовища»  
(офіційна назва)

на тему «Захист житлових зон населених пунктів від автомобільних вихлопів  
на основі певних технічних рішень»  
(назва за наказом ректора)

<b>Керівники</b>	<b>Прізвище, ініціали</b>	<b>Оцінка</b>	<b>Підпис</b>
кваліфікаційної роботи	Ковров О.С.		
<b>розділів:</b>	3		
Теоретичного	Ковров О.С.		
Технологічного	Ковров О.С.		
Охорона праці	Чеберячко Ю.І.		
<b>Рецензент</b>	Череп А.Ю.		
<b>Нормоконтролер</b>	Грунтова В.Ю.		

**Дніпро**  
**2023**

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний технічний університет**  
**«Дніпровська політехніка»**

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Завідувачка кафедри екології та  
технологій захисту навколишнього  
середовища

\_\_\_\_\_ Борисовська О.О.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

«01» травня 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня бакалавра**

студенту Самойленко Р.О. академічної групи 183-20ск-1  
(прізвище та ініціали) (шифр групи)

спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою – «Технології захисту навколишнього середовища»  
(офіційна назва)

на тему «Захист житлових зон населених пунктів від автомобільних вихлопів на основі певних технічних рішень», затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» на дипломування груп скорочеників від 02.06.2023 р. №441-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Теоретичний	Охарактеризувати основні забруднювачі атмосферного повітря автотранспорту. Дізнатися про вид пального яке використовує автотранспорт.	01.05.2023 14.05.2023
Технологічний	Обґрунтувати технічні методи зменшення екологічного впливу автотранспорту та проаналізувати оцінку впливу на навколишнє середовище.	15.05.2023 04.06.2023
Охорона праці	Проаналізувати забезпечення охорони праці, зокрема її спектр заходів та політик спрямованих на запобігання захворювання через вплив на екологію.	05.06.2023 09.06.2023

Завдання видано \_\_\_\_\_ Ковров О.С.  
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 01.05.2023 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії: «13» липня 2023 р.

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ Самойленко Р.О.  
(підпис студентки) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 80 сторінок, 1 рисунок, 4 таблиці, 2 формули, 5 додатків, 48 джерел.

**Об'єкт досліджень:** вплив викидів хімічних сполук автотранспорту у житлових зонах.

**Мета роботи:** захист житлових зон від автомобільних вихлопів, на основі розробки певних технічних рішень.

У вступі розкрито актуальність проблеми захисту навколишнього середовища через викиди небезпечних речовин автотранспорту.

У теоретичному розділі наведено характеристику впливу автотранспорту на атмосферу, основні забруднювачі, паливо яке використовує автотранспорт, причину забруднення повітря, викиди газів та їх вплив та пропозиції щодо зменшення викидів та впливу на навколишнє середовище.

У технологічному розділі обґрунтовано технічні методи зменшення екологічного впливу автотранспорту та проаналізовано оцінку впливу на навколишнє середовище у міських зонах.

У розділі «Охорона праці» проаналізовано забезпечення охорони праці, зокрема її спектр заходів та політик спрямованих на запобігання захворювання через вплив на екологію як на підприємстві так і на навколишнє середовище.

Практичне значення роботи полягає в розробці технічних рішень для захисту людей у житлових зонах при оцінці впливу небезпечних речовин автотранспорту.

**АВТОТРАНСПОРТ, ЖИТЛОВІ ЗОНИ, НЕБЕЗПЕЧНІ ВИХЛОПИ, ВПЛИВ РЕЧОВИН НА СЕРЕДОВИЩЕ, ПРОПОЗИЦІЇ ПО ЗАПОБІГАННЮ, ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ НА ОСНОВІ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ**

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	8
1.1 Атмосфера та вплив автотранспорту на її стан .....	8
1.2 Характеристика видів палива, що використовуються автотранспортом ...	15
1.3 Вихлопні гази та їх вплив на довкілля .....	20
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА І ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ТЕХНІЧНІ МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ .....	25
2.1 Характеристика транспортної мережі України .....	25
2.2 Оцінка впливу автотранспорту на стан атмосферного повітря .....	29
2.3 Технічні методи зі зменшення негативного екологічного впливу автотранспорту.....	34
2.4 Озеленення житлової зони, як рішення для захисту від автомобільних вихлопів .....	39
2.5 Особливості забудови для забезпечення захисту від автомобільних вихлопів .....	50
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1 Базові поняття завдань охорони праці.....	60
3.2 Роль охорони праці при роботі з технологіями у навколишньому середовищі.....	66
ВИСНОВКИ .....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	63
ДОДАТОК А. Відгук керівника кваліфікаційної роботи	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ДОДАТОК Б. Відгук зовнішнього рецензента	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ДОДАТОК В. Довідка про результати перевірки тексту кваліфікаційної роботи бакалавра на присутність запозичень (плагіату)	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ДОДАТОК Г. Результати перевірки на плагіат «UNICHECK» .....	<b>Ошибка!</b>
ДОДАТОК Д. Відгук керівника розділу «Охорона праці»	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## ВСТУП

З ростом населення та швидким розвитком міських областей по всьому світу, проблеми забруднення повітря стають все більш актуальними. Автомобілі стали невід'ємною частиною сучасного життя, забезпечуючи швидкі та зручні засоби пересування. Однак, використання автомобілів також призводить до небажаних наслідків, зокрема великого обсягу шкідливих викидів у повітря. Автомобільні вихлопні гази, такі як оксиди азоту, вуглеводні та сажа, є основними джерелами забруднення повітря в міських районах. Ці шкідливі речовини мають негативний вплив на здоров'я людей, спричиняючи респіраторні захворювання, серцево-судинні проблеми та інші хронічні захворювання. Крім того, вони також впливають на якість навколишнього середовища, спричиняючи забруднення ґрунту та водних ресурсів.

З метою захисту житлових зон населених пунктів від автомобільних вихлопів, виникає необхідність розробки та впровадження певних технічних рішень. Ці рішення спрямовані на зниження викидів шкідливих речовин та покращення якості повітря у міських районах. Вони охоплюють широкий спектр заходів, від планування міської інфраструктури до впровадження екологічних технологій у транспортний сектор. Серед технічних рішень, що сприяють захисту житлових зон від автомобільних вихлопів, варто відзначити ефективне управління транспортним рухом. Це включає розробку інтелектуальних систем управління рухом, таких як світлофори з динамічним регулюванням, які дозволяють зменшити затори та покращити рух транспорту. Крім того, стимулювання використання екологічних транспортних засобів, зокрема електромобілів, та розвиток відповідної інфраструктури є важливими кроками у зменшенні автомобільних викидів.

Одним із важливих аспектів є також планування міської забудови. Розташування житлових районів віддалено від інтенсивних автомагістралей та

вулиць із великим трафіком може значно знизити вплив автомобільних вихлопів на мешканців. Крім того, створення зелених зон, парків та просторів для відпочинку віддалено від автотранспорту допомагає забезпечити більш чисте та здорове середовище для мешканців.

У цьому контексті, важливо проводити дослідження та розробляти нові технології, що спрямовані на зниження впливу автомобільних вихлопів на забудову населених пунктів. Це можуть бути вдосконалені системи очищення вихлопних газів, розробка більш ефективних екологічних транспортних рішень, впровадження електричних автобусів та інші інноваційні заходи.

Загальноприйнятим фактом є те, що захист житлових зон населених пунктів від автомобільних вихлопів вимагає комплексного підходу та спільних зусиль урядових органів, містобудівників, екологів, транспортних компаній та громадськості. Тільки шляхом спільної праці та впровадження передових технічних рішень ми зможемо створити міста, де жителі зможуть насолоджуватися здоровим та екологічно чистим середовищем. Це вимагає перегляду і переосмислення сучасних підходів до забудови та планування міст, а також впровадження інноваційних рішень. Важливо враховувати особливості забудови, такі як розташування житлових районів, інфраструктуру та дорожню мережу, з метою максимального зменшення впливу автомобільних вихлопів на житлові зони. Захист житлових зон населених пунктів від автомобільних вихлопів є одним із нагальних завдань у сучасному світі, де швидкість руху автотранспорту та кількість автомобілів неухильно зростають. Автомобільні викиди, такі як шкідливі гази та частки, мають серйозний негативний вплив на якість повітря, здоров'я людей та екологічну рівновагу.

Для забезпечення захисту житлових зон від автомобільних вихлопів необхідно впроваджувати певні технічні рішення, що спрямовані на зменшення впливу викидів та покращення якості повітря. Це вимагає комплексного підходу, врахування інженерних та архітектурних аспектів, а також співпраці між містобудівниками, інженерами, екологами, громадськими організаціями та владними структурами. Одним із ключових аспектів є розробка та використання

екологічних технологій в автомобільній промисловості. Розробка більш ефективних та екологічно чистих двигунів, використання альтернативних видів палива, таких як електрика чи водень, можуть значно знизити викиди шкідливих речовин. Крім того, розробка систем фільтрації та очищення вихлопних газів може допомогти значно знизити рівень забруднення повітря.

Для ефективного захисту житлових зон також необхідно звернути увагу на планування міської забудови. Розташування житлових районів подалі від основних автомобільних магістралей та рухливих вулиць може допомогти знизити експозицію населення до автомобільних вихлопів. Крім того, важливо враховувати принципи компактності, що сприяють зменшенню потреби в автомобільному транспорті та стимулюють використання пішохідного та велосипедного руху. Використання зелених технологій та енергоефективного будівництва також можуть сприяти захисту житлових зон від автомобільних вихлопів. Застосування енергоефективних матеріалів та технологій у будівництві забезпечує зменшення споживання енергії та викидів вуглекислого газу. Крім того, створення зелених покрівель, насадження рослин на фасадах будівель та використання систем збору та очищення дощової води сприяють зеленому середовищу та покращенню якості повітря.

Однак, важливо зазначити, що захист житлових зон від автомобільних вихлопів є багатоаспектним завданням, яке потребує комплексного підходу та співпраці всіх зацікавлених сторін. Лише шляхом впровадження передових технічних рішень, планування міської забудови та залучення громадськості до активної участі ми зможемо створити житлові зони, де люди будуть захищені від шкідливих впливів автомобільних вихлопів та зможуть насолоджуватися здоровим та екологічно чистим середовищем.

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

### 1.1 Атмосфера та вплив автотранспорту на її стан

Забруднення атмосфери є однією з найбільш актуальних проблем сьогодення. Століття тому склад атмосфери був майже незмінним на протязі останніх 300-400 років. Проте на сьогоднішній день, різке зростання промисловості, значне збільшення автотранспорту та авіації, виробництво нафтохімічних продуктів та побутових хімікатів, землеробські роботи з використанням літаків, а також неправильна утилізація відходів спричинили значне забруднення атмосферного повітря, і ця тенденція прогресивно зростає у 21 столітті [4].

Конфлікт виник між комфортом та умовами життя людей та тим, яким чином ці блага досягаються. Реальність така, що для забезпечення тепла, води та електрики в оселях, руху транспорту різних видів, виробництва товарів та приготування їжі потрібні енергетичні ресурси, такі як дрова, вугілля, газ та нафтопродукти. Від часів, коли первісні люди готували їжу на вогнищі, забруднення атмосфери стало проблемою. Історія людства суттєво пов'язана з добуванням, вирощуванням, приготуванням, зберіганням та споживанням м'яса та інших продуктів харчування.

Це протиріччя між благами цивілізації та тим, як вони отримані, призвело до поняття «золотого мільярду». Приблизно один мільярд людей насолоджується усіма благами цивілізації без жодного обмеження, тоді як інші виживають як можуть.

«Золотий мільярд» має до 30 електричних пристроїв на людину в квартирі, такі як холодильник, пральна машина, телевізор, плита, кавомолка, кавоварка, обігрів підлоги, електробритва, електрочайник, електром'ясорубка, кухонний комбайн, праска, принтер, комп'ютер, звукові колонки, електрообігрівач, кондиціонер, морозильник, пиłosос, вентилятор, міксер, фен, електроінструмент, зарядні пристрої та інші. Це призводить до забруднення



атмосфери, оскільки електроенергія виробляється шляхом спалювання енергоресурсів, а основні забруднювачі атмосфери – це продукти згорання теплових енергетичних установок, таких як котельні, теплові електростанції, теплові електроцентралі, різноманітні печі в металургії, нафтопереробці, виробництві будівельних матеріалів, хімічних сполук тощо, а також транспортні засоби [10].

Для того, щоб розглянути головну мету та завдання даної роботи, необхідно з'ясувати що таке атмосфера. Атмосфера – це повітряна оболонка, що оточує Землю і пов'язана з нею силою тяжіння. Вона бере участь у добовому обертанні та річному русі нашої планети. Повітря атмосфери – це суміш газів, у якій перебувають у завислому стані рідкі (краплинки води) та тверді частинки (дим, пил).

Залежно від зміни температури з висотою в атмосфері виділяють такі шари:

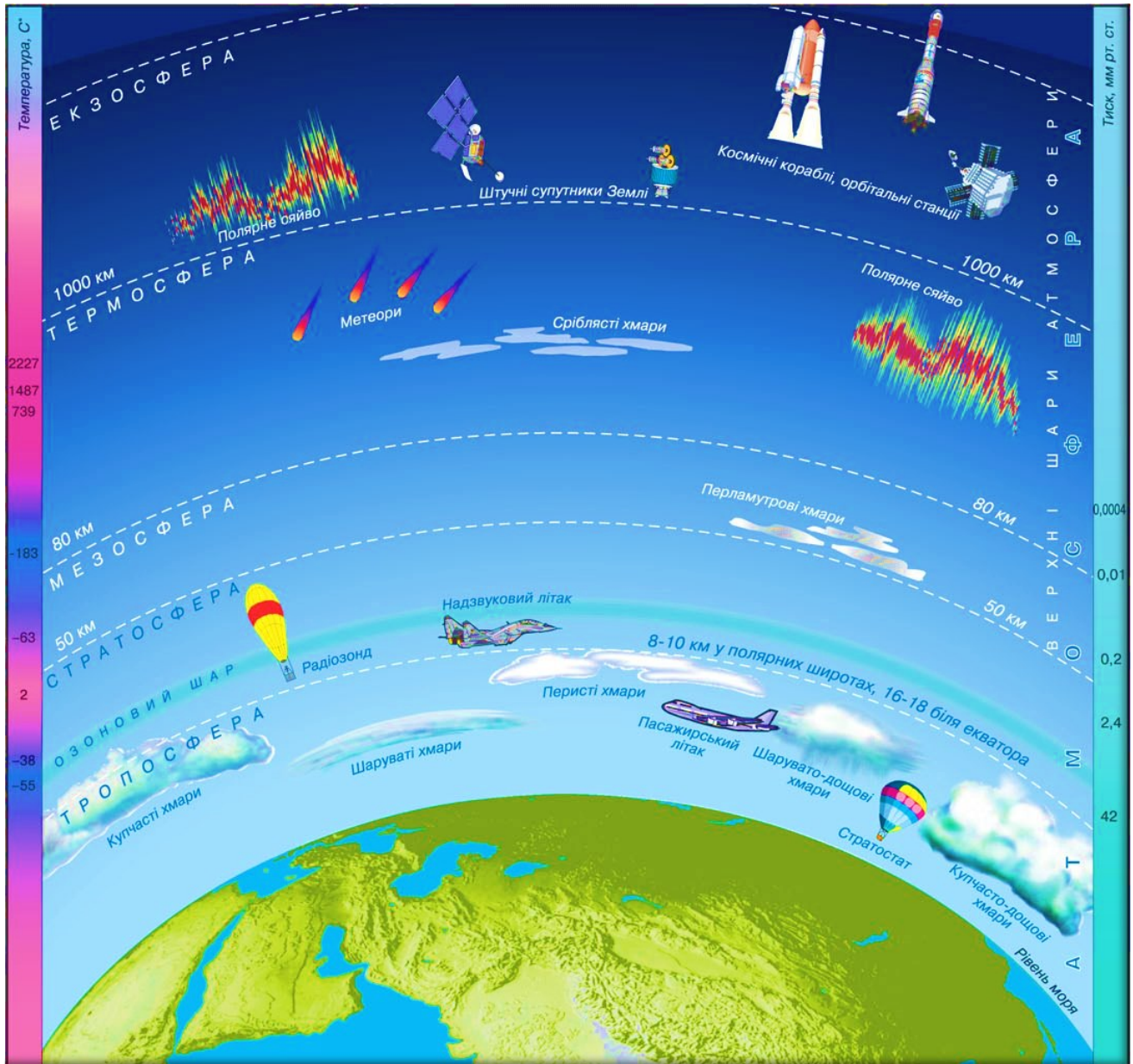
- тропосфера;
- стратосфера;
- мезосфера;
- термосфера.

Розташування основних шарів атмосфери можна переглянути на рис. 1.1

Хоча маса атмосфери становить лише  $1/1000000$  маси Землі, її роль і значення в житті планети є надзвичайно важливими. Атмосфера виконує наступні функції:

- містить кисень, необхідний для дихання живих організмів;
- є джерелом вуглекислого газу для фотосинтезу рослин;
- захищає живі організми від космічних випромінювань;
- зберігає тепло Землі та регулює клімат;
- трансформує газоподібні продукти обміну речовин;
- переносить водяну пару по планеті;
- є середовищем життя літаючих форм організмів;
- служить джерелом хімічної сировини та енергії;

- приймає та трансформує газоподібні та пилоподібні відходи.



**Рисунок 1.1 – Зображені основні шари атмосфери**

Кількість різних транспортних засобів неперервно збільшується, зокрема автомобілів, і це має вплив на якість повітря. Це особливо помітно у густонаселених мегаполісах, де концентрація автомобілів значно вища, ніж у приміських районах. Забруднене довкілля може призвести до погіршення імунітету населення та збільшення кількості хвороб.

Автомобільний транспорт спричинює забруднення атмосфери через три способи: емісію шкідливих речовин з відпрацьованими газами, прорив газів у картері двигуна та емісію шкідливих речовин від палива в паливних баках, карбюраторах і в результаті витоків палива. Головним з них є перший спосіб, на

який приходить близько дві третини шкідливих викидів автомобілів у повітря [10].

Нітроген, кисень, пари води та вуглекислий газ є основними нетоксичними компонентами відпрацьованих газів автотранспортних засобів. Проте, є також шкідливі речовини, багато з яких є небезпечними для здоров'я людини. До токсичних компонентів належать чадний газ, оксиди нітрогену, альдегіди, вуглеводні, сірчистий газ, сажа, бензапірен та інші.

У середньому на території України автомобілі відповідають за 40-45% забруднення повітря від вихлопних газів, але в містах цей вплив перевищує 50%. У великих містах з населенням від 0,5 млн до 1-1,5 млн жителів, цей вплив становить 55-70%, а в дуже великих містах з населенням декількох мільйонів жителів – більше 85% загального забруднення атмосфери. Українські автомобілі середнього віку викидають у 8-10 разів більше шкідливих речовин, ніж подібні європейські моделі. Проте, належне регулювання паливної системи може зменшити кількість шкідливих речовин на 1,5 рази, а спеціальні нейтралізатори (каталітичні доспалювачі) можуть знизити токсичність вихлопних газів у 6 і більше раз.

У разі низької рухливості повітря теплові аномалії над містом охоплюють шари атмосфери висотою від 250 до 400 м, і контрасти температур можуть досягати 5-6°C. Ці аномалії пов'язані з температурними інверсіями, які призводять до підвищеного забруднення, туманів та загазованості.

Майже всі теплоенергетичні установки та транспортні засоби мають «джентльменський набір» основних канцерогенних забруднювачів, які утворюються під час спалювання: тверді частки (PM), озон (O<sub>3</sub>), окис вуглецю (CO), діоксид сірки (SO<sub>2</sub>), оксиди азоту (NO<sub>x</sub>), леткі органічні сполуки (ЛОС), важкі метали [10].

Основні характеристики цих забруднювачів наступні:

*1) Тверді частинки.*

Тверді частинки, що англійською називаються Particulate Matter (PM), є дрібним пилом, що складається з найдрібніших твердих та рідких частинок, які

поділяються на групи в залежності від їх фракцій. Частинки з діаметром до 10 мкм (PM10) називаються твердими частинками, які можуть осідати в носі та гортані, оскільки мають розмір від 3 до 10 мкм. Частинки з розміром близько 2,5 мкм (PM2.5) потрапляють в легені при вдиху, тоді як частинки з розміром менше 1 мкм (PM1) можуть потрапити на альвеоли та навіть у кровоносну систему.

PM є скороченням від Particulate Matter, що в перекладі означає «частинки речовин». PM складається з різних речовин, таких як сульфат, нітрат, аміак, хлорид натрію, сажа, мінеральний пил та вода. Ці тверді частинки складаються з різних органічних та неорганічних матеріалів, які «плавають» у повітрі. Найбільш шкідливими є тверді частинки з діаметром менше 10 мкм, які можуть проникнути глибоко в легені. Існує прямий зв'язок між кількістю дрібних частинок ( $\leq 10$  мкм) та збільшенням смертності та болю, який може спостерігатися щодня або час від часу. На думку дослідників, зменшення концентрації дрібних частинок може знизити рівень смертності. Навіть невеликі забруднювачі можуть шкодити здоров'ю, і це особливо стосується країн, що розвиваються, де використання традиційних печей для обігріву може збільшити ризик гострих респіраторних інфекцій та смерті серед маленьких дітей. Забруднення повітря через використання твердого палива також є фактором ризику серцево-судинних захворювань, хронічної обструктивної хвороби легенів та раку легенів у дорослих [14].

Висока концентрація PM у вихлопних газах дизельних двигунів автомобілів призвела до заборони їх використання у легкових автомобілях у багатьох країнах Заходу. Однак, великі вантажівки, будівельна, дорожня і сільськогосподарська техніка продовжують викидати значні кількості твердих частинок. Недавні дослідження показали, що звичайний легковий автомобіль з чотирьох коліс може виділяти до 15 кг гумового пилу у повітря під час експлуатації, тоді як великі фургони, автобуси та тролейбуси можуть виділяти до 80 кг гумового пилу. Більш того, канцерогенна фарба для розмітки доріг, яка щороку наноситься мільйонами тонн, розпадається на PM та потрапляє в наші легені.

## 2) *Озон (O<sub>3</sub>).*

Одним із ключових складових фотохімічного смогу на землі є озон. Цей газ утворюється в атмосфері в результаті фотохімічних реакцій між сонячним світлом та забруднюючими речовинами, такими як оксиди азоту (NO<sub>x</sub>), що виділяються транспортними засобами та промисловістю. Високі концентрації озону спостерігаються в періоди сонячної погоди. Надлишкова кількість озону в повітрі має негативний вплив на здоров'я людини, зокрема може спричинити проблеми з диханням, астму, погіршення роботи легенів та інші захворювання. На сьогоднішній день озон вважається одним з найбільш шкідливих забруднювачів повітря в Європі. В деяких європейських країнах перед медичними закладами та аптеками встановлені газоаналізатори озону, які відображають його концентрацію на цифровому табло та надають рекомендації щодо терміну перебування в повітрі з високою концентрацією озону для різних груп населення, таких як діти, вагітні жінки та пенсіонери.

## 3) *Діоксид азоту (NO<sub>2</sub>) і оксид азоту (NO).*

При концентрації діоксиду азоту, яка перевищує 200 мікрограмів на кубічний метр, цей газ вважається токсичним і може спричинити запалення дихальних шляхів. NO<sub>2</sub> є головним джерелом нітратних аерозолів, які містять невеликі фракції частинок. Головними джерелами виділення NO<sub>2</sub> є процеси згоряння, такі як опалення, виробництво електроенергії, транспортні засоби та судна. Епідеміологічні дослідження показують, що у дітей з астмою симптоми бронхіту погіршуються після тривалого впливу NO<sub>2</sub>. Зниження функції легенів також пов'язане з цим газом. Крім того, при взаємодії оксидів азоту з водяною парою при значній вологості утворюються пари азотної та азотистої кислот, які можуть пошкоджувати легені людини та негативно впливати на флору та фауну. Утворення так званого «лисячого рижого хвоста» з димової труби відбувається при спалюванні палива в енергетичних установках [16].

## 4) *Діоксид сірки (SO<sub>2</sub>).*

Діоксид сірки – це газ без кольору з вираженим запахом, що утворюється під час спалювання викопного палива, такого як вугілля та нафта, а також під час

переробки мінеральної руди, яка містить сірку. Утворення SO<sub>2</sub> не спостерігається при спалюванні газу. Значні кількості SO<sub>2</sub> також утворюються під час спалювання сірчаного викопного палива для опалення будинків, виробництва електроенергії (вугільні та газові ТЕС), а також у дизельному транспорті. SO<sub>2</sub> може впливати на роботу дихальних органів та легенів, викликаючи подразнення очей, запалення дихальних шляхів, кашель, виділення слизу, астму, хронічний бронхіт і збільшення схильності до респіраторних інфекцій. Рівень SO<sub>2</sub> в повітрі пов'язаний зі збільшенням кількості людей, які потрапляють в лікарні через хвороби, із середнім терміном життя.

При концентрації в межах 0,04-0,5 мг/м<sup>3</sup> протягом декількох хвилин може настанути небезпека для життя. Концентрації, які становлять загрозу життю, складають 1400 мг/м<sup>3</sup> протягом 5 хвилин та 7800 мг/м<sup>3</sup> протягом 30 хвилин. Пари можуть призвести до судом, втрати свідомості та смерті від зупинки та паралізу серця.

*5) Оксид вуглецю ( або чадний газ) – (CO) .*

Цей газ заважає крові забирати кисень, що може призвести до значного зниження постачання серця киснем, особливо у людей з серцевими захворюваннями. CO з'єднується з гемоглобіном на 250 разів легше, ніж кисень, і утворює карбоксигемоглобін (HbCO), який не може переносити кисень. Це може призвести до гіпоксії, утворення вільних радикалів та пошкодження мембран клітин [22].

Оксид вуглецю присутній всюди при спалюванні будь-якого виду палива, такого як викопне паливо, мінеральне паливо, газ та інші. Він є «універсальним солдатом» забруднення та випускається у повітря з ТЕС, ТЕЦ, котельні, металургії, нафтопереробних заводів, домашніх печей, камінів та транспортних засобів.

Наприклад, при згорянні 1 кг палива у бензиновому двигуні внутрішнього згорання у легковому автомобілі середнього класу утворюється до 460 г оксиду вуглецю. Тому, перш за все, нейтралізатори та каталізатори в сучасних автомобілях повинні знешкоджувати оксид вуглецю.

Отже, бачимо, що сьогодні є великі проблеми із забрудненням атмосфери нашої планети. Але так само бачимо, що все це відбувається через те, що ми хочемо жити з комфортом. Нам потрібно трохи більше замислюватися про те чи раціонально ми використовуємо природні ресурси та чи зберігаємо природу для майбутніх поколінь. Також нам потрібно багато вкладати в очисні споруди для великих міст та великих підприємств для того, щоб ці всі викиди не осідали у нас на легенях.

## **1.2 Характеристика видів палива, що використовуються автотранспортом**

Для експлуатації автомобільного транспорту необхідні різні види палива, такі як бензин, дизельне паливо, газове паливо та альтернативні джерела енергії. Основними джерелами палива для автомобілів є нафтопереробні продукти, такі як бензин та дизельне паливо, які містять суміш вуглеводнів та присадок для покращення їх експлуатаційних характеристик. Вихлопні гази є відпрацьованим робочим тілом теплового двигуна. Вони складаються з продуктів окислення та неповного згорання вуглеводнів та інших видів палива. Вихлопні гази містять більше 100 різних компонентів, більшість з яких є токсичними. Оксиди карбону становлять 73% токсичних компонентів, неметанові леткі органічні сполуки – 11%, оксиди нітрогену – 13%, сажа – 1,6%, а оксид сульфуру – 1,4%.

Збільшення кількості приватного автотранспорту, експлуатація застарілого автомобільного парку, використання палива низької якості та аварійний стан доріг пояснюють великий обсяг викидів від автотранспорту хімічних елементів в порівнянні бензинових та дизельних двигунів, наведених у табл. 1.1 [15].

Таблиця 1.1 – Склад вихлопних газів двигунів внутрішнього згорання

Хімічні елементи	Бензинові двигуни	Дизельні двигуни
Азот N <sub>2</sub> , об.%	74-77	76-78
Кисень O <sub>2</sub> , об.%	0,3-8,0	2,0-18,0
Вода H <sub>2</sub> O (пара), об.%	3,0-5,5	0,5-4,0

Вуглекислий газ CO <sub>2</sub> , об.%	0,0-16,0	1,0-10,0
Чадний газ CO, об.%	0,1-5,0	0,01-0,5
Оксиди нітрогену NO <sub>x</sub> , об.%	0,0-0,8	0,0002-0,5
Вуглеводні C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , об.%	0,2-3,0	0,09-0,5
Альдегіди, об.%	0,0-0,2	0,001-0,009
Сажа С, г/м <sup>3</sup>	0,0-0,04	0,01-1,10
Бенз(а)пірен-3,4, г/м <sup>3</sup>	10-20×10 <sup>-6</sup>	0×10 <sup>-6</sup>

Автомобільний транспорт потребує таких ресурсів, як бензин, дизельне паливо та газове паливо які приведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні види палива

Вид палива	Тип двигуна	Склад
Бензин	Роторно поршневий двигун внутрішнього згорання, бензиновий	Карбон, водень, кисень, нітроген, сірка
Дизель	Дизельний	Сірка, вода, органічні кислоти
Газ	Гібридний	Водень, нітроген, кисень, оксид карбону, метан та ін.

Залежно від типу встановленого двигуна автомобілі бувають:

- з бензиновим двигуном внутрішнього згорання(найбільш розповсюджені серед легкових автомобілів);
- дизельні, що працюють на дизельному паливі;
- з газовими та комбінованими двигунами.

З сучасним розвитком автотранспорту і їх впливу на навколишнє середовище, людство прийшло до альтернативних видів палива, таких як: електроенергія, водень і т.д., специфіку двигуна можна переглянути у табл. 1.3.



Таблиця 1.3 – Альтернативні види палива

Вид палива	Двигун, що використовується
Електроенергія	Вбудовані акумуляторні батареї
Водень	Двигуни внутрішнього згоряння
Біодизель	Двигуни внутрішнього згоряння або спеціальні
Метанол	Спеціальний універсальний метаноловий двигун
Етанол	Двигуни внутрішнього згоряння

Вплив автомобільного транспорту на довкілля:

- викиди в атмосферне середовище;
- руйнування природних ландшафтів, вплив на флору і фауну;
- шумове забруднення;
- стічні води, що утворюються при обслуговуванні;
- тверді відходи.

Бензин – це один з ключових видів палива для карбюраторних двигунів. Його склад складається з легких ароматичних, нафтоєвих та парафієвих вуглеводнів. Він містить карбон (85%) та водень (приблизно 15%), а також кисень, нітроген та сірку. Бензин використовується головним чином як паливо для двигунів з внутрішнім згорянням, які запалюються іскрою. Це паливо має свої особливості, такі як нахил до утворення відкладень та корозії. Характеристики автомобільного бензину включають теплоту згоряння, детонаційну стійкість, фракційний склад, хімічну стабільність, вміст сірки та інших шкідливих домішок [15].

Одна з важливих експлуатаційних властивостей бензину – це його детонаційна стійкість, яка показує, наскільки добре паливо горить у двигуні в різних умовах. Фракційний склад є також важливим показником якості бензину і його випаровуваності, що визначає здатність переходу зі стану рідини до газу. Випаровуваність палива впливає на утворення паливної суміші, тривалість нагріву та легкість запуску двигуна.

Хімічна стійкість бензину описує його здатність залишатися стійким до окислення, формування смол та нагару, і інших хімічних процесів у двигуні. Ця стійкість залежить від складу та вмісту смол та інших речовин, що сприяють утворенню смоли. Для поліпшення хімічної стійкості бензину, додають антиокислювачі, такі як деревносмоляний та детонафтал, які підвищують період окислення бензину. Вміст сульфуру у бензині може викликати корозію робочих органів двигуна та знижувати стійкість палива до детонації, що сприяє утворенню смоли. Якщо вміст сульфуру в бензині менший, то це свідчить про вищу якість палива. Наявність сульфуру визначається випробуванням бензину на корозію мідної пластинки.

Дизельні двигуни є на 25-30% економнішими за бензинові, завдяки особливостям робочого процесу, що призвело до їх широкого застосування. У наш час, дизельні двигуни встановлюються на більшість вантажних автомобілів, автобусів та на частину легкових автомобілів [18].

Дизельне паливо, подібно до бензину, містить парафінові, нафтеніві та ароматичні вуглеводи, і є продуктом прямої перегонки нафти з додаванням компонентів каталітичного крекінгу. Дизельне паливо використовується у двигунах, які встановлені на великовантажних автомобілях, тракторах та дорожніх машинах, а також у водному та залізничному транспорті та в різних енергетичних установках і випускається двох видів: легке, мало в'язке паливо – для швидкохідних дизелів і важке, високов'язке паливо – для тихохідних дизелів.

Дизельне паливо відрізняється від карбюраторного тим, що містить більш важкі фракції вуглеводнів, такі як гасові, газойлезі і соляріві, які не надто схильні до детонації. Для реактивних авіаційних двигунів використовують гас і лігроїн прямої перегонки нафти, а також газойлеві фракції дистилятів окремих нафт, з продуктами вторинного походження і прямоточними дистилятами.

Випаровуваність палива залежить від його складу. Полегшення палива погіршує пуск дизелів, оскільки легкі фракції мають гіршу самозаймистість порівняно з важкими. Тому температура википання 50% палива визначає пускові властивості дизельного палива для автомобілів. Температура википання 96%

палива регулює вміст у паливі найбільш важких фракцій, збільшення яких погіршує сумішоутворення, знижує економічність, збільшує нагароутворення і димність відпрацьованих газів.

Дизелі частіше встановлюють на автомобілях підвищеної вантажопідйомності, хоча зараз є тенденція використовувати дизелі на автомобілях середньої і навіть малої вантажопідйомності.

Зміст сірки в дизельному паливі завжди перевищує той у бензині. Сполуки сульфуру можуть призвести до корозії деталей двигунів, особливо в швидкохідних двигунах. Корозійна активність дизельного палива також залежить від наявності водорозчинних кислот і лугів, кисневої сполуки, механічних домішок та води. Присадки додають до дизельного палива для покращення його властивостей, таких як підвищене цитанове число, захист від корозії та дезактиватори металів [18].

До недоліків дизельних двигунів можна віднести:

- більші розміри і вагу при однаковій потужності, порівняно з карбюраторними двигунами;
- більш важкий запуск двигуна;
- підвищений рівень шуму під час роботи;
- великі викиди з відпрацьованими газами сажі, яка може містити канцерогенні речовини.

Газове паливо має деякі переваги порівняно з бензином. Воно краще змішується з повітрям, що дозволяє повнішому згоранню в двигуні. Крім того, використання газового палива може подовжити життя автомобільного двигуна майже на 1,5 рази. Це пояснюється тим, що бензин може змивати змазку зі стінок циліндрів, розріджувати її та спричинювати зношення деталей, які труться між собою, тоді як газ не порушує масляну плівку, що знижує зношення деталей.

Високооктанове газове паливо має властивість добре змішуватись з повітрям і рівномірно розподіляти по циліндру двигуна, що сприяє повному згорянню робочої суміші. Газ може бути стисненим або скрапленим. У разі використання стисненого газу, потужність двигуна може зменшитись на 18-20%,

але при цьому його ресурс збільшується на 30-40% порівняно з використанням бензину. Використання природного газу як палива для автомобільних двигунів є економічно вигідним за вітчизняним і закордонним досвідом. Це дозволяє зменшити частку витрат на паливо в собівартості перевезень. У свою чергу, скраплений газ, частіше за все пропан-бутан, може бути використаний як паливо для автомобілів. Зріджений природний газ також починають використовувати як паливо. Для зберігання скрапленого газу на борту вантажівки встановлюють криогенний бак, який може вміщувати 160 літрів зрідженого газу і забезпечує автомобільний пробіг на відстань 300 км. При запуску двигуна звертає на себе увагу його незвичайна легкість [20].

Тому бачимо, що будь-яке автомобільне паливо є дуже шкідливим для нашої атмосфери, бо в його складі є дуже багато токсичних сполук, які можуть накопичуватися у нашому організмі. А особливо небезпечно, коли автомагістралі розташовані поблизу житлових приміщень, бо всі рослини та предмети будуть постійно покриті пилом із шкідливих сполук і це значно підвищує ризик захворювань.

### **1.3 Вихлопні гази та їх вплив на довкілля**

Очевидно, що вплив автомобільного транспорту на забруднення навколишнього середовища та його негативний вплив на населення є ще більш значущим, ніж зазвичай вважається. По-перше, більшість автомобілів зосереджена в місцях з високою щільністю населення, таких як міста та промислові центри. По-друге, шкідливі викиди автомобілів створюються в найнижчих шарах атмосфери, де люди проводять більшість свого часу та умови для розсіювання їхніх викидів є найгіршими. По-третє, відпрацьовані гази двигунів автомобілів містять понад 200 токсичних хімічних сполук, які представлені в різних вуглеводнях. Ця різноманітність та складність ідентифікації окремих сполук зазвичай призводить до розгляду найбільш представлених компонентів чи їхніх груп. Час, протягом якого шкідливі

речовини природним чином залишаються в атмосфері, оцінюється від десяти днів до півроку [12].

Крім прямої шкоди, яку викликає автотранспорт на здоров'я людини, його викиди мають також непрямий вплив. Наприклад, підвищення концентрації діоксиду вуглецю – кінцевого продукту горіння автомобільного палива, який є природним атмосферним компонентом, призводить до глобального підвищення температури земної атмосфери, відомого як парниковий ефект. Це може спричинити природні катастрофи, такі як масштабні пожежі в різних куточках світу, повені в різних країнах.

Також, викиди сірки та оксидів азоту, що виходять з вихлопних газів автомобілів, взаємодіють з атмосферою, утворюючи різні кислоти та солі. Ці речовини потім падають на землю у вигляді «кислотних» дощів. Відомо, що такі опади шкодять водним екосистемам, руйнують фауну, викликають корозію металів та руйнують будівельні конструкції. Крім цього, оксиди азоту призводять до забруднення повітря та утворення смогу в сполученні з аерозолями, що зменшує видимість та сприяє розвитку численних проблем здоров'я.

Отримання точних кількісних оцінок щодо шкідливих викидів, що походять від автомобільного транспорту, є надзвичайно складним завданням. Це пов'язано з тим, що автомобіль є мобільним джерелом викидів, яке випускає шкідливі речовини у непостійному процесі. Крім того, відсутнє необхідне обладнання для проведення екологічних досліджень подібних об'єктів.

Інформація, яка надходить від українських виробників автомобілів, що становлять більшість парку автотранспортних засобів в країні, є дуже протирічливою та не завжди має об'єктивний характер. Використання кількісних показників, які є стандартними для розвинених країн, не може бути вважається коректним через значну технологічну відсталість автомобілів, що виробляються в радянській та пострадянській країнах [3].

Основними причинами забруднення повітря автомобільним транспортом є незадовільна якість автотранспортного палива та низькі техніко-експлуатаційні

показники парку автотранспортних засобів. Ці фактори впливають на забруднення атмосферного повітря, як безпосередньо, наприклад, через неефективне спалювання палива, так і побічно, наприклад, через невиправдано високу витрату палива.

Основні проблеми, пов'язані з якістю автомобільних палив, полягають у наступному:

- низькому октановому числі в більшості бензинів, які знаходяться на ринку;
- обмеженому виробництві зимових сортів дизельного палива.

Цей стан справ не забезпечує ефективного використання нафтопродуктів, спричинює необхідність збільшення споживання автомобільних палив та скорочує ресурс двигунів автомобілів. Україна також має значну кількість бензинів з етилованим свинцем, які продаються на ринку. Факт того, що «значна частина» палива містить свинець, пояснюється втратою контролю над кількістю та якістю нафтопродуктів, які постачаються на ринок після приватизаційних процесів у нафтогазовому секторі [13].

Основаючись на попередньому тексті, можна запропонувати наступні концептуальні принципи введення екологічних нормативів для автотранспортної техніки в Україні:

- Введення екологічних нормативів повинно бути заплановане заздалегідь (3-4 роки) державою для того, щоб надати можливість автотранспортному сектору зробити відповідні підготовчі роботи.
- Введення екологічних нормативів повинно бути поетапним як з погляду об'єктів нормування, так і з погляду значень прийнятих нормативів.

Національна система оцінки екологічних якостей автотранспортної техніки повинна бути доповнена:

- обмеженням концентрації оксиду вуглецю та вуглеводнів при роботі двигуна з карбюраторною системою харчування на режимі холостого ходу (аналогічно прийнятому в Японії);
- регламентацією викидів картерних газів та паливних випарів;

- обмеженням димності відпрацьованих газів дизельних двигунів на режимі холостого ходу.

У світлі економічної ситуації, яка склалася в Україні наприкінці 90-х років, реальні шляхи для зменшення негативного впливу автомобільного транспорту на довкілля полягають у наступному.

Найбільш важливим є розвиток та удосконалення законодавчої бази в галузі екології транспорту. Це охоплює широкий спектр питань – від удосконалення основних законів, що регулюють діяльність транспорту як компонента економіки (Закон про транспорт, Закон про автомобільний транспорт тощо), до створення конкретних нормативних актів спеціального призначення (стандарти, правила тощо). Для забезпечення включення України в світову транспортну систему необхідно передбачати гармонізацію нормативно-правового забезпечення в транспортному комплексі з регіональним та міжнародним законодавством [18].

Для ефективного впровадження всього комплексу заходів в галузі охорони довкілля необхідно створити таку правову базу, щоб будь-якому суб'єкту на автотранспортному ринку було неоправдано займатися перевезенням чи обслуговуванням, що не відповідає екологічним нормам України. Базові закони повинні враховувати наявні економічні відносини в суспільстві, передбачати їхню еволюцію і поширюватися на:

- імпортерів і вітчизняних виробників автотранспортної техніки;
- перевізників усіх форм власності та організацій праці;
- суб'єктів усіх форм власності та організацій праці, що надають будь-які види автосервісних послуг;
- експедиторів;
- суб'єктів усіх форм власності та організацій праці, що займаються нафтопереробкою та розповсюдженням нафтопродуктів;
- державні та галузеві органи контролю.

Необхідно підтримати базові закони пакетом стандартів, нормативних та технічних документів, серед яких значну кількість буде розроблено в Україні

вперше. Серед цих стандартів будуть ті, що визначають екологічні та економічні характеристики автомобілів, екологічні нормативи, технічні вимоги до гаражного, вимірювального та контрольно-діагностичного обладнання і т.д.

Для покращення якості автомобільних палив необхідно розробити не лише стандарти, що регулюють їхні фізико-хімічні властивості, але й інші механізми економічного стимулювання, за допомогою яких буде заборонено продаж етилованого бензину та дизельного палива з вмістом сірки більше 0,2% на ринку України. Крім того, необхідно планувати введення обмежень на вміст ароматичних вуглеводнів у високооктанових сортах бензину на найближчу перспективу [19].

Для поліпшення стану навколишнього середовища в Україні, важливим напрямком є вдосконалення технічної експлуатації транспортних засобів. Це можливо забезпечити через розгалужену мережу підприємств, які займаються технічним обслуговуванням та ремонтом автотранспорту, заправних станцій тощо. Діяльність таких підприємств має бути ліцензована або сертифікована згідно з вдосконаленою нормативно-правовою базою. Також, для забезпечення якості, необхідно розвивати приладовий контроль екологічних параметрів автотранспорту та всього виробництва. У зв'язку з тим, що заводи-виробники автомобілів у країнах СНД не можуть гарантувати якість своєї продукції, важливо розробляти та впроваджувати спеціальні методи контролю.

Отже, для зменшення негативного впливу автомобілів на атмосферу необхідно вкласти значні інвестиції, щоб забезпечити майбутню екологічну діяльність автомобільного транспорту, необхідно якомога швидше модернізувати нафтопереробну промисловість та покращувати систему розподілу нафтопродуктів. Перші пріоритетні кроки в цьому напрямку включають установлення жорстких процедур для розповсюдження автомобільного палива в різних регіонах, що запобігає будь-якій фальсифікації паливно-мастильних матеріалів та забезпечує відповідність діючим нормам якості [21].



## **РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА І ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ТЕХНІЧНІ МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ**

### **2.1 Характеристика транспортної мережі України**

Транспорт – це особлива галузь господарства, яка не створює нових матеріальних цінностей, як і інші виробничі сектори. Його головна мета – переміщення вантажів і людей. Вантажний транспорт належить до виробничої сфери, тоді як пасажирський транспорт, здійснюючи перевезення людей, належить до обслуговуючих галузей.

Важливість транспорту полягає у забезпеченні зв'язків між галузями, підприємствами, регіонами країни та іншими державами. Транспорт є ключовим для сучасного виробництва, оскільки забезпечує зв'язки щодо постачання сировини і продукції. Галузь грає велику роль у підвищенні рівня життя населення, а близько 9,4% працюючих у господарському секторі зайнято у цій галузі.

Сучасний транспорт має широкую різноманітність видів, кожен з яких відрізняється своїми особливостями виробництва. Таким чином, його можна розглядати як комплекс взаємопов'язаних галузей, які можна розділити на складові частини, зокрема в залежності від середовища, в якому здійснюється переміщення людей та вантажів. Транспортний комплекс складається зі сухопутного, водного та повітряного транспорту. Міський пасажирський транспорт є однією зі специфічних галузей транспортного комплексу [21].

Особливості розвитку транспорту.

Транспортний комплекс включає в себе різноманітні види транспорту, які переміщують вантажі та пасажирів, що робить його складним комплексом галузей. Один з ключових показників для визначення ролі транспорту в національному господарстві – це обсяг перевезень, який визначається кількістю перевезених вантажів та пасажирів протягом певного часу, такого як рік, місяць

або доба. Обсяг перевезення вантажів за видами транспорту у відсотках представлені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Індекси обсягу перевезення вантажів за видами транспорту у відсотках

Вид транспорту	1985	1990	1995	1996	1997	1998
Залізничний	67,0	76,0	63,8	59,1	54,5	49,9
Морський	1,4	1,1	0,5	0,3	0,1	0,1
Річковий	0,6	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0
Автомобільний	86,7	90,3	34,8	34,8	27,3	26,3
Авіаційний	12,5	16,1	3,3	2,9	2,4	2,1
Трамвай	11,0	13,0	5,3	5,1	8,2	9,4
Тролейбусний	16,4	21,0	8,8	10,4	15,5	17,7
Метрополітенний	5,1	4,4	3,6	3,5	3,3	4,4

Урахування відстані перевезень допомагає визначити ефективність транспорту. Об'єм перевезень, помножений на відстань, називається вантажо- або пасажирообігом, що вимірюється у тонно-кілометрах або пасажиро-кілометрах.

Індекси обсягу перевезень вантажів за видами транспорту представлені у таблиці. В Україні присутні всі види транспорту, загальний обсяг перевезень складає близько 500 млрд. тонно-кілометрів. Питома вага автомобільного та

повітряного транспорту в пасажирообігу значно зросла, а також зросла роль водного транспорту.

Особливості розвитку окремих галузей транспортного комплексу в значній мірі визначають зміни в транспорті. Залізничний транспорт має свої переваги, оскільки може бути прокладений у будь-якому напрямку та забезпечувати швидкий та регулярний рух без залежності від пори року. Україна має розвинену залізничну мережу, що займає перше місце за вантажообігом (29%) та друге місце за пасажирообігом (75%). Загальна довжина залізничних магістралей загального користування становить близько 23 тис. км. Перша залізниця, яка з'єднала Львів і Перемишль, була побудована у 1861 році. У 1865 році була прокладена залізниця Одеса – Балта, яка пізніше була продовжена до Кременчука. До 1913 року загальна довжина залізничних магістралей становила близько 16 тис. км [34].

Починаючи з 1930-х років, залізниці України електрифікували, і зараз третина з них є електрифікованою. Середня густина залізничних шляхів в Україні становить 38 км на 1000 км<sup>2</sup>, а в Донбасі – 52 км на 1000 км<sup>2</sup>. У південних регіонах країни ця густина становить 27 км на 1000 км<sup>2</sup>. Залізничний транспорт характеризується масовістю і порівняно низькою собівартістю перевезень. Проте його недоліками є низька маневреність, необхідність додаткових робіт для довозення вантажів іншими видами транспорту, а також висока вартість будівництва залізниць. Автомобільний транспорт має високу маневреність, що робить його корисним для коротких відстаней. Трубопровідний транспорт використовується для перевезення рідких і газоподібних вантажів і має найнижчу собівартість перевезень.

Морський транспорт характеризується низькою собівартістю перевезень. Його недоліками є невисока швидкість пересування та залежність від умов плавання. Можна виділити два види морського транспорту: каботажний та закордонний. Каботаж передбачає плавання між портами однієї країни. Річковий транспорт вимагає незначних витрат на впорядкування природних шляхів, але є сезонним і маршрути не завжди відповідають потребам.

Повітряний транспорт має перевагу у високій швидкості перевезень, але недоліком є висока вартість, тому він застосовується переважно для пасажирських перевезень.

Транспортна система країни складається з взаємопов'язаних видів транспорту, які задовольняють потреби господарства та населення в перевезенні вантажів та пасажирів. Вона включає лінійні елементи (шляхи сполучення всіх видів транспорту), точкові елементи (пункти зосередження вантажно-розвантажувальних робіт), рухомий склад (автомобілі, тепловози тощо) та службу перевезень. Точкові елементи включають транспортні пункти (залізничні станції, річкові пристані, річкові та морські порти, автостанції, аеропорти) та транспортні вузли (місця перетину різних чи однакових транспортних шляхів).

У формуванні транспортної системи відіграють важливу роль різноманітні фактори, включаючи соціально-економічні, природні, історичні та інші. Розвиток господарського комплексу і спеціалізація території визначають галузевий склад транспорту та густоту транспортних шляхів. Крім того, транспортна система залежить від економіко-географічного положення району, якщо він є центральним в країні або прикордонним.

Густота населення, людність населених пунктів та маятникові міграції також відіграють важливу роль у формуванні транспортної системи. Природні фактори, такі як рельєф і клімат, мають значний вплив на транспортну систему, зокрема на авіаційний транспорт, який є особливо залежним від клімату. З розвитком науково-технічного прогресу вплив природних умов поступово зменшується [34].

Комплексна програма транспортної політики держави включає різноманітні заходи, спрямовані на модернізацію технічного обладнання та адаптацію до ринкових умов господарювання транспортно-дорожнього комплексу (ТДК). Вона також передбачає інституціональні перетворення у сфері власності, економічних відносин, управління, інтеграції до європейської та світової транспортних систем, кадрової та соціальної політики, економічної безпеки держави та інше. За останні роки темпи зростання транснаціональних

транспортних потоків значно збільшилися внаслідок тенденцій глобалізації економіки. Особливо активно це стосується напрямків, що пов'язують Західну Європу з Східною, країнами Азіатського континенту, Тихоокеанського басейну та Африки. Саме це визначає стратегічний напрямок розвитку транс'європейських комунікацій та транспортну політику багатьох країн Європи та ЄС.

## **2.2 Оцінка впливу автотранспорту на стан атмосферного повітря**

Кожен рік в Україні стан навколишнього середовища погіршується. Проблеми, такі як зміна клімату, погіршення якості повітря, води та ґрунту, стають глобальними проблемами країни.

Автомобільний транспорт значно впливає на забруднення навколишнього середовища. Наразі, більше половини усіх шкідливих викидів, що є головним джерелом забруднення атмосфери, припадає на автомобільний транспорт, особливо у великих містах. Кожен автомобіль, що проїжджає середньо 15 тисяч кілометрів за рік, спалює 2 тони палива та близько 26-30 тон повітря, у тому числі 4,5 тон кисню, що в 50 разів більше, ніж потребує людина. Це призводить до викидів 700 кг чадного газу, 40 кг діоксиду азоту, 230 кг незгорілих вуглеводнів та 2-5 кг твердих речовин в атмосферу.

Забруднення довкілля автотранспортом здійснюється за трьома шляхами: викидами шкідливих речовин з відпрацьованими газами, витоками палива в результаті його випарування з паливних баків та карбюраторів, а також за рахунок прориву газів з картера двигуна. Перший спосіб становить більше 2/3 усіх шкідливих викидів автомобілів в атмосферу.

Відпрацьовані гази автотранспортних засобів містять багато компонентів, зокрема, азот, кисень, водяні пари та вуглекислий газ, які не є токсичними. Однак, нараховується приблизно 200 шкідливих речовин, більшість з яких небезпечні для здоров'я людини. Токсичними компонентами є оксиди вуглецю, оксиди азоту, альдегіди, вуглеводні, сірчистий газ, сажа, бензапірен та інші.

У забрудненні ґрунту найбільшою роллю відіграють метали та їх сполуки. Забруднення свинцем є одним з основних видів масштабного забруднення ґрунту. Свинець використовують як добавку до бензину, тому автотранспорт є важливим джерелом свинцевого забруднення [33].

Транспортні відходи негативно впливають на якість водних ресурсів, проявляючись в зміні їх фізичних та хімічних властивостей, таких як порушення прозорості, забарвлення, запаху та смаку, збільшення вмісту сульфатів, хлоридів, нітратів, токсичних важких металів, зменшення кількості розчиненого у питній воді кисню та поява радіоактивних елементів. Україна має густу транспортну мережу, яка активно використовується в містах, і негативний вплив її на довкілля є значним. Основні причини такого забруднення полягають у застарілих конструкціях двигунів, використанні бензину замість менш токсичних речовин, таких як газ, та поганій організації руху, зокрема на перехрестях міст.

При аналізуванні даних про забруднення повітряного басейну України, було виявлено невелике збільшення кількості забруднюючих речовин, які викидаються стаціонарними джерелами в атмосферне повітря. У 2017 році, обсяг викидів становив 9,27 тис. т, що на 103,2% більше, ніж у попередньому році. Протягом останніх 5 років, державні статистичні спостереження показали, що пересувні джерела викидають у повітря України близько 68 тис. т забруднюючих речовин щорічно, що становить 88% від загального обсягу викидів.

Для поліпшення екологічного стану навколишнього середовища, серед термінових заходів можна відзначити наступні:

- Встановлення максимальної швидкості *50-60 км/год* для автомобільного транспорту у містах, коли кількість вихлопних газів є найменшою;
- Проектування об'їзних шляхів для транзитного транспорту;
- Створення дорожніх розв'язок на двох або трьох рівнях для зменшення кількості зупинок перед світлофорами, що сприяє різкому зростанню викидів газів;

- Оснащення нових автомобілів ефективними системами і пристроями для зниження викидів (каталітична нейтралізація, автоматичний запуск і прогрівання, системи уловлювання парів пального);

- Збільшення кількості автомобілів та автобусів, що працюють на газоподібному паливі;

- Припинення виробництва та використання етилового бензину, палива та мастил, які підвищують негативний вплив двигунів внутрішнього згорання на навколишнє природне середовище;

- Розроблення та використання нових типів двигунів внутрішнього згорання з покращеними економічними характеристиками;

- Розроблення нових видів екологічно чистого автотранспорту з використанням альтернативних джерел енергії.

Для зменшення викидів від пересувних джерел необхідно зупинити експлуатацію застарілих автомобілів, використання палива високої якості та покращення стану доріг [45].

На сьогоднішній день багато країн світу встановили жорсткі екологічні вимоги ЄВРО щодо викидів шкідливих речовин в атмосферу від транспортних засобів. За результатами звітів, з 1993 по 1999 рік кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів за кордоном зменшилась майже в 3 рази, а за останні 40 років вміст токсичних компонентів знизився на 70%.

Європейська економічна комісія (ЄЕК) ООН вперше встановила стандарти «Євро» в 1993 році. Система екологічних норм токсичності відпрацьованих газів двигунів транспортних засобів «Євро» контролює рівень токсичності відпрацьованих газів автомобільних двигунів та встановлює норми токсичності для автомобілів та іншої техніки в країнах ЄС. Стандарти «Євро-1» встановили граничний вміст викидів оксидів вуглецю та загальних викидів незгорілих вуглеводнів та оксидів азоту, а також встановили норми вмісту сажі для дизельних двигунів.

Встановлення норми «Євро-2», яка збільшила вимоги до викидів в атмосферу на 1,5 рази, змусило виробників переходити на бензинові двигуни з

системами впорскування палива та каталітичними нейтралізаторами. Автомобілі, які обладнані карбюраторними двигунами та інжекторними без каталізатора, не відповідають вимогам «Євро-2». Положення «Євро-2» не тільки регулюють токсичність викидів після згорання палива, але й контролюють склад повітряного середовища навколо автомобіля. Для забезпечення цього, передбачена відповідна система збору парів бензину та екологічні сертифікати відповідності [46].

Норми «Євро-3», на відміну від «Євро-2», окремо встановили екологічні параметри холодного запуску, тому перевірку вихлопу починають проводити з температури  $-7^{\circ}\text{C}$ . Для забезпечення швидкого досягнення каталізатором необхідної робочої температури, його монтували якомога ближче до двигуна. За нормами «Євро-3» автомобілі мають бути обладнані бортовими діагностичними системами для контролю токсичності вихлопних газів. Якщо система несправна або погіршується її робота, то водій має бути повідомлений про це, оскільки це може призвести до підвищення токсичності вихлопних газів понад допустиму межу.

«Євро-5» є одним з екологічних стандартів, який регулює викиди транспортної техніки з метою зменшення забруднення навколишнього середовища. Він був запроваджений у 2008 році для вантажних і спеціальних транспортних засобів та у 2009 році для легкових автомобілів. У країнах СНД стандарт «Євро-5» почав діяти з початку 2014 року та охоплює всі види автомобілів.

У порівнянні з попередніми стандартами, «Євро-5» має нові критерії для відбору автомобілів, що відповідають його вимогам. Серед них можна виділити наявність систем, які зменшують викиди, а також можливість переобладнання двигуна або його пробіг до підстандартів «Євро-5». Починаючи з дня введення «Євро-5», всі автомобілі, які були випущені після 2009 року, повинні бути перевірені на відповідність цьому стандарту, навіть якщо вони вже отримали сертифікат відповідності попередніх версій Євро.



У світі, щорічно, в автомобільних двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ) спалюється близько 2 млрд тон нафтового палива, при цьому середній ККД становить приблизно 23%. Неповне та нерівномірне згорання палива є головною причиною забруднення повітря. Тільки 15% використовується на рух автомобіля, а 85% викидається в атмосферу.

Отже, автотранспорт, як і раніше є найбільшим забруднювачем атмосферного повітря в Україні. Слід зазначити, що в умовах переходу до ринкової економіки необхідність постійного збільшення автотранспортних перевезень обумовила зростання до 50–80 % внеску відпрацьованих газів у забруднення атмосферного повітря великих міст області, а відтак – і збільшення ризику для здоров'я населення.

Для зменшення негативного впливу складових частин транспортних комплексів на навколишнє природне середовище в Україні перш за все необхідно:

- 1) Впровадити жорсткий контроль за дотриманням допустимих норм викидів в атмосферне повітря.
- 2) Встановити контроль за дотриманням екологічних норм при побудові та експлуатації транспортної інфраструктури.
- 3) Проводити постійний контроль за технічним станом автомобілів.
- 4) Вдосконалити конструкції паливної системи двигуна.
- 5) Використовувати більш якісні паливно-мастильні речовини, що мають меншу концентрацію домішок.

Вирішення екологічних проблем – це комплекс заходів, спрямованих на зниження токсичності автотранспорту. Реалізація багатьох з них в цивілізованих країнах значно поліпшить екологічну обстановку [44].

### **2.3 Технічні методи зі зменшення негативного екологічного впливу автотранспорту**

Сучасне суспільство стикається з ростом екологічного навантаження на навколишнє середовище, що є результатом викидів промислових підприємств та

використання автомобілів з двигунами внутрішнього згорання. Проблема ця займає важливе місце в розв'язанні екологічних проблем, оскільки викиди транспорту забруднюють повітря, погіршують стан навколишнього середовища і негативно впливають на здоров'я людей, спричиняючи різноманітні захворювання, серцево-судинні проблеми, проблеми з дихальними шляхами та інші негативні наслідки.

Автомобілізація є необхідною складовою розвитку сучасного суспільства. Автотранспорт відіграє важливу роль у національній економіці нашої країни, і його прогрес в значній мірі визначає успіхи інших галузей. Проте, зростання урбанізації і збільшення кількості автомобілів з ДВЗ призводить до значного забруднення повітряного басейну, особливо в густонаселених районах.

Охорона навколишнього середовища є важливим національним завданням у нашій країні. Особливо в містах, де концентрація транспортних засобів є найвищою, автомобільний транспорт виступає одним з основних джерел забруднення. Тому зменшення шкідливих викидів, які породжують автомобілі, є актуальною національно-економічною і соціальною проблемою. Таким чином, питання ефективного використання автотранспорту та способів зменшення його негативного впливу на навколишнє середовище і людей залишаються відкритими [5].

Для забезпечення згорання палива в теплових двигунах використовується значна кількість кисню. Проте згорання палива майже ніколи не є повністю ефективним, що призводить до забруднення повітря залишками золи, сажі та іншими шкідливими речовинами. Енергетичні установки розсіюють у атмосферу щорічно великі обсяги золи (230-290 млн м<sup>3</sup>), оксиду сірки (60 млн м<sup>3</sup>), оксиду вуглецю (400 млн т), а також хлору, фтору, свинцю, ртуті та інших шкідливих речовин. Наші дослідження показали, що викиди дизельних двигунів містять значно більше забруднювачів, ніж викиди бензинових двигунів, зокрема сажі. Це свідчить про те, що використання дизельних двигунів є більш екологічно прийнятною альтернативою порівняно з бензиновими двигунами. Під час роботи внутрішнього згорання в автомобільних двигунах основними джерелами викидів

шкідливих речовин є відпрацьовані гази, картерні гази та випаровування з системи живлення.

Один із основних джерел забруднення є відпрацьовані гази, які мають складний хімічний склад. Вони містять понад 1000 різних шкідливих речовин, з яких близько 200 були ідентифіковані і вивчені. Серед них основними є оксид вуглецю (CO), вуглеводні (загальна формула  $C_mH_n$ ), оксиди азоту (загальна формула  $NO_x$ ), альдегіди (загальна формула  $RCHO$ ), сполуки сірки (наприклад, двооксид сірки  $SO_2$ ), тверді частки (сажа – C), канцерогенні сполуки, такі як складні ароматичні поліциклічні вуглеводні (зокрема бенз(а)пірен –  $C_{20}H_{12}$ ), та сполуки свинцю ( $PbO_4$ ).

Ці речовини мають серйозні наслідки для здоров'я. Наприклад, оксид вуглецю порушує процеси газообміну в організмі. Концентрація CO в повітрі на рівні 0,01% протягом більше однієї години може спричинити головний біль, погіршення реакції та зниження працездатності. Вищі рівні концентрації та тривале вдихання можуть призвести до серцево-судинних захворювань, атеросклерозу, ураження центральної нервової системи, інфаркту міокарда та розвитку захворювань дихальної системи.

Олефінові ароматичні вуглеводні, особливо ненасичені вуглеводні етилового ряду, є найбільш загрозливими серед вуглеводневих сполук. Ці сполуки мають характерний вплив на центральну нервову систему людини. Крім того, вони спричиняють виникнення серцево-судинних захворювань, аритмії серця, порушення шлунково-кишкового тракту та зміни в складі крові.

На основі численних досліджень встановлено, що один з вуглеводнів, а саме етилен, має негативний вплив на рослини, проявляючись у симптомах раннього старіння, хронічних ураженнях, відмиранні клітин і плодів, а також зупинці росту.

Альдегіди, які потрапляють в атмосферу разом з відпрацьованими газами, включають формальдегід і акролеїн. Ці речовини негативно впливають на органи дихання та слизові оболонки [7].

Сажа, як і канцерогенні речовини, також є проблемою. Частинки сажі залишаються в легенях, викликаючи алергічні реакції. Сажа також адсорбує на своїй поверхні значну кількість вуглеводневих сполук, зокрема поліциклічних ароматичних вуглеводнів. Серед них найнебезпечнішим є бенз(а)пірен, здатний спричинити розвиток ракових пухлин, зокрема раку легенів.

Оксиди азоту, такі як NO і NO<sub>2</sub>, можуть проникати глибоко в легені і спричиняти пошкодження їх тканин. При високій концентрації цих речовин можуть виникати хронічні респіраторні захворювання, а навіть смертельні випадки. Тривалий вплив NO<sub>2</sub> може призводити до хлорозу рослин, тобто передчасного старіння.

Сполуки сірки також мають свою шкідливу дію. Сірчистий газ SO<sub>2</sub> є основним токсичним продуктом сіркових сполук, які потрапляють у атмосферу разом з відпрацьованими газами. Він впливає на органи дихання, змінює склад крові, погіршує імунітет і порушує білковий обмін в організмі. Висока концентрація SO<sub>2</sub> в атмосфері спричиняє гострий бронхіт, задишку і може призвести до смерті внаслідок спазму горла. Сполуки сірки, такі як SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> і H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, завдають значної шкоди лісовому і сільському господарствам, оскільки вони окислюють ґрунт і підвищують вразливість рослин до захворювань. Крім того, ці речовини є основними компонентами смогу та «кислотних» дощів [7].

Присутність сполук свинцю у повітрі переважно пов'язана з відпрацьованими газами, які утворюються від бензинових двигунів, що працюють на етилованому бензині. Під час спалювання етилової рідини в камерах згоряння двигунів утворюються неорганічні сполуки, такі як оксиди і солі, які викидаються в атмосферу у вигляді аерозолей. Ці частки розповсюджуються у навколишньому середовищі і значна їх кількість осідає на землі неподалік від автомобільних доріг. Людина потрапляє у контакт з цими аерозолями шляхом дихання, крізь шкіру та через харчування. Вони спричиняють порушення функцій органів травлення, нервово-м'язової системи і мозку.

Варто зауважити, що шкідливий вплив транспорту на довкілля не обмежується лише викидами різних сполук в атмосферу. Існує широкий спектр цих впливів, а також способів зменшення їх негативного впливу, який можна узагальнити в наступній послідовності.

Викид автотранспорту мають істотний вплив на екосистеми. Наслідки впливу викидів автотранспорту на екосистеми:

- забруднення атмосфери, водних об'єктів і земель, зміна хімічного складу ґрунтів;
- виділення теплоти в довкілля під час роботи ДВЗ і установок, в яких спалюють паливо в транспортних виробництвах;
- створення високих рівнів шуму і вібрації;
- можливості активації несприятливих природних процесів, таких як: водна ерозія, заболочення місцевості, утворення сольових потоків, зсувів і обвалів;
- зростання захворювань людей, тварин, заподіяння великих матеріальних збитків на природні екосистеми;
- порушення ґрунтово-рослинного покриву і зменшення врожайності сільськогосподарських культур.

Серед невідкладних заходів щодо покращення екологічного стану навколишнього середовища доцільно виділити такі:

- встановлення в містах швидкості автомобільного транспорту 60 км/год, за якої кількість вихлопних газів найменша;
- проектування об'їзних шляхів для транзитного транспорту;
- створення дорожніх розв'язок на двох чи трьох рівнях з метою зменшення кількості зупинок перед світлофорами, коли різко зростає викид газів;
- оснащення нових автомобілів ефективними системами і пристроями зниження викидів (каталітична нейтралізація, автомати пуску і прогрівання, системи уловлювання пари пального);
- збільшення парку автомобілів і автобусів, які працюють на газоподібному пальному;

- припинення випуску і використання етилового бензину, виробництво пального та мастил, які збільшують негативний вплив двигунів внутрішнього згорання на навколишнє природне середовище;

- розроблення та впровадження нових типів двигунів внутрішнього згорання з підвищеними економічними характеристиками;

- розроблення нових видів екологічно чистого автотранспорту з використанням альтернативних джерел енергії.

Відповідно до проведених нами досліджень з метою зменшення негативного впливу на довкілля необхідно:

- забезпечити пріоритетність розвитку у великих містах України пасажирського транспорту загального користування на електротязі з послідовним скороченням автобусного сполучення;

- забезпечити жорсткіші екологічні нормативи щодо конструкції нових моделей автомобілів та двигунів;

- розробити та впровадити систему сертифікації автомобілів та двигунів щодо вимог екологічної безпеки і контролю за їх відповідністю сертифікатам;

- розробити комплекс технологій, методик та технічних засобів для оцінки еко-логічної безпеки автомобілів під час їх експлуатації;

- розробити комплекс технологій і технічних засобів для оцінки та захисту довкілля від забруднення у виробничих зонах автопідприємств;

- залучати громадськість, зокрема молодь, до вирішення такого роду екологічних проблем [10].

Отже, під час роботи внутрішнього згорання автомобільних двигунів, більше 1000 шкідливих речовин виділяється, що має негативний вплив на людей та навколишнє середовище. Викиди від дизельних двигунів внутрішнього згорання, порівняно з бензиновими, менш шкідливі. Для зменшення негативного впливу автотранспорту, необхідно вживати заходи, включаючи перехід на альтернативні види палива, такі як сонячна енергія та електроенергія. Для вирішення екологічних проблем, пов'язаних з автотранспортом, важливо встановлювати більш жорсткі екологічні стандарти для нових моделей

автомобілів та двигунів, а також залучати громадськість, зокрема молодь, до вирішення цього питання.

#### **2.4 Озеленення житлової зони, як рішення для захисту від автомобільних вихлопів**

Озеленення житлової зони є одним з найефективніших рішень для захисту від автомобільних вихлопів і сприяє покращенню якості життя в міських середовищах. Завдяки зеленим насадженням та деревам, можна досягти значного зменшення шкідливих впливів від автотранспорту на здоров'я людей і навколишнє середовище. Одним з основних факторів, що призводять до забруднення повітря в міських районах, є автомобільні вихлопні гази. Ці гази містять шкідливі речовини, такі як вуглекислий газ, оксиди азоту та інші токсичні сполуки, які негативно впливають на здоров'я людей і спричиняють забруднення атмосфери. Шум від автомобілів також створює проблеми для жителів міських районів, що може призводити до стресу та порушення сну.

Озеленення житлової зони має декілька переваг у контексті захисту від автомобільних вихлопів. По-перше, дерева та рослини є природними фільтрами, які можуть поглинати та знижувати рівень шкідливих речовин у повітрі. Це стосується як вуглекислого газу, так і інших забруднюючих речовин. Вони абсорбують CO<sub>2</sub> та інші шкідливі викиди, і тим самим сприяють зменшенню впливу парникових газів на клімат [11].

По-друге, зелені насадження можуть допомогти знизити рівень шуму в міських районах. Дерева та рослини добре поглинають звук і допомагають створювати природну бар'єрну зону, що зменшує проникнення шуму до житлових приміщень. Це особливо важливо для тих, хто проживає біля шумних автомобільних трас або перехрестів. Крім того, озеленення житлової зони має позитивний вплив на психологічний стан людей. Природне середовище, зелені насадження та дерева створюють приємну атмосферу, знижують рівень стресу та поліпшують настрій. Вони сприяють відчуттю спокою, забезпечують місце для

відпочинку та рекреації, а також сприяють соціальній взаємодії між мешканцями.

Додатково, озеленення може мати позитивний вплив на клімат міського середовища. Деревина надають природну тінь, що зменшує поглинання сонячної теплоти міськими поверхнями, такими як асфальт та бетон. Це може допомогти у зниженні температури в міських районах, де часто спостерігається ефект «острова тепла». Озеленення також сприяє збереженню води, зменшує ризик повеней та покращує якість ґрунту.

Для успішного озеленення житлової зони необхідна співпраця міських органів влади, громадських організацій та мешканців. Важливо планувати розміщення зелених насаджень з урахуванням місцевих умов та інфраструктури, забезпечувати регулярний догляд та обслуговування рослин, а також підтримувати свідоме ставлення до зелених просторів серед мешканців.

Отже, озеленення житлової зони є необхідним і ефективним заходом для захисту від автомобільних вихлопів. Воно сприяє створенню здорового та екологічно чистого середовища для мешканців, знижує ризик розвитку респіраторних захворювань та інших проблем зі здоров'ям, пов'язаних зі забрудненням повітря [13].

Для досягнення успіху в озелененні житлової зони, можна вжити ряд заходів. По-перше, важливо провести аналіз та оцінку потенційних зон для озеленення, враховуючи розміщення доріг, будівель та інфраструктури. Також необхідно залучити експертів, таких як ландшафтні архітектори, екологи та спеціалісти з деревообробки, для розробки оптимального плану озеленення.

По-друге, варто зосередитися на виборі відповідних рослин. Деревина, кущі та інші зелені насадження повинні бути відповідні для місцевих кліматичних умов та здатні до ефективного поглинання викидів автомобільних вихлопів. Важливо вибирати рослини, що мають густу листву та велику поверхню листків, оскільки вони можуть більше поглинати шкідливі речовини та забезпечувати кращий фільтраційний ефект.



По-третє, необхідно забезпечити належний догляд та обслуговування зелених насаджень. Регулярне поливання, годування, обрізка та догляд за рослинами допоможуть їм розвиватися і виконувати свої функції ефективніше. Також важливо враховувати особливості місцевих умов, наприклад, засаджувати рослини, що утворюють більше тіні в районах з високою температурою або зменшувати ризик повеней шляхом створення дренажної системи. Крім того, важливо активно залучати мешканців до процесу озеленення житлової зони. Організовувати спільні ініціативи та заходи, такі як садові фестивалі, загальні сходи, роботу груп добровольців тощо. Це сприятиме формуванню відповідального ставлення до зелених насаджень і залученню громадської підтримки для догляду за ними.

Озеленення житлової зони має довгострокові переваги, що виходять далеко за межі захисту від автомобільних вихлопів. Воно сприяє покращенню якості повітря, зменшенню шуму, збільшенню біорізноманіття та створенню природних оазисів у міських середовищах. Крім того, озеленені райони мають вищу цінність нерухомості і створюють привабливіше та затишніше оточення для мешканців.

Отже, озеленення житлової зони виступає як потужний інструмент для захисту від автомобільних вихлопів. Воно забезпечує не тільки фізичний бар'єр між джерелом забруднення та житловими приміщеннями, але й впливає на покращення якості повітря, зменшення шуму та поліпшення загального благополуччя мешканців. Реалізація цього підходу вимагає спільних зусиль влади, громадських організацій та громади, але її переваги далеко переважають затрати, роблячи міста більш здоровими та стійкими до змін клімату [17].

Озеленення житлової зони також сприяє покращенню естетичного вигляду міських районів. Велика кількість дерев, квітів та рослинних клумб робить оточення більш привабливим і приємним для проживання. Зелені насадження створюють природну гармонію, м'які лінії будівель та додають кольору до сірого міського пейзажу. Крім того, озеленення житлової зони сприяє створенню сприятливих умов для фізичної активності та відпочинку мешканців. Парки,

сквери та зелені зони надають місця для прогулянок, спорту, пікніків та соціальних зустрічей. Це сприяє здоровому способу життя та підвищує якість життя мешканців.

Озеленення житлової зони також має позитивний вплив на економіку міста. Зелені простори збільшують цінність нерухомості, привертають бізнеси та інвестиції, стимулюють розвиток туризму та громадських послуг. Крім того, вони знижують витрати на енергію, забезпечуючи природну тінь та охолодження, що сприяє зменшенню споживання електроенергії для кондиціонування приміщень.

Отже, озеленення житлової зони є багатогранним рішенням для захисту від автомобільних вихлопів. Воно забезпечує фізичний бар'єр, покращує якість повітря, знижує шум, підвищує естетичну привабливість міських районів, сприяє фізичній активності та економічному розвитку. Це важливий крок у напрямку створення екологічно стійких та здорових міських середовищ.

Для успішного озеленення житлової зони необхідно сприяти активній участі мешканців. Громадські організації, місцеві органи влади та житлові спілки можуть спільно організовувати кампанії та заходи, спрямовані на залучення громади до озеленення. Це можуть бути волонтерські акції з посадки дерев, створення садових грядок чи догляду за громадськими садами.

Також важливо розробити довгострокові плани озеленення та забезпечити їхню відповідну реалізацію. Це може включати встановлення нових парків, скверів та зелених просторів, а також збереження та відновлення існуючих деревних насаджень. Для цього потрібно співпрацювати з ландшафтними архітекторами, ботаніками та екологами, щоб забезпечити вибір відповідних рослин і належний догляд за ними [27].

Закріплення зелених політик і створення спеціальних правил і норм для збереження та розвитку зелених зон також має велике значення. Це може включати заборону неконтрольованого вирубування дерев, заохочення встановлення розумних систем поливу, сприяння створенню комуніті-садів та спільних садових проектів, а також встановлення місцевих стандартів щодо

розміщення зелених насаджень у нових будівлях. В цілому, озеленення житлової зони є комплексним підходом до створення здорових та стійких міських середовищ. Воно впливає на якість життя мешканців, здоров'я та екологічну стійкість. Захист від автомобільних вихлопів є лише однією з переваг озеленення житлової зони.

Озеленення житлової зони має також соціальні переваги. Воно сприяє зміцненню спільнот, покращує взаємодію між сусідами та сприяє відчуттю належності до свого місця проживання. Зелені простори створюють можливості для зустрічей, взаємодії та формування сусідських зв'язків. Вони стимулюють активність громади, сприяють розвитку культурного життя та відчуттю безпеки. Крім того, озеленення житлової зони має позитивний вплив на кліматичну стійкість міста. Рослини поглинають вуглекислий газ, зменшуючи його концентрацію в повітрі. Вони також здатні до утримання та збереження води, що сприяє регулюванню водного режиму міста і зменшує ризик повеней. Зелені насадження також можуть забезпечувати природну ізоляцію, зменшуючи потребу в енергозатратах на опалення та кондиціонування приміщень.

Отже, озеленення житлової зони є важливим кроком у покращенні якості життя мешканців, захисті від автомобільних вихлопів та підвищенні стійкості міста. Воно сприяє покращенню якості повітря, зменшенню шуму, розвитку спільнот та створенню більш екологічно стійкого та привабливого середовища. Потребує спільних зусиль в ландшафтних архітекторів, місцевих органів влади, громадських організацій та мешканців. Важливо проводити свідому інформаційну роботу серед мешканців про переваги озеленення та його вплив на здоров'я та якість життя. Це можна здійснювати шляхом організації лекцій, семінарів, виставок та інших форм масового освітнього заходів.

Для забезпечення успішного озеленення житлової зони також важливо створити сприятливі умови для розвитку рослин. Це можна досягти шляхом впровадження екологічних методів догляду, використання ґрунтових систем збереження вологи та забезпечення належного поливу рослин. Крім того, розгляд можливості встановлення елементів вертикального озеленення, таких як живі

стіни та розсадження на дахах будівель, що сприятиме максимальному використанню доступного простору для зелених насаджень.

Важливо також враховувати потреби різних соціальних груп та забезпечувати різноманітність зелених просторів. Це означає створення ігрових майданчиків для дітей, спортивних зон для активного відпочинку, а також місць для відпочинку та релаксації. Розумне планування і організація простору допоможуть задовольнити потреби всіх мешканців та зробити житлову зону комфортним місцем для всіх.

Отже, озеленення житлової зони є важливим кроком у створенні сталого та здорового міського середовища. Це вимагає співпраці всіх зацікавлених сторін та активної участі мешканців. Важливо розробити ініціативи та програми, які стимулюватимуть громадську участь у процесі озеленення житлової зони. Це можуть бути конкурси на кращий проект благоустрою, спільні садівницькі заходи, програми добровільництва та партнерства з місцевими підприємствами. Залучення мешканців до процесу планування та реалізації озеленення забезпечить більшу власність та відповідальність за оточуючий простір [38].

Також важливо забезпечити довготривалу догляд за зеленими насадженнями. Це включає регулярний полив, обрізку та видалення хворих або пошкоджених рослин. Організація програми добровольців, які будуть відповідальні за догляд за зеленими просторами, може стати ефективним рішенням.

При розробці плану озеленення необхідно враховувати місцеві особливості, такі як кліматичні умови, ґрунтовий склад та віддаленість від автомобільних трас. Це дозволить вибрати відповідні види рослин, які будуть найбільш стійкими та пристосованими до даного середовища. Врахування цих факторів також допоможе забезпечити ефективне використання водних ресурсів та мінімізувати витрати на обслуговування зелених насаджень.

Узгоджений та систематичний підхід до озеленення житлової зони має великий потенціал у створенні привабливого та здорового середовища для мешканців. Він сприятиме зменшенню автомобільних вихлопів, покращенню

якості повітря та створенню природної бар'єрної зони, що захищатиме від шуму та пилових частинок, що виділяються автомобілями.

Озеленення житлової зони може мати додаткові позитивні економічні ефекти. Зелені простори покращують естетику та привабливість місця, що може позитивно впливати на ціну нерухомості та залучення нових мешканців та бізнесів. Вони створюють привабливі місця для відпочинку, прогулянок та активного відпочинку, що сприяє розвитку місцевого туризму та громадських послуг. Озеленення житлової зони також впливає на фізичне та психічне здоров'я мешканців. Відпочинок у природному середовищі заспокоює нервову систему, зменшує стрес та втому. Зелені насадження також фільтрують повітря, знижуючи ризик респіраторних захворювань та алергічних реакцій.

Озеленення житлової зони – це довгострокова інвестиція у майбутнє, що має великий потенціал для поліпшення якості життя мешканців і створення стійкого та здорового міського середовища. Воно вимагає спільних зусиль мешканців, органів влади, громадських організацій та фахівців для розробки і реалізації відповідних стратегій та планів. Залучення громадськості, забезпечення належного догляду та створення сприятливих умов для зелених насаджень є ключовими факторами успіху в досягненні мети – створенні здорового, екологічно чистого та приємного для проживання місцевого середовища [29].

Щоб забезпечити успішне озеленення житлової зони, необхідно також звернути увагу на управління зеленими насадженнями та збереження їх довготривалої життєздатності. Регулярний моніторинг та обслуговування забезпечать вчасне виявлення проблем, таких як хвороби рослин чи шкідники, і їх вчасне лікування. Крім того, навчання місцевих жителів основам догляду за рослинами та сприяння їх активній участі у процесі догляду допоможе забезпечити тривале й успішне розвиток зелених насаджень.

Постійне оновлення та розширення зелених зон також є важливим аспектом. Планування нових зелених просторів та інтеграція їх у вже існуючу інфраструктуру сприятиме розширенню зеленого покриття, покращенню власних

здібностей екосистеми та збільшенню природної користі для місцевого населення. Необхідно також підтримувати постійну взаємодію та спілкування між різними сторонами, що займаються озелененням житлової зони. Це стосується співпраці між мешканцями, органами влади, експертами з озеленення та екологами. Обмін ідеями, досвідом та кращими практиками допоможе вдосконалювати підходи до озеленення та розробляти більш ефективні стратегії.

Отже, озеленення житлової зони є необхідним та важливим рішенням для захисту від автомобільних вихлопів та створення здорового та приємного середовища. Це комплексний процес, який вимагає спільних зусиль і залучення всіх зацікавлених сторін. Озеленення житлової зони може бути досягнуто шляхом впровадження наступних заходів:

1) Аналіз та планування: Перед початком проекту необхідно провести детальний аналіз діючого стану житлової зони, визначити потенційні місця для озеленення та встановити цілі проекту. На цьому етапі важливо врахувати ландшафтні особливості, кліматичні умови та потреби мешканців.

2) Вибір відповідних рослин: Після аналізу потрібно вибрати рослини, які будуть найбільш підходити для конкретної житлової зони. Варто звернути увагу на їхню стійкість до забруднення повітря, здатність поглинати CO<sub>2</sub> та інші шкідливі речовини, а також забезпечення різноманітності рослинного складу.

3) Створення зелених насаджень: Після вибору рослин необхідно провести процес висадки та розташування зелених насаджень в житловій зоні. Рекомендується створювати різні типи зелених просторів, такі як дерева, кущі, газони та квіткові клумби, щоб забезпечити більшу багатоманітність рослин.

4) Догляд та обслуговування: Після створення зелених насаджень необхідно забезпечити регулярний догляд за ними. Це включає полив, обрізку, добрива та видалення сухих або хворих рослин. Забезпечення систематичного догляду допоможе зберегти здоров'я рослин, підтримувати їх здоров'я та забезпечити їх тривале і стійке зростання.

5) Системи збереження води: Важливим аспектом озеленення житлової зони є раціональне використання води. Встановлення систем збереження води,

таких як дощоприймальні басейни, системи збирання дощової води та мульчування, допоможе ефективно використовувати водні ресурси та зменшити споживання води для поливу.

6) Екологічне управління відходами: Розробка ефективної системи управління відходами є необхідною складовою озеленення житлової зони. Запровадження сортування та переробки відходів, компостування зелених відходів та використання стічних вод для поливу допоможуть знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

7) Освіта та свідомість: Посилення свідомості серед мешканців щодо важливості озеленення та його переваг важливе для створення стійкої та підтримуваної громадської ініціативи. Організація інформаційних кампаній, семінарів та навчальних заходів сприятиме підвищенню рівня свідомості та активності мешканців.

Озеленення житлової зони являє собою важливий екологічний крок у покращенні якості життя мешканців та захисту від автомобільних вихлопів. Воно сприяє створенню здорового, екологічно чистого та зеленого середовища, підвищує естетичну привабливість місцевості, сприяє фізичному та психологічному благополуччю мешканців та сприяє розвитку спільноти. Озеленення житлової зони не тільки зменшує вплив автомобільних вихлопів, але й створює привабливе місце для прогулянок, спорту та відпочинку. Зелені насадження забезпечують натуральне затінення, що допомагає знизити температуру повітря влітку і покращує мікроклімат. Вони також здатні поглинати шум і створюють бар'єр для шкідливого гучного трафіку, що забезпечує більш комфортні умови проживання [15].

Озеленення житлової зони має також позитивний вплив на екологічний баланс. Рослини вбирають CO<sub>2</sub> та інші шкідливі речовини, випускають кисень та сприяють покращенню якості повітря. Вони також допомагають зменшити забруднення ґрунту та водойм, фільтруючи шкідливі речовини та сповільнюючи процес ерозії.

Озеленення житлової зони може стати центром активного спілкування місцевих жителів, сприяючи формуванню спільності та взаємодії. Парки, сквери та спортивні майданчики створюють можливості для зустрічей, розваг та організації заходів спільноти. Це сприяє покращенню як фізичного, так і психічного здоров'я мешканців, а також формуванню почуття приналежності до свого житлового середовища.

Підсумовуючи, озеленення житлової зони є важливим рішенням для захисту від автомобільних вихлопів та покращення якості життя мешканців. Цей процес включає аналіз, планування, вибір відповідних рослин, створення зелених насаджень, догляд та обслуговування, системи збереження води, екологічне управління відходами та освіту та свідомість мешканців. Озеленення житлової зони має багато переваг. Воно зменшує вплив автомобільних вихлопів, створює затінення, поліпшує мікроклімат, покращує якість повітря, знижує шум та сприяє екологічному балансу. Водночас, озеленені простори створюють комфортну і привабливу атмосферу для прогулянок, відпочинку та спорту, а також сприяють формуванню спільності та взаємодії мешканців.

Озеленення житлової зони вимагає спільних зусиль та залучення всіх зацікавлених сторін. Важливо, щоб місцеві органи влади, розробники, мешканці та інші зацікавлені групи співпрацювали для успішної реалізації таких проектів. Заохочення свідомого використання ресурсів, освіта та підвищення свідомості щодо важливості озеленення також відіграють важливу роль у цьому процесі. Озеленення житлової зони не лише покращує якість оточуючого середовища, але й створює привабливе та здорове місце для проживання. Це інвестиція у майбутнє, яка принесе користь не тільки сьогodнішнім мешканцям, але і майбутнім поколінням. Зелені простори сприяють збереженню біорізноманіття, здоров'ю та екологічній стійкості місцевості [17].

Озеленення житлової зони може стати символом зміни, кроком до сталого розвитку та зеленого міста. Воно сприяє покращенню якісного життя мешканців, забезпечуючи здорове та приємне оточення для всіх. Крім того, зелені насадження створюють можливості для розвитку екологічних ініціатив та



співпраці з місцевими органами влади та громадськістю. Процес озеленення житлової зони може бути поступовим і вимагати часу, ресурсів та зусиль. Проте його переваги і довгострокові користі виправдовують інвестиції та затрати. Озеленення створює природні бар'єри для забруднення, сприяє зниженню рівня шуму та стресу, а також підвищує якість повітря, що має позитивний вплив на здоров'я та самопочуття мешканців.

Отже, озеленення житлової зони є необхідним рішенням для захисту від автомобільних вихлопів та покращення якості життя. Воно забезпечує створення зелених, здорових та екологічно чистих середовищ, сприяє збереженню природи та формуванню сталої та підтримуваної громадської ініціативи. Озеленення житлової зони відкриває шлях до сталого та екологічно освіченого майбутнього, де люди і природа співіснують у гармонії. Цей процес вимагає спільних зусиль мешканців, місцевих органів влади, архітекторів та експертів з екології, але варто пам'ятати, що його результати будуть користуватися популярністю та підтримкою всієї спільноти. Одним зі способів підтримки озеленення житлової зони є розвиток програм та ініціатив, спрямованих на посадку дерев, кущів та квітів, які відповідають місцевим кліматичним умовам та естетичним вимогам. Додатково можна залучати волонтерів для догляду за зеленими насадженнями, організовувати спеціальні заходи та фестивалі, спрямовані на підтримку та впровадження екологічних ініціатив [23].

Підтримка озеленення житлової зони також може здійснюватися шляхом впровадження спеціальних правил та норм, які стимулюють розміщення зелених насаджень у нових будівлях і реконструкціях, а також забезпечують збереження зелених зон у вже існуючих районах. Місцеві органи влади можуть надавати пільги та фінансову підтримку для впровадження таких ініціатив, що стимулюватиме мешканців до активної участі.

## **2.5 Особливості забудови для забезпечення захисту від автомобільних вихлопів**

Забудова з метою захисту від автомобільних вихлопів є важливим аспектом сучасного містобудування. Зростання автомобільного транспорту і викидів шкідливих речовин у повітря ставить перед нами завдання забезпечення комфортного та безпечного середовища для мешканців і відвідувачів міст.

Особливості забудови з метою захисту від автомобільних вихлопів включають ряд важливих факторів. Перш за все, необхідно враховувати розташування джерел викидів, основні автомобільні магістралі та вулиці з великим трафіком. Важливо планувати житлові та громадські приміщення подалі від цих джерел, щоб зменшити вплив автомобільних вихлопів на житлові райони.

Для досягнення ефективного захисту від автомобільних вихлопів, можна використовувати такі стратегії забудови:

1) Розташування зелених зон: Створення парків, скверів та інших зелених зон біля автомобільних трас може служити бар'єром для вихлопних газів. Рослини можуть затримувати деякі шкідливі речовини та сприяти очищенню повітря.

2) Встановлення шумозахисних бар'єрів: Шумозахисні стіни або звукоізоляційні екрани вздовж автомагістралей можуть знизити рівень шуму та шкідливих впливів на прилеглі території.

3) Планування вулиць та просторів: Вулиці повинні бути сплановані таким чином, щоб мінімізувати вплив автомобільних вихлопів на житлові райони. Вулиці з великим трафіком можуть бути розділені від житлових зон зеленими зонами, бар'єрами або іншими структурами, які зменшують проникнення викидів у житлові райони.

4) Приміщення для парковки: Важливо враховувати необхідність належної організації парковочних майданчиків та гаражів, щоб уникнути скупчення автомобілів з викидами вблизи житлових і громадських приміщень.

Розташування парковок на відстані від житлових зон допоможе знизити вплив автомобільних вихлопів.

5) Використання нових технологій: Розвиток екологічно чистих технологій для автотранспорту, таких як електромобілі та гібридні автомобілі, може допомогти знизити викиди шкідливих речовин. Проектування забудови має враховувати можливість зарядки електромобілів та розвитку інфраструктури для їх підтримки.

6) Сприяння громадському транспорту: Стимулювання використання громадського транспорту, такого як трамваї, автобуси та метро, може допомогти зменшити кількість автомобілів на дорогах і внаслідок цього викиди вихлопних газів. Планування забудови повинно сприяти зручному доступу до громадського транспорту та розвитку його інфраструктури.

7) Проектування відкритих просторів: Створення широких алеї, прогулянкових зон та велосипедних доріжок допоможе зменшити вплив автомобільних вихлопів на пішоходів і велосипедистів. Це сприятиме розвитку екологічно більш безпечних форми мобільності та збільшить зацікавленість у використанні громадського транспорту.

8) Використання екологічних матеріалів: При будівництві нових будівель необхідно враховувати використання екологічних матеріалів, які зменшують вплив автомобільних вихлопів. Це може включати використання енергоефективних матеріалів, таких як утеплювачі з вторинних ресурсів, а також встановлення систем вентиляції та фільтрації повітря.

9) Залучення громадськості: Важливо враховувати думку та пропозиції мешканців міста при розробці забудови. Залучення громадськості до процесу прийняття рішень допоможе виявити проблемні зони та знайти оптимальні рішення для захисту від автомобільних вихлопів.

10) Моніторинг якості повітря: Регулярний моніторинг якості повітря в місті дозволить визначити основні джерела забудов автомобільних вихлопів і встановити пріоритетні області для захисних заходів. Це може включати встановлення спеціальних датчиків на різних вулицях та в околицях

автомагістралей, а також залучення спеціалістів з екології для аналізу даних та розробки конкретних рекомендацій.

11) Сприяння альтернативним видам транспорту: Забудова має сприяти розвитку альтернативних видів транспорту, таких як велосипеди, електричні скутери, піші прогулянки тощо. Створення безпечних та зручних маршрутів для цих видів транспорту сприятиме зменшенню автомобільного трафіку і відповідно, впливу вихлопних газів.

12) Сприяння та підтримка ініціатив «зелених» будівель: Заохочення використання енергоефективних технологій, встановлення сонячних панелей, збирання дощової води та інших «зелених» рішень у будівництві сприятиме створенню більш екологічно чистого середовища і зменшенню впливу автомобільних вихлопів.

Забезпечення захисту від автомобільних вихлопів є складним завданням, що вимагає комплексного підходу та співпраці між різними зацікавленими сторонами. Ефективна забудова повинна поєднувати стратегії зменшення впливу автомобільних вихлопів з розвитком сталої транспортної інфраструктури та сприянням екологічно чистим формам мобільності. Тільки в результаті такої спільної праці ми зможемо створити міста, де якість повітря та життя мешканців будуть належні найвищим стандартам. Перед виконавцями містобудівних проєктів стоїть велика відповідальність враховувати особливості забудови з метою захисту від автомобільних вихлопів і забезпечити стале поліпшення якості середовища [19].

Окрім вищезгаданих стратегій, необхідно також враховувати постійний моніторинг та оцінку ефективності захисних заходів. Це допоможе виявити можливі проблеми, визначити їх причини та прийняти відповідні коригувальні заходи. Крім того, співпраця з виробниками автомобілів та урядовими органами може також відігравати важливу роль у зменшенні впливу автомобільних вихлопів. Стимулювання розвитку технологій низького викиду та прийняття відповідних нормативних актів щодо обмеження викидів шкідливих речовин сприятиме створенню екологічно чистих автомобільних парків.

Забезпечення захисту від автомобільних вихлопів є довгостроковим завданням, яке вимагає постійного вдосконалення та інноваційних рішень. Важливо зрозуміти, що це не є ізольованою проблемою, а складною системою, яка включає в себе різні аспекти містобудування, транспортної інфраструктури, технологій та громадської участі.

Тільки шляхом спільної праці і зусиль містобудівників, екологів, урядових органів та громадськості ми зможемо створити міста, де жителі зможуть насолоджуватися здоровим та екологічно чистим середовищем, захистити від автомобільних вихлопів. Це вимагає розробки та виконання стратегій і планів забудови, які враховують заходи для зменшення впливу автомобільних вихлопів. При цьому необхідно активно сприяти розвитку екологічно чистих видів транспорту, створювати зелені насадження та парки, використовувати спеціальні покриття доріг, сприяти електричному транспорту, обмежувати в'їзд автомобілів в центральні райони міста, популяризувати спільне використання автомобілів та активний спосіб життя [37].

Важливо також залучати громадськість до прийняття рішень та освітити їх щодо впливу автомобільних вихлопів на здоров'я та навколишнє середовище. Тільки шляхом спільної праці та свідомого вибору можемо забезпечити захист від автомобільних вихлопів та покращити якість життя в наших містах. Таким чином, враховуючи особливості забудови, використання екологічних технологій та застосування ефективних стратегій, ми можемо створити міста, де забезпечено захист від автомобільних вихлопів та де люди можуть насолоджуватися чистим повітрям та здоровим середовищем. Це є важливим кроком у збереженні природи та покращенні якості життя мешканців міст.

Забудова для забезпечення захисту від автомобільних вихлопів є невід'ємною складовою створення здорових і екологічно чистих міст. Вона передбачає використання особливих стратегій та екологічних технологій, спрямованих на зменшення впливу автомобільних вихлопів на навколишнє середовище та здоров'я мешканців. Цей процес вимагає спільної праці та співробітництва містобудівників, екологів, урядових органів та громадськості.

Розробка та виконання стратегій забудови міст повинні враховувати вплив автомобільних вихлопів і забезпечувати зручні та ефективні альтернативи транспорту.

Особливості забудови для забезпечення захисту від автомобільних вихлопів є важливою складовою створення здорових і екологічно чистих міст. Правильне розташування житлових та комерційних зон, розвиток громадського транспорту, пішохідних та велосипедних інфраструктур, а також стимулювання використання електромобілів є ключовими факторами для зменшення використання автомобілів та впливу автомобільних вихлопів. Забезпечення безпечних, зелених та екологічно сталих міст вимагає спільної праці та співробітництва між містобудівниками, екологами, урядовими органами та громадськістю. Шлях до успіху полягає у впровадженні ефективних стратегій, використанні екологічних технологій та залученні громади до прийняття екологічно свідомих рішень.

Створення міст, де забезпечено захист від автомобільних вихлопів та де люди можуть насолоджуватися чистим повітрям та здоровим середовищем, є важливим кроком у збереженні природи та покращенні якості життя мешканців. Забудова, що сприяє зменшенню автомобільного трафіку та просуває екологічно відповідальний спосіб переміщення, не лише сприяє зниженню викидів, але й сприяє створенню більш життєвого та приємного міського середовища для всіх його мешканців. Для досягнення мети створення міст, що захищені від автомобільних вихлопів, необхідна комплексна підхід до планування та забудови. Це включає аналіз і оцінку потенційних джерел вихлопів, вибір оптимальних місць для розташування житлових, комерційних та інших функціональних зон, а також розробку і реалізацію ефективних транспортних систем [38].

Потрібно враховувати такі фактори, як розташування автомагістралей та промислових зон, густина забудови, доступність громадського транспорту, розвиток інфраструктури для велосипедистів та пішоходів, а також збільшення зелених зон і парків у місті. Інтеграція цих елементів у планування міста може

сприяти зменшенню автомобільного руху, покращенню якості повітря та створенню більш комфортних умов для проживання мешканців. Крім того, необхідно активно співпрацювати з автовиробниками та іншими зацікавленими сторонами для стимулювання розвитку екологічних автомобільних технологій, включаючи електромобілі та гібридні автомобілі з низьким рівнем викидів. Впровадження таких автомобілів у міському середовищі може допомогти значно знизити шкідливі викиди та покращити якість повітря.

В цілому, забезпечення захисту від автомобільних вихлопів вимагає глобальної свідомості та колективних зусиль. Лише шляхом спільної роботи містобудівників, екологів, урядових органів та громадськості ми зможемо досягти значного прогресу в створенні міст, що захищені від автомобільних вихлопів. Необхідно сприяти свідомому містобудуванню, враховуючи екологічні аспекти в процесі планування та розвитку міських територій.

Продуктивна співпраця між різними зацікавленими сторонами є ключовим елементом. Містобудівники повинні враховувати дослідження в галузі екології та здоров'я, щоб визначити оптимальні місця для розташування житлових, комерційних та промислових зон. Екологи мають сприяти аналізу впливу автомобільних вихлопів на довкілля та пропонувати стратегії їх зменшення. Урядові органи повинні встановлювати ефективні нормативи та регуляції, що сприятимуть створенню екологічно чистих міст. Громадськість в свою чергу має активно залучатися до діалогу та підтримувати ініціативи, спрямовані на забезпечення сталого розвитку міст [39].

Особливості забудови для забезпечення захисту від автомобільних вихлопів включають такі аспекти, як розташування житлових районів, робочих місць та сервісних пунктів, розвиток громадського транспорту, інфраструктура для електромобілів та велосипедистів. Враховуючи ці особливості, ми можемо створити міста, де забезпечено захист від автомобільних вихлопів та забезпечити здорове та екологічно чисте середовище для мешканців. Зрозуміння важливості зменшення автомобільного трафіку та забезпечення захисту від автомобільних вихлопів стає все більшою проблемою у сучасному світі. Автомобілі сприяють

забрудненню повітря, викликаючи серйозні проблеми для здоров'я людей та навколишнього середовища. Тому необхідно вживати невідкладних заходів для мінімізації їх впливу на наше оточення.

Одним із способів забезпечення захисту від автомобільних вихлопів є використання екологічно збалансованого підходу до забудови міст. Це означає пріоритет розвитку громадського транспорту, створення велосипедних та пішохідних зон, а також розміщення житлових районів поруч з робочими місцями та сервісними закладами. Така організація простору сприятиме зменшенню автомобільного трафіку, що в свою чергу знизить рівень вихлопних газів і поліпшить якість повітря. Крім того, використання екологічних технологій у будівництві також впливає на зменшення автомобільних вихлопів. Це може включати встановлення ефективних систем вентиляції та очищення повітря в будівлях, впровадження енергоефективних рішень та використання відновлюваних джерел енергії. Такі заходи допомагають знизити споживання енергії і викиди шкідливих речовин у повітря.

Захист житлових зон від автомобільних вихлопів може бути здійснений за допомогою різних технічних рішень. Ось розрахунки до варіантів поданих у дипломній роботі:

1) *Установка бар'єрів із зеленими насадженнями.* Їхній вплив дослідимо за формулою (2.1).

$$N_d = \frac{S_H}{p_H} \times N_H \quad (2.1)$$

де  $N_d$  - кількість дерев,  $N_H$  - площа району;

$S_H$  - площа насаджень;

$p_H$  – щільність насаджень.

Об'єктом дослідження був взятий Дніпровський район, місто Дніпро, де категорія якості повітря наразі становить IV, що свідчить про вміст у повітрі забруднюючих речовин, які становлять небезпеку при довготривалому впливі.



Усі категорії житлових зон можуть відчувати загострення рефлекторних реакцій та мати наслідки для здоров'я при довготривалому впливі. При такій ситуації мають діяти спеціальні обмеження, застереження та рекомендації для тривалості діяльності, відпочинку або інших активностей на відкритому повітрі.

Щоб запобігти викиду забруднюючих речовин автотранспорту у житлових зонах, спочатку ознайомимося з початковими показниками забрудненості в районі:

- озон (O<sub>3</sub>) становить - 396,5 мкг/м<sup>3</sup>;
- тверді частинки (PM) - PM<sub>1.0</sub> станове 20,5 мкг/м<sup>3</sup>, PM<sub>2.5</sub> станове 23,3 мкг/м<sup>3</sup>, PM<sub>10</sub> станове 25 мкг/м<sup>3</sup>;
- оксид вуглецю (або чадний газ, CO<sub>2</sub>) – 575,8 мкг/м<sup>3</sup> [48].

Припустимо, що маємо площу насаджень у Дніпровському районі рівну 5605,6 м<sup>2</sup>, а мета є засадити дерева з щільністю 560 дерев/2200 м<sup>2</sup>. Тоді кількість дерев буде:

$$N_d = \frac{560}{2200} \times 5605,6 = 1401 \text{ дерево}$$

Відомо, що одне дерево вдень поглинає приблизно 12,5 мкг/м<sup>3</sup>, тоді як 1401 дерев за день будуть поглинати 17 512,5 мкг/м<sup>3</sup> хімічних викидів у житловій зоні, а це на 16 489,4 мкг/м<sup>3</sup> більше ніж викидається у повітря хімічних сполук.

У висновку можна сказати, що при зелених насадженнях у Дніпровському районі, дерева кількістю 1401 шт., правильно розташованих, поглинають та очищають повітря в 16 раз більше, а ніж викидається шкідливих газів у повітря. Тому цей метод є ефективний, бо дерева поглинають викиди, приглушують хімічний шум та виділяють вологу у теплий період часу.

2) *Встановлення екранів або шумозахисних стін.* У місті Дніпро рівень шуму становить подекуди 90 дБ, хоча нормою прийнято вважати 85 дБ. За допомогою формули (2.2) розрахуємо ефективність встановлення шумозахисних екранів:

$$A_{\text{ешк}} = 10 \times \log_{10} \left( 1 + \left( \frac{S_{\text{шк}}}{S_{\text{дш}}} \right) \right) \quad (2.2)$$

де  $A_{\text{ешк}}$  - акустична ефективність шумозахисної конструкції;

$S_{\text{шк}}$  - повна площа шумозахисної конструкції

$S_{\text{дш}}$  - площа джерела шуму.

Припустимо, що маємо шумозахисну стіну з повною площею 480 м<sup>2</sup>, а площа джерела шуму становить 197,6 м<sup>2</sup>. Тоді акустична ефективність буде:

$$A_e = 10 \times \log_{10} \left( 1 + \left( \frac{480}{197,6} \right) \right) = 10 \log_{10} \left( \frac{847}{247} \right) \approx 5,35 \text{ дБ}$$

Після проведення розрахунку, можна зробити висновок, що при встановленні шумозахисного екрану у житлових зонах біля доріг міста Дніпра, шум знизився на 5,35 дБ і становить 84,65 дБ, що є нормою для житлових зон.

Навряд чи можна досягти повного усунення автомобільних вихлопів, але шлях до створення міст, що захищені від цього негативного впливу, можливий. Важливо прагнути до балансу між потребами транспортної системи і забезпеченням здорового та екологічно чистого середовища. Для цього потрібно впроваджувати інноваційні рішення, сприяти розвитку громадського транспорту, стимулювати використання екологічних автомобільних технологій та пропагувати активний спосіб життя, такий як ходьба та велосипедний транспорт [40].

При плануванні міст необхідно враховувати принципи компактності, що дозволить зменшити відстані між місцями проживання, роботи та розваг. Це знизить потребу у довгих поїздках та сприятиме розвитку ефективних систем громадського транспорту. Крім того, важливо створювати велику кількість

зелених просторів, парків та скверів, які не тільки поліпшують якість повітря, але і надають мешканцям можливість активно проводити час на свіжому повітрі.

Наявність ефективної інфраструктури для велосипедистів і пішоходів є ще одним важливим аспектом. Велосипедні доріжки, тротуари, пішохідні зони та системи велопрокату сприятимуть переходу на більш екологічний вид транспорту, а також сприятимуть зменшенню автомобільного трафіку.

Остаточний успіх у створенні міст, захищених від автомобільних вихлопів, можливий тільки за умови активної співпраці містобудівників, екологів, урядових органів та громадськості. Спільні зусилля в напрямку розробки та впровадження екологічних стратегій та ініціатив допоможуть створити міста, де жителі зможуть насолоджуватися здоровими та безпечними умовами проживання. Важливо залучити громадськість до процесу планування міста, проводити консультації та враховувати їхні потреби та пропозиції. Окрім цього, ефективне управління міськими транспортними системами відіграє важливу роль у забезпеченні захисту від автомобільних вихлопів. Впровадження інтелектуальних систем управління рухом, включаючи світлофори, динамічне регулювання руху та інші технології, допоможе зменшити затори та забезпечити плавний рух транспорту. Також важливо стимулювати використання електромобілів та інших екологічних транспортних засобів шляхом створення необхідної інфраструктури, надання фінансових пільг та сприяння розвитку цього сектору [42].

Висновок полягає в тому, що забезпечення захисту від автомобільних вихлопів вимагає системного підходу до планування міст та розвитку інфраструктури. Це включає компактне розташування, розвиток громадського транспорту, сприяння велосипедній та пішохідній інфраструктурі, використання екологічних технологій та активну участь громадськості. Лише шляхом спільних зусиль ми зможемо створити міста, де мешканці матимуть можливість насолоджуватися чистим повітрям та здоровим середовищем.

## ВИСНОВКИ

Усе більше населених пунктів стикаються з проблемою автомобільних вихлопів, які негативно впливають на якість повітря та здоров'я мешканців. Захист житлових зон від автомобільних вихлопів стає надзвичайно важливим завданням, яке вимагає застосування певних технічних рішень.

Велика роль у захисті житлових зон від автомобільних вихлопів належить екологічним технологіям. Розробка більш ефективних та екологічно чистих двигунів, використання альтернативних видів палива та систем фільтрації вихлопних газів допомагають зменшити викиди шкідливих речовин. Крім того, важливо враховувати планування міської забудови, розташовуючи житлові райони подалі від автомагістралей та рухливих вулиць, що дозволить знизити експозицію населення до вихлопів. Також важливо залучати громадськість до процесу прийняття рішень щодо захисту житлових зон. Свідомість та активна участь громадськості можуть сприяти впровадженню екологічних технологій, плануванню міської забудови та створенню екологічно чистих середовищ для мешканців.

Висновуючи, захист житлових зон населених пунктів від автомобільних вихлопів є складним завданням, що потребує комплексного підходу та співпраці різних сторін. Шляхом застосування екологічних технологій, планування міської забудови та активної участі громадськості, ми можемо створити житлові зони, де мешканці будуть захищені від шкідливих впливів автомобільних вихлопів і матимуть можливість насолоджуватися чистим та здоровим середовищем. Подальші дослідження та інновації в цій галузі є необхідними для досягнення наших цілей збереження довкілля та забезпечення здоров'я населення. Усвідомлення впливу автомобільних вихлопів на якість повітря і здоров'я населення диктує необхідність захисту житлових зон від цього негативного фактора. Застосування певних технічних рішень може допомогти забезпечити ефективний захист і поліпшити якість середовища для мешканців населених пунктів.

Технічні рішення, які зосереджені на зменшенні автомобільних вихлопів, включають розробку та впровадження екологічно чистих двигунів, використання альтернативних видів палива, а також вдосконалення систем фільтрації та очищення вихлопних газів. Ці технічні рішення спрямовані на зниження викидів шкідливих речовин у повітря та зменшення їх впливу на здоров'я мешканців. Крім того, планування міської забудови відіграє важливу роль у захисті житлових зон від автомобільних вихлопів. Розташування житлових районів подалі від автомагістралей та рухливих вулиць, а також розробка імовірності використання альтернативних видів транспорту, таких як пішохідний рух, велосипеди та громадський транспорт, можуть зменшити експозицію населення до автомобільних вихлопів.

Висновуючи, впровадження певних технічних рішень є необхідним для забезпечення захисту житлових зон населених пунктів від автомобільних вихлопів. Це вимагає співпраці між виробниками автомобілів, містобудівниками, владними органами та громадськістю. Тільки шляхом спільних зусиль та здійснення необхідних заходів ми зможемо створити житлові зони, які будуть захищені від автомобільних вихлопів і сприятимуть збереженню здоров'я та добробуту мешканців населених пунктів.

Також можна стверджувати, що захист житлових зон населених пунктів від автомобільних вихлопів на основі певних технічних рішень є необхідним і актуальним завданням сучасного містобудування. Шкідливі впливи автомобільних вихлопів на здоров'я людей та довкілля вимагають вжиття заходів для зниження їх впливу і створення безпечного та здорового середовища проживання.

Застосування технічних рішень, таких як екологічно чисті двигуни, використання альтернативних видів палива та вдосконалення систем очищення вихлопних газів, відіграють ключову роль у зменшенні викидів шкідливих речовин і поліпшенні якості повітря. Врахування цих технічних рішень при проектуванні і розробці міської забудови дозволяє створити ефективну систему захисту житлових зон від автомобільних вихлопів. Крім того, важливим

елементом успішної реалізації заходів є спільна праця містобудівників, екологів, виробників автомобілів, урядових органів та громадськості. Лише шляхом спільного зусилля і взаємодії ми зможемо забезпечити ефективний захист житлових зон від автомобільних вихлопів та створити здорове та екологічно чисте середовище для мешканців населених пунктів.

Отже, враховуючи важливість захисту здоров'я населення та збереження природи, впровадження певних технічних рішень є необхідним кроком у створенні сталого, екологічно чистого та комфортного житла. Це вимагає поєднання інноваційних технологій, правильного планування міської забудови та активної участі всіх зацікавлених сторін. Тільки спільними зусиллями ми зможемо створити житлові зони, які будуть захищені від автомобільних вихлопів і сприятимуть здоров'ю та благополуччю населення.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Архіпова Г. І. Аналіз впливу відпрацьованих автомобільних газів на стан атмосферного повітря в густонаселених районах / Г. І. Архіпова, І. С. Ткачук, Є. І. Глушков // Вісник НАУ. — 2009. — № 1.
2. Бекетов В. Є. Аналіз та оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Харків / В. Є. Бекетов, Г. П. Євтухова, О. С. Ломакіна // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2016. – № 3-4 (26). – С. 97-103.
3. Білявський Г. О. Основи екології: теорія та практикум : навч. посіб. / Г. О. Білявський, Л. І. Бутченко, В. М. Навроцький. – К. : Лібра, 2002. – 352 с.
4. Біоіндикаційні дослідження [електронний ресурс] // режим доступу: [http://bioweb.franko.lviv.ua/botany/?pshowpage&pagenamebioind\\_oslidzhennya](http://bioweb.franko.lviv.ua/botany/?pshowpage&pagenamebioind_oslidzhennya)
5. Боярин М. В. Аналіз впливу автотранспорту на стан атмосфери міських ландшафтів (на прикладі м. Луцьк) / М. В. Боярин, І. М. Нетробчук, Л. А. Савчук // Вісн. Харк. нац. ун-ту ім. В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». – Харків, 2015. – Вип. 13. – С. 54–59.
6. Бурляй А. П. Вплив діяльності сільськогосподарських підприємств на навколишнє природне середовище / А. П. Бурляй, О. Л. Бурляй, О. А. Непочатенко // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. – 2018. – Вип. 20. – С. 64-69.
7. Васенко О. Г. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія / О. Г. Васенко, О. В. Рибалова, С. Р. Артем'єв, Н. С. Горбань, Г. В. Коробкова, В. О. Полонцева, О. В. Козловська, А. О. Мацак, А. А. Савічев. – Х.: НУГЗУ, 2015. – 419 с.
8. Веб сайт [Електронний ресурс ] – режим доступу: <http://ua-referat.com>.
9. Веб сайт [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://ecology.zt.gov.ua/StanDov1.html>.
10. Веб сайт [Електронний ресурс] – режим доступу:[http://turbolider.com.ua/ua/teh-centr/poleznaya\\_informaciya/uevrostandarty](http://turbolider.com.ua/ua/teh-centr/poleznaya_informaciya/uevrostandarty).

11. Веб сайт [Електронний ресурс]–режим доступу: <http://ecology.zt.gov.ua/StanDov1.html>.
12. Воронцова Т. В. Основи життєдіяльності: підручник / Т.В. Воронцова, Н.В. Мацебула, І.А. Репік. – К. : Вид-во «Либідь», 2001.
13. Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище. [електронний ресурс] // режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/5549/1/4.pdf>.
14. Вплив транспорту на навколишнє природне середовище в Полтавській області [Електронний ресурс] // режим доступу: <http://5ka.at.ua/load/ekologija/vplivtransportu.nanavkolishne.prirodne.seredovishheroltavskijoblastiregionalnadopo vid/18-1-0-10668>.
15. Гандзюк М. О. Забруднення атмосфери міста Луцька викидами автотранспортних засобів та заходи для зменшення впливу автомобільного транспорту на довкілля / М. О. Гандзюк // Вісн. СевНТУ : зб. наук. пр. Вип. 121. Серія : Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь, 2011. – С. 169–176.
16. Гулай Л. Д. Екологічна оцінка стану атмосферного повітря у м. Нововолинськ / Л. Д. Гулай, О. А. Караїм, А. Ю. Синюк // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». – 2016. – Вип. 14. – С. 58-65.
17. Гутаревич Ю.Ф. Екологія та автомобільний транспорт : навч. посібн. / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун, А.О. Корпач, Л.П. Мержиєвська. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. – К. : Вид-во «Арістей», 2008.
18. Данилевич Я. Б. Системні рішення проблем екологічної безпеки автотранспортного комплексу, як метод покращення екологічної ситуації у мегаполісах / Я. Б. Данилевич, В. Я. Денисов // Доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф. «Автотранспорт: від екологічної політики до щоденної практики». — К. : ЦУЛ, 2005.
19. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція і кондиціонування» – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 141 с.



20. ДЕРЖАВНІ САНІТАРНІ НОРМИ ТА ПРАВИЛА «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» [Електронний ресурс] // МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ. – 2014. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#n254>.

21. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища / В.С. Джигирей : [Навчальний посібник]. – К.: Т-во «Знання», 2007. – С. 166-182.

22. Екологічний паспорт Волинської області. – Луцьк, 2020. – 154 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://voladm.gov.ua/article/ekologichniy-pasport-volinskoji-oblasti-za-2019-rik/>.

23. Екологічний паспорт м. Луцька [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://voladm.gov.ua.ekologichniy-pa>.

24. Екологічний стан території [Електронний ресурс] // режим доступу: <http://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/studconf/74.pdf> Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища України у 2009 році [Електронний ресурс] // режим доступу: <http://www.menr.gov.ua>

25. Злобін Ю.А. Основи екології / Ю.А. Злобін. – К. : Вид-во «Лібра», 1998.

26. Каленська О. Економічні наслідки впливу забруднення довкілля на здоров'я населення та доходи домогосподарств / О. Каленська // Економічний аналіз. – 2012. – Вип. 11 (3). – С. 233-236.

27. Кіптенко Є. М. Розроблення схеми короткотермінового прогнозу забруднення повітря для міста Луцька / Є. М. Кіптенко, Т. В. Козленко // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2007. – Вип. 256. – С. 318–330.

28. Кіптенко Є. М. Розроблення схеми короткотермінового прогнозу забруднення повітря для міста Луцьк / Є. М. Кіптенко, Т. В. Козленко // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2007. – Вип. 256. – С. 318-330.

29. Клименко В. Г. Забруднення атмосферного повітря: методична розробка для студентів-географів / В. Г. Клименко, О. Ю. Цигічко. – Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2010. – 26 с.
30. Клименко М.О. Моніторинг довкілля: Підручник / Прищеп А.М. - К.: Видавничий центр «Академія», 2006.
31. Кобилянська І.М., Кобилянський О.В., Яблочников С.Л.К 55 Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник. – Вінниця: ,2007. – 128 с.
32. Корсак К.В. Основи екології / К.В. Корсак, О.В. Плахотнік. – К. : Вид-во МАУП, 2000. 20. Кучерявий В.П. Екологія / В.П. Кучерявий. – Львів : Вид-во «Світ».
33. Кримінальний кодекс України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text>
34. Михайлюк І.Б. Про стан навколишнього природного середовища у м. Києві та основні напрямки вирішення нагальних проблем довкілля місцевими органами самоврядування / І.Б. Михайлюк // Проблеми відтворення та охорони біорізноманіття України : [М-лиВсеукр. студ. наук.- практ. конф., Полтава, 2004]. – Полтава, 2004. – С. 8-11.
35. Мольчак Я. О. Луцьк: сучасний екологічний стан та проблеми / Я. О. Мольчак, В. О. Фесюк, О. Ф. Картава. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2003. – 488 с.
36. Навчальні матеріали онлайн [Електронний ресурс ] – режимдоступу:[http://pidruchniki.com/80892/ekonomika/sanitarnogigiyenichni\\_umo\\_vi\\_pratsi\\_shlyahi\\_polipshennya](http://pidruchniki.com/80892/ekonomika/sanitarnogigiyenichni_umo_vi_pratsi_shlyahi_polipshennya)
37. Некос А.Н Людина та довкілля. Проблеми неоекології. №1-2. – Харків, 2012.
38. Нетробчук І. М. Динаміка забруднення атмосферного повітря у Волинській області / І. М. Нетробчук //Природа Західного Полісся та прилеглих територій. – 2016. – № 13. – С. 77-84.
39. Огородник І.М. Агросвіт / І.М Огородник, З.П. Дзуліт // Вплив автотранспорту на екосистему держави. – 2011. – №17-18. – С.43-47.

40. Панасюк М. В. Екологічний стан атмосферного повітря Ковельського району Волинської області на основі статистичних даних / М. В. Панасюк, Л. Д. Гулай // Вісник ЛДУ БЖД. – 2015. – № 12. – С. 152-156.

41. Паньків Н. Є. Оцінювання забруднення атмосферного повітря внаслідок завантаженості вулиць Львова автотранспортом / Н. Є. Паньків, Н. З. Тетерко // Наук. вісн. НЛТУ України. – 2016. – Вип. 268. – С. 215–223.

42. Петровська М. Аналіз впливу автотранспорту на забруднення атмосферного повітря перехресть вулиць Львова монооксидом карбону / М. Петровська, В. Морквич // Вісн. Львів. ун-ту. Серія географічна. – 2014. – Вип. 47. – С. 217–223.

43. Поручинська І. В. Передумови впровадження «зеленої» логістики на автомобільному транспорті Волинської області / І. В. Поручинська // Молодий вчений: соціальні комунікації. – 2017. – № 3(43). – С. 53-56.

44. Ратушняк Г. С. Технічні засоби очищення газових викидів: навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, О. Г. Лялюк. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 158 с.

45. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища в Волинській області за 2019 рік. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://voladm.gov.ua/article/regionalna-dopovid-pro-stan-dovkillya/>.

46. Русіло П.О. Науковий вісник НЛТУ України / П.О. Русіло, В.В. Костюк, В.М. Афонін // Вплив на довкілля автомобільного транспорту на всіх стадіях його життєвого циклу. – 2008. – Вип.18.3. – С.85-89.

47. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс] // МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ. – 1999. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>.

48. Тип карти моніторингу якості повітря [Електронний ресурс] // Eco-City. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://eco-city.org.ua/?zoom=13&lat=47.909906&lng=35.082495&station=1275&random=2120356>.