

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МАРІУПОЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЕКОНОМІКО-ПРАВОВИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА  
ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

**До захисту допустити:  
Зав. кафедри  
Г. О. Черніченко**

**«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.**

---

**Кваліфікаційна робота  
за освітнім ступенем «Магістр» на тему:  
«Транспортне забруднення міського середовища»**

Студента економіко-правового факультету  
спеціальності «Екологія»  
освітнього ступеня «Магістр»  
Косовський Андрій Олегович  
Науковий керівник:  
Мітюшкіна Христина Сергіївна  
к.е.н., доцент кафедри раціонального  
природокористування та охорони  
навколишнього середовища  
Рецензент:  
Азізов В.Л., директор КП «Полігон твердих  
побутових відходів»

Кваліфікаційна робота захищена  
з оцінкою \_\_\_\_\_  
Секретар ЕК \_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>3</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА.....</b>	<b>7</b>
1.1. Сутність, види та прояв транспортного забруднення.....	7
1.2. Шумове забруднення в системі транспортного забруднення.....	16
1.3. Методики оцінки різних видів транспортного забруднення.....	20
Висновки до 1 розділу.....	31
<b>РОЗДІЛ 2 . АНАЛІЗ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА.....</b>	<b>32</b>
2.1 Аналіз забруднення автомобільним транспортом міського середовища.....	32
2.2. Характеристика шумового забруднення міського середовища.....	47
2.3. Оцінка впливу нічного шуму на стан міського середовища та здоров'я громадян.....	53
Висновки до 2 розділу.....	57
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА М.МАРІУПОЛЯ.....</b>	<b>59</b>
3.1. Зарубіжний досвід зменшення транспортного забруднення міського середовища.....	59
3.2. Розробка комплексних заходів щодо зменшення транспортного забруднення міського середовища м. Маріуполя.....	72
Висновки до 3 розділу.....	83
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>85</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>87</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>97</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми роботи.** Транспорт, що рухається вулицями сучасних великих міст відіграє важливу роль у житті міста завдяки здійсненню пасажирських і вантажних перевезень та обумовлює розвиток інших галузей економіки регіону. Відповідно, сучасні умови життєдіяльності людини у місті характеризуються збільшенням впливу шкідливих факторів зовнішнього середовища, які утворюються в зонах впливу автомобільних доріг. Усі види сучасного транспорту завдають великої шкоди біосфері, але найбільш небезпечний для неї – автомобільний транспорт. Сьогодні у світі приблизно 600 млн автомобілів. У середньому кожний з них викидає в добу 3,5–4 кг чадних газів, значну кількість оксидів азоту, сірки, сажі. При використанні етильованого бензину з додаванням свинцю – цей високотоксичний елемент потрапляє у вихлопи. «Внесок» автомобільного транспорту в забруднення атмосфери складає сьогодні в більшості міст України не менше 30%. Це негативно позначається на стані здоров'я мешканців, підвищує загальний рівень захворюваності та погіршує якість життя в цілому.

Автомобілі використовують кисень атмосфери, для них щорічно розширюють мережу доріг із твердим покриттям, що густою сіткою обплутують нашу планету. Утримання автомобільних доріг вимагає дуже великих витрат енергії.

В теперішній час спостерігається стійка тенденція до збільшення кількості транспортних засобів, які рухаються по вулицях м. Маріуполя. Збільшення рівня автомобілізації викликає підвищення шкідливого впливу автомобільної дороги на стан здоров'я мешканців міста. Сумарне забруднення, яке здійснюється транспортними засобами міста, в загальному вигляді формується інгредієнтним забрудненням повітря, що утворюється з викидів відпрацьованих газів автотранспортних засобів, а також

віброакустичним забрудненням, що полягає в акустичному випромінюванні на примагістральну територію, особливо в нічний час [16, с. 62].

Актуальність роботи пов'язана з аналізом різних видів транспортного забруднення та необхідністю і можливістю зниження шкідливого впливу акустичного забруднення від автомобільних доріг на міську територію, з метою зниження акустичного навантаження на зону житлової забудови вночі, захисту здоров'я її мешканців та підвищення рівня життя в цілому. Шумове забруднення в якості аналізованого фактора обране по причині можливості впливу з боку міської влади на результуючий показник шуму.

Дослідженням шкідливого та власне акустичного впливу від автомобільних доріг на стан навколишнього середовища присвячені роботи Е. В. Щербина, А. И. Ренц [68], Я. М. Семчук, Я. О. Забишний [55], Л. М. Умрихіна [65], І. М. Огородник, З. П. Двудіт [44], Ю. Ф. Гутаревич, Д. В. Зеркалов, А. Г. Говорун [14], К. В. Корсак, О. В. Плахотнік [34],

Але проаналізована література не містить в необхідній мірі всі аспекти напрямку дослідження. Тому для більш детального аналізу окресленого проблемного напрямку дослідження нами була вибрана дана тема роботи.

**Метою дослідження** є проведення аналізу різних видів транспортного забруднення з акцентом на дослідження шкідливого впливу акустичного навантаження від автомобільних доріг вночі на міську територію, з метою його зниження та захисту здоров'я мешканців міста та підвищення рівня життя в цілому.

Для виконання сформульованої мети дослідження, нами були поставлені наступні завдання:

- проаналізувати сутність, види та прояв транспортного забруднення;
- виділити шумове забруднення в системі транспортного забруднення;

- розглянути методики оцінки різних видів транспортного забруднення;
- провести аналіз специфіки забруднення автомобільним транспортом міського середовища;
- навести характеристику шумового забруднення середовища м. Маріуполя;
- навести оцінку впливу нічного шуму на стан міського середовища та здоров'я громадян;
- розглянути зарубіжний досвід зменшення транспортного забруднення міського середовища;
- виконати розробку комплексних заходів щодо зменшення транспортного забруднення міського середовища м. Маріуполя.

**Об'єктом дослідження** є вплив транспортного потоку на міське середовище.

**Предметом дослідження** є важелі впливу на показники акустичного забруднення міського середовища м. Маріуполя.

**Методи дослідження** в роботі використані такі: пошуковий по наявній методичній та науковій літературі із аналізом знайденого матеріалу, порівняння, класифікація, проектування, теоретичне моделювання, з'ясування причинно-наслідкових зв'язків, спостереження, аналіз документації та результатів діяльності дослідників з проблеми проведеного дослідження та експертна оцінка і практичний експеримент.

В роботі також використано такі методи: аналітичний – використання математичного апарату при обробці фактичного матеріалу; подумки-логічний метод використовується в процесі всього дослідження, в т.ч. дедукція, класифікація матеріалу, конструювання робочої гіпотези, постановка та шляхи вирішення проблеми; метод відносних величин – при оцінці темпів зростання-зниження динамічного процесу; графічний метод – при побудові графіків, діаграм, гістограм; загальнонаукові методи пізнання, такі як індукція,

порівняння, узагальнення, зіставлення; суть методу дескриптивної (описової) статистики, використовуваної в роботі, полягає в обробці емпіричних даних, їх систематизації, наочному поданні у вигляді таблиць, їх кількісному описі за допомогою статистичних показників.

**Джерельна база дослідження.** Робота ґрунтується на аналізі науково-методичної літератури, методичних посібників, наукових статей, періодичних видань та напрацювань сучасних та попередніх вчених і дослідників в галузі забруднення міського середовища, в тому числі і акустичного забруднення.

**Наукова новизна роботи** полягає у наявності оригінального дослідницького матеріалу по напрямку проведеного дослідження. В роботі вперше використаний регресійний аналіз визначення ступеня акустичного забруднення міського середовища з визначенням шляхів подолання даного виду екологічного забруднення в місті.

**Теоретична та практична цінність роботи** полягає в наявності теоретичного матеріалу по дослідженню, відсіяного з-поміж іншого в процесі пошуку інформації по темі, та в систематизації матеріалу напрямку дослідження. Проведене дослідження має більш глибокий ступінь розробки напрямку дослідження, відносно попередніх досліджень вчених, дисертантів та дослідників напрямку дослідження.

**Структура роботи.** Робота складається з 96 листів друкованого тексту, 10 рисунків, 12 таблиць і налічує 86 джерел використаної літератури.

# РОЗДІЛ 1

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

### 1.1. Сутність, види та прояв транспортного забруднення

Урбанізація – одна з найважливіших демографічних тенденцій нашого часу. Зі зростанням кількості і розмірів міст стрімко нарастають екологічні проблеми, які визначають життя середньостатистичного жителя міста. Аналіз даних літератури свідчить, що в основі екологічних проблем мегаполісів лежать кілька об’єктивних причин: по-перше, висока концентрація населення на досить обмеженій території; по-друге, населення, щоб забезпечити себе матеріально повинно працювати, що передбачає концентрацію величезного промислового потенціалу на певній території; і по-третє, мегаполіс повинен мати потужну автотранспортну індустрію, без чого не може бути забезпечене нормальне життя міста [11, с. 205].

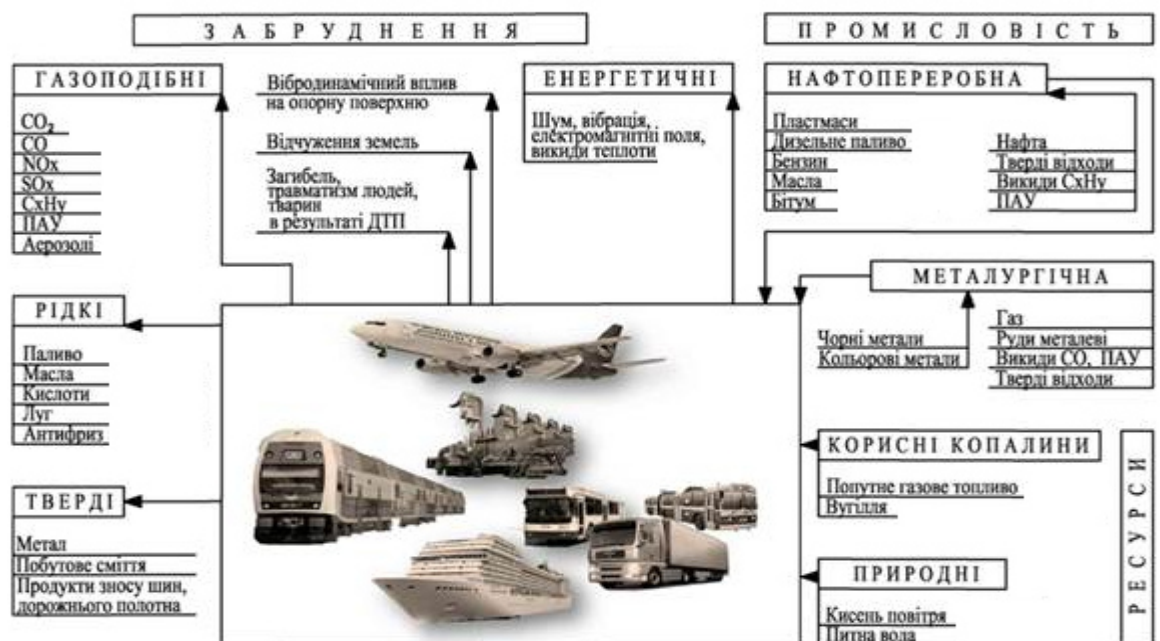


Рис. 1.1. Основні види впливу транспортного комплексу на навколишнє середовище

Транспорт – невід’ємна частина нашого життя. Автомобільний транспорт відіграє провідну роль у забезпеченні вантажних і пасажирських перевезень. Перевезення пасажирів і вантажів здійснюється спеціалізованими автопідприємствами, відомчими підприємствами та великою кількістю приватних перевізників. Регулярним автобусним сполученням охоплено всі міста та 99% сільських населених пунктів України. Сучасна маршрутна мережа, в тому числі і Маріуполя, формується за конкурсними умовами. Пасажирський транспорт є дотаційним і потребує постійної фінансової підтримки з держбюджету [20, с. 254]. Особливе позитивне значення транспорту полягає в тому, що він забезпечує доступ до освіти, можливостям працевлаштування, послугам, товарам, дозвіллю та іншим благам цивілізації. Він також сприяє економічному розвитку і вносить свій вклад в логістику виробництва і розподілу. Проте слід відмітити, що вплив транспорту на навколишнє середовище включає в себе різні види забруднення повітря і води, шум, виснаження невідновлюваних ресурсів, деградацію ландшафту, ефект локального перегріву (підвищення температури навколишнього середовища від нагрівання тротуарів і доріг).

Негативний вплив автотранспорту вимірюється величиною нанесеного збитку, який являє собою зміну корисності навколишнього середовища через вплив на нього негативних факторів. Забруднення навколишнього середовища в результаті використання автомобільного транспорту завдає шкоди якості екологічних систем, здоров’ю людей і господарським об’єктам. Таким чином, виділяють екологічний, соціальний і економічний види негативного впливу автомобільного транспорту. Автомобільний транспорт, крім перерахованих негативних впливів на навколишнє середовище, забруднює атмосферу при русі в результаті взаємодії автомобільних коліс з поверхнею дороги.





Рис. 1.2. Негативний вплив автомобільного транспорту на людей

Автомобільна дорога, як і будь-яка інша технічна споруда, сама безпосередньо впливає на середовище зміною параметрів природних систем. При проектуванні дороги виникає широке коло завдань, які характеризують її взаємозв'язок з навколишнім середовищем. Від повноти їх вирішення залежать екологічна безпека дороги, ступінь стійкості створеного людиною нового природно-технічного ландшафту. Обмеження впливів самої дороги і входять в її комплекс споруд на навколишнє середовище через які можуть виникнути незворотні негативні наслідки, – завдання другого напрямку забезпечення екологічної безпеки. Слід зауважити, що це напрямок відрізняється найбільшою специфікою, оскільки загальні дослідження техногенних впливів на природні системи виконуються стосовно точкових або площадних об'єктів і не враховують наслідків поділу територій. В практиці дорожнього проектування завданням поєднання лінійних споруд з екосистемами зазвичай приділяється недостатня увага [22, с. 27].

Прокладання траси змінює природний рельєф місцевості, руйнує існуючі геоморфологічні системи, які утворені віковими геологічними процесами вивітрювання, водного стоку. Часто автомобільна дорога

втручається в протікання природних процесів, порушує сформовану рівновагу компонентів. Дорожні насипи і виїмки змінюють напрямок і концентрацію стоку, рівень ґрунтових вод. Мости і труби водотоків викликають розмиви і перенесення ґрунтових частинок, виникають зміни мікроклімату на придорожніх територіях. Все це впливає на рослини і тварин, і в кінцевому рахунку – на умови проживання людей. Порушуються і сформовані шляхи міграції тварин.

Існуючий шумовий вплив від автомобільного транспорту поділяється на такі категорії:

- заважаючий шум, який сприймається, як перешкода зазвичай виникає з рівня 25 дБ;
- активуючий. Цей вид шуму збуджує нервову систему, провокує порушення сну і нормального відпочинку;
- впливає на працездатність. Шум може, як знижувати рівень працездатності, так його і підвищувати. Зазвичай, звичайно ж, він негативно впливає на цей параметр, але зовсім недавно вчені виявили той факт, що є певні звуки, що спонукають до дії;
- провокує захворювання. Високий рівень шумового забруднення може викликати серйозні проблеми зі здоров'ям людини, наприклад, глухоту або серцеву недостатність.

Основне джерело безпосередніх впливів на людей, які населяють прилеглі до дороги території, – рух транспортних засобів. Вони створюють викиди відпрацьованих газів, шум, пил, інші фізичні явища. В залежності від інтенсивності, складу руху і дорожніх умов величина шкідливих впливів може бути різною, змінюється і відстань їх поширення. Територію, в межах якої шкідливі для людини впливи можуть перевищити безпечний рівень (гранично допустиму концентрацію – ГДК або санітарні норми) називають захисна смуга. По ширині захисної смуги періодично досягаються неприпустимі транспортні забруднення, засмічення ґрунтів поступово накопичується і при

відсутності захисту може досягати неприпустимих значень, змінюється рослинність і фауна [3, с. 47]. На території захисної смуги не допускається розміщення житлових будинків (включаючи присадибні ділянки), об'єктів рекреації та інших споруд з постійним перебуванням людей. У складі захисної смуги може бути виділена територія, в якій рівень забруднення систематично перевищує гранично допустимі по санітарним нормам забруднення – резервно-технологічна смуга.

Концентрація промислового потенціалу та автотранспорту неминуче призводять до забруднення міського середовища і погіршення умов життєдіяльності та безпеки здоров'я городян. Досить сказати, що в Дніпрі на кожного жителя припадає по 46 кг шкідливих речовин на рік, а в Маріуполі цей показник склав в 2019 р. 52,1 кг/рік [6, с.15]. Незважаючи на те, що всі великі міста України відрізняються один від одного за своїм екологічним статусом, проте, основні проблеми екології великих міст дуже схожі.

У всьому світі проблеми захисту навколишнього середовища від негативних впливів автомобільно-дорожнього комплексу приділяється все більше уваги. На 15-му Всесвітньому дорожньому Конгресі була організована спеціальна секція дорожньої екології. У нашій країні дослідницькі роботи в цій галузі проводилися і раніше з деяким відставанням від країн Заходу, що відповідало і рівню розвитку автомобілізації. У нашій країні вперше екологічний підхід в дорожньому проектуванні здійснив у 60-х роках засновник багатьох наукових напрямів проф. В. Ф. Бабков. Це методи ландшафтного проектування. Згідно з розробками В. Ф. Бабкова, майбутніх інженерів стали орієнтувати на поєднання дорожньої траси з природним рельєфом, з ландшафтом місцевості. З числа його послідовників в області дорожньої екології, природоохоронного облаштування доріг, насамперед, слід назвати Н. П. Орнатського, книги якого досі не втратили практичної цінності [4, с. 87].

У багатьох містах світу концентрації шкідливих речовин у повітрі, створювані викидами автотранспорту, перевищують стандарти якості атмосферного повітря, і наша країна в цьому не виняток. У зв'язку з цим проблема зниження негативного впливу автотранспорту на здоров'я людей, повітряний і водний басейни, рослинний і тваринний світ, ґрунт вельми актуальна [19, с. 40].

Транспортний комплекс є найпотужнішим джерелом забруднення природного середовища, основним джерелом шуму в містах і вносить значний вклад у теплове забруднення середовища. Щороку автомобільним транспортом в Україні викидається понад 2,6 млн т шкідливих канцерогенних речовин, які завдають істотної шкоди здоров'ю людей і всьому навколишньому середовищу [23, с. 29]. Забруднення біосфери продуктами згоряння автомобільного палива є одним з основних аспектів впливу транспорту на екологічну ситуацію. Автомобільний транспорт є джерелом емісії в навколишнє середовище складної суміші хімічних сполук, склад яких залежить від типу двигуна, виду палива, умов експлуатації автомобіля. Потрапляючи в атмосферу, дані хімічні сполуки змішуються з забруднювачами, наявними в повітрі, і проходять ряд складних перетворень, які призводять до утворення вже нових сполук, ще більш згубно впливають на екосистему. Завдяки попаданню викидів автомобілів на поверхню землі в басейнах стоку, у відкриті водойми, в підземні води, відбувається забруднення водних об'єктів.

Крім токсичних викидів автомобільним транспортом, існує проблема пилу і бруду, яка переноситься автомобілями на дорогах. Встановлено, що в придорожньому пилу, смозі, що піднімаються за рахунок автомобілів, міститься більше 200 найменувань хімічних речовин, багато частинок яких можуть бути радіоактивними. Такий пил осідає в легенях і розчиняється в крові людини, накопичуючись в організмі, викликає різні захворювання органів, рак, алергію [15, с. 84].

Існуючий рівень розвитку вітчизняних технологій не дозволяє забезпечити потрібну очистку викидів, тому природно, виникає питання про можливість їх скорочення хоча б у порівняно короткі періоди часу, коли утворюється несприятлива метеорологічна обстановка, при якій може створюватися небезпечне забруднення повітря.

Повне вирішення проблеми зменшення забруднення повітря автотранспортом залежить, в першу чергу, від технічних заходів, що стосуються підвищення екологічності кожного автомобіля і зменшення токсичності автомобільних викидів. Це довгострокова програма, що вимагає великих матеріальних витрат і часу. Визначити доцільність і достатність тих чи інших технічних і організаційних заходів щодо зниження викидів автотранспорту дозволяє довгостроковий прогноз з урахуванням інформації про існуючі рівні забруднення повітря в містах і заходів щодо зниження викидів автотранспорт.

Таблиця 1.1

**Склад вихлопних газів двигунів внутрішнього згорання**

	Бензинові двигуни	Дизельні двигуни
Азот N <sub>2</sub> , об.%	74–77	76–78
Кисень O <sub>2</sub> , об.%	0,3–0,80	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>2</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>	10 · 10 <sup>–6</sup>
--	--------------------------	-----------------------

В результаті функціонування асфальтобетонних заводів, авторемонтних підприємств, баз дорожньої техніки, інших об'єктів інфраструктури транспорту здійснюється забруднення навколишнього середовища. Крім того, автомобільні шини приносять шкоду здоров'ю людини: при стиранні об асфальт в атмосферу потрапляє гумовий пил. Розглянуті екологічні наслідки впливу автомобільного транспорту не є вичерпними, вони можуть мати інші прояви в певних ситуаціях. Розглядаючи специфіку автотранспортного парку як головного джерела забруднення можна виділити наступне:

- прогресивні темпи зростання кількості автомобільного транспорту;
- просторова розосередженість автомобільного транспорту;
- безпосередня близькість з житловими районами;
- досить висока токсичність вихлопних газів автотранспорту;
- порівняно низьке розташування автомобільного транспорту як головного джерела забруднення від земної поверхні, що в підсумку призводить до скупчення вихлопних газів в зоні дихання людей.

Особливості частого використання автомобільного транспорту призводять до створення в містах великих зон зі стійким перевищенням санітарних і гігієнічних нормативів забруднення атмосферного повітря [17, с. 93]. Велика частина жителів міст в даний час проживає в несприятливих умовах, які пов'язані із забрудненням навколишнього середовища автомобільним транспортом. На сьогоднішній день несприятлива екологічна обстановка спостерігається у всіх містах України з населенням понад 1 млн чол., в 60% міст – з населенням від 500 тис до 1 млн і в 25% міст, чисельністю від 250 до 500 тис чол. Близько 1,2 млн жителів нашої країни знаходяться в умовах гострої екологічної напруги, більше половини населення міст України відчувають посилений шумовий вплив. За даними Укргідрометцентру, в 38

містах України, що становить 57% міського населення, рівень забруднення повітря характеризується як високий і дуже високий [12, с. 205].

В даний момент екологічні вимоги до сучасного автомобільного транспорту є пріоритетними. Природоохоронна безпека проявляється як властивість автомобільного транспорту знижувати негативний вплив від експлуатації автотранспорту на людей і навколишнє середовище. Протягом багатьох років ведеться системна робота з розвитку екологічно безпечного транспорту, підвищення технічного рівня автомобільного транспорту та якості палива, з обґрунтування раціональної системи використання відходів автотранспортних засобів, модернізації системи транспортної інфраструктури, вдосконалення будівництва.

На основі аналізу екологічного паспорту Маріуполя нами побудовано графічну залежність кількості викидів від пересувних джерел та автомобільного транспорту (рис. 1.3.)

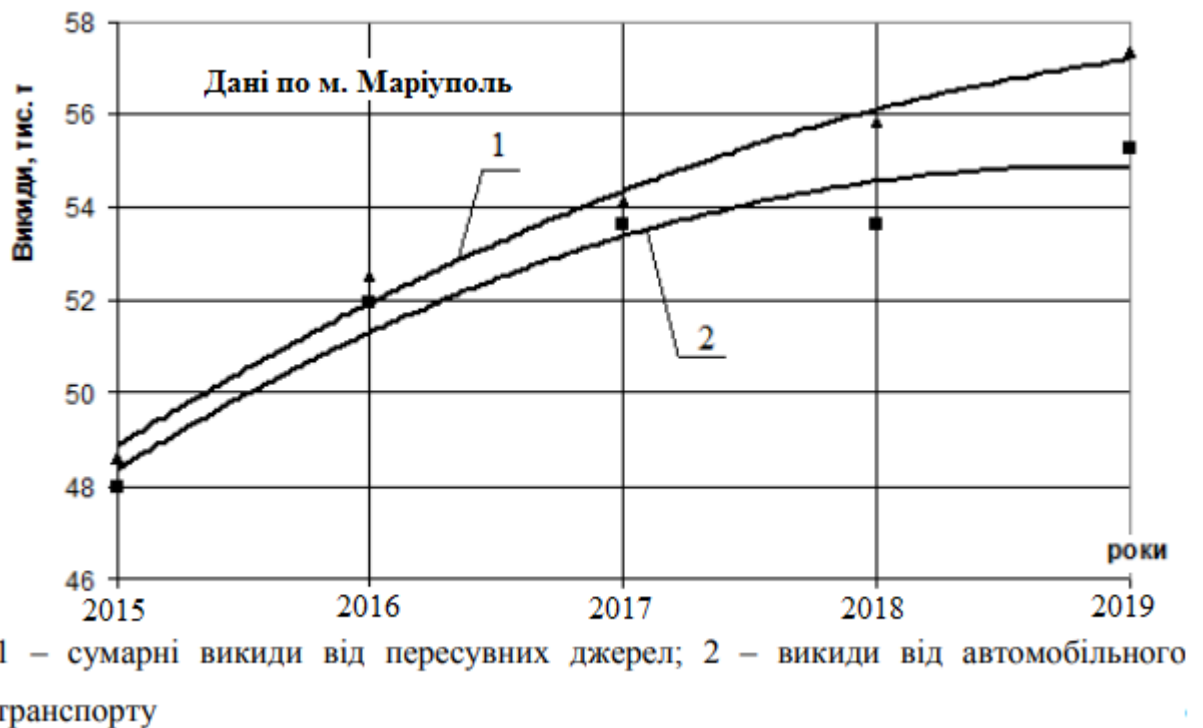


Рис. 1.3. Графічна залежність викидів від пересувних джерел та автомобільного транспорту (м. Маріуполь) за 2015–2019 рр.

За даними відділення технагляду екологічної служби за 2019 р. у м. Маріуполі зафіксована наступна кількість автомобілів, вантажних автомобілів та автобусів з яких – легкові автомобілі – 52%; вантажні автомобілі – 19%; автобуси – 29%. Аналіз маркової структури показує, що для легкових автомобілів до 26% припадає на автомобілі малого класу, до 42% – на автомобілі середнього класу. Іномарки складають біля 32% від загальної кількості транспорту. Легковий автомобіль середнього класу має обсяг двигуна 1,3–1,6 л і витрати палива в умовах міського циклу 10–12 л на 100 км. Вантажні автомобілі у м. Маріуполь переважно представлені дизельним сімейством Mercedes, Renault, Fiat. На них встановлені силові агрегати об'ємом 1,9–3,0 л. Середня витрата палива для них складає 25–35 л на 100 км. Автобуси при розрахунках належать до відповідного типу пасажирських автомобілів, середня витрата палива для них складає 22–36 л на 100 км [13, с. 80].

На даний час, для зменшення рівня забруднення повітря м. Маріуполя від автомобільного транспорту модернізуються існуючі двигуни внутрішнього згоряння, виготовляються нові їх типи, розробляється можливість заміни на автомобільному транспорті двигунів внутрішнього згоряння іншими видами енергетичних установок.

Найбільш перспективним паливом для автомобільного транспорту є водень, оскільки він не завдає шкоди навколишньому середовищу: не забруднює повітря відпрацьованими газами, працює майже безшумно, легкий в управлінні. До недоліків автомобілів з таким видом палива відносяться: висока вартість, відсутність інфраструктури, невеликий пробіг між заправками, досить велика маса в порівнянні з автомобілем з двигуном внутрішнього згоряння.

Для зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище розробляються норми для транспортних об'єктів і технологій, що регулюють максимальну величину викиду токсичних речовин, рівень шуму і вібрації,



ступінь впливу електромагнітних полів, питома обсяг споживання різних природних ресурсів, рівень комфорту [9, с. 28].

## **1.2. Шумове забруднення в системі транспортного забруднення**

Шум – це звукові коливання в діапазоні чутних частот, здатні надати шкідливий вплив на безпеку і здоров'я людини. Транспортний шум (гучномовці, сирени, сигнали автомобільних клаксонів, шум виробництва та будівництва) є одним з найбільш небезпечних параметричних забруднень навколишнього середовища. Шум від автотранспорту – це найпоширеніший вид несприятливого екологічного впливу на організм людини. Транспортні засоби є джерелами зовнішніх шумів, які досягають величин порядку 79–92 дБА, при нормальному рівні в 55–65 дБА. Больовий поріг лежить в межах 120–130 дБА, а межа переносимості визначається величиною 154 дБА. При цьому виникає задуха, сильний головний біль, порушення зорових сприйнятів, нудота. Інтенсивність шуму, що виникає при русі транспортних засобів, становить: для легкового автомобіля 70–80 дБА, для вантажного автомобіля – 80–90 дБА, автобуса – 80–85 дБА, мотоцикла – 85–100 дБА, трамвая – 75–95 дБА.

На рівень шуму впливає ряд факторів [7, с. 116]:

- інтенсивність транспортного потоку. Найбільші рівні шуму реєструються на магістральних вулицях великих міст при інтенсивності руху 2–3 тис авто/год;
- швидкість транспортного потоку. При збільшенні швидкості транспортних засобів відбувається зростання шуму двигунів, шуму від коліс. Показано, що різка зміна режиму руху транспорту (розгін, гальмування, обгін, зупинка) впливають на рівень шуму в межах 2–3 дБА. При перетині доріг на

різних рівнях, злитті потоків однакової інтенсивності і складу, на перехрестях з регульованим рухом середній рівень шуму збільшується на 2–3 дБА;

- склад транспортного потоку. Вантажний транспорт створює більший шумовий вплив у порівнянні з пасажирським, тому зростання частки вантажного рухомого складу в транспортному потоці призводить до загального зростання шуму;

- тип двигуна. Порівняння двигунів порівнянної потужності дозволяє провести їх ранжування по зростанню рівня шуму-електродвигун, Бензиновий двигун, дизель, паровий, газотурбінний двигун;

- тип і якість дорожнього покриття. Найменший шум створює асфальтове покриття, потім по зростаючій-бетонне, брушате, кам'яне і гравійне. Несправне дорожнє покриття будь-якого типу, має вибоїни, розкриті шви і нестиківки поверхонь, а також ями і просідання, викликає підвищений шум;

- планувальні рішення територій. Поздовжній профіль і звивистість вулиць, наявність різнорівневих транспортних розв'язок і світлофорів впливають на характер навантаження двигунів, а, отже, і на створюваний шум. Висота і щільність забудови визначають дальність поширення шуму від магістралей. Так, ширина зон акустичного дискомфорту вздовж магістралей в денні години може досягати 700–1000 м в залежності від типу прилеглої забудови;

- наявність зелених насаджень. Уздовж магістралей з обох сторін передбачають санітарно-захисні зони, в яких висаджують дерева. Лісопосадки перешкоджають поширенню шуму на прилеглі території [5, с. 78].

Як вже було сказано вище, шум від автотранспортних потоків становить найбільшу небезпеку для здоров'я людини, так як автотранспортний потік є джерелом постійного лінійного шуму в безпосередній близькості від місць проживання. Згідно Всесвітньої організації охорони здоров'я, шум є другою за значимістю екологічною проблемою для здоров'я людини після якості атмосферного повітря. При впливі на людину шуму рівня 40 дБ і вище в

середньому в протягом року можливі негативні наслідки для здоров'я, такі як порушення сну і пробудження. При довгостроковому середньому впливі рівня шуму вище 55 дБ підвищується кров'яний тиск, пригнічується центральна нервова система, змінюється швидкість дихання і пульсу, порушується обмін речовин, виникають серцево-судинні захворювання, виразки шлунка, гіпертонічні хвороби, психічні розлади [18, с. 24]. Небезпека шумового впливу посилюється властивістю людського організму накопичувати акустичні подразнення. Так, економіка США щорічно втрачає \$3,9 млрд через зниження продуктивності праці, викликаного негативним впливом шуму від автотранспорту [30, с. 45]. Також в місцях з високим рівнем шуму відзначається висока концентрація забруднюючих речовин в приземних шарах атмосферного повітря. Наприклад, виявлена пряма залежність між значеннями еквівалентного рівня шуму від автотранспортних потоків і концентрацій в атмосферному повітрі найдрібніших частинок [33, с. 7].

Шум дорожнього транспорту також пов'язаний з ризиком розвитку інсульту. При дослідженні впливу шуму на 57 053 чоловік Sorensen et al. виявили підвищення частоти інсультів на 14% (HR: 1,14; 95% ДІ 1,03–1,25) на кожні 10 Дб Lden (результати враховували ряд потенційних факторів, включаючи забруднення повітря).

При цьому дослідники відзначали статистично значущий взаємозв'язок з віком: найбільший ефект спостерігався у осіб старше 64,5 років (HR: 1,27, 95% ДІ: 1,13–1,43) в порівнянні з особами молодше 64,5 років (HR: 1,02; 95% ДІ: 0,91–1,14). Автори вважають, що люди з віком стають більш сприйнятливими до порушень сну від шуму. Це підтверджується дослідженнями, в яких вивчався зв'язок між віком, шумом і серцево-судинною захворюваністю. Halonen et al. виявили, що денний шум автомобільного транспорту на рівнях понад 60 Дб збільшував госпіталізацію з інсультом на 5% (RR: 1,05; 95% ДІ 1,02–1,09) у дорослих і на 9% (RR 1,09; 95% ДІ 1,04–1,14) у літніх людей порівняно з рівнем шуму менше 55 Дб. Нічний шум

впливає на прояв інсульту тільки серед літніх людей. Крім того, постійний денний шум більше 60 Дб пов'язаний зі смертністю від усіх причин у дорослих (RR 1,04; 95% ДІ 1,00–1,07) [29, с. 80].

Виявлено, що шум дорожнього транспорту збільшує ризик метаболічного синдрому, ожиріння і цукрового діабету (ЦД) 2 типу. У 2014 Eriksson et al. вивчали наслідки довгострокового впливу авіаційного шуму на індекс маси тіла (ІМТ), окружність талії і ЦД 2 типу. Автори виявили, що збільшення шуму на 5 Дб пов'язане зі збільшенням окружності талії на 1,5 см. Це спостереження відповідає концепції, згідно з якою авіаційний шум стимулює викид кортизолу, який, як відомо, сприяє центральному ожирінню. Аналогічні результати показали шведи в поперечному дослідженні для окружністю талії, але не для ІМТ. Пізніше ці ж результати були підтверджені в дослідженні з поздовжнім дизайном і більш якісним визначення рівнів шуму [37, с. 25]. У той же час норвезьке дослідження показало зв'язок між шумом автомобільного транспорту і маркерами ожиріння.

В даний час більше 12 млн жителів України знаходяться в умовах постійного шуму. При цьому 60–80% шуму в містах виникає завдяки руху автотранспортних засобів. Загальна величина шумового впливу на території нашої країни набагато перевищує даний показник в західних країнах. Причиною цьому служать: відсутність контролю за рівнем шуму на автомобільних дорогах; велика кількість вантажних автомобілів, що рухаються в загальному транспортному потоці; низькі нормативні вимоги до випущених автотранспортних засобів. На рівень виробленого шуму впливає технічний стан і якість транспортних засобів і доріг. Встановлено, що міське населення гостріше реагує на нижчі рівні транспортного шуму в порівнянні з сільським населенням. Істотні зміни виявлені при рівні шуму 40–50 дБА з боку органу слуху, центральної нервової системи, зорового аналізатора. Відзначено, що особливо інтенсивно зростає частка нічного часу, коли люди найбільш чутливі до шуму, з підвищувальними рівнями шуму. В

Європейському союзу соціальні втрати негативного впливу шуму від автотранспорту на організм людини оцінюються в €40 млрд. [35, с. 26].

Таким чином, багаторазові експерименти, дослідження і практика показують, що шумовий вплив несприятливо діє на людину, руйнівню впливає на органи слуху, людина втрачає більшу кількість енергії, підвищується агресивність, розвивається гіпертонія, скорочує тривалість його життя.

### **1.3. Методики оцінки різних видів транспортного забруднення**

Оцінка викидів забруднюючих речовин від автотранспортних засобів (АТЗ) належить до вкрай складної проблеми через те, що залежить від численних факторів: технічного стану й режиму руху автомобіля, структури вулично-дорожньої мережі, якості автомобільного пального й дорожнього покриття, інтенсивності й потоковості руху автотранспорту, природно-кліматичних умов місцевості й, навіть, культури водіння [1].

Існуючі підходи до оцінки викидів базуються в основному на урахуванні середньої витрати пального і не враховують структуру автотранспортних засобів і якість пального. Але транспортні засоби використовують пальне з різних видів нафтопродуктів і мастил. Зважаючи на це, ми рекомендуємо при розрахунках величини викидів виходити з кількості автомобільного бензину, дизельного та газового пального (надалі автопальне), що було реалізовано автозаправними станціями (АЗС).

Сьогодні існує безліч методик для ідентифікації та вимірювання їх впливу. Однак жоден з підходів не дозволяє уникнути труднощів, пов'язаних з перекладом впливу перерахованих вище факторів в кількісні показники. Для цього можуть знадобитися, наприклад, прийняті за еталон рівні забруднення повітря і рівні шуму навколишнього середовища, а також спеціально розроблені коефіцієнти або бали.

З числа теоретичних розробок методологічної спрямованості важливе значення має застосування методів системного підходу, що відкриває

можливості інтегрального аналізу впливів дороги на навколишнє середовище [36, с. 125]. Істотний внесок у розвиток методів досліджень і узагальнення зарубіжної інформації внесла робота А. А. Миронова. Важливе значення для практики дорожнього трасування має методика ідентифікації ландшафтів при лінійному проектуванні А. К. Виноградського. Практичну спрямованість мають розробки методів екологічної оцінки технології дорожнього будівництва. На певному етапі цей цикл був узагальнений в книзі І. Є. Євгенєва і В. В. Савіна «Захист природного середовища при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг».

Більшість методик не претендує на повноту охоплення всіх екологічних впливів. Вони можуть включати тільки окремі з шкідливих викидів або розглядати тільки наслідки для здоров'я людини, опускаючи вплив транспорту на сільськогосподарські землі, дику природу і біорізноманіття. Як правило, методики оцінки впливу на навколишнє середовище розрізняються залежно від цілей, для яких розробляється методика. У зв'язку з цим може відрізнитися набір використовуваних індикаторів. Нижче представлені деякі з існуючих підходів [2, с. 5].

В основі розрахунку оцінки забруднення атмосферного повітря по концентрації оксиду вуглецю (КСВ) лежить методика проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин, яка передбачає використання коефіцієнта токсичності автомобілів за викидами в атмосферне повітря  $CO$ , що визначається як середньозважений для потоку автомобілів по формулі:

$$K_t = \sum P_i \cdot K_{ti} , \quad (1.1.)$$

де  $P_i$ -склад автотранспорту в частках одиниці.

Для вимірювання шумових характеристик транспортного потоку, а також оцінки впливу параметрів транспортних потоків на рівень шуму, необхідно провести натурні обстеження проблемних ділянок вуличної мережі, так як вони є найбільш ефективним методом аналізу ситуації на дорогах.

Натурні дослідження полягають у фіксації конкретних умов і показників дорожнього руху, що відбувається протягом заданого періоду часу. Ця група методів в даний час найбільш поширена і відрізняється великим різноманіттям. Натурні дослідження є єдиним способом отримання достовірної інформації про стан доріг і дозволяють дати точну характеристику існуючих транспортних і пішохідних потоків [31, с. 54].

Згідно міждержавного стандарту ГОСТ 20444–2014 «Шум. Транспортні потоки. Методи визначення шумової характеристики» [1] при вимірюванні шумових характеристик транспортного потоку доцільно одночасно визначати його інтенсивність і швидкість руху. Транспортний шум відноситься до таких величин, для розрахунку яких рекомендується використовувати величину еквівалентного рівня звуку  $L_{eq}$ . Еквівалентний (по енергії) рівень звуку являє собою значення рівня звуку постійного джерела шуму, який в межах регламентованого інтервалу часу має те ж саме середньоквадратичне значення рівня звуку, що і розглянутий непостійний шум, рівень звуку якого змінюється в часі. В спектральному складі транспортний шум є низько- і середньочастотним і здатний поширюватися на значні відстані від джерела.

Вимірювання еквівалентного рівня звуку слід проводити інтегруючими шумомірами 1-го або 2-го класу, відповідно до ДСТУ 17187. Для оцінки шуму одним числом, що враховує суб'єктивну оцінку його людиною, широко використовується «рівень звуку» (в дБА) – загальний (віднесений до всіх смуг частот) рівень звукового тиску, що скоригований по кривій частотної корекції, що характеризує наближено частотну характеристику сприйняття шуму людським вухом.

Натурні дослідження розподілу шумового забруднення від автотранспорту проводилися в місті Маріуполь на 10 участках автомобільних доріг. Задля цих цілей використовувався шумомір 1 класу по ГОСТ 17187–2010, МЕК 60651 / 60804 і МЕК 61672–1 – ОКТАВА–110а.

Для розрахунків використаємо положення теорій імовірності й статистики. Із загального (зведеного) обсягу автомобільного пального, що було реалізовано АЗС у місті і використано для пересування автомашинами в межах міста Маріуполь визначається за формулою:

$$M_{зв} = M_{азс} - P_m, \quad (1.2.)$$

де  $M_{зв}$  і  $M_{азс}$  – маса зведеного автомобільного пального, що використано для пересування автомобілів у межах міста, і того, що реалізовано АЗС відповідно, т (кг);

$P_m$  – імовірність використання автопального усередині території міста, прийнята такою, що дорівнює 2 / 3.

Тоді, зведену густину автопального, реалізованого для автомобілів, що пересуваються тільки в межах міста, можна визначити за формулою:

$$\rho_{зв} = \rho_b \cdot \varepsilon_b + \rho_d \cdot \varepsilon_d + \rho_g \cdot \varepsilon_g, \quad (1.3.)$$

де  $\rho_b, \rho_d, \rho_g$  - густина бензину, дизпалива і газу відповідно;

$\varepsilon_b, \varepsilon_d, \varepsilon_g$  – частка спожитого бензину, дизпалива і газу, що реалізовані через АЗС для автомобільного транспорту м. Маріуполя.

Сумарний викид АТЗ, що використовують різні види палива, можна визначити за формулою [32, с. 210]:

$$Q_a = M_{зв} (\varepsilon_b \cdot q_b + \varepsilon_d \cdot q_d + \varepsilon_g \cdot q_g), \quad (1.4.)$$

де  $q_b, q_d, q_g$  – питомі коефіцієнти викидів забруднюючих речовин із відпрацьованими газами двигунів автомобілів, прийняті згідно з табл. 1.2.



Таблиця 1.2

Питомі коефіцієнти викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів автомобілів, г / т

Значення коефіцієнтів	Вид автомобільного палива		
	Бензин	Дизельне пальне	Природний газ
Оксид вуглецю, CO	0,42	0,05	0,09
Вуглеводні, C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,046	0,019	0,021
Альдегіди,	0,0012	0,0034	0,0019
Тверді частки автомобільних викидів	0,0011	0,0092	-
Бенз [а] пірен	0,1 10 <sup>12</sup>	0,14 10 <sup>12</sup>	0,01 ю <sup>12</sup>
Оксиди азоту, NO <sub>x</sub>	0,027	0,033	0,016
Оксиди сірки, SO <sub>x</sub>	0,0015	0,022	0,0011
Сполуки плюмбуму	0,37– 10–3	-	-
Усього	0,5	0,2	0,13

Питомий викид на одиницю автотранспорту розраховується за співвідношенням:

$$q_a = \frac{Q_a}{n_a}, \quad (1.5.)$$

де  $n_a$  – кількість автотранспортних засобів, од.

Проведений аналіз наукової літератури свідчить, що кількість автотранспортних засобів залежить від багатьох факторів, що характеризують діяльність міста (промислова, культурна, туристична, курортна, освітня, фінансова і т.д.), його ролі в регіоні, країні, природно-кліматичних умов, історичної або сучасної спрямованості у містобудуванні і т.д., тому величина питомого викиду одиниці АТЗ є практично постійною величиною для будь-якого міста. У світовому просторі цей показник складає біля 0,286 т / одиницю [24, с. 93], і він може змінитися тільки в результаті докорінних змін. Наприклад, тотального переходу на екологічно чисті види транспорту (електромобілі, велосипеди), або внаслідок катастрофічних явищ. Останнє твердження можна проілюструвати недавньою повинню у Західній Європі, що призвела до заміни старих застрахованих автомобілів на нові, в результаті чого питомий викид в цих країнах знизився на 10–20%. Подібні заходи також будуть мати наслідком зниження показника  $q_a$ .

Крім того, в сучасній екологічній науці запропонована укрупнена методика оцінки викидів як від усього автопарку міста, так і одиничного транспортного засобу, і вона на наш погляд є більш точною, порівняно з загальноприйнятими методиками через те, що вона заснована на достовірних даних із реалізації водіям автопального, а також на положеннях статистичної теорії.

Ми також пропонуємо використати структурно-поелементний підхід для оцінки викидів забруднюючих речовин від автотранспорту. Даний підхід має на увазі, що досліджується один характерний елемент об'єкту з відомою структурою та визначивши параметричний зв'язок елементів, встановлюються загальні закономірності функціонування об'єкту, що розглядається.

За розробленою методикою валовий викид від пересувних джерел (автотранспорту) можна визначити за формулою:

$$Q_a = q_a \cdot n_a. \quad (1.6.)$$

Ця формула дає тільки сумарні значення викиду забруднюючих речовин і несе інформацію для аналізу екологічного стану структурних елементів (наприклад, за обраним об'єктом дослідження). Без цього важко надати об'єктивну оцінку по зонах, секторах і кварталах селітебних зон міста, що оточені автомагістралями й дорогами різної категорії й технічного стану.

Практично у всіх роботах з оцінки впливу автотранспортних засобів на навколишнє середовище, виходячи із принципу адитивності, викиди (л / 100 км) шкідливих речовин (витрата пального) на 100 км транспортним потоком на перегонах визначають за формулою [10, с. 29]:

$$Q_j = \sum_j \sum_i \sum_n Q_i P_{in} N_a, \quad (1.7.)$$

де  $Q_j$  – пробігова витрата пального або викиди  $i$ -го виду АТЗ, л / 100 км;

$P_{in}$  – імовірність потрапляння  $i$ -ї групи АТЗ в  $n$ -й діапазон швидкостей руху потоку;

$N_a$  – інтенсивність потоку, авт./годину.

Переходимо до розгляду  $k$ -го кварталу, який оточений автодорогами з інтенсивністю потоку  $N_{ik}$ , і по якому пересуваються автотранспортні засоби  $i$ -групи. З урахуванням рівнянь наведених вище одержимо:

$$Q_k = \sum_k \sum_i q_{ki} N_{ik}, \quad (1.8.)$$

де  $Q_k$  – загальний викид від усіх груп АТЗ в  $k$ -му кварталі, т/година;

$q_{ki}$  – питомий викид  $i$ -групи АТЗ, що проїжджають навколо  $k$ -кварталу, т / од;

$N, k$  – інтенсивність руху  $i$ -групи АТЗ навколо кварталу, од./годину.

Питомий викид і-групи автотранспортних засобів, що проїжджають навколо к-кварталу можна визначити за таким виразом:

$$q_{ki} = K_p(\varepsilon_{\delta ik} + \varepsilon_{\delta ik} + \varepsilon_{z ik})q_a, \quad (1.9.)$$

де  $K_p$  – режимно-технічний коефіцієнт, що враховує швидкісні (аеродинамічні) режими руху АТЗ, технічний стан доріг і автомобілів, оснащеність вулично-дорожньої мережі і розв'язки доріг навколо к-го кварталу;

$\varepsilon_{\delta ik}, \varepsilon_{\delta ik}, \varepsilon_{z ik}$  – частка і-групи АТЗ із бензиновим, дизельним і газовим паливом.

Надалі слід визначати питому величину викидів від пересувних джерел міста на 1 га або 1 км<sup>2</sup> території розглянутого кварталу міста [8, с. 5]:

$$S_k = \frac{Q_k}{F_k}, \quad (1.10.)$$

де  $F_k$  – площа території кварталу, км<sup>2</sup> або га.

Для проведення подальших розрахунків вихідними даними визначаємо питому величин викидів на одиницю площі території міста:

$$S_z = \frac{Q_a}{F_z}, \quad (1.11.)$$

де  $F_z$  – територія міста, км<sup>2</sup>, га.

З вищенаведених формул можемо привести узагальнену:

$$K_{з.к.} = \frac{S_k}{S_z} = \frac{Q_k}{Q_z}, \quad (1.12.)$$

де  $K_{з.к.}$  – коефіцієнт відносного забруднення повітря кварталу, т / т.

Таким чином, за коефіцієнтом  $K_{з.к}$  можна оцінити забруднення повітряного басейну будь-якого кварталу, мікрорайону, району міста порівняно із загальною середньою величиною стану атмосферного повітря градосфери.

Таким чином, запропонована вище методика розрахунку викидів шкідливих речовин від автотранспорту базується на комплексній оцінці АТЗ залежно від структури автопарку міста (відносна кількість легкових, вантажних машин, автобусів) і виду автопального (бензин, дизпаливо, природний чи скраплений газ) і дозволяє досягти високого ступеня точності.

Запропоновані аналітичні залежності для розрахунку режимно-технічного коефіцієнту залежно від виду АТЗ та пального, що він використовує, дозволяють визначити коефіцієнт відносного забруднення повітря структурної одиниці міста [21, с. 147].

В даному дослідженні може бути використаний також парний лінійний регресійний аналіз, тобто статистичний метод дослідження лінійної залежності випадкової змінної від однієї незалежної змінної. Тісноту лінійного зв'язку між якими можна визначити за парним коефіцієнтом кореляції, а причино-наслідкові зв'язки – виходячи із економічного сенсу задачі. Парна лінійна регресія – причинна модель статистичного лінійного зв'язку між двома кількісними змінними  $x$  та  $y$  представлена рівнянням:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 \cdot X + \varepsilon, \quad (1.13.)$$

де  $X$  – незалежна змінна;

$Y$  – залежна змінна;

$\beta_0, \beta_1$  – параметри моделі;

$\varepsilon$  – випадкова величина (збурення).

Випадкова величина / включає вплив не врахованих у моделі факторів, випадкових похибок та особливостей вимірювання. Її присутність у моделі

викликана трьома причинами: специфікацією моделі, вибіркоvim характером вихідних даних, особливостями вимірювання змінних.

В основі оцінки рівняння парної лінійної регресії лежить вибірки значень двох змінних – незалежної  $x$ . Геометричною інтерпретацією таких вибірок розміром  $n$  буде сукупність  $n$  точок на площині, яка називається діаграмою розсіювання, чи кореляційним полем.

Задачею парного лінійного регресійного аналізу буде знаходження такої прямої, яка найкращим чином аналітично характеризує кореляційне поле. Тобто потрібно мінімізувати деяку «міру» відхилень  $y_i$  від лінії регресії.

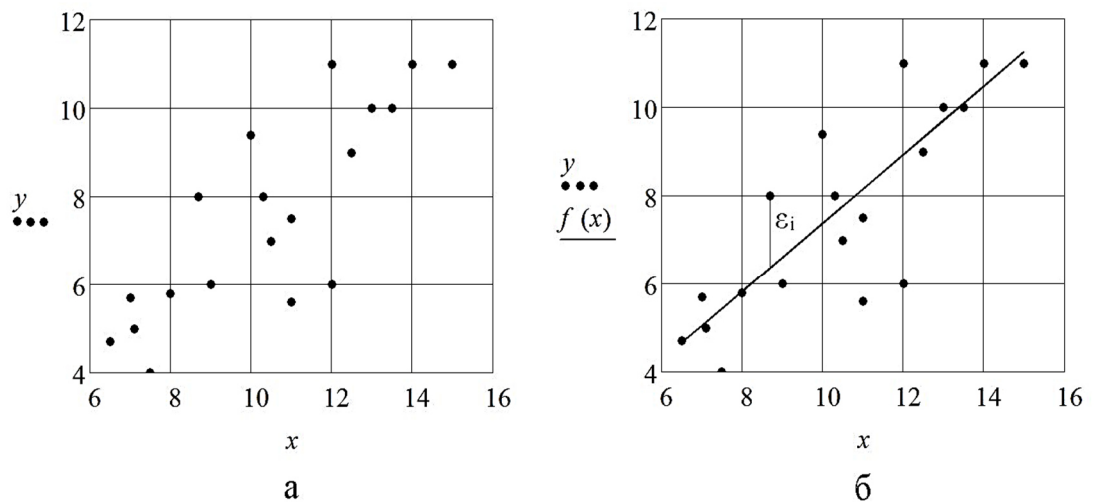


Рис. 1.4. Геометрична інтерпретація двох вибірок статистичних даних: а – кореляційне поле; б – кореляційне поле із лінією регресії

У якості міри відхилення функції  $f(x)$  від точок набору спостережень можна взяти:

- суму квадратів відхилень  $y_i$ ;
- суму модулів відхилень  $y_i$ ;
- функцію Хубера, яка при малих відхиленнях квадратична, а при великих – лінійна.

Згідно методу найменших квадратів (МНК) оцінки невідомих параметрів (обираються таким чином, щоб сума квадратів відхилень значень знайдених за рівнянням) від емпіричних значень  $y_i$  і вона має бути мінімальною:

$$F = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - (\beta_0 + \beta_1 \cdot x)]^2 \rightarrow \min \quad (1.14.)$$

Функціонал у формулі також іноді називають функцією нев'язності.

На підставі необхідної умови екстремуму функції двох змінних / прирівнюємо до нуля її похідні:

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial \beta_0} = -2 \cdot \sum_{i=1}^n [y_i - (\beta_0 + \beta_1 \cdot x_i)] = 0; \\ \frac{\partial F}{\partial \beta_1} = -2 \cdot \sum_{i=1}^n x_i \cdot [y_i - (\beta_0 + \beta_1 \cdot x_i)] = 0. \end{cases} \quad (1.15.)$$

Для подальших математичних викладок систему доцільно записати у вигляді:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n [y_i - (\beta_0 + \beta_1 \cdot x_i)] = 0; \\ \sum_{i=1}^n x_i \cdot [y_i - (\beta_0 + \beta_1 \cdot x_i)] = 0. \end{cases} \quad (1.16.)$$

Розкриємо дужки та отримаємо стандартну форму нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} \beta_0 \cdot n + \beta_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i; \\ \beta_0 \cdot \sum_{i=1}^n x_i + \beta_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i. \end{cases} \quad (1.17.)$$

Потім розділивши обидві частини системи на  $x$  отримаємо систему із двох алгебраїчних рівнянь із двома невідомими:

$$\begin{cases} \beta_0 + \beta_1 \cdot \bar{x} = \bar{y}; \\ \beta_0 \cdot \bar{x} + \beta_1 \cdot \overline{x^2} = \overline{xy}; \end{cases} \quad (1.18.)$$

Вирішуючи систему алгебраїчних рівнянь відносно  $x$  отримаємо:

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \cdot \bar{x}; \quad (1.19.)$$

$$\beta_1 = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} = \frac{Cov(X, Y)}{Var(X)}. \quad (1.20.)$$

Потрібно відзначити, що вище приведені формули є не параметрами парної лінійної регресії, а лише оцінками цих параметрів, отриманими за МНК. Реальні значення параметрів знати ми не можемо, оскільки на практиці працюємо не із генеральними сукупностями, а із вибірками із них.

Обрання у якості міри відхилення ліній регресії від емпіричних точок обґрунтовується теоремою Гауса-Маркова: при виконанні ряду вимог до вихідних вибірок статистичних спостережень, МНК – оцінки параметрів лінійної регресії, є найбільш ефективними, тобто мають найменшу дисперсію в класі усіх лінійних незміщених оцінок [25, с. 70].

Вимоги до вихідних вибірок статистичних спостережень будуть розглянуті в темі множинний лінійний кореляційно-регресійний аналіз, оскільки він є узагальненням парного лінійного кореляційно-регресійного аналізу на моделі із довільним числом незалежних змінних.

Величина називається незміщеною оцінкою параметра, якщо її вибіркове математичне очікування дорівнює параметру  $\beta_j$  генеральної сукупності  $x$ . Змістовно незміщеність оцінки означає, що вона не має систематичної похибки.

Серед характеристик оцінок параметрів також потрібно відзначити обґрунтованість – властивість оцінки  $\hat{\beta}_j$  параметра  $\beta_j$  наближатися до його реального значення при збільшенні об'єму  $n$  вибірки за якою проводилася оцінка  $x$ .

Оскільки МНК, при виконанні ряду вимог до вихідних вибірок спостережень, дає найбільш ефективні оцінки параметрів парної лінійної регресії, його алгоритм реалізований багатьма комп'ютерними програмами.



Так в Microsoft Excel існує статистична функція «line» та інструмент «Регресія» надбудови «Аналіз даних». В MathCAD – оператор line (X, Y).

### **Висновки до 1 розділу**

В даному розділі розглянуто сутність, види та прояв транспортного забруднення. Сказано, що негативний вплив автотранспорту вимірюється величиною нанесеного збитку, який являє собою зміну корисності навколишнього середовища через вплив на нього негативних факторів. Забруднення навколишнього середовища в результаті використання автомобільного транспорту завдає шкоди якості екологічних систем, здоров'ю людей і господарським об'єктам. Концентрація промислового потенціалу та автотранспорту неминуче призводять до забруднення міського середовища і погіршення умов життєдіяльності та безпеки здоров'я городян.

Окремо розглянуто значення шумового забруднення в системі транспортного забруднення на зроблено висновок, що шум від автотранспорту – це найпоширеніший вид несприятливого екологічного впливу на організм людини. Констатовано, що шумовий вплив несприятливо діє на людину, руйнівню впливає на органи слуху, людина втрачає більшу кількість енергії, підвищується агресивність, розвивається гіпертонія, скорочує тривалість його життя.

Проаналізовано методики оцінки різних типів транспортного забруднення та зроблено вибір найбільш вдалої для наших умов експерименту.

## АНАЛІЗ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

### 2.1. Аналіз забруднення автомобільним транспортом міського середовища

Глобальні наслідки викидів відпрацьованих газів полягають у зміні складу атмосфери, участі в утворенні озонового шару в стратосфері. Регіональне поширення має процес концентрації тропосферного озону. Місцеве поширення пов'язане зазвичай з особливостями мікроклімату і рельєфу і має велике значення при визначенні екологічного потенціалу місцевості. Локальне поширення діє на прилеглій безпосередньо території і впливає на здоров'я населення. В середньому, автомобіль споживає в рік 2 т бензину і викидає в повітря 20–25 тис м<sup>3</sup> продуктів згоряння, в яких міститься 700 кг СО, 40 кг NO, 230 кг вуглеводнів і 2–5 кг твердих частинок [26, с. 315]. Як вже було сказано вище, рівень забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автотранспорту залежить також від режиму його роботи, від швидкості руху транспорту, від інтенсивності руху автомобілів, ширини і рельєфу вулиці, швидкості вітру, частки вантажного транспорту і автобусів в загальному потоці та інших факторів.

Якість палива теж обумовлює склад відпрацьованих газів автотранспорту. Склад і властивості токсичних речовин, що надходять в атмосферу міста Маріуполя з вихлопними газами, істотно залежать не тільки від виду палива, але і від типу, моделі, технічних параметрів автомашин, в тому числі від ступеня їх зношеності. З понад двохсот речовин, що входять до складу автомобільних викидів, в даний час контролюються лише найбільш істотний.

В Україні Стандарти устанавлюють правила розрахунку очікуваних рівнів шуму на території житлової забудови від транспортних потоків і локальних джерел шуму та їхнього необхідного зниження, методи розрахунку акустичної ефективності засобів зниження шуму на території, а також правила визначення необхідної звукоізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій при проектуванні нового будівництва та реконструкції житлових будинків та громадських будівель. Основними стандартами є:

1. ДБН 360–92 Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень.
2. ДБН В. 1.1–31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму.
3. ДБН В. 1.2–10–2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму.
4. ГОСТ 22283–88 Шум авіаційний. Допустимі рівні шуму на території житлової забудови і методи його вимірювання.
5. ДСТУ-Н Б В. 1.1–33:2013 ГОСТ 23337–78 Шум. Методи вимірювання шуму на сільській території і в приміщеннях житлових і громадських будівель.
6. ДСП 173–96 Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів.
7. СН 3077–84 Санітарні норми допустимого шуму в приміщеннях житлових і громадських будівель і на території житлової забудови.

Приведемо місця дослідження рівня забруднення транспортом в м. Маріуполі.

№ 1 – вул. Митрополитська.

№ 2 – вул. Італійська.

№ 3 – проспект Металургів.

№ 4 – вул. Георгіївська.

№ 5 – вул. Енгельса.

№ 6 – вул.. Університетська.

№ 7 – проспект Миру.

№ 8 – вул.. Миколаївська.

№ 9 – вул.. Савчука.

№ 10 – вул.. Грецька.

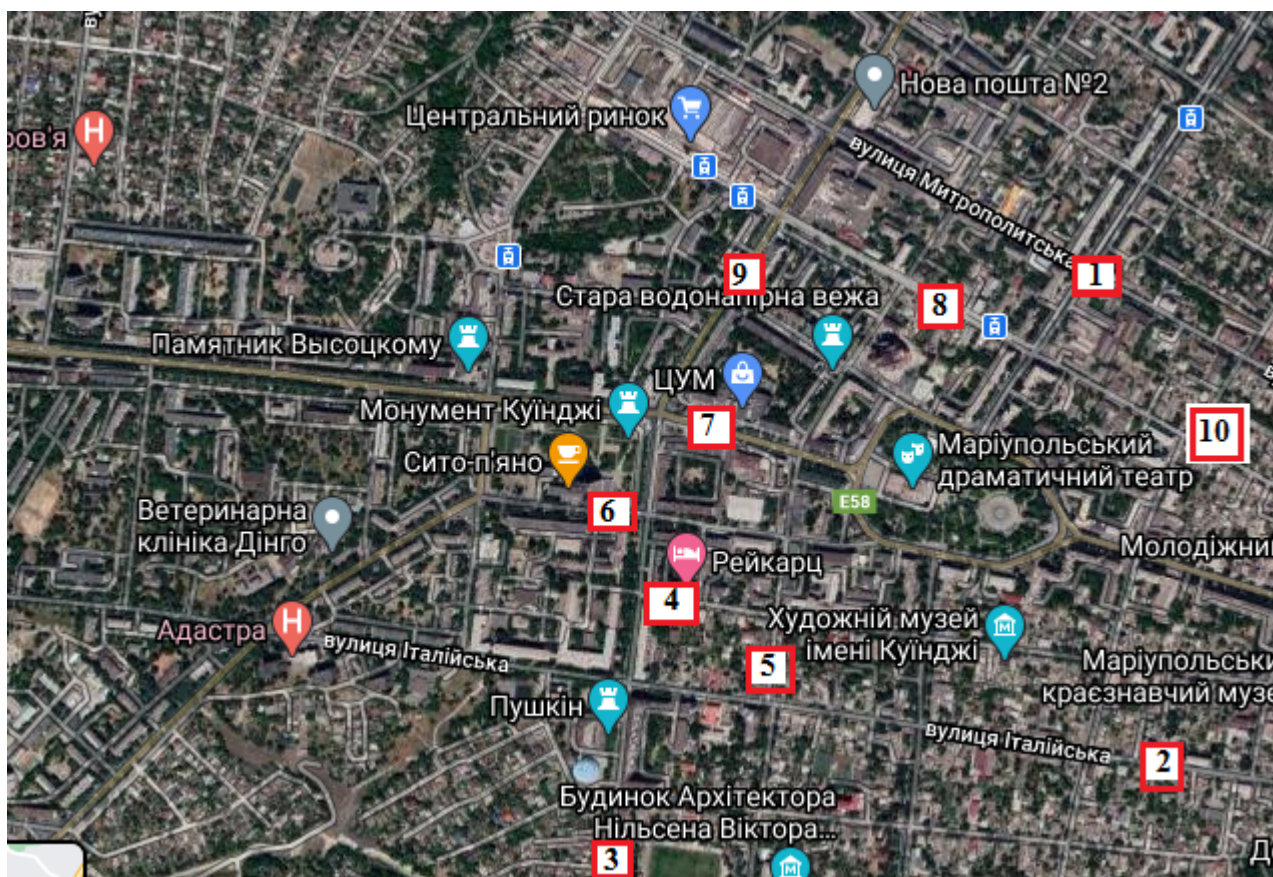


Рис. 2.1. Схематичне зображення місць дослідження на мапі м. Маріуполя

Еквівалентні рівні денного шуму  $L_{A, 10:00-11:00}$  (одногодинний, дБА) і  $L_{A, 22:00-6:00}$  (8-годинний нічний, дБА) за даними моніторингу міської служби м. Маріуполя (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Еквівалентні рівні шуму вуличного руху м. Маріуполя

Пункт заміру	Т		у	А,		у	П		у	А,		у	П		у	А,	
	10:00	11:00		10:00	11:00		10:00	11:00		10:00	11:00		10:00	11:00			
1	9,3		1-01	6,9	9,7	1-01	4	4,5	1-01	0,3	2,9						
2	9,7		1-02	3,2	0,3	1-02	9,4	3,7	1-02	6,3	0,4						
3	0,4		1-03	8	1,4	1-03	4,8	1,2	1-03	3,9	9,9						
4	9,2		1-04	0,1	7,2	1-04	4,4	8	1-04	8,2	0,3						
5	7		1-05	8,1	0,7	Продовження таблиці 2.1											
6	8,2		1-06	9,6	2,2	1-06	2,4	7,8	1-06	5,7	4,2						
7	0,1		1-07	4,4	9,8	1-07	5,1	7,6	1-08	6,1	3						
8	8,3		1-08	2,4	7,2	1-08	8,3	6,4	1-09	3,7	8,7						
9	4,6		1-09	7,5	3,1	1-09	4,8	1,7	2-01	4,2	7,6						
10	6,9		1-10	4,1	8,7	1-10	4,7	1,5	2-02	6	9						

Основними нетоксичними компонентами відпрацьованих газів автотранспортних засобів є нітроген, кисень, пари води.

Вуглекислий газ (діоксид карбону) –  $\text{CO}_2$  найбільш масовий продукт згоряння органічного палива і окиснення біомаси. Відноситься до інертних нетоксичних газів. При стабільному стані глобальної екосистеми вміст його в атмосфері залишається постійним, в основному за рахунок адсорбції водами океану. При надлишку відбуваються зміни в озоновому шарі, що впливають на геофізичні та мікрокліматичні процеси. Нормативні обмеження на викиди не встановлені, але з давніх пір контролюється загальний вміст в атмосфері на регіональному (національному) рівні [27, с. 244].

Окис вуглецю (моноксид карбону) –  $\text{CO}$ . Недоокиснений вуглець. Більше 50%  $\text{CO}$ , що надходить в атмосферу, припадає на частку автотранспорту. Відноситься до 4 класу токсичності. Небезпечний при великій концентрації-вступає у взаємодію з компонентами крові і викликає важке отруєння. Тривалість існування в атмосфері 1–2 місяці. При поганому покритті доріг, на перехрестях, при роботі двигуна на холостому ходу, гальмуванні або прискоренні концентрації  $\text{CO}$  зростає в 2,5–4 рази. Влітку  $\text{CO}$  накопичується в зелених зонах житлових кварталів, закритих дворах. Середня тривалість перебування з часом близько двох місяців [4, с. 73].

Оксид вуглецю має безпосередню дію на клітини, порушує тканинне дихання, зменшує споживання тканинами кисню. Основний вплив його пов'язано з високою здатністю виступати в реакцію з гемоглобіном, утворюючи карбоксигемоглобін, що призводить до гіпоксії. Можливість утворення карбоксигемоглобіну в крові у людей у зв'язку з високим вмістом  $\text{CO}$  в атмосферному повітрі на вулицях міст є доведеною. У регулювальників вуличного руху до кінця зміни накопичення карбоксигемоглобіну досягає 1,40–1,74% [25, с. 43].

Хронічні отруєння  $\text{CO}$  сприяють більш важкому перебігу серцево-судинної патології (аритмія, тахікардія, екстрасистоля, гіпотонія), спостерігається фізична і психічна астения, а також збільшення вмісту еритроцитів і гемоглобіну, в подальшому анемія. Спостерігаються порушення

з боку діяльності шлунково-кишкового тракту, функції щитовидної залози і кори надниркових залоз. Страждає імунітет, підвищується сприйнятливість до інфекцій [28, с. 67].

Діоксид азоту – (Нітроген (IV) оксид) –  $\text{NO}_2$ . Утворюється при високотемпературних реакціях азоту з киснем. Віднесений до 2 класу токсичності (в 41 рази небезпечніше монооксиду карбону) і навіть в невеликій концентрації викликає різні захворювання органів дихання людини. За певних погодних умов оксиди азоту входять в взаємодію з викидами вуглеводнів і утворюють в повітряному середовищі великих міст згубні скупчення смогу. Існує в атмосфері кілька днів. Діоксид азоту важчий за повітря, тому збирається в поглибленнях, канавах і становить велику небезпеку при технічному обслуговуванні транспортних засобів. Зростаючий в останні роки інтерес до цих сполук пояснюється двома причинами – високою токсичністю для людини і їх роллю в утворенні фотохімічного туману.

Токсичні ефекти залежать від концентрації  $\text{NO}_2$  в повітрі:

$c = 0,001\%$  об. – подразнення слизових оболонок носа і очей;

$c = 0,002\%$  об. – початок кисневого голодування;

$c = 0,008\%$  об. – набряк легенів.

При контакті діоксиду азоту з вологою поверхнею (слизові оболонки очей, носа, бронхів) утворюється нітратна та нітритна кислоти, які подразнюють слизові оболонки і вражають альвеолярну тканину легенів. Людина, вдихаючи повітря, що містить  $\text{NO}_2$  у високих концентраціях, не відчуває неприємних відчуттів і не передбачає негативних наслідків [38, с. 38]. Дослідження, виконані в Білорусії, показали, що у дітей, що живуть в умовах забрудненої атмосфери, виявляються зміни в периферичній крові, підвищення концентрацій метгемоглобіну, зниження дихальних функцій, підвищення захворюваності органів дихання. Вторинна реакція на вплив  $\text{NO}_2$  проявляється в утворенні в людському організмі нітритів і всмоктуванні їх в кров. Це

викликає перетворення гемоглобіну в метгемоглобін, що призводить до порушення серцевої діяльності.

За даними ВООЗ, при збільшенні концентрації діоксиду азоту на 30 мкг/м<sup>3</sup> кількість захворювань нижніх дихальних шляхів у дітей у віці 5–12 років зростає на 20%. Різку подразнюючу дію NO<sub>2</sub> пов'язують також з нітроолефінами, які утворюються в атмосфері з олефінів і оксидів азоту під впливом озону. Вуглеводні під дією ультрафіолетового випромінювання Сонця вступають в реакцію з оксидами азоту, в результаті утворюються нові токсичні продукти – фотооксиданти, що є основою «смогу» [39, с. 1189]. Головним токсичним компонентом смогу є озон. Фотооксиданти біологічно активні, проявляють шкідливий вплив на живі організми, ведуть до зростання легеневих і бронхіальних захворювань людей.

У викидах дизельних двигунів оксидів азоту більше, ніж у двигунів внутрішнього згорання, хоча значно менше окису вуглецю. У західних країнах індивідуальний контроль викидів здійснюється, в основному, за окислами азоту (у нас – тільки по окису вуглецю) забруднення повітря, обумовлене транспортом, більшою мірою складається з ультрадрібних частинок. Для забруднення ультрадрібними частинками характерні такі особливості: велика площа поверхні, велика кількість частинок в одиниці об'єму, висока проникаюча здатність і біодоступність. Саме сукупність цих особливостей виділяють як можливі причини високого ризику серцево-судинних захворювань (ССЗ), пов'язаних з ультрамалими частинками (Ultrafine particles UFP) [43, с. 67].

Вуглеводні (гідрокарбони) – СхНу є неокисненими залишками процесу згорання палива змінного складу. По токсичності відноситься до 3 класу. Дизелі дають менше легких, але більше ароматичних і поліароматичних (бензапірен) вуглеводнів. Найбільша кількість бенз [а] пірену виділяється при запуску і зупинці двигуна. Відсоток перевищення гігієнічного нормативу становить від 2 до 98. Основний відсоток перевищення нестандартних проб



припадає на райони з інтенсивним транспортним рухом (включаючи транзитний транспорт), а також центральні райони з щільною житловою забудовою, в результаті цього значно погіршується розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Кратність перевищення становить від 1,1 до 7,5 ГДК [46, с. 190].

При неповному згорянні і термічному розкладанні вуглеводнів палива утворюються зважені речовини (сажа), це частинки твердого вуглецю. Найбільшої шкоди сажі проявляється в адсорбуванні на її поверхні бенз (а) пірену, який в цьому випадку має більш сильний негативний вплив на організм людини, ніж в чистому вигляді. Він добре розчиняється в маслах, жирах, в сироватці людської крові. Накопичуючись в організмі людини до небезпечних концентрацій, бенз (а) пірен стимулює утворення злоякісних пухлин. У ряді районів міста при відносно невисокому транспортному потоці, до того ж переважно легковому, але щільній забудові з незначним розривом між магістраллю і будівлями, значно ускладнює процес розсіювання викидів двигунів, зростає концентрація канцерогенів, що перевищують ГДК в 9 разів і більше разів.

Відповідно до даних ВООЗ, збільшення середньорічної концентрації пилу (загальна пилова фракція) на  $10 \text{ мкг/м}^3$  призводить до зростання частоти захворювань бронхітом у дітей на 11,0%. При збільшенні середньодобової концентрації пилових частинок розміром менше  $10 \text{ мкм}$  на  $10 \text{ мкг/м}^3$  частота симптомів з боку верхніх дихальних шляхів зростає на 3,5%, оборотність і госпіталізація з приводу респіраторних захворювань на 0,84%, смертність від захворювань органів дихання на 1,2%, смертність від серцево-судинних захворювань – на 0,8% [45, с. 58].

Вкрай неприємною складовою частиною вихлопних газів автомашин є також пахучі і подразнюючі слизові оболонки альдегіди, що викидаються машинами, які працюють на дизельному паливі. Одним з них є формальдегід -безбарвний газ з неприємним запахом, важчий за повітря, легко розчинний у

воді. Він подразнює слизові оболонки організму людини, дихальні шляхи, вражає центральну нервову систему.

Основним джерелом формальдегіду в місті є автотранспорт (97,6% від загального надходження формальдегіду в атмосферу). На вулиці з інтенсивним рухом можна виявити формальдегід в концентраціях від 2 до 10 мг/м<sup>3</sup>. Формальдегід становить у вихлопних газах 7,1% від загальної кількості альдегідів. Рівень забруднення формальдегідом в районах, що примикають до автомагістралей, в 1,6 рази вище, ніж у житловій забудові. Ширина зон забруднення формальдегідом становить від 50 до 140 м (від осьових ліній магістралей) [42, с. 18].

Небезпека забруднення навколишнього середовища формальдегідом полягає в тому, що ця речовина 2 класу небезпеки (високонебезпечна для людини); крім загальнотоксичного і подразнюючої дії проявляє мутагенну і канцерогенну дію. В даний час формальдегід вже визнаний в якості канцерогену. Токсичність формальдегіду посилюється в присутності інших забруднювачів атмосфери, що представляють собою як загальну забрудненість (діоксид азоту, діоксид сірки, оксид вуглецю, вуглеводні), так і специфічні забруднення (амоніак, сірководень). З зазначеними речовинами формальдегід входить до складу деяких груп сумачій. У такій ситуації навіть незначні перевищення ГДК вмісту формальдегіду (1,5–2 рази) стають досить небезпечними. Таким чином, збільшується ризик здоров'ю населення у зв'язку із забрудненням повітряного середовища формальдегідом.

Удосконалення двигунів і якості технічного обслуговування істотно скорочують викиди вуглеводнів. Проблема розширення складу контрольованих транспортних забруднень може бути вирішена по мірі накопичення наукових даних і створення більш досконалих технічних засобів вимірювання в майбутньому.

До шкідливих викидів відносять також сірчистий газ (діоксид сірки) SO<sub>2</sub> його вміст у відпрацьованих газах двигунів відносно невелика і зазвичай не

контролюється. Однак в промислових викидах сірчистий газ приносить значної шкоди навколишньому середовищу (при взаємодії з вологою повітря дає розчин сульфатної кислоти), він особливо небезпечний для рослинності. Людина чутлива до SO<sub>2</sub>, при дії малих концентрацій його (близько 0,001% за обсягом) спостерігаються явища подразнення переважно верхніх дихальних шляхів. При хронічному отруєнні ранніми ознаками є вегетативно-судинна дисфункція, нейроциркуляторні розлади, що поєднуються з ураженням шлунка і печінки [41, с. 2666].

Збільшення середньодобової концентрації SO<sub>2</sub> на 10 мкг/м<sup>3</sup> призводить до зростання загальної смертності на 0,6% (ВООЗ); смертності від хвороб органів дихання на 1,2%; смертності від серцево-судинних захворювань на 0,6%. У людей у віці 65 років і більше простежується збільшення госпіталізації та звернень за швидкою медичною допомогою з приводу респіраторних захворювань на 0,5% на кожні додаткові 10 мкг/м<sup>3</sup> [47, с. 347].

З інших видів викидів автомобілів найбільше значення має свинець – Pb, який застосовують для підвищення октанового числа бензину. На сьогоднішній день відомо, що надходження свинцю в приземному шарі атмосферного повітря з викидами від автотранспорту переважає над промисловими. У ряді великих міст центральної частини України вклад автотранспорту в забруднення навколишнього середовища свинцем оцінюється в 75–85%. Крім того, результати досліджень свідчать про багатогранність патологічних ефектів щодо дії підвищених доз металу на рівень здоров'я, захворюваність і смертність населення [59, с. 2].

Важкі метали, особливо свинець, досить щільно концентруються вздовж автомагістралей, перевищуючи фонові показники в 10–20 разів і зберігаючи підвищений фон в сторону до 120 метрів від їх трас. Такі метали, як цинк, мідь, хром, миш'як, виявляють накопичувальні дію, тобто не виводяться з організму і збільшують свій токсичний прояв у міру накопичення. Цинк надходить в придорожній простір в результаті стирання різних деталей, ерозії оцинкованих

поверхонь, зносу шин, за рахунок використання в маслах присадок, що містять цей метал. Так, в якості антиокислювальних присадок до моторних оливо застосовують діалкіл- і діарилдитіофосфати цинку, які покращують антикорозійні властивості і зменшують знос деталей. Введення до складу масел дитіофосфатів цинку часто виявляється достатнім для запобігання корозійно-механічного зношування і модифікування поверхонь важко навантажених деталей, щоб уникнути задирів або втомного викришування.

Масова частка цинку в моторних маслах для бензинових двигунів становить 0,09–0,12%, в маслах для дизельних двигунів – 0,05–0,1% [56, с. 94]. Після відмови від використання сполук кадмію в процесах вулканізації гуми і заміни їх сполуками цинку стирання автомобільних шин також стало одним із джерел накопичення цього металу уздовж доріг. Останнім часом для боротьби з корозією широко використовується за кордоном і інтенсивно впроваджується у нас оцинковка кузовних деталей автомобілів, насамперед днища, що тягне за собою додаткове надходження цинку в придорожньому просторі.

У шинах автомобілів поліциклічні ароматичні вуглеводні містяться через використання при виробництві гуми газової сажі, яка надає гумі необхідні властивості по стійкості до стирання, міцності, жорсткості, твердості. За наявними оцінками кожні 100 грам стертих шин містять до 1,2 мг бенз (а) пірену. Видається, що стирання асфальту і шин є важливою причиною підвищеного накопичення бенз (а) пірену в придорожніх ґрунтах. Накопичені в результаті численних досліджень дані свідчать про необхідність прийняття низки заходів, які обмежують надходження в природне середовище небажаних речовин, що входять до складу відпрацьованих газів автотранспорту.

Частина викидів свинцю протягом декількох годин знаходиться в повітрі у вигляді аерозолів, але потім вся його кількість накопичується на поверхні землі поблизу проїжджої частини. В розвинених країнах виробництво

етильованих бензинів з свинцевими добавками практично припинено, але в нашій країні контроль викидів свинцю залишається актуальним.

Проблема забруднення земель відходами – одна з найважливіших для мегаполісів, де є оборонна, хімічна та переробна промисловість, розвинена сфера обслуговування тощо. Існує залежність між ступенем забрудненості ґрунтів і показниками здоров'я населення: у міру зростання забрудненості збільшується загальна захворюваність, число дітей з хронічними захворюваннями, виявляється порушення функціонального стану серцево-судинної системи [60, с. 210]. Дуже тривожним показником є забруднення ґрунту території житлових кварталів і прогулянкових майданчиків також і хромом. Не можна виключити несприятливий вплив забрудненого ґрунту на дитячий організм. Дитяче населення – найбільш чутлива вікова група і найчутливіша до несприятливих впливів навколишнього середовища. Тенденцію до зміни показників здоров'я дитячого населення слід розглядати як критерій санітарно-епідеміологічного благополуччя всього населення. У дітей, як і у дорослих, відзначається зростання патологій, що збігається зі спектром токсичної дії хімічної речовин, виявлених в атмосферному повітрі міста. Найбільш інтенсивне зростання відзначається за такими захворюваннями: анемія (2,5 рази), хронічні хвороби мигдалин і аденоїдів (4,7 рази), бронхіальна астма (4,8 рази), нефрит і нефротичний синдром (1,7 рази), отит хронічний (1,7 рази). Особливу настороженість викликають реєструються в останні роки у дітей злякисні новоутворення [57, с. 49].

Токсичні компоненти автомобільних викидів діють не тільки на людину, а й на рослини і навіть на історичні пам'ятники. Величезні кошти витрачаються в Італії на збереження старовинних споруд на міських вулицях. Знаменитий Акрополь за кілька останніх десятиліть постраждав більше, ніж за дві з гаком тисячі років свого існування, і для його ремонту знадобилося створення спеціального міжнародного фонду.

Для оцінки рівнів викидів автомобільним транспортом в атмосферу на дослідних ділянках м. Маріуполя наводимо докладну характеристику транспортного потоку із поділом їх на три основних категорії: легкові, вантажні автомобілі, автобуси (табл. 2.2).

Згідно даних дослідження на дослідних ділянках 1, 5, 6, 10 переважна більшість транспортних засобів м. Маріуполя це легкові автомобілі з бензиновим двигуном, що у більшості випадків не старші 10 років і обладнані системою очищення відпрацьованих газів яка відповідає Євро – 1, 2, 3.

Таблиця 2.2

Характеристика транспортного потоку на дослідних ділянках м. Маріуполя

Поз.	Ділянка	Діл	Кількість автотранспортних засобів, авт./год.				Всього авт./год.	
			Легкові	Вантажні		Автобуси		
				дизельні	бензинові	дизельні		бензинові
Літній період								
1	1	1006	283	84	409	152	1934	
2	5	1131	318	95	462	170	2176	
3	6	912	257	77	371	138	1755	
4	10	1157	325	97	472	174	2225	
5	11	1270	357	106	517	193	2443	
Зимовий період								
6	1	877	241	72	347	128	1641	

7	5	1	91	256	77	371	136	175
8	6	0	69	194	57	281	103	132
9	10	3	86	243	73	351	130	166
10	11	07	10	283	85	409	152	193

Автобуси другі за чисельністю на обраних дослідних ділянках. Розподіляються приблизно (дизельні / бензинові) 60 / 40%. Переважній більшість це маршрутні транспортні засоби з об'ємом двигуна до 3 л та загальною пасажировмістимістю до 42 чол. Транспортний потік вантажних автомобілів характеризується малою вантажопід'ємністю до 2,5 т та не великими об'ємами двигунів до 2,5 л, що у більшості випадків не мають каталізаторів очищення відпрацьованих газів та фільтрів сажі [53, с. 86].

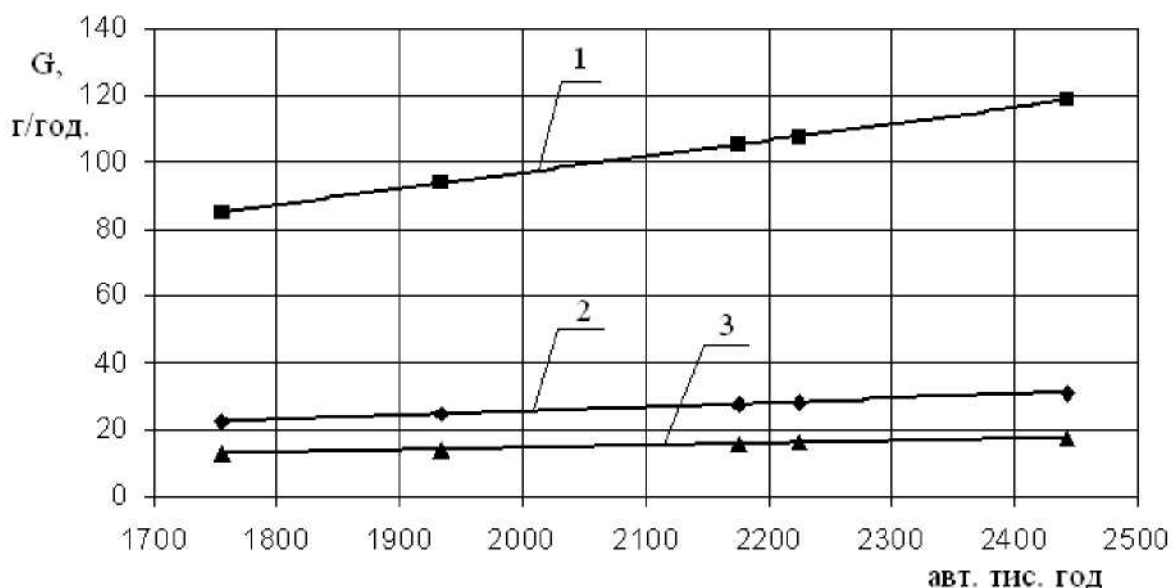
Розрахунки викидів проводили за вищеприведеними методиками, за умов середньої швидкості транспортних потоків в умовах міста – 40 км/год з розрахунку г/с.

Основні параметри, що досліджувалися: викиди діоксиду азоту; оксиду вуглецю; вуглеводні.

За результатами досліджень для різних типів автомобілів, дослідних ділянок та речовин які викидаються з відпрацьованими газами залежності сумарних викидів діоксиду азоту, оксиду вуглецю та вуглеводнів на дослідних ділянках з врахуванням викидів окремих типів автомобілів (рис. 2.2.), що

рухаються у складі транспортного потоку густонаселеними районами м. Маріуполя в умовах заторів.

Як видно з графічних залежностей рис. 2.2. (сумарні викиди шкідливих речовин автомобілями) основним забрудником на дослідних ділянках густонаселених районів м. Маріуполя є оксиди вуглецю величина викидів якого становить від 85,0 до 118,4 г/год, викиди діоксидів азоту становлять від 22,3 до 31,1 г/год та викиди вуглеводнів від 12,7 до 17,7 г/год.



1 – оксиди вуглецю; 2 – діоксиди азоту; 3 – вуглеводні

Рис. 2.2. Сумарні викиди шкідливих речовин автомобілями на дослідних ділянках м. Маріуполя у літній період

При чому високі викиди оксидів вуглецю характерні для ділянок де переважна більшість бензинових двигунів автомобілів всіх марок, оксиди азоту характерні для ділянок з дизельних двигунів.

Аналогічні дослідження на дослідних ділянках проведені у зимовий період. Інтенсивність руху транспортних потоків на зазначених ділянках у зимовий період наведено на рис. 2.3. Характеристика транспортного потоку на дослідних ділянках у зимовий період наведена у табл. 2.3.





Рис. 2.3. Густина населення та інтенсивності руху автомобільного транспорту на дослідних ділянках м. Маріуполя у зимовий період

Загальний рівень забруднення повітря в місті Маріуполь за індексом забруднення атмосфери (ІЗА) оцінюється як низький, але є високим за певними показниками. Середньорічні концентрації домішок, що визначались, не перевищували середньодобову граничнодопустиму концентрацію (ГДКс. д.\*), за винятком діоксиду нітрогену (речовини 3-го класу небезпеки), середня концентрація якого дорівнювала 2,0 ГДКс. д. (див. табл. 2.3). Протягом року середньомісячні концентрації діоксиду нітрогену коливались у межах 1,8–2,3 ГДКс. д. Середньорічні концентрації інших домішок становили: завислих речовин – 0,9 ГДКс. д., діоксиду сульфуру – 0,7 ГДКс. д. Максимальні концентрації досягали: діоксиду нітрогену – 1,1 ГДКм. р. (зафіксовано у вересні на ПСЗ № 2), завислих речовин – 0,4 ГДКм. р., діоксиду сульфуру – 0,2 ГДКм. р. [52, с. 272]. Забруднення атмосферного повітря за ступенем хімічної небезпеки для живих організмів посідає одне з перших місць. Це

обумовлено в першу чергу тим, що забруднюючі речовини з атмосферного повітря мають найбільш широке розповсюдження та випадають у різні середовища. Наприклад, атмосферні опади дають до 10% забруднення водних об'єктів, значно 21 забруднюють ґрунти. Крім того, людина споживає за добу і в цілому за життя в об'ємному відношенні повітряна багато більше, ніж води і їжі.

Таблиця 2.3

Середньорічні і максимальні концентрації забруднюючих речовин (в кратності ГДК) за 2019 рік та у порівнянні з 2018 роком в атмосферному повітрі м. Маріуполь

Категорія	Доміш	Середньорічні концентрації				Максимальні концентрації			
		Номери постів (ПСЗ)		По місту		Номери постів (ПСЗ)		По місту	
		і	2	2018	2020	і	2	2019	2018
Завислі речовини		0,9	0,9	0,9	0,9	0,4	0,4	0,4	0,4
	Діоксид сульфуру	0,6	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2
Діоксид нітрогену		2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,1	1,0	1,1
Кадмій		0,0	-	0,0	0,0	0,1	-	0,1	0,0
Залізо		0	-	0,	0,	0	-	0,	0,

	,0		0	0	,0		0	0
Манга	0		0,	0,	0		0,	0,
Н	,0	-	0	0	,1	-	1	0
Мідь	0		0,	0,	0		0,	0,
	,0	-	0	0	,1	-	1	0
Нікель	0		0,	0,	0		0,	0,
	,0	-	0	0	,0	-	0	0
Свине	0		0,	0,	0		0,	0,
ЦЬ	,1	-	1	1	,3	-	3	1
Хром	0		0,	0,	0		0,	0,
	,0	-	0	0	,0	-	0	0
Цинк	0		0,	0,	0		0,	0,
	,0	-	0	0	,0	-	0	0

Аналіз даних таблиці 2.3 вказує на те, що середньорічні концентрації більшості речовин в атмосферному повітрі в м. Маріуполь за 2019 рік не змінилися в порівнянні з 2018 роком. Проте максимальні концентрації кадмію, мангану, міді, свинцю збільшилися в порівнянні з 2018 роком. В той же час, природа поставила істотні захисні бар'єри для шкідливих речовин, що потрапляють до організму через шлунково-кишковий тракт, не забезпечивши таким же надійним захистом легені. Забруднення повітря супроводжується утворенням стійких аномалій забруднювачів у ґрунтах, воді та рослинах.

Живі організми надзвичайно чутливі, як до діоксиду сульфуру, так і до сульфатної та сульфітної кислот, що утворюються при контакті цього оксиду з вологою в атмосфері. Діоксид сульфуру розноситься на великі відстані, випадаючи в остаточному підсумку у вигляді кислотних дощів. В Маріуполі протягом останніх років не зафіксовано опади з кислою реакцією (рН був у межах 6,9–7,2). Особливу небезпеку для навколишнього середовища поряд з іншими мають канцерогенні сполуки, зокрема, такі високотоксичні речовини,

як бенз (а) пірен і свинець. Підраховано, що з вихлопними газами в атмосферу потрапляє 25–27% свинцю, що знаходиться у паливі. Причому, біля 40% часток свинцю у відпрацьованих газах мають діаметр менше 5 мкм і здатні тривалий час знаходитися в завислому стані, проникати з повітрям в організм людини [54, с. 58].

## **2.2. Характеристика шумового забруднення міського середовища**

Останнім часом більш серйозну увагу стали приділяти захисту населення від транспортного шуму. Вважається, що систематичний вплив шуму вище встановлених санітарних норм істотно впливає на людину: працездатність, сприяє психо-неврологічним захворювань, викликає хвороби органів слуху. У Німеччині більш 40 млн чоловік відчувають шум як перешкоду, з них 5 млн чоловік страждають хронічними хворобами органів кровообігу, розладами слуху, безсонням. На захист від транспортного щорічно витрачається не менше 150 млн євро [49, с. 28].

В умовах сильного шуму виникає небезпека зниження і втрати слуху. Тривале шумовий вплив розглядається як один з факторів, що викликають підвищену захворюваність. З дією шуму пов'язане зростання нервових, серцево-судинних захворювань, виразкової хвороби, розвиток приглухуватості у міського населення. Шум має шкідливий вплив на центральну нервову систему, викликаючи переважно і виснаження клітин кори головного мозку. Знижується увага, порушується координація рухів, погіршується працездатність [51, с. 63].

При оцінці забруднення навколишнього середовища в містах з багатоконпонентним її забрудненням обмежуватися тільки характеристикою концентрацій шкідливих речовин вкрай недостатньо. У цих умовах єдиним критерієм оцінки навколишнього середовища може бути тільки рівень

здоров'я населення, встановлений за допомогою соціально-гігієнічного моніторингу.

Результати обстеження показали, що вимірний рівень звуку значно перевищує гранично допустимий (55 дБА) при будь-яких вимірних значеннях інтенсивності потоку і відстані від дороги (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4

Результати вимірювань шумових характеристик при різній інтенсивності автотранспортного потоку

№ Досліджуваної ділянки м. Маріуполь	Загальна кількість автомобілів	Із них				Екв. рівня звуку, дБА
		Легкові	Вантажні	Автобуси	Мікроавтобуси	
1	75	69	3	1	2	73,00
1	80	85	1	1	3	75,00
2	93	87	2	2	2	77,50
2	98	92	1	2	3	77,70
3	116	106	1	1	8	78,40
3	126	112	0	1	13	78,70
4	131	116	3	3	8	79

						8,80
4	135	122	7	2	4	7 9,20
5	138	129	3	2	4	7 9,40
5	151	138	0	2	11	7 9,70
6	151	140	1	4	6	7 9,70
6	156	142	2	1	11	7 9,80
7	164	157	1	1	6	7 9,90
7	173	162	3	4	4	8 0,00
8	181	170	3	5	3	8 0,10
9	189	185	1	1	2	8 0,20
10	200	190	3	2	5	8 0,30

Умови проведення експерименту: Температура повітря = -1 °С, V вітру – 1 м/с, Тривалість вимірювання = 2 хв, Швидкість потоку – 60 км / ч, Відстань до дороги = 7,5 м

Таблиця 2.5

Результати вимірювань шумових характеристик при різній відстані від дороги

Відстань до дороги	Еквівалентний рівень звуку дБА	Максимальний рівень звуку дБА	Мінімальний рівень звуку дБА
0	79,9	83,1	78,4
2	78,5	78,8	73,1
5	77,2	78,3	73,0
8	74,2	74,4	71,7
10	72,0	74,2	71,5
15	68,8	70,6	68,3
20	67,8	68,2	67,5
25	66,1	66,6	65,3

Умови проведення експерименту: Температура повітря = -1 °С, V вітру – 1 м/с, Тривалість вимірювання = 2 хв, Швидкість потоку – 60 км / ч, Відстань до дороги = 7,5 м

В результаті проведеного кореляційного аналізу для вимірювання рівня шуму в м. Маріуполь був зроблений висновок, що при поточних параметрах транспортного потоку (високої інтенсивності руху зі значною переважанням у структурі транспортного потоку легкових автомобілів) на еквівалентний рівень звуку впливає загальна кількість автомобілів, тоді як вплив окремих груп автомобілів (вантажних, автобусів і мікроавтобусів та інших видів) незначний (таб. 2.6).

Таблиця 2.6

Залежність еквівалентного рівня звуку від кількості і складу транспортного потоку

Фактори	Залежність еквівалентного рівня звуку від факторів (значення коефіцієнта кореляції)
Кількість автомобілів	0,869

Кількість легкових автомобілів	0,834
Кількість вантажних автомобілів	0,023
Кількість автобусів	0,375
Кількість мікроавтобусів	0,317
Кількість інших видів транспорту	0,017

Для визначення аналітичного виду залежності рівня звуку від інтенсивності руху був проведений регресійний аналіз. В результаті аналізу була знайдена регресійна функція / , де  $f(x)$  – значення еквівалентного рівня звуку,  $x$  – загальне число автомобілів, що проїжджають протягом 2 хвилин, для якої коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,964$  (рис. 2.4). Таким чином, регресійна функція досить точно описує залежність еквівалентного рівня звуку від кількості автомобілів [40, с. 18].



### Рівень звуку, дБА

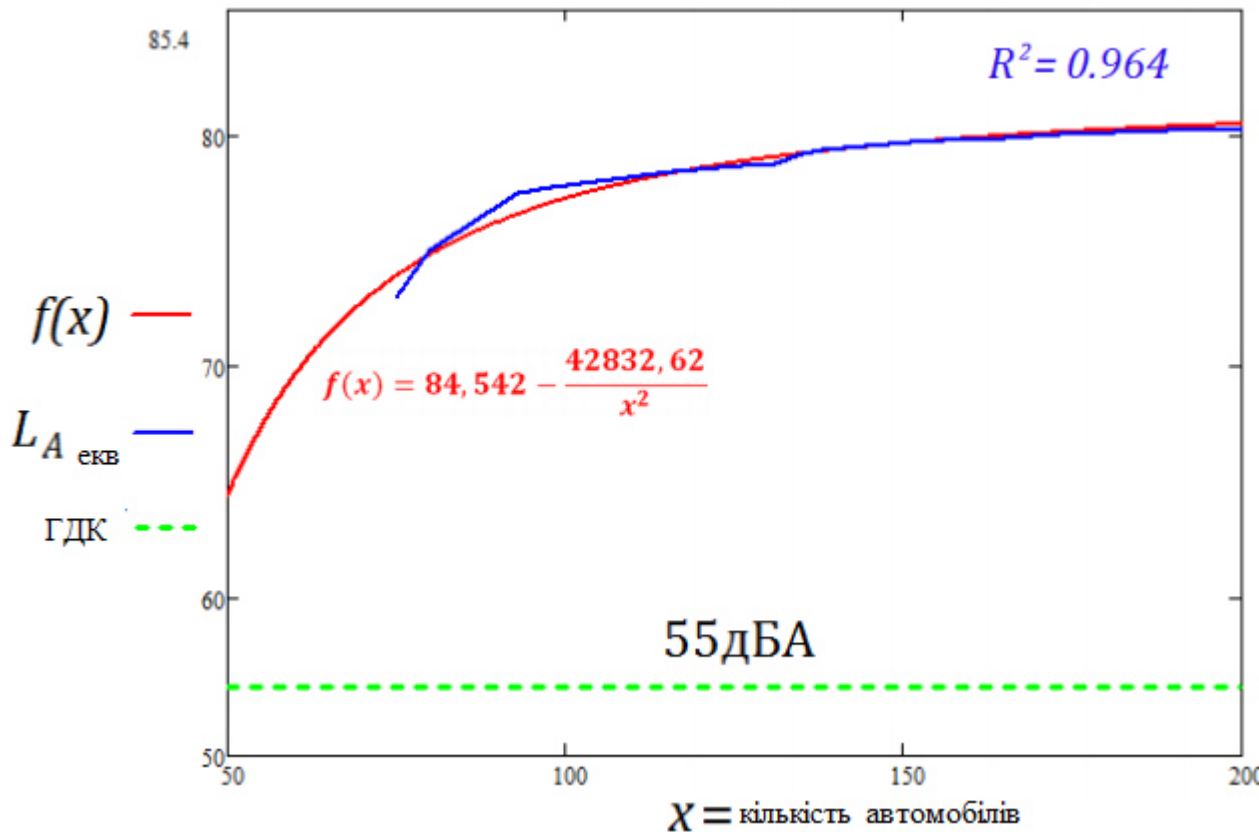


Рис. 2.4. Залежність рівня звуку від числа автомобілів

Регресійна функція залежності еквівалентного рівня звуку від відстані до автодороги (джерела шуму) має вигляд:

$$g(l) = 79,2267 - 0,5802 \cdot l, \quad (2.1.)$$

де  $g(l)$  – значення еквівалентного рівня звуку,  $l$  – відстань до джерела шуму. Коefіцієнт детермінації  $R^2 \approx 0,955$  (рис. 2.5.). Така чином, в інтервалі від 0 до 41 м Рівень звуку перевищує гранично допустиме значення, і знаходження в цьому інтервалі може надавати негативні наслідки на здоров'я людини.

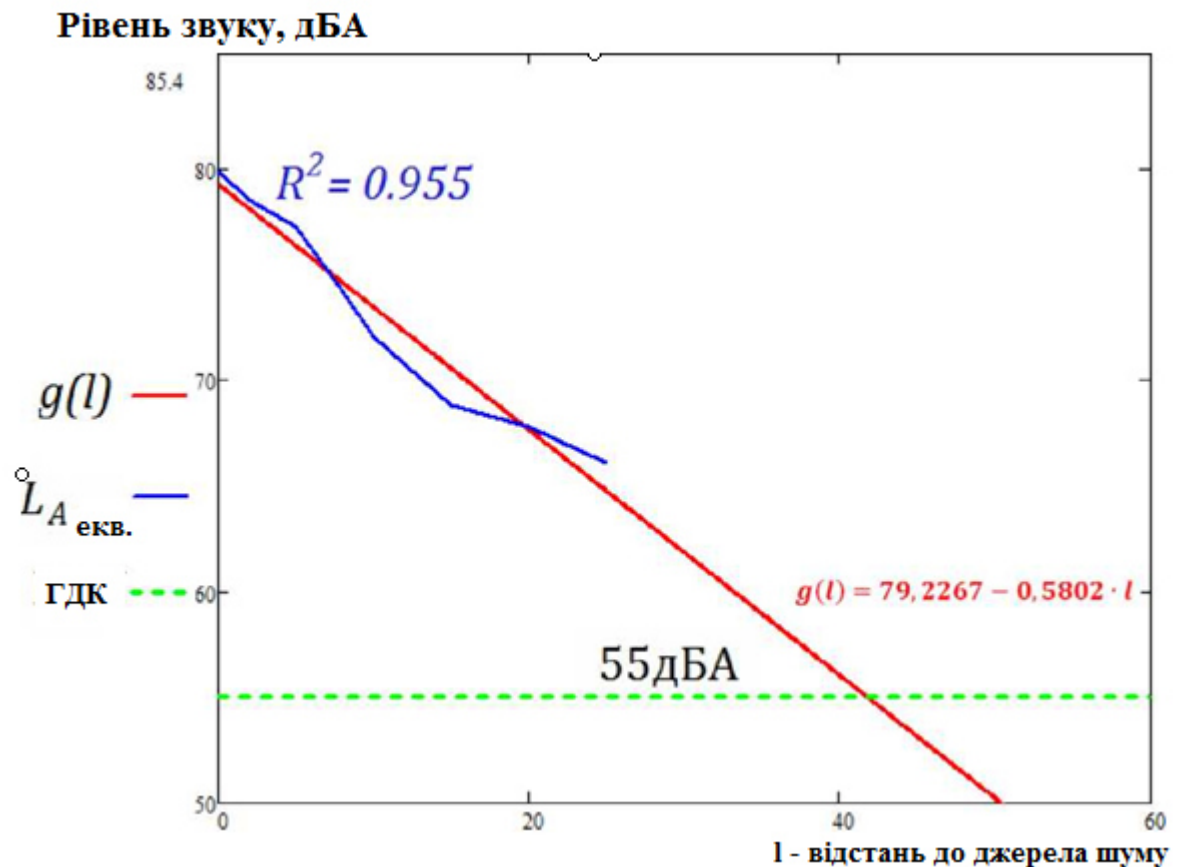


Рис. 2.5. Залежність рівня звуку від відстані до джерела шуму в м.  
 Маріуполь

Для захисту від шуму можуть застосовуватися такі основні методи:

1. Технічні – усунення причин шумоутворення або ослаблення його в джерелі виникнення;
2. Планувальні – зниження рівня шуму по шляху його поширення;
3. Організаційні або адміністративні.

Найбільш радикальними і витратними є технічні заходи, які спрямовані на джерела шуму. Однак ефективність заходів щодо зниження шуму експлуатованих автомобілів досить мала. Зниження або усунення шуму в джерелі слід домагатися, перш за все, в процесі проектування.

Таблиця 2.7

Середнє значення рівня шуму в залежності від відстані до джерела  
(м. Маріуполь), дБА

Рік спостереження	Час доботи	Біля джерела шуму	7,5 м від джерела шуму	15 від джерела шуму	20 від джерела шуму	25 м від джерела шуму
літній період						
2017	ранок	74,7 ±5,23	70,4 ±2,11	68,6 ±5,49	67,6 ±2,03	65,9 ±5,27
	вечір	75,6 ±2,27	69,1 ±4,15	67,3 ±4,71	66,3 ±5,31	66,0 ±2,64
2018	ранок	75,7 ±3,79	72,1 ±5,77	69,5 ±3,48	68,6 ±4,12	67,2 ±4,03
	вечір	76,2 ±6,10	70,2 ±3,51	68,7 ±4,13	67,4 ±5,59	67,3 ±2,69
2019	ранок	75,8 ±3,03	73,6 ±2,21	71,3 ±2,14	69,6 ±4,18	68,0 ±3,41
	вечір	76,0 ±5,32	72,2 ±4,33	69,2 ±4,84	67,3 ±2,02	66,3 ±4,46
Зимовий період						
2017	ранок	75,3 ±2,26	70,6 ±4,94	69,2 ±4,15	67,8 ±2,04	66,7 ±4,67
	вечір	76,9 ±3,85	70,3 ±2,81	68,6 ±2,47	67,6 ±4,06	66,0 ±5,28
2018	ранок	75,8 ±2,27	71,5 ±4,29	69,7 ±4,18	68,7 ±2,75	67,0 ±5,36
	вечір	76,3 ±3,82	69,5 ±5,56	68,2 ±5,46	66,8 ±5,34	65,7 ±2,63

2019	ранок	75,8 ±5,31	68,7 ±3,44	67,6 ±3,38	65,9 ±4,61	65,4 ±3,92
	вечір	74,9 ±2,99	69,8 ±2,09	68,8 ±4,82	67,0 ±3,36	66,4 ±5,31

Для захисту від шуму застосовують такі заходи: забезпечення вільного руху (скорочення перетинів, інших перешкод); зниження інтенсивності руху транспортних засобів, заборони нічного, вантажного руху; санітарно-захисної смуги, посадки на ній рослинності; пристрій шумозахисних огорож (валів, екранів); доріг у виїмках; зменшення поздовжніх ухилів; збільшення радіусів кривих; застосування малошумних покриттів.

Дія акустичних полів не тільки викликає дискомфорт, але і призводить до таких захворювань, як психічні розлади, погіршення серцево-судинної діяльності, погіршення слуху. Під дією шуму виникають і розвиваються захворювання центральної нервової і серцево-судинної систем; гіпертонічна і виразкова хвороби, виникають неврози, дратівливість, безсоння, формується синдром хронічної втоми [48, с. 334].

### **2.3. Оцінка впливу нічного шуму на стан міського середовища та здоров'я громадян**

Рівні забруднення повітря і рівні нічного шуму можуть істотно варіювати. Вони залежать як від характеристик джерел забруднення, так і середовища поширення. Виділяють тимчасову і просторову варіації рівнів нічного шуму. Так, нічний шум і забруднення повітря від автомобільного транспорту досягають максимальних концентрацій в години пік ввечері і вночі. Цьому часу відповідає максимальний вплив на відносно коротких відстанях, що виділяють у часовій компоненті. У свою чергу метеорологічні фактори впливають на стабільність атмосфери, можуть змінювати горизонтальне поширення забруднення повітря і шуму, істотно модифікуючи як рівні впливу, так і кількість людей, схильних до цих впливів (просторовий компонент). Більш того, якісні відмінності джерел впливають на структурний склад забруднення.

Наприклад, відмінності між міською та сільською місцевістю виражаються наявністю в основному продуктів горіння, таких як оксиди азоту ( $\text{NO}$  і  $\text{NO}_2$ ) і сажа. Відмінності за часом і положенням згладжуються градієнтно, при цьому градієнт забруднення істотно залежить від метеорологічних умов, включаючи добові зміни вертикальних атмосферних змішувань, швидкості вітру і температури [50, с. 9]. Для транспортного нічного шуму градієнт найбільш істотний, так як інтенсивність шуму експоненціально зменшується з відстанню від його джерела. Величина градієнта поширення нічного шуму залежить від характеристик забруднювача: градієнти ультрамалих частинок (UFP) дуже круті (малий радіус поширення), градієнти  $\text{NO}_2$  більш пологі, а градієнти дрібних частинок ( $\text{PM}_{2.5}$ ) в цілому стабільні на великих відстанях (великий радіус поширення).

Таким чином, при оцінці впливу на здоров'я людини транспортного забруднення повітря і нічного шуму як окремо, так і в сукупності потрібно враховувати:

– фонові або регіональні рівні, тобто забруднення повітря або нічного шуму, з якими стикаються більшість людей в даному регіоні. Поширення забруднювача в такому випадку в цілому рівномірно. Вплив оцінюється як відносно рівномірний на всіх людей;

– локальні джерела та рівні, такі як близькість до проїжджої частини або інших джерел забруднення, інтенсивність джерел. Поширення забруднювача в такому випадку більш локально. Вплив оцінюється як відносно рівномірний в межах локального джерела;

– наявність можливих модифікаторів персонального впливу: умов внутрішнього мікроклімату (такі як локальні джерела, так і фільтри забруднювачів); модифікатори часу проведеного в дорозі в різних зонах впливу нічного шуму [58, с. 189].

Більш того, в дослідженнях, з одночасним вимірюванням транспортного забруднення повітря і нічного шуму, кореляція між ними помітно різниться. Це залежить як від умов дослідження і території обстеження, так і від конкретних показників забруднення, які зіставляються. Найвища кореляція, як правило, визначається між забрудненням повітря, безпосередньо пов'язаним з локальним транспортом (моноксид карбону,  $\text{NO}_2$ ) і шумом від автомобільного транспорту. Показники кореляції нічного шуму та регіональних забруднювачів повітря, таких як дрібні частинки ( $\text{PM}_{2.5}$ ), зазвичай значно нижчі. Слід враховувати, що такі фактори і засоби організації дорожнього руху, як швидкість і транспортне навантаження, також можуть по різному впливати на рівні шуму і забруднення повітря.

У загальному випадку, під час пробок рівень нічного шуму може знижуватися, але атмосферні викиди значно підвищуються (через більш низьких оборотів двигуна). І навпаки, в звичайному режимі, рівень атмосферних викидів знижується, в той час як рівень транспортного нічного шуму зазвичай підвищується [20:5.1–5.32]. Наявність шумових бар'єрів і прилеглої забудови впливають на рівні нічного шуму, при цьому не надаючи істотного впливу на забруднення повітря. Зміна кількості транспорту може

істотно впливати на рівні забруднення повітря, але не впливати на рівень нічного шуму. Зміна обсягу транспорту вдвічі змінює рівень нічного шуму тільки на 3 Дб [20:5.1–5.32]. Більш того, метеорологічні фактори можуть надавати протилежний ефект на рівні нічного шуму і забруднення повітря: мокре дорожнє покриття збільшує рівень нічного шуму, але істотно знижує локальне забруднення повітря частинками. Напрямок і швидкість вітру можуть додатково чинити сильний вплив на рівні забруднення від транспорту.

Функціональний стан центральної нервової та серцево-судинної систем, слухова чутливість залежать від рівня впливу звукової енергії, від статі і від віку обстежених осіб. При середньому рівні впливу до 70 дБ – скарги на подразнюючу дію склало у 38% людей, при рівні 71–75 дБ–38. При рівні 76–80 дБ–72% (Протасов, 1999). Нічний шум значною мірою порушує сон. Вкрай несприятливо діють переривчасті, раптово виникаючі шуми, особливо у вечірні та нічні години, на тільки що заснув людини. Раптово виникає під час сну нічний шум (наприклад, гуркіт вантажівки) часто викликає сильний переляк, особливо у хворих людей і діти. Нічний шум зменшує тривалість і глибину сну, адже під впливом рівня шуму 50 дБ термін засипання збільшується на годину і більше, сон стає поверхневим, після пробудження люди відчувають втому, головний біль, а нерідко і серцебиття (Моторін, 2017) [61, с. 21].

Сучасний шумовий дискомфорт викликає хворобливі реакції не тільки у людини, але і у тварин. Шум від пролітаючого реактивного літака наприклад, гнітюче діє на бджолу, вона втрачає здатність орієнтуватися. Цей же шум вбиває личинки бджіл, розбиває відкрито лежачі яйця птахів в гнізді. Більшість цих наслідків є короткотривалими, але при тривалому характері шумового впливу, деякі несприятливі наслідки у тварин мають хронічний характер.

Значна кількість експериментів, проведених на тваринах, показала високі рівні кров'яного тиску, що з'явилися результатом шумових впливів з

рівнем від 85 до 90 дБ, які не повернулися до вихідних величин після припинення шумового впливу (Merlin, 1991). Вивчення впливу нічного шуму на хімічний склад крові показує підвищені концентрації катехоламінів епінефрину і норепінефрину (Reh, 1965). В результаті серії експериментів, проведених німецькими дослідниками, було встановлено зв'язок між нічним шумовим впливом і метаболізмом магнію в організмі людей і тварин. Біологічний подразник, нічний шум може впливати на всю фізіологічну систему організму.

Дані нещодавно проведеного систематичного огляду і мета-аналізу показали, що більшість забруднювачів повітря ( $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$ ,  $CO$  та  $SO_2$ ), за винятком озону, короткочасно збільшують (1–5%) ризик гострого інфаркту міокарда. Детальний аналіз, зосереджений на гострих коронарних подіях в когортах з проекту ESCAPE, виявив статистично значущий взаємозв'язок між забрудненням частинками  $PM_{2.5}$  і частотою гострих коронарних подій, навіть при рівнях забруднення нижче рекомендованих європейських рівнів (ризик підвищується на 12% кожні  $10 \text{ мкг/м}^3$   $PM_{10}$  і на 13% кожні  $5 \text{ мкг/м}^3$   $PM_{2.5}$ ; дані 100 000 учасників з 11 когорт по всій Європі) [63, с. 1187].

Мета-аналіз, що включає 6,2 млн випадків в 28 країнах, показав невеликий (1%), але значущий зв'язок між настанням інсульту і смертністю і підвищенням рівня  $PM_{2.5}$  ( $10 \text{ мкг/м}^3$ ), а також рівнем газоподібних забруднюючих речовин ( $SO_2$ ,  $NO_2$  і  $CO$ ) за 7 днів, які передують захворюванню. Дослідження з США та Європи показали збільшення ризику інсульту при збільшенні рівнів  $PM_{2.5}$  на  $5 \text{ мкг/м}^3$  до 17,5% 19% відповідно. Дослідження в Китаї показали, що тривалий вплив  $PM_{10}$  і  $NO_2$  протягом 12 років збільшує смертність від цереброваскулярних захворювань. Більш високий ризик був відзначений у пацієнтів старше 60 років і у людей, що не палять. Більш того, дослідження показують позитивний зв'язок між короткочасним збільшенням газоподібних компонентів і  $PM_{2.5}$  з ризиком госпіталізації при серцевій недостатності і подальшій смерті. Газоподібні



забруднюючі речовини, такі як  $\text{NO}_2$  і  $\text{SO}_2$ , приєднуючись до вже наявного забруднення повітря, наприклад від дорожнього транспорту, призводять до істотного збільшення ризику серцево-судинних захворювань. Цей зв'язок особливо сильний у пацієнтів з серцево-судинною патологією в анамнезі [62, с. 40].

Численні дослідження по всьому світу демонструють зв'язок між забрудненням навколишнього середовища  $\text{PM}_{2.5}$ , сажою та іншими речовинами, пов'язаними з транспортом, і підвищенням артеріального тиску. При дослідженні великої групи здорових осіб, ризик АГ підвищується на 13% на кожні  $10 \text{ мкг/м}^3$   $\text{PM}_{2.5}$ . В експерименті на добровольцях підтверджено короткостроковий вплив вихлопних газів від дизельного палива та нічного шуму на підвищення артеріального тиску. Аналогічним чином, забруднення повітря впливає на резистентність до інсуліну, цукровий діабет (ЦД) і ожиріння. У ході мета-аналізу за участю 2 371 907 осіб (з них 21 095 з діагнозом ЦД 2 типу) ризик розвитку ЦД збільшився на 39% на кожні  $10 \text{ мкг/м}^3$   $\text{PM}_{2.5}$ . Інший мета-аналіз показав збільшення ризику розвитку ЦД на 10% (HR: 1,10; 95% ДІ: 1,02, 1,18) і на 8% (HR: 1,08; 95% ДІ: 1,00, 1,17) за кожні  $10 \text{ мкг/м}^3$   $\text{PM}_{2.5}$  і  $\text{NO}_2$  відповідно [36]. Більш того, проспективні дослідження виявили зв'язок між ожирінням у дітей і забрудненням повітря, пов'язаним з нічним шумом, що створюється автомобільним транспортом. До цих пір залишається відкритим питання, чи є ЦД однією з проміжних ланок в серцево-судинної захворюваності, що пов'язана із нічним шумом та забрудненням повітря в довгостроковій перспективі [64, с. 195].

## **Висновки до 2 розділу**

В даному розділі проведено аналіз забруднення автомобільним транспортом міського середовища. Наголошено на нормативних документах

та стандартах, що регламентують порядок визначення негативних впливів транспорту.

Описано місця відбору проб для дослідження та основні показники шуму в даних місцях. Наведено значення оксиду вуглецю, діоксиду азоту та вуглеводнів в місцях замірів, зроблено порівняльний аналіз результатів. Окремо виміряно вміст важких металів та зроблено аналіз їх негативного впливу на екосистему Маріуполя. Зроблено характеристичний аналіз типу транспортного потоку та кількості викидів важких металів.

В результаті проведеного кореляційного аналізу для вимірювання рівня шуму в м. Маріуполь був зроблений висновок, що при поточних параметрах транспортного потоку (високої інтенсивності руху зі значною переважанням у структурі транспортного потоку легкових автомобілів) на еквівалентний рівень звуку впливає загальна кількість автомобілів, тоді як вплив окремих груп автомобілів. Зроблено рекомендації для захисту від шуму в місцях дослідження.

## РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА М. МАРІУПОЛЯ

### 3.1. Зарубіжний досвід зменшення транспортного забруднення міського середовища

Характеризуючи базу дослідження (м. Маріуполь) слід відмітити, що середня річна температура повітря позитивна (5,3 °С). Протягом року середня місячна температура змінюється від – 11,6 °С в січні до +21,7 °С в липні. Найхолоднішим місяцем є січень, середня температура якого може коливатися від – 30 °С до +5 °С. Найтеплішим місяцем в році є липень. Вдень переважають температури + 24 °С, вночі +18 °С. Температура повітря відхиляється від середніх широтних температур в сторону низьких значень в холодну пору року, в сторону більш високих – в теплу [66, с. 20].

Вітер – один з найбільш мінливих метеорологічних параметрів, що роблять істотний вплив на рівень концентрацій і поширення в ньому домішок шкідливих речовин. Загальна циркуляція атмосфери обумовлює переважання протягом року північно-західного, західного і південного вітру. Середня річна швидкість вітру 4,4 м/с. найменші швидкості вітру спостерігаються в теплу пору року (3,8–4,1 м/с). У перехідні сезони і взимку швидкості збільшуються до 4,4–4,6 м/с, а в березні 5 м/с (Швер, 2017). Сніговий покрив з'являється в Саратові в середньому в кінці жовтня-першій декаді листопада, стійкий сніговий покрив спостерігається з початку грудня.

Практичний інтерес представляє відносна вологість. В середньому на території області буває 100 вологих днів, найбільше їх число спостерігається в грудні і січні – 18–20 днів, найменше – у весняно-літній сезон – 1–3-го дня на місяць. На посушливу погоду (відносна вологість повітря менше 30%) в

середньому припадає 33% днів теплого періоду. Особливо багато сухих днів в травні і червні. До негативних кліматичних факторів можна віднести: недолік опадів, що випадають, зливовий характер випадання дощів, швидке весняне танення снігу, швидкий стік талих вод. Пізні весняні та ранні осінні заморозки, обмерзання і налипання снігу на гілки дерев, сильні перепади температури повітря. Тому при підборі асортименту деревнокущової рослинності необхідно віддавати перевагу видам, стійким до таких несприятливих умов [67, с. 54].

Аналіз погодних умов в період дослідження літо 2018 р. відноситься до тривалого періоду аномально спекотної погоди в Україні. Норма середньомісячної температури серпня – 20,3 °С. Фактична температура місяця в 2018 р. за даними спостережень – 26,7 °С відхилення від норми – +6,4 °С. Норма суми опадів у серпні – 39 мм. випало опадів – 1 мм. Ця сума становить 3% від норми. Найнижча температура повітря (8,5 °С) була 22 серпня. Найвища температура повітря (40,5 °С) була 2 серпня. За своїм розмахом, тривалістю і за ступенем наслідків спека не мала аналогів за вікову історію спостережень погоди. Висока температура повітря в м. Маріуполь, пов'язана з «блокуючим антициклоном» – великий малорухливий тривало існуючий антициклон, який не пропускає інші повітряні маси на займану їм територію. Переважання антициклону почалося ще в січні, через що 2019 р. почався з міцних і тривалих морозів. Грудень був холодний, середня температура грудня була нижче норми, майже на 18 °С і ледь не був встановлений новий рекорд мінімальної температури. Але навесні через знижену хмарність повітря швидко прогрівався. У підсумку, травень був істотно тепліше норми, хоча і не став рекордним. Антициклон, привів до розігріву повітря до рекордних значень.

Спека в літній та осінній період м. Маріуполя супроводжувалася сильним вітром, місцями – курною бурею. Швидкість вітру в окремих пунктах сягала 28 м/с. це спричинило локальні сильні степові, а місцями й лісові

пожежі. У території досліджуваних захисних лісових насадженнях, випадок пожежі не зафіксовано. У третій декаді вересня збереження літньої погоди: температура вдень становила + 28 °С. У жовтні та листопаді 2018 р. спостерігалися нові кліматичні аномалії, в продовження спекотного літа: в кінці жовтня температура перевищила 20 °С, а 15 листопада був поставлений абсолютний температурний рекорд +18,9 °С, що майже на 11 °С вище кліматичної норми.

Протягом багатьох років в економічно розвинених країнах з'являються методи та інструменти до вирішення нагальних екологічних проблем, а саме: надмірного забруднення атмосферного повітря, забруднення водних ресурсів, накопичення відходів та інших. Враховуючи, що екологічні проблеми у багатьох країнах схожі, є сенс дослідити найбільш ефективні інструменти державного регулювання. Зарубіжна практика свідчить, що основою всієї системи захисту навколишнього природного середовища є активне державне регулювання, в якому пріоритети надаються економічному стимулюванню та підтримці підприємництва, що розвивається в напрямі екологізації виробництва [69, с. 27].

Для захисту від шкідливого впливу шуму необхідно його вивчення. В якості допустимого встановлюється такий рівень шуму, вплив якого в протягом тривалого часу не викликає змін систем організму. Існуючі санітарні норми допустимого шуму, обумовлюють необхідність розробки технічних, архітектурно-планувальних і адміністративних заходів, спрямованих на створення відповідального гігієнічним вимогам шумового режиму, як в місті, так і за його межа. До містобудівних заходів щодо захисту населення від шуму відносяться: збільшення відстані між джерелом шуму і захищається об'єктом; застосування акустично непрозорих екранів (укосів, стін і будівель-екранів), використання різних прийомів планування, раціонального розміщення мікрорайонів (Нікітін, Новіков, 1980). Містобудівними заходами для зниження рівня шуму є: раціональна забудова магістральних вулиць,

максимальне озеленення території мікрорайонів та організація розділових смуг, використання рельєфу місцевості.

Дослідження, проведені в Німеччині, показали, що при невеликому відстані до захищаються об'єктів вигідніше застосовувати естакади. Найкращий результат досягається, якщо естакада має висоту, порівнянну з висотою житлових будинків. На вільній території виявляються простіше і дешевше виїмки.

Розміщення екранів відбувається з відображенням звукових променів з двох сторін. Тому вони повинні поглинатися або відбиватися в такому напрямку, щоб не потрапляли в захищаються місця. Поглинання досягається застосуванням певних матеріалів або структуруванням поверхні. Регулювання напрямки відображення проводиться шляхом нахилу огорожувальних панелей в зовнішню сторону (Bullinger, 1997).

Вільний огляд ландшафту – один з основних принципів архітектурного проектування дороги. Незважаючи на значну висоту, враження замкнутого простору екрани не створюють, отже, не впливають на психологічний стан водіїв. Поверхні панелей надають рельєфно-хвилясту фактуру, що покращує розсіювання шуму. Естетичним оформленням огорож може стати застосування різних кольорів, фактури поверхні [70, с. 8].

Екологічно обґрунтованим рішенням захисту від акустичного навантаження є створення вздовж доріг смуги зелених насаджень. Щільна Зелена стіна листяних дерев з підлітком, чагарником і трав'яним покривом в нижньому ярусі ізолює транспортний коридор, дає додаткову площу озеленення, а також покращує екологічні характеристики і сприяє підвищенню продуктивності праці (Babisch, 1992).

Досить вдалим прикладом є регулювання охорони навколишнього природного середовища та природокористування у Сполучених Штатах Америки, де з кінця 60-х рр. XX ст. забруднення навколишнього природного

середовища стало однією з основних проблем. Ця проблема була пов'язаною насамперед з економічним зростанням даної держави. Саме в цей період загострення екологічних проблем досягло в країні граничної межі і ставлення до них кардинально змінилося. У 70-ті рр. були запроваджені стандарти якості навколишнього природного середовища. Однак, зважаючи на достатньо складну ситуацію, яка існувала на той час у США, уряду вдалося не лише призупинити подальше забруднення навколишнього природного середовища, але і поліпшити його якість. Цільові заходи з охорони довкілля тут визначає федеральне Агентство з охорони природи, а кожний штат окремо пропонує конкретні заходи щодо їх реалізації, пов'язуючи їх з планами розвитку галузей.

Ефективним засобом контролю для зменшення транспортного забруднення міського середовища є запровадження Агентством з охорони навколишнього середовища у США «дозволів» на допустиму кількість забруднювальних речовин, який є меншим, а ніж встановлений для них ліміт на продаж своїх прав іншим фірмам. Таким чином, у США створився ринок прав на забруднення навколишнього природного середовища. В результаті діяльності якого екологічна ситуація в країні була значно поліпшена [78, с. 919].

В європейських країнах найбільш поширеним у рамках економічного методу регулювання природоохоронною діяльністю є наступні інструменти. Це екологічні платежі за забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів, шумове забруднення, утилізацію відходів тощо. Надання підприємствам свободи вибору альтернативних рішень щодо плати за забруднення середовища створює певні передумови не лише для зменшення вартості боротьби із забрудненням, а й зменшує виробничі витрати в цілому.

Економічне стимулювання природоохоронної діяльності по зменшенню транспортного забруднення міського середовища не обмежується тільки примусовими методами, важливу роль відіграє політика надання певних пільг

та економічної допомоги підприємствам, які здійснюють боротьбу із забрудненням. Набуває розвитку ринковий механізм природоохоронної діяльності, який передбачає застосування екологічних субсидій, позик, податків, зборів, штрафів, кредитів і квот, пов'язаних із викидами шкідливих речовин. Вони дають змогу розподіляти фінансові ресурси й акумулювати їх на державних рахунках або в спеціальних фондах. До інструментів, що застосовуються у процесі споживання водних, мінерально-сировинних, земельних і рибних ресурсів, відносять «добровільні угоди».

В Японії існує практика «добровільних угод» між екологічними інспекторами та природокористувачами, що впливають на стан довкілля. Укладання таких угод спирається на переконання, довіру і традиції адміністративного керівництва, яке передбачає проведення переговорів між природокористувачами і тими, хто регулює їх вплив на довкілля, перед тим, як видати дозвіл на природокористування.

У Великобританії Королівська екологічна інспекція для зменшення транспортного забруднення міського середовища має широку свободу вибору при видачі ліцензій з урахуванням конкретних місцевих умов на базі використання найкращої доступної технології, що не спричиняє зайвих витрат (BATNEEC), а також найкращого практичного екологічного вибору (BPEO), який передбачає найбільш високу екологічну ефективність заходів з досягнення екологічних цілей, встановлених для всіх компонентів довкілля. Від інспекторів вимагають робити оцінку не тільки фізичного стану устаткування на підприємствах, але й рівня експлуатації та менеджменту, включаючи такі питання, як підготовка кадрів, правила та інструкції, функціонування системи екологічного менеджменту та аудиту. Такий індивідуальний підхід до нормативного обмеження впливу на довкілля, пунктуальної деталізації законів і підзаконних (регулятивних) актів, а також процедур їх примусового впровадження отримує визнання навіть у країнах з давніми традиціями, наприклад таких, як Німеччина [79, с. 88].



У європейських країнах для зменшення транспортного забруднення міського середовища використовується такий дієвий інструмент державного регулювання природокористування як система застави, що передбачає встановлення надбавок до роздрібних цін на товари, утилізація яких доцільна після періоду експлуатації. Система застави застосовується у Франції, Німеччині, Італії, Фінляндії, Австрії, Великобританії та в інших країнах ЄС. У Швеції система застави використовується на ринку продажу автомобілів. Завдяки цим заходам понад 90% реалізованих у країні автомобілів згодом здається на утилізацію. Інструментами державного регулювання природокористування є пільгові кредити і субсидії, що надаються на конкурсній основі для реалізації різних природоохоронних програм. У деяких країнах субсидії отримують ті фірми, які відмовляються від застосування пестицидів і отрутохімікатів.

В останні роки у країнах Західної Європи для зменшення транспортного забруднення міського середовища намітилася тенденція до відмови від державних субсидій при реалізації добрив. Відмова субсидіювати споживання добрив сприймається як спосіб, за допомогою якого можна зберегти ґрунти від забруднення внаслідок надмірного використання добрив і заохотити біологічні методи збільшення врожайності. У США приватно-промисловий капітал отримує різноманітну допомогу для охорони довкілля. Особливе місце в цій допомозі посідають державні субсидії. Поряд із прямим субсидуванням промисловості у США широко використовується непряме субсидування: субсидії, що надаються муніципалітетом, використовуються на будівництво очисних споруд та переробку промислових відходів.

Отримання субсидій певною мірою заохочує подальше інвестування, веде до збільшення поточних витрат американських корпорацій на охорону довкілля. Разом з тим у деяких штатах чинними є закони щодо обов'язкового використання вторинної сировини, що дозволяє отримати промислову продукцію дешевше ніж використання викопної сировини та залучає бізнес до

переробки використаних речей, відходів. Як інструмент державного регулювання природокористування у країнах з ринковою економікою існують податки за шкідливу продукцію (різні види пального, тару, мінеральні добрива, пестициди, миючі засоби тощо). Необхідність запровадження екологічного податку на офіційному рівні була вперше підтверджена у першій Програмі дій ЄС з охорони навколишнього середовища (1973 р.), що пов'язувалося із реалізацією принципу «забруднювач платить» [84, с. 9].

Активізація уваги до екологічних податків і платежів у країнах ЄС відбувалася у другій половині 80-х рр. ХХ ст. у зв'язку із здійснюваним переходом у сфері охорони довкілля від командно-адміністративних до економічних методів управління. Директорат із податків і митних зборів Європейської Комісії поділив екологічні податки на сім груп за сферами використання: енергетичні податки (на моторне паливо, енергетичне паливо, електроенергію). Наприклад, у Франції, Німеччині, Італії, Фінляндії, Австрії, Великобританії та в інших країнах запроваджено податки на мастильні масла, сиру нафту і нафтопродукти [84, с. 62]. Цей податок регулює збір, зберігання та утилізацію використаних масел. У Норвегії і Швеції діє податок на мінеральні добрива та пестициди.

У Нідерландах для зменшення транспортного забруднення міського середовища наразі застосовується податок на паливо, надходження від якого використовуються для фінансування державних природоохоронних витрат і стимулювання зниження викидів двоокису сірки. За рахунок податку покривається 50% витрат Міністерства екології, включаючи витрати на запобігання та відшкодування збитку, субсидування впровадження передових прогресивних технологій з очищення і переробки, а також фінансування тимчасового розміщення хімічних відходів;

– транспортні податки (податки на пройдені кілометри, щорічний податок із власників, акцизи при купівлі автомобіля);

- плата за забруднення (емісія забруднюючих речовин в атмосферу і викиди у водні басейни шкідливих речовин);
- плата за розміщення відходів на звалищах та їх переробку і податки на ряд спеціальних продуктів (упаковка, батареї, шини, мастильні масла тощо);
- податки на викиди речовин, що призводять до глобальних змін (речовини, що руйнують озоновий шар, парникові гази);
- податок на шумову дію;
- платежі за користування природними ресурсами.

Штрафи за адміністративні порушення природоохоронного законодавства, що стягуються на постійній основі, коли не застосовуються виплати чи платежі, а також місцеві збори за утилізацію, очищення твердих та стічних відходів. Практику США часто називають «примусовою моделлю» на противагу «переговорній моделі». Примусова модель покладається на такі примусові механізми, як штрафи, покарання, накази щодо обмеження або припинення якоїсь діяльності. Впровадження плати за забруднення приводить до істотного зменшення природоохоронних витрат, оскільки підприємства з низькою вартістю ліквідації забруднень прагнуть до максимального їх скорочення, а за високої вартості природоохоронних заходів забруднення хоч і надходять у природне середовище, та високі штрафи за це дозволяють державним органам концентрувати значні ресурси для природоохоронних цілей. Найбільш шкідливі порушення, наприклад законів про охорону водного середовища та повітряного басейна, караються штрафами до 25 тис доларів за кожен день порушення. Важлива перевага платіжної системи полягає в тому, що забруднювач має широкий спектр вибору рішень – забруднювати і платити, зупинити своє виробництво, інвестувати в очисне обладнання, внести зміни у виробничу технологію, в номенклатуру виробництва, змінити місце виробництва [85, с. 74].

Однією з умов ефективного державного регулювання в сфері екології розвинених країн світу є вмiле поєднання економічних методів з

адміністративними та правовими. Директиви ЄС визначають правові та організаційні засади оцінки впливу на довкілля, яка спрямована на попередження та запобігання шкоди довкіллю, забезпечення екологічної безпеки, раціонального використання і відтворення природних ресурсів. З метою виконання міжнародних зобов'язань в Україні з 18.12.2017 р. набув чинності Закон України «Про оцінку впливу на довкілля», що сприяє запровадженню європейської моделі природокористування та забезпечує наближення до законодавства ЄС.

У розвинених країнах повноваження з питань державного регулювання природокористування та охорони навколишнього природного середовища між органами центральної, регіональної та місцевої влади розподіляються по-різному. У такій федеративній державі, як Німеччина, регіональним органам влади делеговано чітко визначені повноваження, тоді як у менш «жорсткій» федерації, як США, розподіл повноважень між владою штатів і федеральним урядом не завжди чітко визначений. В унітарних державах ступінь централізації управління теж різний: найбільший ступінь децентралізації управління існує у Великобританії, Нідерландах та Швеції, менший – у Франції [81, с. 4].

Державне регулювання для зменшення транспортного забруднення міського середовища і забезпечення екологічної безпеки потребує певних наукових і технічних знань, які б дали змогу приймати рішення, що є інформаційно-обґрунтованими, досяжними і прийнятними. У розвинених країнах існує широка мережа моніторингу довкілля та наукових інституцій, що входять до складу органів екологічного регулювання (як, наприклад, у США), або є незалежними (як, наприклад, у Німеччині). Фінансування діяльності цих інституцій щодо наукового забезпечення державного екологічного регулювання повною мірою бере на себе держава.

Органи державного екологічного регулювання в розвинених країнах є замовниками наукових розробок екологічних програм, необхідних їм для

підвищення ефективності своєї діяльності. Наприклад, у США Агентство з охорони довкілля (EPA) є замовником наукової екологічної програми, яка охоплює всі аспекти охорони довкілля: виявлення забруднення, переміщення забруднюючих речовин та їх кінцева доля, технологія очистки, розробка і демонстрація нової екологічно безпечної технології виробництва, запобігання забрудненню, економіка та здоров'я. Виконавцями цієї програми є підпорядковані агентству наукові установи з щорічним бюджетом у кілька сотень мільйонів доларів. Наукові центри США, що входять до складу EPA, одержують фінансування, яке в кілька разів перевищує їх власні потреби і яке вони використовують для залучення необхідних субпідрядних організацій з метою комплексної розробки проектів.

В інших країнах (Франція, Німеччина, Великобританія, Нідерланди) також у складі агентств охорони довкілля існують наукові заклади, які на замовлення цих агентств виконують екологічні дослідження, зокрема розробку «чистих» технологій. Досвід розвинутих країн свідчить про те, що витрати на наукові дослідження дають змогу одержати значну економію коштів при здійсненні природоохоронних заходів та істотно зменшити збитки від забруднення та виснаження компонентів довкілля. У галузі охорони навколишнього природного середовища Японія використовує адміністративні й економічні методи регулювання.

Найбільш ефективними адміністративними заходами для зменшення транспортного забруднення міського середовища є: введення стандартів якості продукції і навколишнього середовища; екологічна експертиза; угоди між місцевими органами влади й підприємствами про контроль за забрудненням; система арбітражу екологічних конфліктів. На противагу багатьом країнам, Японія не вважає неминучою суперечність між екологічним регулюванням та економічним зростанням і використовує еколого-технологічний підхід до забезпечення екологічно безпечного розвитку так званий «порятунок за допомогою науки», що активно фінансується державою [82, с. 5].

Відповідно до рекомендацій конференцій ООН з навколишнього середовища й розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.; Йоганнесбург, 2002 р.), основними критеріями оцінювання прогресу в переході до сталого розвитку у сфері збереження навколишнього середовища та використання природних ресурсів, поряд із заходами з подолання негативних тенденцій, створенням сучасних технологій, науково-методичним забезпеченням і масштабами позитивних результатів, може слугувати створення умов сталого природокористування, що включають наявність адекватної нормативно-правової бази та факт єдності цілей і волі в діях органів державної влади, бізнесу й населення в досягненні цілей сталого розвитку. Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок.

Зарубіжний досвід державного регулювання у сфері природокористування та охорони навколишнього природного середовища свідчить про необхідність поєднання економічних методів з адміністративними та правовими. У ринкових умовах господарювання зарубіжних країн дієвими та ефективними інструментами регулювання є:

- екологічні платежі, що надають підприємствам свободу вибору альтернативних рішень щодо плати за забруднення;
- пільги та економічна допомога підприємствам, які здійснюють боротьбу із забрудненням;
- система застава, що передбачає встановлення надбавок до роздрібних цін на товари, утилізація яких доцільна після періоду експлуатації;
- добровільні угоди між екологічними інспекторами та природо користувачами;
- видача ліцензій, що передбачає комплексне обстеження підприємства та індивідуальний підхід до нормативного обмеження впливу на довкілля;
- штрафи за адміністративні порушення природоохоронного законодавства.

Перелічені інструменти дещо схожі з тими, що використовуються в Україні, але у розвинених країнах пріоритети надаються економічному стимулюванню та підтримці підприємництва, що забезпечує охорону та збереження навколишнього природного середовища [76, с. 59].

Підписання Угоди про асоціацію між Україною та ЄС висуває нові вимоги до державного регулювання охорони навколишнього природного середовища України відповідно до європейських стандартів. Тому головною умовою використання означених інструментів державного регулювання є удосконалення чинного природоохоронного законодавства України, розробка законодавчих актів, які стосуватимуться субсидування, кредитування, квотування, систем застави та інше, що має призвести до збільшення інвестування в охорону навколишнього природного середовища. Pressing problems of public administration 1 (53) /2018 7 World experience in public administration При цьому роль держави у регулюванні процесів природокористування має залишитись визначальною, а фінансування наукових досліджень у сфері охорони, збереження та відновлення навколишнього природного середовища – забезпечуватись з державного бюджету України. Перспективами подальших досліджень є вдосконалення природоохоронного законодавства України відповідно до вимог Угоди про асоціацію між Україною та ЄС.

В жовтні 2005 року, в країнах Євросоюзу для автомобілів почали діяти більш строгі екологічні норми Євро 4, які змінили нині діючі Євро 3. Це спонукало світових автовиробників активно працюють над тим, щоб зробити вихлоп двигунів якомога чистіше. Фахівці DaimlerChrysler створили одну з найбільш ефективніших систем – SCR (Selective Catalytic Reduction), що можна перевести як «селективний каталітичний перетворювач»). Принцип дії системи SCR полягає в хімічній реакції аміаку з оксидом азоту відпрацьованих газів, в результаті якого утворюються нешкідливий азот і водяна пара.

Вирішити питання перевезення на автомобілі аміак – досить токсичну речовину удалося концерну Total, що свого часу створив безпечний замінник аміаку, розроблений на водній основі і відповідний стандартам DIN 70070. Сьогодні він широко застосовується в сільському господарстві, текстильній промисловості, а також при виготовленні косметики і парфумерії. Дана рідина не токсична, без кольору і запаху – в «автомобільному» виконанні називається Ad Blue. Селективний перетворювач складається з двох основних вузлів: безпосередньо каталітичного нейтралізатора із стільниковою структурою, вмонтованого в глушник автомобіля, і додаткового бака під аміачний замінник AdBlue. Отже установка системи SCR на автомобілі з моторами Євро 3 не зажадає кардинальної зміни їх конструкції. Отже як видно з розглянутих джерел на даний час можна досить ефективно боротися з шкідливими викидами бензинових та дизельних двигунів забезпечуючи їх очищення 30–95% у залежності від режиму роботи двигуна. Така ступінь очищення дозволить використання на автомобілях різних видів альтернативних палив, використання яких на двигунах без систем очищення створювало підвищене забруднення навколишнього середовища CO, CH, NO та сажею [77, с. 115].



### 3.2 Розробка комплексних заходів щодо зменшення транспортного забруднення міського середовища м. Маріуполя

Для визначення ступеню впливу факторів шуму на рівень результуючого показника порушень сну використаємо такий метод аналізу, як парна кореляція, встановивши відносний ступінь залежності результуючого показника від факторного [73, с. 140]. Для цього використаємо рівняння, що характеризує прямолінійну залежність між двома показниками – рівняння прямої:

$$Y_x = a + b \cdot x \quad (3.1.)$$

Це рівняння описує такий зв'язок між двома ознаками, при якому із зміною факторного показника на певну величину спостерігається рівномірне зростання чи зменшення значень результуючої ознаки. Візьмемо за факторний показник витрати на один виріб на даному підприємстві, а за результуючий – середню ціну одного виробу. Тоді:

$a$  – коефіцієнт, що показує усереднений вплив на результуючу ознаку факторів, що не враховані;

$b$  – параметр, який показує середню зміну результуючого показника при зміні факторного на одиницю.

Значення коефіцієнтів  $a$  і  $b$  знаходимо із системи рівнянь, отриманих за методом найменших квадратів. В даному випадку вона буде мати такий вигляд:

$$n \cdot a + b \cdot \sum x = \sum y \quad (3.2.)$$

$$a \cdot \sum x + b \cdot \sum x^2 = \sum x \cdot y, \quad (3.3.)$$

де  $n$  – кількість років (в даному випадку  $n=5$ ).

Значення  $\sum x$ ,  $\sum y$ ,  $\sum xy$ ,  $\sum x^2$  розраховуємо з таблиці 3.1.

Підставивши отримані значення в систему рівнянь, отримаємо:

$$\begin{aligned} 5a + 4.80b &= 4.92 \\ 4.80a + 4.64b &= 4.76 \end{aligned} \quad (3.4.)$$

Помноживши верхнє рівняння на 0,96 і віднявши одне рівняння від другого, отримаємо:

$$a = 0,024; \quad (3.5.)$$

$$b = 1,00. \quad (3.6.)$$

Таблиця 3.1

Вхідні дані для оцінки впливу шуму від автомобільного транспорту в м. Маріуполі

№ пункту у м. Маріуполі	Лекв	Кількість пробуджень на рік
1	61	610
2	68	1100
3	64	720
4	69	1200
5	69	1200
6	69	1200
7	52	420
8	63	680
9	68	1100
10	61	610

Таким чином, рівняння зв'язку, що описує залежність факторів шуму на рівень показника порушень сну буде мати вигляд:

$$Y_x = 0,024 + 1,00x \quad (3.7.)$$

Підставивши в рівняння регресії відповідні значення X, можна отримати теоретичні значення результуючого показника Y.

Для виміру тісноти зв'язку між факторними і результуючими показниками визначаємо коефіцієнт кореляції.

У випадку прямолінійної форми зв'язку між показниками коефіцієнт кореляції визначається:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}, \quad (3.8.)$$

Підставивши значення в дану формулу, отримаємо  $r = 1,0$ . Це означає, що між рівнем шуму та рівнем показника порушень сну існує суттєвий зв'язок, оскільки, чим ближче коефіцієнт кореляції до 1, тим тісніше зв'язок між факторною та результуючою ознаками.

Якщо коефіцієнт кореляції піднести до квадрату, отримаємо коефіцієнт детермінації. В нашому випадку від дорівнює 1. Це показує, що рівень показника порушень сну на 100% залежить від рівня шуму, інші фактори не мають суттєвого впливу [74, с. 714].

Для виявлення залежності між рівнем шуму ( $Y$ ) та рівнем показника порушень сну ( $X$ ) проведемо графічне зображення регресії.

На основі статистичних даних показника  $Y$  і фактора  $X$  (табл. 3.1) знайдемо оцінки параметрів економетричної моделі, де припускаємо, що стохастична залежність між фактором  $X$  і показником  $Y$  має вигляд, наведений в табл. 3.1. Використовуючи критерій Фішера, з надійністю  $p = 0,95$  оцінюємо адекватність прийнятої моделі статистичним даним та значущість параметрів моделі по  $t$ -критерію Стьюдента.

Якщо із заданою надійністю прийнята математична модель адекватна експериментальним даним, то знайдемо:

- 1) з надійністю  $p = 0,95$  довірчу зону базисних даних;
- 2) точкову оцінку прогнозу;
- 3) з надійністю  $p = 0,95$  інтервальну оцінку прогнозу.

Побудуємо графіки:

- а) фактичних даних;
- б) лінії регресії та її довірчу зону.

Таблиця 3.2

Значення даних для оцінки впливу шуму від автомобільного транспорту в м. Маріуполі

	4,5	7,8	9,3	9,7	1	1,3	2	2,9	6,3	7	9	1	3	4	5	8	9	9,4
	5	10	76	80	10	15	20	29	80	80	30	10	80	20	50	100	200	200

Залежність:  $y = a_0 \cdot x^{a_1}$ .

1. Будуємо поле кореляції, емпіричну лінію регресії (у вигляді ламаної) та визначаємо форму зв'язку між ознаками  $X$  та  $Y$ .

Розраховуємо параметри економетричної моделі  $a_0$  і  $a_1$  оцінки параметрів моделі.

Невідомі параметри економетричної моделі  $a_0$  і  $a_1$  знаходимо із системи нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i; \\ a_0 \cdot \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_i). \end{cases} \quad (3.9.)$$

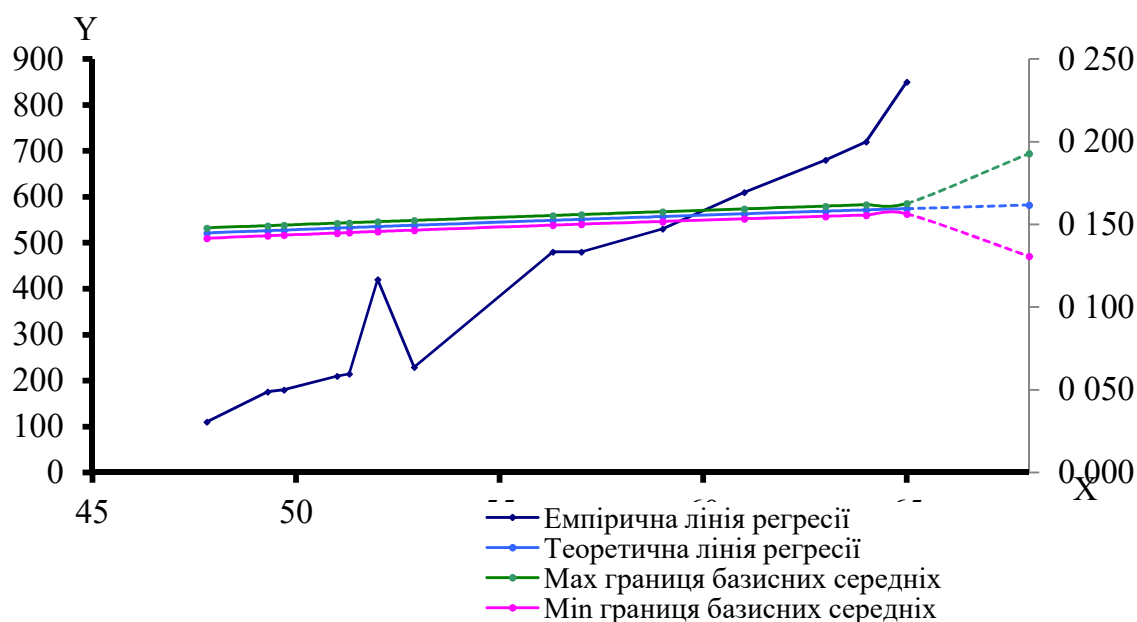


Рис. 3.1. Графік емпіричної лінії регресії при оцінці впливу шуму від автомобільного транспорту на навколишнє середовище

У випадках, коли функція є нелінійною (але не є поліномом), її зводять до лінійної шляхом логарифмування та наступною заміною нелінійних змінних на лінійні (показникова та степенева функції) або просто однією заміною в залежності від виду функції. Цей метод приведення нелінійної функції до лінійного виду називають лінеаризацією рівняння регресії [75, с. 109].

Лінеаризуємо задану функцію  $y = a_0 \cdot x^{a_1}$ .

Логарифмуючи дане рівняння, отримаємо:

$$\ln y = \ln(a_0 \cdot x^{a_1}) \quad (3.10).$$

$$\ln y = \ln a_0 + \ln(x^{a_1}); \quad (3.11.)$$

$$\ln y = \ln a_0 + a_1 \ln x. \quad (3.12.)$$

Заміною змінних  $y' = \ln y$ ,  $x' = \ln x$ ,  $a'_0 = \ln a_0$  отримуємо рівняння

$$y' = a'_0 + a_1 x'. \quad (3.13.)$$

Система нормальних рівнянь при даних перетвореннях буде мати вигляд:

$$\begin{cases} n \cdot \ln a_0 + a_1 \cdot \sum_{i=1}^n \ln x_i = \sum_{i=1}^n \ln y_i; \\ \ln a_0 \cdot \sum_{i=1}^n \ln x_i + a_1 \cdot \sum_{i=1}^n (\ln x_i)^2 = \sum_{i=1}^n \ln x_i \cdot \ln y_i. \end{cases} \quad (3.14.)$$

Для визначення параметрів економетричної моделі  $a_0$  і  $a_1$  у робочій таблиці накопичуємо суми:

$$\sum_{i=1}^n \ln x_i = 18,195 ; \quad (3.15.)$$

$$\sum_{i=1}^n (\ln x_i)^2 = 28,502 ; \quad (3.16.)$$

$$\sum_{i=1}^n \ln y_i = 58,288 ; \quad (3.17.)$$

$$\sum_{i=1}^n \ln x_i \cdot \ln y_i = 77,289 \quad (3.18.)$$

і підставляємо їх у систему нормальних рівнянь.

Всі необхідні розрахунки ведемо в таблиці 3.4.

Маємо:

$$\begin{cases} 14 \cdot \ln a_0 + 18,195 \cdot a_1 = 58,288; \\ 18,195 \cdot \ln a_0 + 28,502 \cdot a_1 = 77,289. \end{cases} \quad (3.19.)$$

Розв'язавши дану систему, маємо:  $\ln a_0 = 3,75241$ ;  $a_0 = 42,62369$ ,  $a_1 = 0,31625$

Таким чином, економетрична модель має вигляд:

$$y = 42,62369 \cdot x^{0,31625} \quad (3.20.)$$



	2,9	29		5,7	,4	1,6	49,5	317,4	6754,4	3547,3		,9	46,6	52,5
	6,3	80		6,2	,2	4,9	52,5	07261	514,8	1942,8		,9	49,6	55,4
	7	80		6,3	,2	5	53,1	06870, 2	514,8	1622,8		,9	50,2	56
0	9	30	,1	6,6	,3	5,6	54,8	40798, 6	1943,4	0727,1			51,8	57,7
1	1	10	,1	6,9	,4	6,4	56,4	05744, 8	5829,1	9857,3			53,4	59,4
2	3	80	,1	7,2	,5	7	58	72470, 6	7229,1	9012		,1	54,9	61,1
3	4	20	,2	7,3	,6	7,4	58,8	14943, 4	9571,9	8598,1		,1	55,7	61,9
4	5	50	,2	7,4	,7	8,2	59,6	76676, 5	84286, 2	8189,9		,2	56,4	62,8
5	8	100					61,9					6,1	1,1	30,8 93
	79,3	890	6,2	25,7	2,1	30,5		71624 3,1	33734, 9	01291 5,3				,1



Оскільки у нас зв'язок нелінійний, то тісноту зв'язку між ознаками  $X$  та  $Y$  оцінюємо кореляційним відношенням (індексом кореляції) за формулою:

$$\eta_{xy} = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n u_i^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3.22.)$$

де  $y_i$  – фактичні (емпіричні) значення результативного показника;

$\hat{y}_i$  – теоретичні (розрахункові) значення результативного показника;

$\bar{y}$  – середнє значення  $y$ .

Для розрахунку  $\eta_{xy}$  у робочій таблиці знайдемо суми:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = 351,190; \quad (3.23.)$$

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = 2153,429. \quad (3.24.)$$

$$\text{Тоді } \eta_{xy} = \sqrt{1 - \frac{351,190}{2153,429}} = 0,915.$$

Оскільки  $\eta_{xy} = 0,915$ , то зв'язок між факторами сильний.

Оцінимо значущість кореляційного відношення за t-критерієм Стьюдента та розрахуємо його довірчі межі. Довірчі межі кореляційного відношення визначаються через оцінку дисперсії за формулою [72, с. 382]:

$$\sigma_{\eta_{xy}} = \frac{1 - \eta_{xy}^2}{\sqrt{n - 2}} = \frac{1 - 0,915^2}{\sqrt{14 - 2}} = 0,047; \quad (3.25.)$$

$$t_{\eta_{xy}} = \frac{\eta_{xy}}{\sigma_{\eta_{xy}}} = \frac{0,915}{0,047} = 19,47. \quad (3.26.)$$

Табличне значення  $t_{\alpha,k}$  критерія Стьюдента для рівня значущості  $k = 12$  становить  $t_{\alpha,k} = 2,18$ . Оскільки  $t_{\eta_{xy}} > t_{\alpha,k}$ , то з ймовірністю  $p = 1 - 0,05 = 0,95$  можна стверджувати, що кореляційне відношення значуще.

Оцінимо значущість параметрів  $a_0$  та  $a_1$  лінеаризованої функції

$$y' = a'_0 + a_1 x'. \quad (3.27.)$$

Значущість параметрів  $a_0$  та  $a_1$  визначимо за t-критерієм Стюдента:

$$t_{a_0} = \frac{|a_0|}{\sigma_{a_0}}; \quad t_{a_1} = \frac{|a_1|}{\sigma_{a_1}}. \quad (3.28.)$$

$$\sigma_{a_0} = \sqrt{\sigma_u^2 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i'^2}{n \cdot \sum_{i=1}^n (x_i' - \bar{x}')^2}}; \quad (3.29.)$$

$$\sigma_{a_1} = \sqrt{\frac{\sigma_u^2}{\sum_{i=1}^n (x_i' - \bar{x}')^2}}; \quad (3.30.)$$

$$\sigma_u^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2. \quad (3.31.)$$

Всі необхідні суми обчислені в таблиці 3.3.

$$\sigma_u^2 = \frac{1}{14} \cdot 351,190 = 25,085; \quad (3.32.)$$

$$\sigma_u = \sqrt{25,085} = 5,008; \quad (3.33.)$$

$$\sigma_{a_0} = \sqrt{25,085 \cdot \frac{28,502}{14 \cdot 4,854}} = 3,244; \quad (3.34.)$$

$$\sigma_{a_1} = \sqrt{\frac{25,085}{4,854}} = 2,273. \quad (3.35.)$$

Тоді,

$$t_{a_0} = \frac{42,62369}{3,244} = 13,14; \quad (3.36.)$$

$$t_{a_1} = \frac{0,31625}{2,273} = 0,14. \quad (3.37.)$$

Оскільки  $t_{a_0} > t_{\alpha,k}$ ,  $t_{a_1} < t_{\alpha,k}$ , то параметр  $a_0$  економетричної моделі є значущим, а параметр  $a_1$  не є значущим, тобто приймається гіпотеза про те,

що параметр  $a_1$  в дійсності дорівнює нулю (для генеральної сукупності) і лише в силу деяких випадкових обставин він дорівнює величині, яка перевіряється.

Адекватність економетричної моделі статистичним даним оцінюється за критерієм Фішера [71, с. 564]. Для цього знаходять розрахункове значення F-критерія Фішера за формулою:

$$F_p = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{m-1}}{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-m-1}}, \quad (3.38.)$$

де  $n$  – число дослідів,  $m$  – число факторів.

Отже,

$$F_p = \frac{\frac{1802,514}{2-1}}{\frac{351,190}{14-2-1}} = \frac{1802,514}{1} \cdot \frac{11}{351,190} = 56,46. \quad (3.39.)$$

Табличне значення критерію Фішера для рівня значущості  $\alpha = 0,05$  і степенів свободи  $k_1 = m - 1 = 2 - 1 = 1$ ,  $k_2 = n - m - 1 = 14 - 2 - 1 = 11$  становить  $F_{\alpha, k_1, k_2} = 4,84$ .

Оскільки  $F_p > F_{\alpha, k_1, k_2}$ , то економетрична модель адекватно описує економічне явище.

Проведемо оцінку довірчих границь базисних середніх значень  $\hat{y}_i$  та прогнозу  $\Delta y_p$  за формулою:

$$\Delta \hat{y}_i = \frac{t_{\alpha, k} \cdot \sigma_u}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 + \frac{(x'_i - \bar{x}')^2}{\sigma_x^2}}. \quad (3.40.)$$

Результати обчислень зводимо в таблицю 3.3.

$$\Delta \hat{y}_p = \frac{2,18 \cdot 5,008}{\sqrt{14}} \cdot \sqrt{1 + \frac{1,689}{4,854}} = 3,388. \quad (3.41.)$$

Тоді оцінка кожного базисного середнього складе:  $\tilde{y}_i = \hat{y}_i \pm \Delta\hat{y}_i$ , а оцінку середнього значення прогнозу показника – за формулою:  $\tilde{y}_p = \hat{y}_p \pm \Delta\hat{y}_p$ .

З'єднавши на графіку плавною лінією усі значення  $\max \tilde{y}_i = \hat{y}_i + \Delta\hat{y}_i$  та відповідно  $\min \tilde{y}_i = \hat{y}_i - \Delta\hat{y}_i$ , отримаємо так звану довірчу зону рівняння регресії (рис. 3.1).

Отже, використавши такий метод аналізу, як парна кореляція, було встановлено, що між рівнем шуму та рівнем показника порушень сну існує суттєвий зв'язок.

Зниженню шуму в місті має сприяти створення малошумних засобів транспорту, таких, як електромобілі, автомобілі з гібридними двигунами, високоефективними глушниками і допалювачами газів. Однак автомобільна промисловість не може бути перебудована в короткі терміни для виробництва нових видів транспорту. Малошумні автомобілі або електромобілі не зможуть замінити весь парк сучасних автомобілів. Тому в боротьбі з міським транспортним шумом слід використовувати в першу чергу засоби архітектурно-планувального, будівельного та організаційного характеру [80, с. 308].

Роль озеленення в зниженні шуму досить велика. Крона листяних дерев поглинають 26% падаючої на них звукової енергії, а відображають і розсіюють 74% цієї енергії. Причому, різні дерева і чагарники мають різну звукопоглинальну здатність. Велике значення має ширина і конфігурація посадок. Зелена смуга шириною 100 м зменшує шум не менше ніж на 8 дБ. Добре розвинені деревні та чагарникові насадження шириною близько 40 м здатні знизити рівень шуму на 17–23 дБ, 30-метрова смуга з рідкісною посадкою дерев – на 8–11 дБ, а невеликі сквери і рідко посаджені внутрішньоквартальні насадження-на 4–7 дБ. Отже, при розумному підборі складу зелених насаджень і раціональному розміщенні озеленювальних

елементів можна домогтися істотного зниження рівня шумового забруднення міського середовища [86, с. 9].

Крім того, добре поглинають звук рослини. Навіть хвойні рослини дозволяють зменшити рівень видаваного автомобілями шуму на 6–9 дБ. Позитивних результатів в боротьбі з шумом вдається досягти застосуванням спеціальних методів посадки – в кілька рядів. Кращі показники демонструє комбінація дерев і чагарників. Однак, згідно з дослідженнями, рослини неефективні в боротьбі з шумом низької частоти. Тому для захисту від шуму від вантажних автомобілів і великих автобусів, враховуючи переважання в них низькочастотних шумів від двигуна, необхідно використовувати інші заходи.

Зменшення рівнів шумів, що проникають в приміщення від зовнішніх джерел, повинно забезпечуватися раціональним плануванням приміщення, дотриманням заходів по звукоізоляції огорожувальних конструкцій (стін, стелі та підлоги), санітарно-технічного та інженерного обладнання будівель.

Захист території житлової забудови від транспортних шумів повинна здійснюватися раціональними містобудівними засобами. В цьому випадку засобами захисту від міських шумів є відстань, застосування штучних екрануючих засобів і рослин.

З метою зниження негативного шумового впливу від транспортного потоку поряд з іншими шумозахисними спорудами і технічними та організаційними заходами використовують акустичні екрани. Шумозахисні екрани знижують транспортний шум за рахунок поглинання, зміни довжини хвилі, відбиття, або дифракції. У більшості випадків максимальне зниження шуму, яке може бути досягнуто шумозахисним екраном, становить 20 дБ. Така екрани, встановлені вздовж доріг, зазвичай мають вигляд стіни, насипу або їх комбінації. З акустичної точки зору, при інших рівних умовах, екрануюча здатність насипу на 1–3 дБ вище, ніж для стіни. Однак акустична перевага насипу не гарантує її економічну доцільність [83, с. 15].

Як матеріали для екрануючих споруд використовують бетон, цегла, метал, деревину, скло, пластмаси та ін. Дані матеріали мають свої переваги і недоліки. Тож перевагу слід віддавати тому з них, який найбільшим ступенем буде відповідати передбачуваним експлуатаційним умовам на конкретній території. Крім безпосереднього виконання своєї основної функції, шумозахисні екрани повинні бути сприятливі для сприйняття людини з естетичної точки зору і «вписуватися» в ландшафт. Тут велику роль відіграє розміщення екрану з урахуванням рельєфу території, його колірне рішення, текстура, форма (конфігурація), Висота, а також використання декоративних елементів озеленення.

Також в якості екранів можна використовувати будівлі і споруди зі зниженими вимогами до шумового режиму (підприємства побутового обслуговування, торгівлі, громадського харчування, комунальні; громадські та культурно-просвітні, адміністративно-господарські установи). В цьому випадку їх слід розміщувати уздовж джерел шуму у вигляді фронтальної, по можливості безперервної, забудови. Організаційні та адміністративні заходи спрямовані на запобігання або регулювання в часі експлуатації тих чи інших джерел шуму. До них відносяться перерозподіл руху транспортних потоків по магістралях міста; обмеження руху в різний час доби по тих чи інших напрямках; зміна складу транспортних засобів (наприклад, заборона використання на деяких вулицях міста вантажних автомобілів і автобусів з дизельними двигунами).

Один з альтернативних методів нейтралізації відпрацьованих газів – використання низькотемпературної плазми. Дослідження в Японії, США і Росії привели до створення експериментальних зразків устаткування, заснованого на плазмових технологіях. Розрядний пристрій включає вузол підведення відпрацьованих газів, кварцову скляну або керамічну трубку, що використовується як діелектричний бар'єр, і два електроди – центральний і зовнішній – у вигляді металевої сітки з неіржавіючої сталі. В розрядний

пристрій подається струм від джерела, що формує імпульс напруги. Бар'єрний розряд виникає при електричній напрузі 0,5–35 кВ і частоті проходження імпульсів 50–2000 Гц. Відпрацьовані гази дизеля прямують в плазмохімічний реактор, заздалегідь пройшовши осушення у вологовідділювачі. В плазмохімічному реакторі до цих газів «підмішують» масло. Під дією електричного розряду в трубках розрядного пристрою частинки сажі активно абсорбують масло на своїй поверхні. Для видалення сажі, частинки якої знаходяться як би в масляному коконі, використовується масловіддільник. Сажа збирається в спеціальний контейнер, а масло після додаткового очищення у фільтрі продовжує циркулювати по замкнутому контуру. Таким чином, вдається забезпечити дуже високу ефективність поглинання частинок сажі до 100% у всьому діапазоні обертів дизеля.

### **Висновки до 3 розділу**

На завершення дослідження проаналізовано зарубіжний досвід зменшення транспортного забруднення міського середовища

Для захисту від шкідливого впливу шуму необхідно його вивчення. В якості допустимого встановлюється такий рівень шуму, вплив якого в протягом тривалого часу не викликає змін систем організму. Існуючі санітарні норми допустимого шуму, обумовлюють необхідність розробки технічних, архітектурно-планувальних і адміністративних заходів, спрямованих на створення відповідального гігієнічним вимогам шумового режиму, як в місті, так і за його межа. До містобудівних заходів щодо захисту населення від шуму відносяться: збільшення відстані між джерелом шуму і захищається об'єктом; застосування акустично непрозорих екранів (укосів, стін і будівель-екранів), використання різних прийомів планування, раціонального розміщення мікрорайонів.

Екологічно обґрунтованим рішенням захисту від акустичного навантаження є створення вздовж доріг смуги зелених насаджень. Найбільш ефективними адміністративними заходами для зменшення транспортного забруднення міського середовища є: введення стандартів якості продукції і навколишнього середовища; екологічна експертиза; угоди між місцевими органами влади й підприємствами про контроль за забрудненням; система арбітражу екологічних конфліктів.

Проведена розробка комплексних заходів щодо зменшення транспортного забруднення міського середовища м. Маріуполя.



## ВИСНОВКИ

На початку дослідження розглянуто теоретичні основи дослідження транспортного забруднення міського середовища. Розкрито сутність, види та прояв транспортного забруднення. Наголошено, що транспорт – невід’ємна частина нашого життя. Автомобільний транспорт відіграє провідну роль у забезпеченні вантажних і пасажирських перевезень.

Перевезення пасажирів і вантажів здійснюється спеціалізованими автопідприємствами, відомчими підприємствами та великою кількістю приватних перевізників. Щороку автомобільним транспортом в Україні викидається понад 2,6 млн т шкідливих канцерогенних речовин, які завдають істотної шкоди здоров’ю людей і всьому навколишньому середовищу. Особливості частого використання автомобільного транспорту призводять до створення в містах великих зон зі стійким перевищенням санітарних і гігієнічних нормативів забруднення атмосферного повітря.

Автомобільний транспорт забруднює атмосферу трьома способами: емісією шкідливих речовин з відпрацьованими газами, проривом газів у картер двигуна й емісією шкідливих речовин у результаті випару палива в паливних баках, карбюраторах, а також у результаті витоків палива. Головним з них є перший спосіб, на частку якого приходиться близько 2 / 3 шкідливих викидів автомобілів в атмосферу. Склад відпрацьованих газів залежить від роду застосованих палив, присадок і масел, режимів роботи двигуна, його технічного стану, умов руху автомобіля. Транспортні засоби щорічно викидають в атмосферу до 35 тис т шкідливих речовин (окису карбону понад 28 тис т, оксиду нітрогену понад 2 тис т., вуглеводнів понад 4 тис т.).

Окремо досліджено шумове забруднення в системі транспортного забруднення та сказано, що шум від автотранспорту – це найпоширеніший вид

несприятливого екологічного впливу на організм людини. Транспортні засоби є джерелами зовнішніх шумів, які досягають величин порядку 79–92 дБА, при нормальному рівні в 55–65 дБА.

Приведено опис методики оцінки різних видів транспортного забруднення та дано аналіз місця дослідження. Коротко охарактеризовано найбільш токсичні компоненти, що утворюються від роботи автомобільного транспорту.

В практичній частині дослідження зроблена оцінка впливу нічного шуму на стан міського середовища та здоров'я громадян на прикладі м. Маріуполя. Приведено зарубіжний досвід зменшення транспортного забруднення міського середовища та зроблено їх адаптацію до умов м. Маріуполя.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ГОСТ 20444–85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики. М.: Изд-во стандартов, 1985. 14 с.
2. ГОСТ 23337–88. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых общественных зданий. М.: Изд-во стандартов, 1988. 20 с.
3. Архіпова Г. І., Г. І. Архіпова, І. С. Ткачук, Є. І. Глушков Аналіз впливу відпрацьованих автомобільних газів на стан атмосферного повітря в густонаселених районах. Вісник НАУ. 2009. № 1. С. 45–49.
4. Базарский О. В. Влияние рельефа местности на уровень загрязнения природных территорий автомобильных дорог. Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы. М. 2015. С. 86–88.
5. Бакаєва Н. В., Данилевич Д. В., Шишкіна І. В. Оцінка акустичного забруднення міського середовища. Біосферна Сумісність: людина, Регіон, технології. 2014. № 4. С. 78–85.
6. Барінова Л. Д., Забалканская Л. Э. Пути снижения негативного воздействия транспортного комплекса на городскую среду. Транспорт: Наука. Техника. Управление. 2012. № 2. С. 14–18.
7. Білявський Г. О., Бутченко Л. І., Навроцький В. М. К.: Лібра посіб. Основи екології., 2002. 352 с.
8. Беспалов В. І., Мазепа Я. А. Аналіз впливу автотранспортних підприємств на міське середовище URL. Інженерний Вісник Дону, 2012, № 4 (Частина 2), URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/> Дата звернення: – 03.09.2020.
9. Бондаренко Є. В., Дворніков Г. П. Дорожньо-транспортна екологія: Навч. Посіб. под. ред. А. а. Цицури. Оренбург, 2012. 113 с.

10. Внукова Н. В. Вплив технічного стану двигунів внутрішнього згоряння на паливну економічність і екологічну безпеку. Вісник Нац. техн. ун-ту «ХШ». Харків: НТУ «ХШ». 2016. № 53. С. 27–34.
11. Воронцова Т. В., Н. В. Мацебула, І. А. Репік. К. Основи життєдіяльності: підручник. Вид-во «Либідь», 2017. 450 с.
12. Галевко Ю. В. Напрямок зниження шуму від автомобільного транспорту в Європейській економічній комісії. Захист населення від підвищеного шумового впливу. Під ред. Н. І. Іванова Санкт-Петербург: Изд-во ИННОВА, 2014. С. 200–205.
13. Горшкова И. А. , О. Ю. Макарова Анализ загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспортных средств в условиях сложившейся градостроительной ситуации в центральной части Санкт-Петербурга. Наукоеведение: интернет-журнал. 2014. № 4 (23). С. 79–85.
14. Гутаревич Ю. Ф. Д. В. Зеркалов, А. Г. Говорун. Екологія та автомобільний транспорт: навч. посібн. Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. К.: Вид-во «Арістей», 2018. 218 с.
15. Данилевич Я. Б. , В. Я. Денисов. Системні рішення проблем екологічної безпеки автотранспортного комплексу, як метод покращення екологічної ситуації у мегаполісах. Доп. IV Міжнар. наук. – практ. конф. «Автотранспорт: від екологічної політики до щоденної практики». К.: ЦУЛ, 2005. 318 с.
16. Денисов В. Н. Проблемы экологизации автомобильного транспорта СПб.: Изд-во ЭКО, 2004. 188 с.
17. Джигерей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. Посіб. 4 – те вид., випр. 1 доп. К.: Т -во «Знання», К (Х), 2016. 250 с.
18. Жанабекова Е. И. Автомобилизация как фактор ухудшения качества среды обитания человека (на примере г. Саратова) / Человек и общество: проблемы взаимодействия. Саратов, 2010. С. 21–29.

19. Забишний Я. О. Екологічна безпека міських транспортних мереж. Збірник матеріалів VI Всеукраїнської наук. – практ. конф. аспірантів, курсантів, студентів та ад'юнктів, м. Львів, 5–7 травня 2016 р., анотац. допов. Л.: ЛДУБЖД, 2015 р. С. 40–42.
20. Забишний Я. О. , Я. М. Семчук. Аналіз автотранспортного забруднення довкілля та його вплив на соціальну складову. Екологічні засади збалансованого регіонального розвитку. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2016 р. С. 254.
21. Забишний Я. О. , Я. М. Семчук, Б. В. Долішній, В. М. Мельник. Про дослідження параметрів транспортних потоків та їх вплив на довкілля. Науково-технічний журнал «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування». ІФНТУНГ. 2016. №1 (13). С. 146–152.
22. Забишний Я. О. Методи досліджень руху автотранспорту в межах урбоекосистем. Енергоощадність. Збалансоване природокористування, м. Львів, 21–23 вересня 2016 р. Л.: Національний університет «Львівська політехніка», 2015 р. С. 27.
23. Запара О. В. Экология плюс: научно-производственный экологический журнал. Екологічні принципи проектування автомобільних доріг. 2012. №6. С. 29–32.
24. Звіт з науково-дослідної роботи «Аналіз комплексного впливу забруднень фізичного походження на стан урбанізованих територій»: № держреєстрації 0115U 000152/ ХНУМГ імені О. М. Бекетова, Харків, 2016 р. 462 с.
25. Зотов Л. Л. Екологічна безпека автомобілів: навч. посібник. СПб., 2015. 115 с.
26. Иванова А. С. Роль озеленения в снижении городского. Современные проблемы оптимизации зональных и нарушенных земель. Воронеж, 2012. С. 314–316.

27. Иванова А. С. Экологическое обоснование зеленых насаждений в снижении шума. Вестник Саратовского государственного технического университета, 2012. №3 (63). С. 243–246.
28. Карташов М. В. Імовірність, процеси, статистика: монографія. Київ: ВПЦ Київський університет, 2017. С. 67.
29. Клименко М. О. Моніторинг довкілля: Підручник: Видавничий центр «Академія», 2016. 312 с.
30. Климчук М. А. Стан навколишнього середовища та його вплив на здоров'я населення Львівської області. Довкілля та здоров'я. 2015. № 5 (49). С. 45–48.
31. Кобилянська І. М., Кобилянський О. В., Яблочников С. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник. Вінниця:, 2007. 128 с.
32. Козлов Ю. С. Экологическая безопасность автотранспорта: «Агар, Рандсву- Ам», 2017. 328 с.
33. Кокодеева Н. Е. О законе распределения и оценке степени риска шумовой характеристики от транспортного потока URL . Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2014. № 1 (5). 8 с.
34. Корсак К. В. Основи екології / К. В. Корсак, О. В. Плахотнік. К.: Вид-во МАУП, 2000. 122 с.
35. Коршунов А. Ю. Про нормування шумового забруднення навколишнього середовища в умовах мегаполісу. Молодіжний науково-технічний вісник. 2014. № 11. С. 26.
36. Косинова И. И. Математическая модель пространственного распределения загрязняющих веществ от низких автомобильных выбросов. Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве. М., 2014. С. 124–128.
37. Косинова И. И. Математическая модель для прогнозирования пространственного распределения загрязняющих веществ на городских магистралях. Инженерные изыскания. 2015. № 7. С. 24–27.

38. Ложкина О. В. Оценка удельных выбросов окислов азота легковым автотранспортом. Двигателестроение. 2012. № 4. С. 35–41.
39. Макаров О. А., Зимина А. Н., Ненахова Е. В. Загрязнение атмосферного воздуха территорий детских дошкольных учреждений компонентами выбросов автотранспорта и здоровье детского населения. Гигиена и санитария. 2016. № 95 (12). С. 1188–1192.
40. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи «Розробка регресійної моделі впливу скиду стічних вод підприємства на якість річкової води в контрольному створі». Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 23 с.
41. Мирзоева Ф. М., Шекихачева З. З. Проблемы экологической обстановки на автомобильном транспорте. Фундаментальные исследования. 2014. № 11–12. С. 2665–2668.
42. Михайлюк І. Б. Про стан навколишнього природного середовища у м. Маріуполі та основні напрямки вирішення нагальних проблем довкілля місцевими органами самоврядування. Проблеми відтворення та охорони біорізноманіття України: [М-ли. Всеукр. студ. наук. – практ. конф., Маріуполь, 2018]. Маріуполь, 2018. С. 9–25.
43. Никулушкин А. А., Кокодеева Н. Е. Вероятностный подход к оценке шума от транспортного потока: Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии: сб. материалов XV междунар. науч. – техн. конф., г. Тула, 1–3 июля 2014 г. ТулГУ. Тула, 2014. С. 66–67.
44. Огородник І. М. Агросвіт, І. М. Огородник, З. П. Двудіт. Вплив автотранспорту на екосистему держави. 2011. №17–18. С. 43–47.
45. Оказова З. П. Шумове забруднення як одна з екологічних проблем сучасного міста. Сучасні проблеми науки і освіти. 2015. № 4. С. 50–61.
46. Основні показники діяльності установ охорони здоров'я в Україні за 2018 рік. Головне управління статистики в Україні. Київ, 2019. 450 с.
47. Петров С. Б. Эколого-эпидемиологическое исследование по оценке влияния взвешенных веществ в атмосферном воздухе городской среды

на развитие болезней органов дыхания. Успехи современного естествознания. 2011. № 11. С. 346–349.

48. Петросян Т. О., Сидоренко В. Ф. Экологическая безопасность автомобильных дорог. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер. Строительство и архитектура. 2012. № 28. С. 332–336.

49. Погонишева І. А. Вплив шуму на психофізіологічні параметри і працездатність організму людини [Погонишева і. А. та ін.]. Вісник НВГТУ. 2015. №1. С. 27–35.

50. Подригало М. А. Экология и промышленность: науковопроизводственный журнал. Аналіз та прогнозування європейських екологічних норм для автомобільного транспорту та аналогічні нормативи в Україні. 2010. №1. С. 4–9.

51. Почекаева Е. И., Бондин В. И., Попова Т. В. Воздействие шума автотранспорта на здоровье населения и меры борьбы с ним в условиях крупного города. Валеология. 2012. № 4. С. 62–67.

52. Пыко А. В., Мукалова О. А. Влияние транспортного шума и загрязнения воздуха на метаболическую и сердечно-сосудистую заболеваемость и смертность. Неотложная кардиология и кардиоваскулярные риски, 2018, Т. 2, № 1, С. 270–279.

53. Русіло П. О. Науковий вісник НЛТУ України. Вплив на довкілля автомобільного транспорту на всіх стадіях його життєвого циклу. 2008. Вип. 18.3. С. 85–89.

54. Самойлюк Е. П. Борьба с шумом в градостроительстве. К.: Будівельник, 1975. 128 с.

55. Семчук Я. М. Вплив автомобільного транспорту на довкілля міських агломерацій. Проблеми екологічної безпеки. Кременчук: Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, 2016. С. 57–58.



56. Семчук Я. М. Дослідження методів оцінки і прогнозування впливу автотранспорту на довкілля. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. ІФНТУНГ. 2016. №2 (13). С. 92–100.
57. Сенько П. С. Теорія ймовірностей та математична статистика: монографія [2-ге вид., зі змін. і доп.]. Київ: Знання, 2017. 446 с.
58. Сигора Г. А. Применение метода регрессионного анализа к количественному описанию степени влияния загрязнения на здоровье населения. Вісник СевДТУ. Вип. 97: Механіка, енергетика, екологія: зб. наук. пр. 2018. С. 188–191.
59. Ситдикова А. А., Святова Н. В., Царева И. В. Анализ влияния выбросов автотранспорта в крупном промышленном городе на состояние загрязнения атмосферного воздуха 2015. № 3. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=19623> (дата обращения: 03.09.2020).
60. Ситник К. М. Биосфера, экология, охрана природы: [Справочное пособие] / К. М. Сытник, А. В. Брайон, А. В. Городецкий; [под ред. К. М. Сытника]. К.: Наукова думка, 1997. 523 с.
61. Скорина Л. М. Вплив викидів автотранспорту на розвиток хвороб органів дихання у Вінницькій області. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2011. № 6. С. 20–23.
62. СНиП II–12–77. Защита от шума. Нормы проектирования. М.: Стройиздат, 1978. 64 с.
63. Степанова Н. В., Святова Н. В., Сабірова І. Х. Оцінка впливу і ризик для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту. Фундаментальні дослідження. 2014. № 10. С. 1185–1190.
64. Сухарев С. М. Основи екології та охорони довкілля: Центр навчальної літератури, 2016. 394 с.
65. Умрихіна Л. М. Роль і значення забруднення атмосферного повітря, метеорологічних факторів та соціально-побутових умов у формування показників захворюваності дитячого населення м. Києва ДУ ІГМЕ. 2018. № 89. С. 74–79.

66. Шустова Д. В. Проблемы экологии на транспорте. Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів. К., 2012. С. 20–21.

67. Щербатюк А. П. Защита атмосферного воздуха городов от загрязнения отработавшими газами автомобилей в летнее время в условиях сложного рельефа. Вестник Читинского государственного университета. 2012. № 1 (80). С. 52–59.

68. Щербина Е. В. Оценка влияния автотранспортных потоков на шумовой режим городской среды: учебное пособие; ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». Москва: МИСИ-МГСУ, 2013. 72 с.

69. Юферева Л. М., Юферев М. Ю. Исследование интенсивности автотранспортных потоков в центре мегаполиса. Охрана окружающей среды и природопользование. 2012. № 4. С. 25–28.

70. Good practice guide on noise exposure and potential health effects. European Environment Agency Technical report No 11. 2010 Copenhagen, 2010. 37 p.

71. Chen H., Burnett R. T., Kwong J. C., Villeneuve P. J., Goldberg M. S., Brook R. D., van Donkelaar A., Jerrett M., Martin R. V., Kopp A., Brook J. R., Copes R. Spatial association between ambient fine particulate matter and incident hypertension. *Circulation*, 2014, vol. 129, № 5, pp. 562–569.

72. Eze I. C., Hemkens L. G. Association between ambient air pollution and diabetes mellitus in Europe and North America: systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*, 2015, vol. 123, № 5, pp. 381–389.

73. Makarova I., Khabibullin R., Mavrin V., Belyaev E. Simulation modeling in improving pedestrians' safety at non-signalized crosswalks. *TRANSPORT PROBLEMS*. 2016. Vol. 11. Issue 4. P. 139–150.

74. Mustafic H., Jabre P., Caussin C., Murad M. H., Escolano S., Tafflet M., Périer M. C., Marijon E., Vernerey D., Empana J. P., Jouven X. Main air pollutants and myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*, 2012, vol. 307. № 7. pp. 713–721.

75. Pope C. A., Turner M. C. Relationships between fine particulate air pollution, cardiometabolic disorders, and cardiovascular mortality. *Circ Res*, 2015. vol. 116, № 1. pp. 108–115.

76. Skinner C., Walls C. London Noise Survey – Four Inner London Boroughs: Analysis of Data from London Noise Survey Phase 1 (2004) and Westminster Noise Survey (2003) [URL] / BRE Client report number 221083, March 2005. 157 p. – Режим доступу: [https://www.camden.gov.uk/cdm.cms-service/download/asset?asset\\_id=749206](https://www.camden.gov.uk/cdm.cms-service/download/asset?asset_id=749206). Дата звернення: – 03.09.2020.

77. Stansfeld S. A., Shipley M. Noise sensitivity and future risk of illness and mortality *Science of the Total Environment*. 2015. Vol. 520. P. 114–119.

78. Stafoggia M., Cesaroni G., Peters A. Long-term exposure to ambient air pollution and incidence of cerebrovascular events: results from 11 European cohorts within the ESCAPE project. *Environ Health Perspect*, 2014. vol. 122. № 9. pp. 919–925. doi: 10.1289. ehp. 1307301.

79. Van Renterghem, T., Forssen, J., Attenborough, K. et al. Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. *Applied Acoustics*. 2015. Vol. 92. P. 86–101.

80. Yang W. – S., Wang X., Deng Q., Fan W. – Y., Wang W. – Y. An evidence-based appraisal of global association between air pollution and risk of stroke. *Int J Cardiol*. 2014. vol. 175. № 2. pp. 307–313. doi: 10.1016. j. ijcard. 2014.05.044. Дата звернення: – 03.09.2020.

81. Біоіндикаційні дослідження [URL] режим доступу: [http://bioweb.franko.lviv.ua/botany/?pshowpage&pagenamebioind\\_doslidzhennya](http://bioweb.franko.lviv.ua/botany/?pshowpage&pagenamebioind_doslidzhennya)

82. Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище [URL] . Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/5549/1/4.pdf>. Дата звернення: – 03.09.2020.

83. Вплив транспорту на навколишнє природне середовище в Полтавській області [URL] режим доступу: <http://5ka.at.ua/load/ekologija/vplivtransportu.nanavkolishne.prirodne.seredovishhe>.

84. Екологічний стан території

85. [URL] режим доступу: <http://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/studconf/74.pdf>. Дата звернення: – 03.09.2020.

86. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища України у 2019 році [URL] режим доступу: <http://www.menr.gov.ua>. Дата звернення: – 03.09.2020.

87. Про стан атмосферного повітря [URL] режим доступу: <http://www.rada-poltava.gov.ua/news/44308151>. Дата звернення: – 03.09.2020.

# ДОДАТОКИ

## Додаток А

Схема формування хімічного і фізичного забруднення довкілля автомобільним транспортом міських агломерацій

