

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
бакалавра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)
на тему

*Оцінка стану довкілля території
Холодногірського району м. Харків*

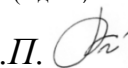
Виконав: студентка 4 курсу, групи Еко 2022-1
спеціальності 101 Екологія
Задьорна М.Д.
(прізвище та ініціали)


(підпис)

Керівник к.т.н., доц. Коваленко Ю.Л.
(прізвище та ініціали)


(підпис)

Рецензент д.т.н., проф. Полив'янчук А.П.
(прізвище та ініціали)


(підпис)

м. Харків – 2026 рік

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Інститут, факультет ННІ будівництва, землеустрою та цивільної інженерії

Кафедра Інженерної екології міст

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

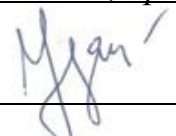
Галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)

Спеціальність 101 Екологія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д. геол.н., проф. Удалов І. В.


“16” червня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я **на кваліфікаційну роботу бакалавра** **студента**

Задьорної Мілени Дмитрівни

(прізвище ім'я по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Оцінка стану довкілля території Холодногірського району м. Харків

керівник проєкту (роботи) Коваленко Ю.Л., канд. техн. наук, доцент
(прізвище та ініціали, науковий ступінь)

затверджена наказом Університету від « 22 » травня 2026 р. № 441-03

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 24.05.2026

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Дані натурних обстежень об'єкту досліджень; супутникові знімки земної поверхні (джерело – геоінформаційна система «QGIS»); Програмні продукти: Якість повітря у Холодногірському районі м. Харкова SaveEcoBot. ; Ukraine Air Quality Index (AQI) and Air Pollution information ; EcoCity — громадська мережа моніторингу якості повітря в Україні . Табличний процесор «Microsoft Excel»; Офіційний веб,-сайт: «Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України».

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розділ 1. Поточний стан довкілля на досліджуваній території; розділ 2. Основні джерела впливу та екологічні проблеми; розділ 3. Рекомендації щодо вирішення екологічних проблем території та оцінка їх ефективності.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація – 15 слайдів

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1			
2			

7. Дата видачі завдання: 11.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Огляд та аналіз джерел інформації щодо стану довкілля території Холодногірського району м. Харків	23.05.2026	Виконано
2	Визначення основних джерел впливу на довкілля та екологічних проблем території	04.06.2026	Виконано
3	Розробка рекомендацій щодо вирішення екологічних проблем території та оцінка їх ефективності.	10.06.2026	Виконано
4	Узагальнення результатів роботи, укладання висновків та оформлення документації	12.06.2026	Виконано

Студент



(підпис)

Задьорна М. Д.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)



(підпис)

Коваленко Ю.Л.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 81 стор., 11 рис., 13 табл., 62 джерела.

ДЖЕРЕЛА ВПЛИВУ, ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ, ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ, КЛІМАТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОЦІНКА СТАНУ ДОВКІЛЛЯ, ТРАНСПОРТНІ МАГІСТРАЛІ, ШУМОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ

Об'єкт дослідження – урбоекосистема Холодногірського району м. Харкова як складне природно-техногенне утворення, що перебуває під постійним промисловим, транспортним та соціально-економічним навантаженням..

Предмет дослідження – закономірності формування, динаміки та просторового розподілу екологічного стану атмосферного повітря території Холодногірського району в умовах інтенсивного техногенезу та воєнних ризиків.

Мета роботи – оцінка стану довкілля території Холодногірського району м. Харків з акцентом на аналіз стану атмосферного повітря та оцінку шумового забруднення вздовж основних магістралей району, насамперед уздовж вул. Полтавський Шлях.

Здійснено огляд літературних джерел щодо поточного стану довкілля та основних екологічних проблем Холодногірського району міста Харків.

Запропоновано заходи щодо покращення стану довкілля досліджуваної території.

Виконано оцінку їх ефективності.

Робота складається зі вступу, висновків і 3 розділів: 1. Поточний стан довкілля на досліджуваній території; 2. Основні джерела впливу та екологічні проблеми; 3. Рекомендації щодо вирішення екологічних проблем території та оцінка їх ефективності.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ПОТОЧНИЙ СТАН ДОВКІЛЛЯ НА ДОСЛІДЖУВАНІЙ ТЕРИТОРІЇ.....	9
1.1 Соціально-економічна характеристика.....	9
1.2 Ландшафтна характеристика	11
1.3 Кліматична характеристика	14
1.4 Атмосферне повітря.....	18
1.5 Поверхневі води	21
1.6 Ґрунтовий покрив.....	24
1.7 Геологічне середовище.....	27
1.8 Підземні води.....	29
1.9 Рослинний і тваринний світ	31
1.10 Техногенне середовище.....	34
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА ВПЛИВУ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ...	37
2.1 Методологія дослідження	37
2.2 Основні джерела та проблеми забруднення атмосферного повітря	41
2.3 Фізичні впливи на довкілля, джерела шумового забруднення	46
2.4 Проблеми забруднення вод.....	49
2.5 Сфера поводження з відходами.....	50
2.6 Проблеми зелених насаджень	51
2.7 Вплив військових дій на стан довкілля району	51
2.8 Вплив екологічних факторів на здоров'я населення	52
2.9 Головні екологічні проблеми району.....	54
РОЗДІЛ 3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ТЕРИТОРІЇ ТА ОЦІНКА ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ.	56
3.1 Шляхи вирішення екологічних проблем району	56
3.2 Першочергові заходи щодо зменшення рівня забруднення атмосферного повітря та оцінка їх екологічної ефективності.....	59

3.3 Заходи щодо зменшення рівня шумового забруднення та оцінка їх екологічної ефективності.....	67
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73

ВСТУП

Актуальність теми. Антропогенна трансформація міського середовища в умовах перенасичення промисловими, транспортними та комунальними об'єктами створює стійке екологічне навантаження на всі компоненти біосфери. Холодногірський район міста Харкова є поліфункціональним утворенням із диверсифікованою промисловою базою та потужним транспортно-логістичним вузлом загальнодержавного значення.

Крім того, екологічна ситуація значно ускладнилася після 24 лютого 2022 року внаслідок повномасштабних воєнних дій, руйнування об'єктів критичної та енергетичної інфраструктури, а також появи специфічних відходів руйнації. У зв'язку з цим виникає гостра необхідність комплексного моніторингу та оцінки екологічного стану району для розробки стратегії його повоєнного відновлення, екологічної модернізації промисловості та збалансованого просторового розвитку.

Мета роботи – оцінка стану довкілля території Холодногірського району м. Харків з акцентом на аналіз стану атмосферного повітря та оцінку шумового забруднення вздовж основних магістралей району, насамперед уздовж вул. Полтавський Шлях.

Завдання дослідження:

- 1) узагальнити еколого-географічну характеристику Холодногірського району;
- 2) проаналізувати джерела, рівні та просторово-часовий розподіл забруднення атмосферного повітря в межах району;
- 3) оцінити рівні шумового забруднення вздовж основних магістралей;
- 4) охарактеризувати інші ключові екологічні проблеми (водні ресурси, поводження з відходами, стан зелених насаджень);
- 5) розглянути вплив військових дій на стан довкілля району;
- 6) проаналізувати медико-екологічні наслідки виявленого антропогенного навантаження;

7) сформулювати рекомендації щодо покращення екологічної ситуації.

Об'єкт дослідження – урбоекосистема Холодногірського району м. Харкова як складне природно-техногенне утворення, що перебуває під постійним промисловим, транспортним та соціально-економічним навантаженням.

Предмет дослідження – закономірності формування, динаміки та просторового розподілу екологічного стану атмосферного повітря території Холодногірського району в умовах інтенсивного техногенезу та воєнних ризиків.

Практична значущість – результати самостійно проведених досліджень, що можуть бути впроваджені у природоохоронній програмі міста Харків.

У процесі пошуку інформаційних джерел та технічного редагування тексту застосовано програмний продукт III Claude Fable 5.

РОЗДІЛ 1. ПОТОЧНИЙ СТАН ДОВКІЛЛЯ НА ДОСЛІДЖУВАНІЙ ТЕРИТОРІЇ

1.1 Соціально-економічна характеристика

Холодногірський район міста Харків – поліфункціональне утворення з вигідним географічним положенням, великим транспортним вузлом загальнодержавного значення та розвиненою промисловою базою (рис.1).

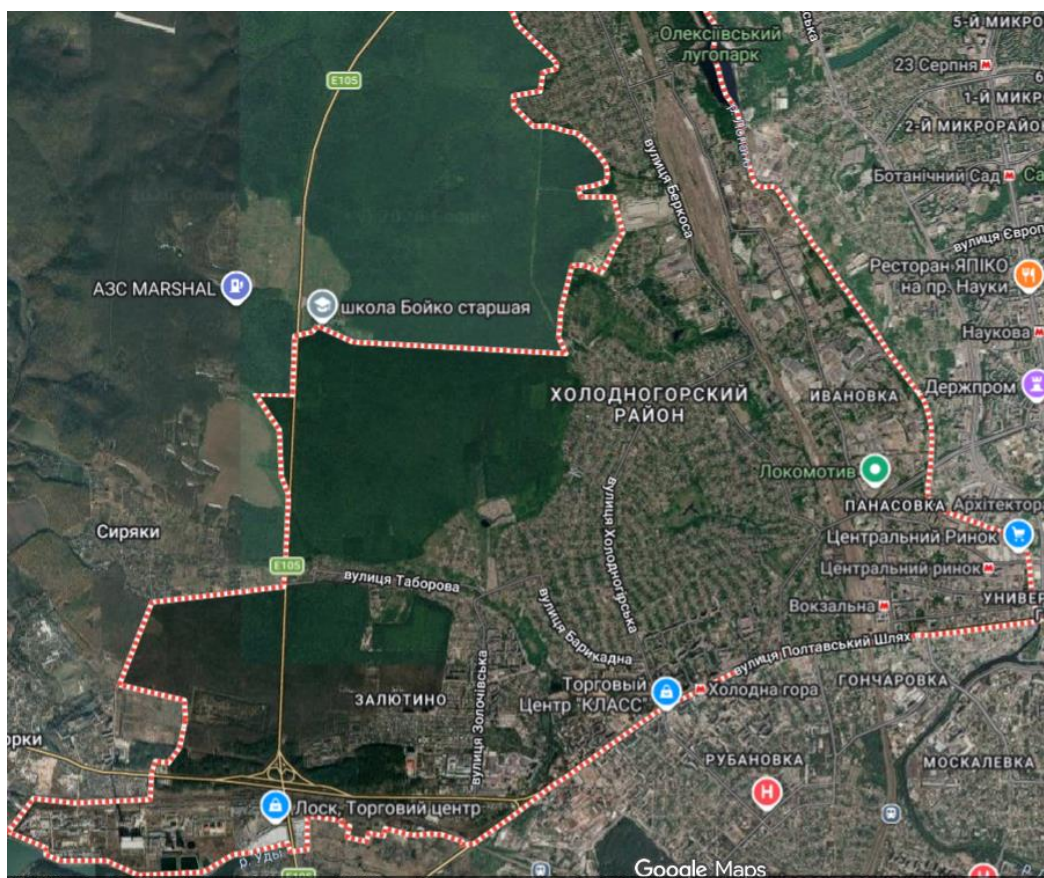


Рисунок 1.1 – Схема розташування Холодногірського району у межах міста Харкова

Холодногірський район розташований у північно-західній частині міста Харкова й межує з Шевченківським і Новобаварським районами [1]. Назва походить від історичної місцевості Холодна Гора, яка формує ландшафтну домінанту території. Холодногірський район утворено у 1919 році з назвою Івано-Лисогірський, але у 1929 році перейменовано на Ленінський, а у 2016 році, згідно із законодавством про декомунізацію, район отримав сучасну назву Холодногірський [1].

Адміністративне керівництво здійснює Адміністрація Холодногірського району Харківської міської ради як виконавчий орган місцевого самоврядування.

Площа району становить 35,4 кв. км – близько 10,5 % території Харкова [1, 2].

Чисельність населення району становить близько 82,5 тис. осіб (в окремих джерелах – до 91,3 тис.) [1].

За густотою населення (2,3 тис. осіб/кв. км) район посідає середні позиції у Харкові. Етнічний склад відповідає загальноміській структурі з переважанням українців і значною часткою росіян [3]. Демографічні процеси повторюють загальні тенденції області — природне скорочення, старіння населення, низька народжуваність [3, 4]. Після 24 лютого 2022 року ситуація ускладнилася внаслідок воєнних дій, евакуації та внутрішньої міграції мешканців [1].

Зайнятість орієнтована на промисловість, транспорт, торгівлю та сферу послуг. На території району функціонує понад 90 промислових підприємств машинобудівної, харчової, переробної, легкої, хімічної й поліграфічної галузей [1, 2].

Сферу послуг формують 401 магазин, 9 супермаркетів, 324 підприємства побутових послуг, 295 закладів ресторанного господарства, 2 ринки [2].

Окремий пласт зайнятості забезпечують Південна залізниця, Харківський метрополітен та автостанції, управлінські й виробничі підрозділи яких розташовані в районі [1].

Холодногірський район — найбільший транспортний вузол Харкова: тут розташовано залізничні станції Харків-Пасажирський, Харків-Сортувальний і управління Південної залізниці [1]. Метрополітен на території району має три станції — «Холодна гора», «Центральний ринок» та «Південний вокзал», тут же дислоковано управління КП «Харківський метрополітен» [1]. Чотири автостанції обслуговують міжміське й приміське сполучення.

У районі діють 22 заклади дошкільної освіти, мережа загальноосвітніх шкіл, 2 установи професійно-технічної освіти, 3 установи позашкільної освіти,

а також заклади фахової передвищої освіти: Коледж переробної та харчової промисловості ХНТУСГ ім. П. Василенка, Медичний фаховий коледж ХНМУ, Харківське державне художнє училище [1]. Систему охорони здоров'я формують 8 закладів, серед яких КНП «Харківська міська поліклініка № 24», КНП «Обласна дитяча клінічна лікарня», КНП «Обласний клінічний перинатальний центр», КНП «Обласний клінічний шкірно-венерологічний диспансер № 1» [1].

Економіка району має багатогалузевий характер. Основу промислового комплексу формують [1, 2]: машинобудування (електричні машини постійного струму, краново-металургійні електродвигуни, ремонт бронетанкової техніки); харчова промисловість (кондитерські вироби, переробка сільгосппродукції); переробна та хімічна промисловість; легка промисловість і поліграфія; виробництво автоматичних систем газового пожежогасіння; обладнання для елеваторів і тваринництва. Помітну роль відіграють також транспорт, оптова й роздрібна торгівля, побутові та ресторанні послуги, логістика, орієнтована на залізничний вузол.

У 2019 році усіма підприємствами району реалізовано продукції на 7 215 480,8 тис. грн — 8,8 % від загального обсягу промислової продукції міста Харкова [1, 2]. Понад 51 % цього обсягу формують підприємства переробної та харчової промисловості [1].

Розвинений споживчий ринок (понад 1 000 об'єктів торгівлі та послуг) забезпечує помітну частку валової доданої вартості в районі [2]. Повномасштабна війна з 24 лютого 2022 року негативно вплинула на економічну активність: частина підприємств та об'єктів інфраструктури зазнала пошкоджень, спостерігалися скорочення виробництва й структурне безробіття [1]. Перспективи розвитку пов'язані з повоєнним відновленням і модернізацією промислового, транспортного та соціального потенціалу району.

1.2 Ландшафтна характеристика

Місто Харків і його Холодногірський район розташовані у межах лісостепової фізико-географічної зони, на південно-західній окраїні Середньорусь-

кої височини [5, 6]. Згідно з фізико-географічним районуванням Харківської області, територія міста належить до Лівобережно-Дніпровського лісостепового краю, Харківського схилово-височинного фізико-географічного району [7]. Лісостепова зона характеризується чергуванням лісових та степових ландшафтів, що формуються в єдиних кліматичних умовах: середньорічна температура найтеплішого місяця літа становить близько $+21^{\circ}\text{C}$, а найхолоднішого місяця зими — близько -7°C , середньорічна загальна сума атмосферних опадів — близько 540 мм [5, 6].

У геоморфологічному відношенні Холодногірський район займає підвищену частину міста, ландшафтну домінанту якої складає історична місцевість Холодна Гора. Рельєф району являє собою хвилясту рівнину з помітним нахилом у південно-західному й південно-східному напрямках, ускладнену системою ярів і балок [6]. Межі місцевості Холодна Гора визначаються Полтавським Шляхом на півдні, залізничними коліями станцій Харків-Пасажирський і Харків-Сортувальний на сході, Лисою Горою та Савчиним Яром — на півночі, а на заході — масивом Залютине, відокремленим яром, який надає рельєфу додаткової контрастності [5].

Висока (відносно центральної частини міста) вивищеність Холодної Гори зумовлює специфічний мікроклімат: завдяки відкритості вітрам тут довше зтримується холодне повітря, що й дало назву місцевості [5]. Перепади висот, наявність схилів і ярів сформували відповідну містобудівну структуру з нерегулярним плануванням, яровими «коридорами» зелених насаджень та локальними рекреаційними зонами.

Клімат району помірно континентальний з вираженою сезонністю, властивий лісостепу Лівобережної України. Середньорічна температура повітря близька до $+7...+8^{\circ}\text{C}$, середньорічна сума опадів — 510–560 мм, переважна частина яких випадає у теплий період року [5, 6]. Гідрографічна мережа району пов'язана з басейнами малих річок Уди й Лопань — правих приток річки Сіверський Донець, які протікають у межах Харкова й живлять зелені рекреаційні зони [5, 8].

У ґрунтовому покриві Харківщини переважають чорноземи: типові — близько 39,4 %, звичайні глибокі — 34,6 %, звичайні — 11,7 %, опідзолені — 3,4 %, сірі лісові ґрунти — 1,4 % [8]. У межах Холодногірського району природний ґрунтовий покрив, представлений переважно сірими лісовими та опідзоленими чорноземами лісостепової зони, значною мірою перекритий антропогенно зміненими ґрунтами, насипними та техногенно трансформованими ґрунтами міської забудови, доріг і промислових майданчиків [6, 8].

У межах Холодногірського району домінує урбаністичний (міський) антропогенний ландшафт, який представлений кількома підтипами [6, 7]: селітебним (житлові квартали з багатоповерховою та малоповерховою забудовою); промислово-комунальним (виробничі майданчики, склади, інженерна інфраструктура); транспортним (залізничні станції Харків-Пасажирський і Харків-Сортувальний, лінії метрополітену, магістральні вулиці); рекреаційно-зеленим (парк «Юність», Сквер ім. О. І. Мещанінова, урбан-парк у Холодногірському сквері, прибудинкові зелені насадження); природно-антропогенним (схили та яри Холодної Гори і Лисої Гори, береги малих водотоків) [5, 8].

Розподіл землекористування в Холодногірському районі відображає його поліфункціональний характер. У структурі забудови району помітну роль відіграють селітебна, виробнича, транспортно-логістична та рекреаційна функціональні зони [6, 8]. У цілому по місту Харків розподіл за типом забудови є приблизно рівним: 37,5 % — приватний сектор, 35,2 % — багатоповерхова житлова забудова, 27,3 % — промислова забудова. Для Холодногірського району характерним є помітна частка транспортно-промислової зони, що зумовлено наявністю двох найбільших залізничних станцій міста, депо, локомотивних і вагонних господарств, а також чисельних промислових підприємств [5, 6].

Рекреаційно-зелені території району охоплюють парки, сквери, яркові зелені «коридори» й прибудинкові насадження. По м. Харкову загальна площа зелених насаджень загального користування у 2019 році становила близько 15 407 га, або 50,8 % території міста; найбільші їх масиви тяжіють до західної та північної околиць, що включає й територію Холодногірського району [8].

Поряд із цим, на території району розташовані значні площі залізничних і промислових земель, які формують специфічний транспортно-промисловий пояс уздовж південно-східної межі району (рис.1.2) [5, 6].

Структура землекористування Холодногірського району м. Харкова

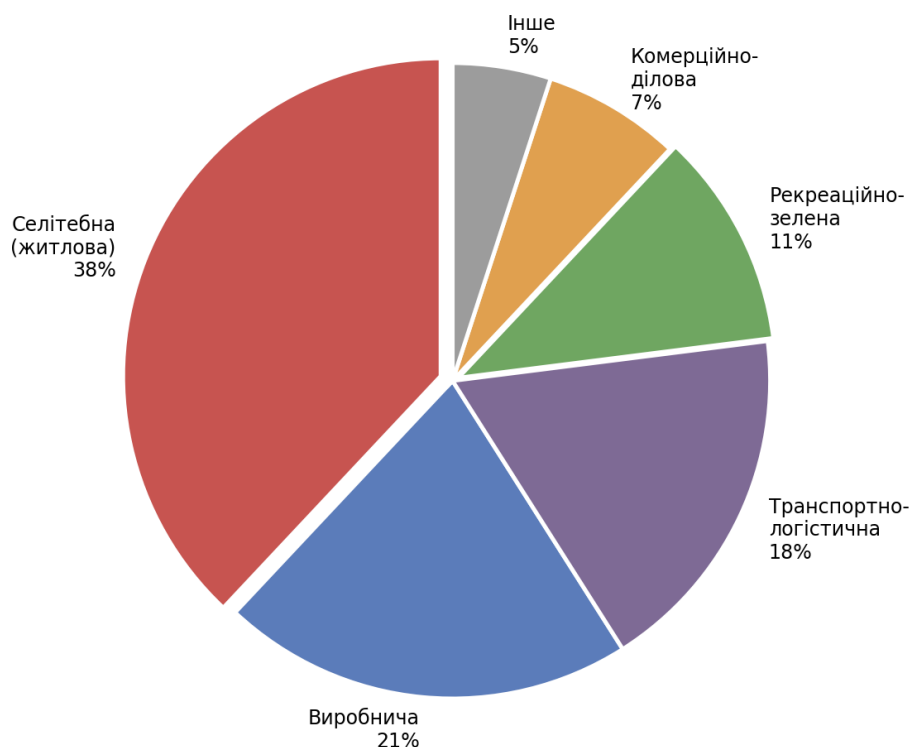


Рисунок 1.2 – Структура землекористування Холодногірського району м. Харкова (узагальнено за матеріалами [2, 6, 8])

1.3 Кліматична характеристика

Холодногірський район м. Харкова, як і місто загалом, лежить у межах помірно-континентального типу клімату помірного кліматичного поясу [9].

Кліматотвірними чинниками виступають значна віддаленість території від Атлантичного океану, відкритість впливу східних і північно-східних повітряних мас з Євразійського континенту та положення на межі лісостепової й степової зон [9]. Унаслідок цього клімату властиві помірно холодна, мінлива зима, тривале спекотне, подекуди посушливе літо, помітні річні й добові амплітуди температур повітря.

За багаторічними даними, середньорічна температура повітря у Харкові

становить близько $+8,1$ °C [9]. Найхолоднішим місяцем року є січень із середньомісячною температурою близько $-6,9$ °C (середньозимовий мінімум сягає -7 °C), найтепліший місяць року – липень; середньомісячна температура близько $+20,3$ °C (середньолітній максимум — близько $+25$ °C) [9]. Середньорічна сума атмосферних опадів становить близько 515 мм; розподіл опадів протягом року нерівномірний з максимумом у теплий період — найбільш вологим місяцем є липень з нормою близько 67 мм (рис.1.3) [9].

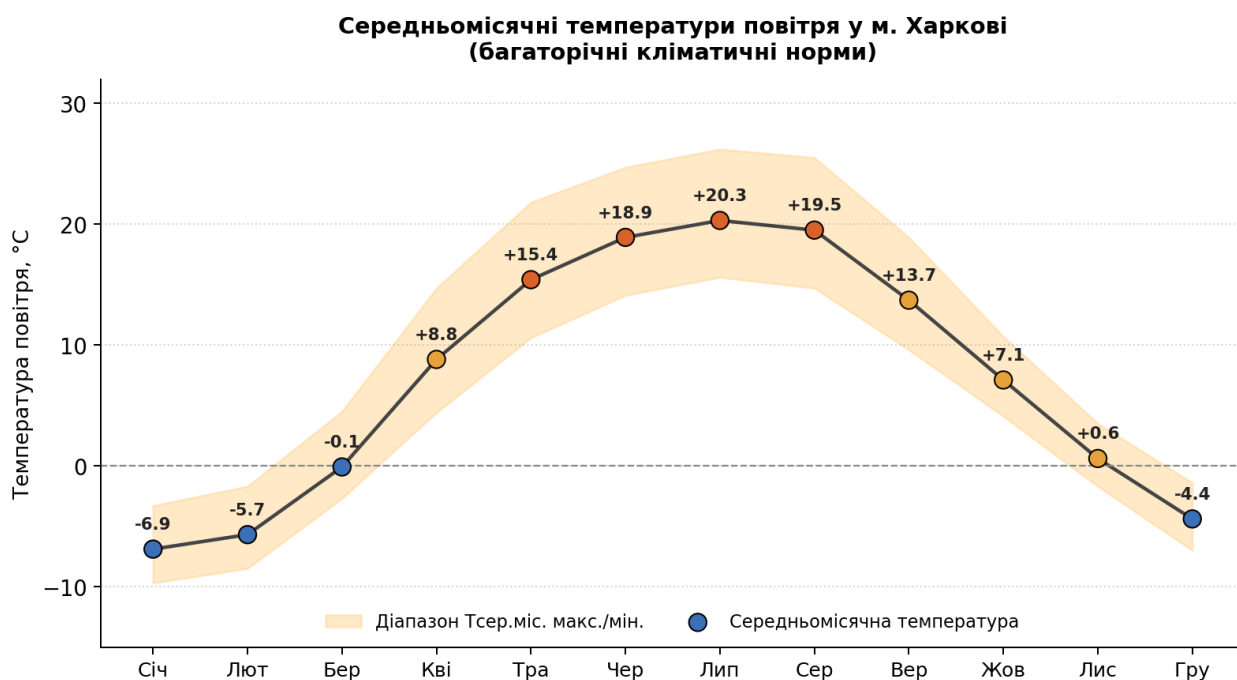


Рисунок 1.3 – Середньомісячні температури повітря у м. Харкові (багаторічні кліматичні норми, за даними [9, 10])

Середньорічна відносна вологість атмосферного повітря становить 74 %, середньорічна швидкість вітру – близько 4 м/с [9]. Тривалість безморозного періоду перевищує 160 діб, тривалість сонячного сяйва – близько 1850–1900 годин на рік. Для території Холодногірського району характерним є мікрокліматичний ефект підвищеної місцевості Холодна Гора, де через відкритість вітрам у холодний період довше зберігається холодне повітря, що зумовило історичну назву місцевості (рис.1.4) [5].

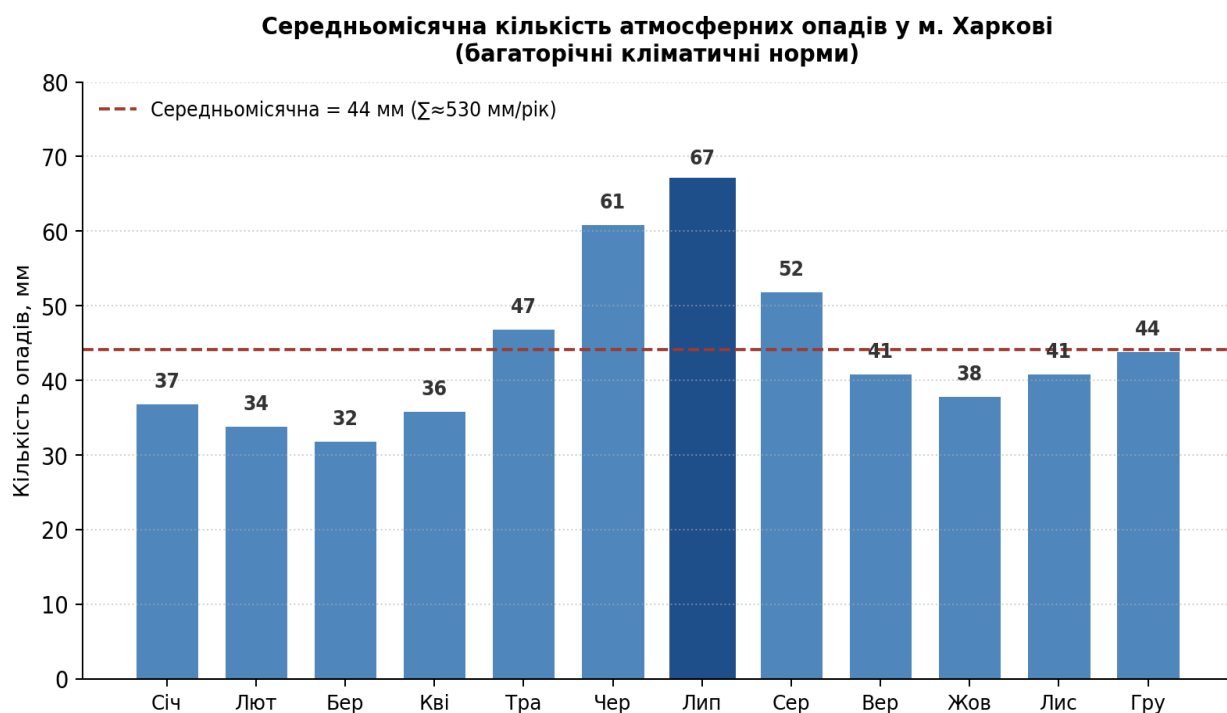


Рисунок 1.4 – Середньомісячна кількість атмосферних опадів у м. Харкові (багаторічні кліматичні норми, за даними [9, 10])

Вітровий режим Харкова й, відповідно, Холодногірського району характеризується вираженою сезонною мінливістю напрямків. У теплий період року (літо) переважають західні та північно-західні вітри, що приносять відносно вологі повітряні маси атлантичного походження [9]. У холодний період (осінь–зима–весна) панують вітри східного та північно-східного напрямків, які пов'язані з виносом континентального повітря зі Сходу й нерідко формують стійкі морозні антициклональні умови – за впливу сибірського антициклону температура повітря може опускатися до $-25 \dots -30$ °C [9].

Західні вітри у міжсезоння й узимку приносять зволожені повітряні маси, відлиги, опади, тоді як південні та південно-східні вітри в теплий період можуть супроводжуватися сухим, подекуди гарячим повітрям, що сприяє формуванню посушливих умов і суховіїв на сході області [9]. Середньорічна швидкість вітру по місту – близько 4 м/с, у холодний період її значення дещо більші, у теплий – менші (рис.1.5) [9].

**Роза вітрів м. Харкова за 16 румбами
(середньорічна повторюваність напрямків, %)**

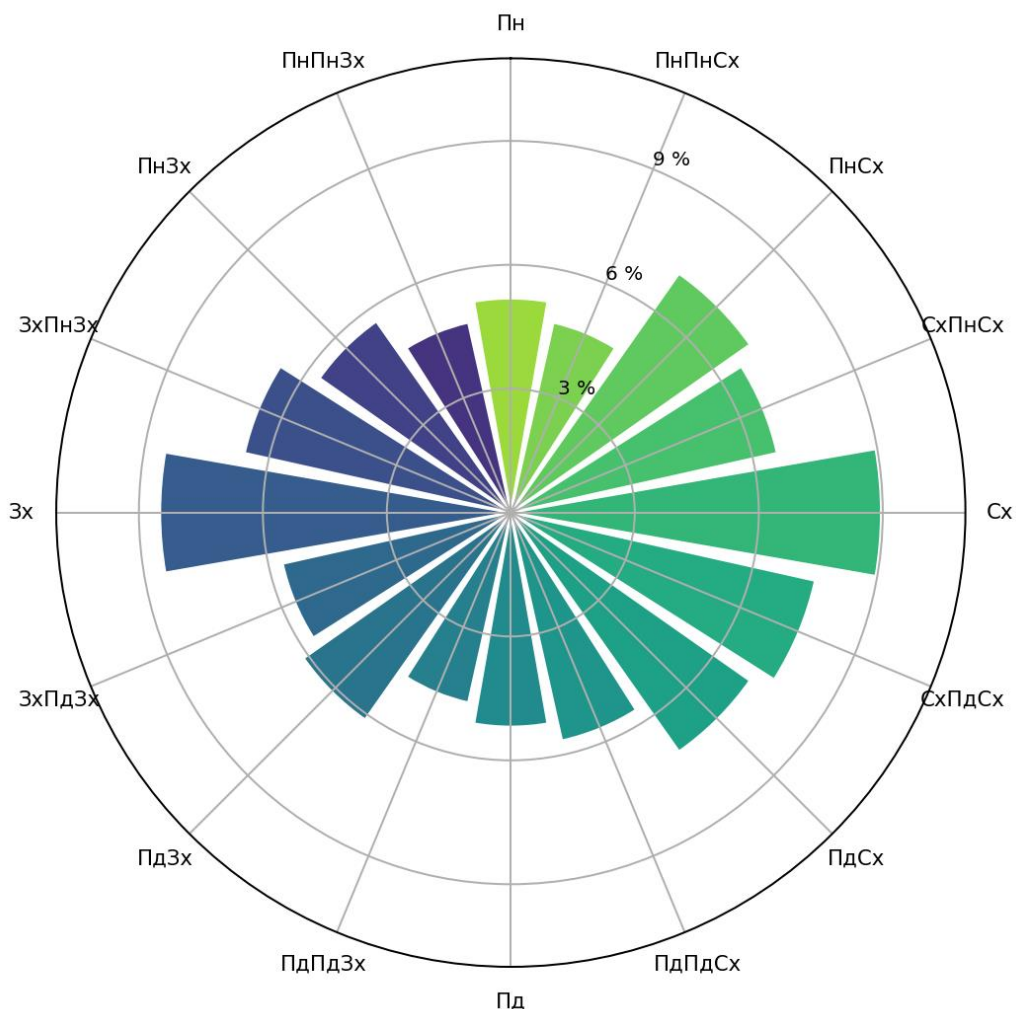


Рисунок 1.5 — Роза вітрів м. Харкова за 16 румбами (середньорічна повторюваність напрямків, %); побудовано за даними [9, 10]

Для території Харкова й Холодногірського району характерні такі несприятливі (небезпечні) метеорологічні явища: завірюхи, інтенсивні снігопади, ожеледь і ожеледиця, сильні тумани, грози й град, шквали та зливові опади, посухи й суховії, сильна спека, суворі морози, льодяний дощ [10]. У зимовий період найбільшого поширення набувають ожеледно-паморозеві утворення на дорогах і об'єктах інфраструктури, що ускладнюють роботу транспорту й житлово-комунального господарства [10]. Влітку небезпеку становлять зливи, шквалистий вітер (понад 20 м/с), град, грози, а також періоди підвищеної пожежної небезпеки внаслідок суховіїв і високих температур [10].

Особливо вразливим до несприятливих явищ є транспортно-логістичний комплекс Холодногірського району (залізничні станції, метрополітен, автошляхи) та промислові об'єкти, оскільки порушення режиму їхньої роботи має суттєві економічні й соціальні наслідки [5, 10].

Сучасні кліматичні зміни на території Харкова та області відбуваються переважно у бік підвищення середньорічної температури повітря [9, 10]. За даними наукових досліджень, тренд на зростання температур фіксується протягом усіх місяців року, проте найбільш виражений у зимовий період. У 2020 році в місті Харків зафіксовано рекордну середньорічну температуру повітря $+10,4^{\circ}\text{C}$, що є найвищою за період метеорологічних спостережень [10]. У 2019–2020 рр. середньозимова температура у місті становила близько 0°C , що значно перевищує кліматичну норму [10].

За прогнозами фахівців, у разі збереження сучасних темпів потепління упродовж наступних 30 років середньорічна температура у Харкові може підвищитися ще на $1\text{--}1,5^{\circ}\text{C}$, що супроводжуватиметься зростанням частоти й інтенсивності екстремальних явищ — теплових хвиль, посух, злив і шквалів [10]. У структурі опадів очікується зменшення частки снігових і збільшення — рідких опадів, скорочення тривалості стійкого снігового покриву, збільшення мінливості зимових температур з частими переходами через 0°C та активізацією ожеледних явищ [10].

1.4 Атмосферне повітря

Спостереження за забрудненням атмосферного повітря у м. Харкові здійснює Харківський регіональний центр з гідрометеорології Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Мережа спостережень у місті налічує 10 стаціонарних пунктів спостереження за забрудненням повітря (ПСЗ) — за номерами № 9, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 21, 24, обладнаних комплектними лабораторіями типу «ПОСТ-1» та «ПОСТ-2» [11, 12].

Спостереження проводяться щодня (крім святкових днів) за переліком пріоритетних забруднюючих речовин: пилу, діоксиду сірки, діоксиду азоту, ок-

сиду вуглецю, аміаку, сірководню, фенолу, формальдегіду, сажі, розчинних сульфатів, важких металів [11, 12].

За даними річних звітів, середньорічні концентрації основних забруднюючих речовин у місті переважно утримуються в межах ГДК, однак у житлових масивах поблизу автомагістралей фіксуються періодичні перевищення: за пилом і формальдегідом – до 1,8 ГДК, діоксидом сірки й оксидом вуглецю — до 1,3 ГДК, фенолом і озоном – до 1,2 ГДК, діоксидом азоту – до 1,1 ГДК [12, 13]. У межах Холодногірського району середні значення індексу забруднення атмосфери (ІЗА) фіксуються на рівні 3,3–3,5, що відповідає категорії «слабко забруднене повітря» [13].

У разі недостатньої кількості постів спостережень для оцінки забруднення атмосферного повітря на території, що розглядається, відповідно до ГОСТ 17.2.3.01-86 та Порядку визначення величин фонових концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, затвердженого наказом Мінприроди України від 30.07.2001 № 286 (zareєстрованого в Мін'юсті 15.08.2001 за № 700/5891), використовуються величини фону, отримані розрахунковим шляхом [14, 15]; додатково чинний національний стандарт ДСТУ 9030:2020 регламентує оцінку впливів автомобільних доріг на атмосферне повітря [16].

Для малих населених пунктів з чисельністю населення до 250 тис. осіб без значних промислових об'єктів застосовуються типові фонові значення з Таблиці 4.1 згаданого Порядку [14]. Якщо отримати фактичні дані неможливо, фон оцінюється за формулою $0,4 \times \text{ГДК}$ (для речовин, нормованих за середньодобовими ГДК) [14, 15]. Холодногірський район з населенням близько 82,5 тис. осіб входить до агломерації Харкова (понад 1,4 млн осіб) зі значним промисловим навантаженням, тому фон для району визначається переважно за даними ПСЗ м. Харкова, а у разі їхньої недостатності – за зазначеною розрахунковою методикою [14].

У межах Холодногірського району функціонує понад 90 промислових підприємств машинобудівної, харчової, переробної, легкої, хімічної та поліграфічної галузей, які є стаціонарними джерелами викидів забруднюючих речовин

[2, 13]. Найбільший внесок у формування викидів району дають: підприємства машинобудування (електродвигуни, краново-металургійне обладнання, ремонт бронетанкової техніки) — джерела пилю, оксидів азоту, оксиду вуглецю, зварювальних аерозолів, парів розчинників; харчова та переробна промисловість — джерела пилю, оксидів азоту, оксиду вуглецю, аміаку; поліграфія — джерела летких органічних сполук (ЛОС); комунальні котельні — джерела оксидів азоту, діоксиду сірки, оксиду вуглецю, твердих часток; об'єкти залізничного транспорту (Харків-Пасажирський, Харків-Сортувальний, депо Південної залізниці) — джерела викидів від тепловозів, котелень і ремонтних цехів [2, 13, 17].

За даними регіональних доповідей про стан довкілля, у структурі викидів стаціонарних джерел Харківської області домінують підприємства водопостачання, каналізації та поводження з відходами (близько 64,8 %), постачання електроенергії, газу і пари (12,3 %) й добувної промисловості (10,3 %) [17].

У Холодногірському районі особливу роль відіграють викиди транспортно-промислового вузла (залізничні станції, депо) та комунальних котелень.

У вітровому режимі м. Харкова простежується чітка сезонна зміна напрямків: у теплий період переважають західні та північно-західні вітри, у холодний — східні та північно-північно-східні; середньорічна швидкість вітру близько 4 м/с [9].

З урахуванням такої рози вітрів та просторового розташування Холодногірського району у північно-західній частині міста можна сформулювати такі припущення щодо перенесення забруднюючих речовин:

— у теплий період року під впливом західних і північно-західних вітрів забруднюючі речовини, утворені стаціонарними джерелами Холодногірського району, переміщуються у східному та південно-східному напрямках, спричиняючи додаткове навантаження на атмосферу центральних і східних районів Харкова — Шевченківського, Київського, Слобідського, Основ'янського [2, 9];

— у холодний період року східні й північно-східні вітри переносять забруднюючі речовини у західному та південно-західному напрямках [9, 17];

– уздовж домінантних осей перенесення формуються «коридори» підвищеного забруднення, прив'язані до Полтавського Шляху й залізничних коридорів району; рельєф (підвищення Холодної Гори, яри Залютиного й Лисої Гори) за слабких вітрів та інверсій сприяє локальному накопиченню викидів котелень, автотранспорту й дрібних промислових джерел [2, 9].

Для деталізованої оцінки розсіювання забруднюючих речовин від автомагістралей у міському середовищі застосовуються міжнародні дисперсійні моделі (CALINE4, AERMOD, OSPM), узагальнення яких наведено у недавніх оглядах (рис.1.6) [18].

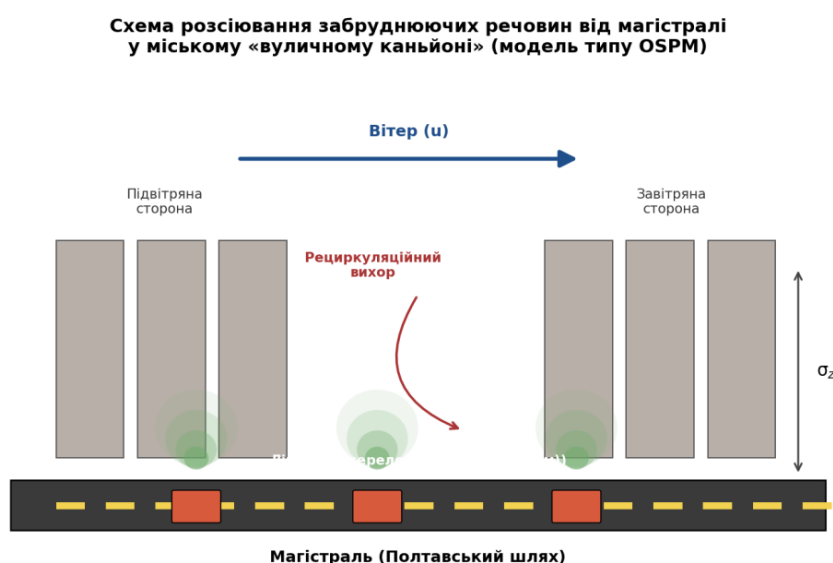


Рисунок 1.6 – Схема перенесення забруднюючих речовин від
автомагістралі у міському «вуличному каньйоні»
(адаптовано за матеріалами [13, 18])

1.5 Поверхневі води

Холодногірський район розташований на вододільному підвищенні Холодної Гори, яке належить до басейну річки Сіверський Донець (Чорноморсько-Азовський водозбір). Найближчими до території району водотоками є малі річки Уди й Лопань – основні гідрографічні артерії м. Харкова, та їхні притоки [19]. Уся річкова мережа Харкова входить до басейну Сіверського Дінця, який охоплює близько 75 % території Харківської області, об'єднує 867 малих, сере-

дніх і великих річок та тимчасових водотоків загальною довжиною близько 6 405 км [19].

Річка Уди – права притока річки Сіверський Донець, бере початок поблизу с. Бессонівка у Белгородській області РФ, має загальну довжину близько 164 км, у тому числі у межах Харківської області – 127 км, площа водозбору річки – 3 894 км², у тому числі у межах Харківської області – 3 460 км², середній похил русла – 0,64 м/км; Річка Уди впадає у Сіверський Донець на 825-му км від витoku [20]. Річка Лопань є лівою притокою річки Уди, вона має довжину 96 км, площу водозбору – 2 000 км², протікає через центральні райони Харкова й приймає у межах міста ліву притоку – р. Харків (довжина 78 км, площа водозбору 1 120 км²) [21]. Західна частина Холодногірського району (мікрорайони Залютине, прилеглі до Полтавського Шляху ділянки) тяжіє до долини р. Уди, тоді як східна – до долини р. Лопань.

У межах території Харківської області налічується 57 водосховищ загальним об'ємом понад 1 млн м³ кожне, а також 2 538 ставків та 583 озера, серед яких 36 – площею близько 2,5 тис. га. Найбільшими водосховищами області є Червонооскільське (Краснопавлівське) – 410 млн м³ та Печенізьке – 383 млн м³, які виконують функції питного й промислового водопостачання Харкова [19]. У межах Холодногірського району великих природних водойм немає; представлені невеликі ставки в зелених рекреаційних зонах (зокрема в парку «Юність» і прилеглих сквер-комплексах), а також технологічні водойми у складі промислових і залізничних об'єктів [8, 21]. Поверхневі стоки району організовано через зливову каналізацію та яркові водотоки, які відводять воду до басейнів Уди й Лопані.

Великі водосховища (Печенізьке, Червонооскільське) є основними джерелами централізованого питного й промислового водопостачання м. Харкова через систему КП «Харківводоканал» і канал Сіверський Донець–Донбас [19]. Малі річки м. Харкова (Уди, Лопань, Харків) використовуються переважно як приймачі очищених і поверхневих стоків, у рекреаційних цілях (набережні, прибережні зелені зони, аматорське рибальство), а також для часткового техні-

чного водозабору промислових підприємств [8, 21]. У межах Холодногірського району річки не задіяні у питному водопостачанні; район отримує воду з централізованої системи, що живиться з Печенізького водосховища, а штучні водойми району використовуються переважно у рекреаційно-протипожежних цілях.

За даними Харківського обласного центру з гідрометеорології, спостереження за станом поверхневих вод у м. Харкові ведуться у 2 створах річок Лопань і Харків [21]. Якість води у створі гирловій ділянці річки Лопань за індексом забруднення вод (ІЗВ) відповідає IV класу – «дуже забруднена», а у нижній течії р. Уди (створ с. Хорошеве, с. Есхар) – V класу «брудна» [21]. На постах спостережень фіксуються найбільші перевищення гранично допустимих концентрацій за такими показниками: нітрити, нафтопродукти, мідь, залізо, марганець, хром (VI), сульфати, цинк, БСК-5 [8, 21].

Близько 85 % забруднюючих речовин, що надходять у річки в межах Харкова, переноситься неочищеними зливовими стоками з селітебних, промислових і транспортних територій [8]. Додатково на якість впливає забруднення води з верхів'їв басейну (агрокомплекси, промислові підприємства й населені пункти): показники перевищують ГДК уже на межі міста [8, 21]. Для Холодногірського району ризик забруднення формують зливові стоки із селітебно-транспортних і промислових територій (залізничний вузол, депо, котельні), що скидаються у колектори басейнів Уди та Лопані [8, 21].

Морфологічний стан малих річок у межах Харкова є наслідком тривалого антропогенного перетворення русел. Русло р. Лопань звивисте, шириною від 1 до 20 м, глибиною до 1 м, місцями розгалужене на рукави; правий берег крутіший, лівий – більш пологий [21]. У межах міста береги обваловані, частково облицьовані бетонними плитами, що змінює природний поперечний профіль і обмежує гідробіонтів. У період весняного водопілля рівень води піднімається у 3–4 рази, у суворі зими водотік місцями промерзає до дна; середня витрата завислих наносів – близько 1,14 кг/с, обсяг твердого стоку – 36 тис. м³/рік [21].

Русло р. Уди в межах Харківської області – також звивисте, з низьким лі-

вим (заплавним) і високим правим берегом, з добре вираженою заплавою з луками й заболоченими ділянками. Антропогенне перетворення русел Уди й Лопані виражене у каналізуванні окремих ділянок, спрямленні, забудові заплав, замуленні донних відкладень [8, 20]. Малі водотоки й яркові водозбори Холодногірського району зазнали значної трансформації: природні русла переважно перекриті колекторами зливової каналізації, прибережні зони забудовані або перетворені на технічні території залізничного й промислового призначення, що спричиняє ерозію схилів, замулення водотоків і втрату природних берегових екосистем [8, 21].

1.6 Ґрунтовий покрив

Холодногірський район розташований у північно-західній частині Харкова, у межах лісостепової фізико-географічної зони, на південно-західному краї Середньоруської височини [5, 8]. Згідно зі схемою ґрунтового районування України ця територія належить до Лісостепової ґрунтової області, у межах якої переважають чорноземи типові, опідзолені, реградовані, темно-сірі та сірі лісові ґрунти, що сформувалися переважно на лесах і лесоподібних суглинках під трав'янистою та широколистяною деревною рослинністю [5, 8].

У ґрунтовому покриві Харківської області зафіксовано понад 150 різновидів ґрунтів; переважаючими генетичними типами є чорноземи (типові, звичайні, опідзолені, реградовані) та сірі лісові ґрунти різного ступеня зональної диференціації [8]. У структурі ґрунтового покриву області їх частка складає: чорноземи типові – близько 39,44 %, чорноземи звичайні глибокі – 34,56 %, чорноземи звичайні – 11,68 %, чорноземи опідзолені – 3,37 %, сірі лісові – 1,44 %; інші типи (лучні, дернові, заплавні, торфові тощо) – близько 9,5 % [8]. У лісостеповій частині, до якої належить і територія Харкова, домінують глибокі чорноземи, темно-сірі й сірі опідзолені та деградовані ґрунти, опідзолені й реградовані чорноземи на лесах і лесоподібних суглинках (рис.1.7) [5, 8].

У межах міста Харкова значну частину природного ґрунтового покриву перекрито антропогенно зміненими ґрунтами – урбанозьомами (урбіноземами),



Рисунок 1.7 – Структура ґрунтового покриву Харківської області за генетичними типами (за даними [8])

культуросемами, насипними й техногенно трансформованими ґрунтами, що утворилися внаслідок будівельної, транспортної та промислової діяльності. Такі ґрунти характеризуються порушенням природним профілем, наявністю будівельних включень, ущільненням, забрудненням важкими металами й нафтопродуктами та іншими ознаками деградації [8].

Природне (зональне) ядро ґрунтового покриву Холодногірського району представлене переважно сірими лісовими (світло-сірими, сірими й темно-сірими опідзоленими) ґрунтами, опідзоленими та реградованими чорноземами, які сформувалися на лесах вододільного підвищення Холодної Гори та її схилах [5, 8]. Ці ґрунти мають середньо- та важкосуглинистий механічний склад, добре виражену зернисто-грудкувату структуру в гумусних горизонтах і великий потенціал родючості за відсутності антропогенного пресу.

У сучасній структурі землекористування району природні ґрунти зазнали значної трансформації [8]: у межах селітебної та виробничої забудови — це ур-

банозьоми, культуроземи, технозьоми, сформовані на насипних ґрунтах, з домішками будівельного сміття, шлаків і техногенних включень; у смугах транспортної інфраструктури (залізниця, автомагістралі, депо) – техногенні ґрунти зі значним рівнем ущільнення й забруднення нафтопродуктами та важкими металами; у зелених рекреаційних зонах (парк «Юність», сквер ім. О. І. Мещанінова, прибудинкові території) – реплантозьоми та культуроземи, що нерідко зберігають окремі риси сірих лісових ґрунтів; на схилах Холодної Гори, Лисої Гори та в ярах (Савчин Яр, межі Залютиного) – ґрунти, що зазнають яружно-балкової ерозії з ослабленим гумусовим горизонтом [5, 8].

Фоновий склад зональних ґрунтів Харкова формують морфологічні, фізичні, фізико-хімічні й біохімічні показники, типові для ґрунтів лісостепу. Середній уміст гумусу у ґрунтах Харківської області становить близько 6 %; для чорноземів опідзолених та реградованих характерні значення 4–6 %, для темно-сірих лісових – 3–4 %, для сірих лісових – 2–3 % [8, 22]. Реакція ґрунтового розчину (рН водної витяжки) переважно слабокисла — близька до нейтральної: для сірих лісових і темно-сірих ґрунтів – рН 5,5–6,5; для опідзолених і реградованих чорноземів – рН 6,0–6,8 [5, 22]. Сума ввібраних основ (Ca^{2+} , Mg^{2+}) у профілі чорноземів сягає 25–40 мг·екв/100 г ґрунту, що забезпечує високу буферну ємність ґрунтів і їхню здатність утримувати поживні речовини й знижувати міграцію важких металів [5, 8].

Фоновий вміст важких металів у ґрунтах лісостепової частини Харківщини відповідає природним кларковим значенням, типовим для лесових материнських порід; перевищення фону у міській зоні Харкова, у тому числі Холодногірського району, спостерігається переважно поблизу автомагістралей, залізничного вузла та промислових майданчиків – за свинцем, міддю, цинком, нікелем, кадмієм, ртуттю та нафтопродуктами [8]. У буферних умовах нейтральних і слабокислих чорноземів і сірих лісових ґрунтів значна частина рухомих форм важких металів закріплюється гумусово-органічним комплексом, що зменшує їх біодоступність, проте у місцях постійного техногенного навантаження ця природна буферність вичерпується [8, 22].

1.7 Геологічне середовище

У тектонічному відношенні Харківська область, у тому числі територія м. Харкова й Холодногірського району, розташована у межах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) – однієї з найбільших платформних западин Європейської частини Східноєвропейської платформи [5]. Западина простягається між Українським кристалічним щитом на південному заході й Воронежським кристалічним масивом на північному сході; в її основі виокремлюють Центральний грабен і прилеглі бортові схили обох щитів. Кристалічний фундамент платформи в районі Харкова занурений на глибину близько 2–3 км і ніде не виходить на денну поверхню; глибина його залягання поступово зменшується з півдня на північ області [5].

Осадочний чохол ДДЗ у межах Харківської області має значну потужність (до кількох кілометрів) і включає палеозойські, мезозойські й кайнозойські утворення; максимальна потужність осадового чохла западини в її центральній частині сягає 22,5 км [5]. Початок інтенсивного формування западини датується девонським періодом палеозою, коли тут накопичувалися вулканогенні та осадові утворення, потужні соленосні товщі, які пізніше зумовили розвиток солянокупольної тектоніки й нафтогазоносність надр [5, 8].

Безпосередньо у межах м. Харкова й Холодногірського району на поверхню виходять переважно мезозойські й кайнозойські відклади [5, 8]. Верхньокрейдові породи (верхній відділ крейдової системи) залягають із різким стратиграфічним і кутовим неузгодженням на дочотвертинних утвореннях і утворюють суцільний потужний (до 100 м) плащ однорідної крейди й мергелів. Над крейдою залягають палеогенові відклади Харківської серії (верхній еоцен), уперше детально описані у регіоні Харкова: представлені пісками, алевритами, глинами та глауконітовими піщано-глинистими різновидами; вони слугують одним із важливих гідрогеологічних горизонтів для постачання прісних підземних вод [5, 8]. Над палеогеном залягають неогенові, а також малопотужні палеогенно-неогенові континентальні утворення (червоно-бурі та строкаті глини, піски).

Четвертинні відклади на території Харківщини утворюють суцільний плащ зі складною генетичною структурою – еолові, делювіально-елювіальні, алювіальні, флювіогляціальні різновиди [8]. Найхарактернішими для вододільних підвищень міста Харкова, у тому числі Холодної Гори, є еолові леси й лесоподібні суглинки потужністю від кількох до 20–25 м, що залягають безпосередньо під ґрунтовим покривом і визначають як рельєф (формування ярів і балок), так і інженерно-геологічні умови забудови. Алювіальні відклади приурочені до долин Уди й Лопані, оточуючих район із заходу та сходу [8].

Леси як просадні породи характеризуються пилюватим складом, високою пористістю й здатністю до просадних деформацій при зволоженні; саме з ними пов'язана активізація ерозійних процесів у ярах Залютиного, Лисої Гори, Савчиного Яру, що визначають морфологію Холодногірського району [8]. У межах селітебно-промислової забудови природні породи перекриті техногенними відкладами — насипними ґрунтами, культурним шаром завтовшки до кількох метрів, будівельними включеннями, що ускладнює інженерно-геологічні умови території й вимагає спеціальних рішень при будівництві.

Харківська область є одним з найзабезпеченіших регіонів України на корисні копалини: Державним балансом обліковано 187 родовищ 15 видів твердих корисних копалин, з яких 71 родовище експлуатується [8]. Провідне місце у структурі мінерально-сировинної бази займають горючі корисні копалини, насамперед природний газ, видобуток якого пов'язаний із Дніпровсько-Донецькою газонафтоносною провінцією: запаси газу у відомих родовищах оцінюються близько 75 млрд м³, найбільшим є Шебелинське газове родовище (значно вироблене на сьогодні) [8]. Нафта представлена 11 родовищами з видобувними запасами близько 5,6 млн т [8].

Серед нерудних (неметалічних) корисних копалин на Харківщині поширені [8]: будівельні піски (23 родовища, найбільші у Куп'янському, Дергачівському, Зміївському районах); крейда (родовища у Вовчанському, Куп'янському, Балаклійському районах); вапняки, мергелі, цементна сировина; будівельні й тугоплавкі глини (для виробництва цегли, керамзиту, керамічних виробів); буре

вугілля у незначних обсягах; кам'яна сіль і мінеральні розсоли (солянокупольні структури ДДЗ); мінеральні підземні води. У межах самого Холодногірського району м. Харкова промислових родовищ корисних копалин не зосереджено: розташування у межах щільно забудованої міської території та статус земель населених пунктів унеможлиблюють їх господарське освоєння. Водночас підстилаючі породи (верхньокрейдова крейда й мергелі, палеогенові піски й глини, четвертинні леси) є потенційною сировиною місцевого значення для виробництва будівельних матеріалів і використовуються в інженерно-геологічних розрахунках при міському будівництві [8].

1.8 Підземні води

Холодногірський район м. Харкова належить до Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну — однієї з найбільших гідрогеологічних структур України, у межах якої поширені прісні підземні води, придатні для централізованого та індивідуального водопостачання [8, 23]. У межах міста й району поширені водоносні горизонти, приурочені до палеогенових (Полтавська, Харківська, Бучацька серії), верхньокрейдових (сеноман-туронських) і четвертинних відкладів. Кристалічний фундамент басейну занурений до 2–3 км і підземних вод господарського значення в його межах не містить [8, 24].

У межах м. Харкова виокремлюють кілька основних водоносних горизонтів і комплексів [8, 23, 24]: четвертинний (грунтовий) — приурочений до лесів і алювію долин Уди й Лопані, глибиною 1–20 м, незахищений від поверхневого забруднення; полтавський (неогеновий) — поширений локально; харківський (палеогеновий) — 30–65 м; бучацький (палеогеновий) — 40–130 м, з доброю водовіддачею і відносною захищеністю; сеноманський (нижньокрейдовий) — 60–170 м; верхньокрейдовий (туронсько-маастрихтський, у тріщинуватій крейді й мергелях) — основне джерело централізованого водопостачання Харкова; юрський — найглибший, з мінералізованими водами господарсько-технічного призначення.

У межах Холодногірського району з огляду на положення на підвищенні Холодної Гори четвертинний (грунтовий) горизонт залягає у лесах і лесоподібних суглинках на глибинах 5–15 м, у пониженнях рельєфу (яри, схили) виходить ближче до поверхні; глибші горизонти (бучацький, сеноманський, крейдяний) залягають аналогічно загальноміським умовам і експлуатуються артезіанськими свердловинами завглибшки від 80 до понад 200 м [8, 23, 24].

У межах Харкова, зокрема на території Холодногірського району, природні виходи підземних вод приурочені переважно до схилів ярів і балок, де ерозійний вріз досягає водонепроникних шарів і виводить ґрунтові води на поверхню (дренажні джерела ярово-балкової мережі) [25]. Для Холодногірського району найбільш характерними є дрібні джерела й мочари у системі ярів Залютиного, Лисої Гори та Савчиного Яру. На території прилеглих районів Харкова відомі облаштовані джерела (Жуківське, в Саржиному яру, у парку «Юність»), значна частина яких використовується мешканцями для забору питної води, незважаючи на змінну якість і відсутність централізованого контролю [25]. Окрім природних виходів, підземні води у місті експлуатуються через систему артезіанських свердловин, у тому числі для технічного й резервного водопостачання промислових і соціальних об'єктів району.

Якість підземних вод регулюється ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Основні нормативи: загальна жорсткість – не більше 7 ммоль/дм³, концентрація нітратів – не більше 45 мг/дм³, мінералізація (сухий залишок) – не більше 1 г/дм³ [26].

За хімічним складом прісні підземні води Харківського регіону переважно гідрокарбонатні кальцієво-магнієві з мінералізацією 0,3–0,8 г/дм³, помірно жорсткі–жорсткі (3–8 ммоль/дм³), із вмістом нітратів зазвичай у межах 5–30 мг/дм³ [25, 27].

Дослідження джерел Харкова свідчать про значну неоднорідність якості води, зумовлену як природними чинниками (геохімія лесів і палеогенових порід), так і антропогенним впливом – інфільтрацією забрудненого поверхневого стоку, проникненням нітратів і нафтопродуктів у місцях техногенного пресу

[25, 27]. Між 2015 і 2019 роками зафіксовано різке зростання загальної жорсткості води: у Саржиному Яру – у 3,4 раза, у джерелі парку «Юність» – майже у 6 разів [25]. Хімічний склад підземних вод області з підвищеною мінералізацією, твердістю, вмістом фтору й заліза розглядається як фактор ризику для здоров'я населення [27].

Харківська область за загальними прогнозними запасами підземних вод посідає 5-те місце в Україні (після Чернігівської, Київської, Полтавської та Херсонської областей) [8, 23]. Станом на 01.01.2023 прогнозні ресурси підземних вод області становили 1 014,245 тис. м³/добу, експлуатаційні – близько 550,38 тис. м³/добу; забезпеченість одного мешканця прогнозними ресурсами – 1,29 м³/добу, експлуатаційними – 0,33 м³/добу [8, 23]. У межах області затверджено експлуатаційні запаси за 95 родовищами питних і технічних вод (з них 5 – мінеральних). Найбільші запаси прісних підземних вод зосереджено у Балаклійському і Харківському районах; для м. Харкова основним джерелом централізованого водопостачання залишаються верхньокрейдовий і буцацький горизонти, що експлуатуються мережею свердловин КП «Харківводоканал» [8, 23]. У Холодногірському районі централізоване водопостачання забезпечується із міської системи (Печенізьке водосховище й артезіанські водозабори), окремі підприємства мають власні свердловини [8].

1.9 Рослинний і тваринний світ

Природно-заповідний фонд території Харківської області станом на 2020 рік нараховував 246 територій і об'єктів загальною площею близько 74,844 тис. Га, що складало 2,38 % території Харківської області [8]. До його структури входять 3 національні природні парки, 7 регіональних ландшафтних парків, 173 заказники (3 загальнодержавного та 170 місцевого значення), 9 заповідних урочищ, 44 пам'ятки природи, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва. У межах самого Холодногірського району об'єктів ПЗФ загальнодержавного або обласного значення немає, проте збережено ділянки з природоохоронною роллю у структурі міста – парк «Юність», сквер ім. О. І. Мещанінова, прибудин-

кові насадження та зелено-яркові комплекси Холодної Гори, Лисої Гори і Залютиного, які входять до зеленого каркасу Харкова [8].

Смарагдова мережа (Emerald Network) – європейська мережа територій спеціального природоохоронного значення згідно з Бернською конвенцією (Україна ратифікувала 1996 р.); у країнах ЄС має аналог Natura 2000 [8]. У Харківській області до Смарагдової мережі віднесено території «Долина річки Сіверський Донець у Харківській області – 1» та «Долина річки Сіверський Донець у Харківській області – 2» й низку інших об'єктів, пов'язаних із долинами малих річок і лісами регіону [8]. Холодногірський район не входить до меж об'єктів Смарагдової мережі, але прилеглі долини Уди й Лопані включено до системи об'єктів європейського значення.

До зникаючих (чутливих) середовищ існування Слобожанщини належать заплавні широколистяні ліси, лучно-степові ділянки схилів балок, осоково-очеретові болота приуслівних ділянок малих річок, вапнякові степи на крейдяних виходах. У Холодногірському районі такі середовища представлені фрагментарно – на схилах ярів і балок (Залютине, Лиса Гора, Савчин Яр) та у яркових екотопах [8].

До «Червоної книги Харківської області. Тваринний світ» (2013) занесено 386 видів тварин, серед яких комахи (199), птахи (75), ссавці (36), променепері риби (18), рептилії (10), амфібії (5) та інші групи безхребетних [28]. До переліку включено види з Червоної книги України, рідкісні види регіонального значення, види з Червоного списку МСОП і Європейського червоного списку. У флорі області до Червоної книги України занесено десятки видів степової, лучно-степової та лісової рослинності.

У Холодногірському районі оселищ рідкісних видів зональної флори і фауни майже не збереглося через високу антропогенну трансформацію території; у яркових та зелено-рекреаційних комплексах фіксуються синантропні види (горобцеподібні птахи, рукокрилі – нічниці, вечірніці, лиличка двоколірна), які підлягають охороні в прилеглих заплавних і лісових екосистемах [8, 28].

Цінними ділянками природних ландшафтів у межах і навколо району є яркові комплекси Холодної Гори, Лисої Гори, Савчиного Яру й Залютиного, які зберігають фрагменти лучно-лісової рослинності й слугують локальними оселищами фауни. Харківська область розташована у Слобожансько-Галицькому (лісостеповому) широтному екокоридорі національної екомережі, а основним меридіональним коридором є долина р. Сіверський Донець, що сполучає лісостепові та степові біоми [8, 28]. Місцеву екомережу формують міські парки, сквери, прибережні смуги Уди й Лопані, яркові коридори та лісосмуги [8].

Полезахисні та придорожні лісосмуги Харківщини є штучними елементами екомережі: вони з'єднують фрагментовані лісові масиви, забезпечують середовище існування птахів, кажанів, дрібних ссавців і комах та полегшують міграцію видів [28]. У Холодногірському районі це лісосмуги вздовж залізничних коридорів і автомагістралей, що з'єднують прибережні комплекси Уди й Лопані з ярковою системою Холодної Гори.

Основним міграційним руслом перелітних птахів на Слобожанщині є долина Сіверського Дінця та його приток (Уди, Лопань, Харків), де концентруються водно-болотні угіддя, прибережні зарості й заплавні луки [8, 28]. Сезонні міграції (вересень–жовтень, березень–квітень) охоплюють водоплавних (гуси, качки), коловодних (кулики, чаплі) та горобцеподібних птахів. Міські яркові й зелено-паркові комплекси Холодногірського району можуть слугувати локальними транзитними майданчиками для дрібних птахів.

Водні екосистеми у межах і навколо Холодногірського району представлені невеликими водотоками й ставками паркової мережі, дренажними водотоками яркових систем і прилеглими ділянками Уди й Лопані. Ці екосистеми зазнали значної антропогенної трансформації (обвалування, забруднення стоків, замулення), що знижує їх продуктивність і біорозмаїття, але вони залишаються елементами міської екомережі [8].

Харківська область належить до малолісних регіонів України з лісистістю близько 12–13 %; переважають широколистяні ліси з дуба, ясена, липи, клена, місцями — соснові насадження [8]. Найбільші лісові масиви тяжіють до долини

Сіверського Дінця (Печенізький, Ізюмський, Чугуївський масиви). У межах Харкова лісовий фонд представлений переважно міськими парками й лісопарками околиць (Лісопарк, Журавлівський лісопарк). У Холодногірському районі великих лісових масивів немає; лісово-чагарникова рослинність зосереджена у парках, скверах і яркових комплексах та виконує середовищетвірну й рекреаційну функції [8].

1.10 Техногенне середовище

До екологічно небезпечних відносять об'єкти, на яких використовуються, зберігаються чи транспортуються небезпечні речовини, та інші виробничі чи інфраструктурні об'єкти, де існує реальна загроза аварійних ситуацій. Власники таких об'єктів зобов'язані реєструвати їх у Державному реєстрі потенційно небезпечних об'єктів [29]. Харківська область належить до регіонів з найвищою концентрацією потенційно небезпечних об'єктів в Україні (поряд із Донецькою, Дніпропетровською, Запорізькою, Львівською областями) і характеризується невисоким рівнем виконання заходів техногенної безпеки [29].

У межах Холодногірського району екологічно небезпечні об'єкти представлені великими залізничними станціями та локомотивно-вагонним господарством Південної залізниці, машинобудівними й хімічно-поліграфічними підприємствами, котельнями, складами нафтопродуктів і пального, газорозподільними пунктами, об'єктами зв'язку та критичної інфраструктури [1, 2]. Транзит небезпечних вантажів залізницею та автомобільними магістралями (зокрема Полтавським Шляхом) додатково підвищує ризики аварійних викидів пально-мастильних матеріалів і хімічних речовин [1].

Промисловий комплекс району формують понад 90 великих, середніх і малих підприємств машинобудівної, харчової, переробної, легкої, хімічної та поліграфічної галузей [2].

Серед них — виробники електродвигунів постійного струму, краново-металургійного устаткування, кондитерські й переробні підприємства, виробники систем газового пожежогасіння та обладнання для елеваторного господар-

ства, поліграфічні комплекси, спеціалізовані об'єкти ремонту бронетанкової техніки. У 2019 р. підприємствами району реалізовано продукції на 7 215 480,8 тис. грн (8,8 % промислового виробництва Харкова) [1, 2]. Промислові майданчики є джерелами викидів, скидів стоків, утворення промислових відходів і шуму.

Холодногірський район – частина щільно забудованої міської території Харкова, тому сільськогосподарська діяльність у класичному сенсі (рослинництво, тваринництво) у його межах відсутня; спорадично зустрічаються присадибні ділянки приватного сектору й міське садівництво у яркових і прибудинкових зонах [1, 2]. Промислових родовищ корисних копалин і об'єктів видобувної промисловості у межах району немає; Харківська область у цілому є провідним газовидобувним регіоном України з родовищами природного газу (Шебелинське), нафти, пісків, крейди, глин, вапняків [8]. Вплив видобувної галузі на район опосередкований – через транзит вантажів залізничним і автомобільним транспортом.

Транспортний комплекс – провідний техногенний чинник у структурі району. На території Холодногірського району знаходяться два найбільших залізничних об'єкти Харкова – пасажирська станція Харків-Пасажирський та сортувальна станція Харків-Сортувальний, моторвагонне депо «Харків» (РПЧ-1, колишнє ТЧ-14), управління регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця» [1, 2]. У межах району працюють три станції Харківського метрополітену – «Холодна гора», «Центральний ринок», «Південний вокзал», а також управління КП «Харківський метрополітен» [2]. Чотири автостанції забезпечують міжміське й приміське автобусне сполучення; найдовшою і найважливішою магістраллю району є вул. Полтавський Шлях (близько 6,5 км), що сполучає центр Харкова з Холодною Горою та Залютиним [1].

Транспорт є основним джерелом викидів оксидів азоту, оксиду вуглецю, твердих часток, шумового забруднення. Інтенсивний рух поїздів, маневрові роботи на станції Харків-Сортувальний, автотранспорт на Полтавському Шляху формують основні «осі» техногенного навантаження району.

Систему теплопостачання Харкова забезпечує КП «Харківські теплові мережі» (250 котелень, ТЕЦ-3, 11 насосних станцій); зношеність мереж та обладнання перевищує 70 %, термін експлуатації — понад 25 років [30]. У місті працюють також ТЕЦ-5 (м. Подвірки) та об'єкти централізованого електропостачання. У Холодногірському районі діє мережа районних і відомчих котелень, ЦТП, а також власні котельні залізничного вузла й промислових підприємств. Унаслідок російських ракетних і дронівих ударів значну частину енергетичної інфраструктури міста, у тому числі ТЕЦ-5 і підстанцій, було пошкоджено [30].

Основним оператором збору й оброблення твердих побутових відходів (ТПВ) у Харкові є КП «Муніципальна компанія поводження з відходами», яке обслуговує всі райони міста, у тому числі Холодногірський, та експлуатує комплекс перероблення ТПВ у м. Дергачі [8]. У 2017 р. за участі Світового банку розпочато будівництво Дергачівського комплексу зі збору полігонного газу та виробництва електроенергії; у вересні 2021 р. комплекс запущено в тестовому режимі. До комплексу входять лінія сортування, карти захоронення з геомембранами, системи дренажу й нейтралізації фільтрату, мережа свердловин біогазу та когенераційна установка [8].

У Холодногірському районі функціонують контейнерні майданчики ТПВ, об'єкти відомчого поводження з відходами підприємств і залізничного вузла. Окрему проблему становлять стихійні звалища у яркових і прибережних зонах (Залютине, Лиса Гора, Савчин Яр) та відходи будівництва й знесення, які потребують вивезення на спеціалізовані майданчики [2, 8].

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА ВПЛИВУ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ

2.1 Методологія дослідження

Атмосферне повітря є одним з ключових елементів довкілля, від стану якого безпосередньо залежить здоров'я населення, екологічна стійкість урбо-екосистем та комфорт мешканців великих міст. Проблема забруднення атмосферного повітря у м. Харкові набуває особливої гостроти, оскільки за оцінками Харківської обласної військової адміністрації частка викидів забруднюючих речовин від автомобільного транспорту сягає близько 92 % загального обсягу викидів у місті [31]. У зв'язку з цим оцінка впливу та екологічних проблем повітря в окремих районах міста та вздовж основних транспортних магістралей є актуальним науково-практичним завданням.

Метою цього дослідження є: огляд відкритих програмних продуктів для моніторингу якості атмосферного повітря у режимі реального часу, обґрунтований вибір трьох найбільш верифікованих та зручних рішень, а також виконання за їхньою допомогою оцінки рівня впливу забруднення атмосферного повітря Холодногірського району м. Харкова, насамперед уздовж центральної магістралі району – вул. Полтавський Шлях.

Холодногірський район розташований у західній частині міста, на його території працюють понад 90 великих, середніх та малих промислових підприємств машинобудівної, харчової, переробної, легкої, хімічної та поліграфічної промисловості, а також зосереджені дві найбільші залізничні станції – Харків-Пасажирський та Харків-Сортувальний, і станції метрополітену «Холодна гора», «Південний вокзал» та «Центральний ринок» [32]. Центральною магістраллю району є вул. Полтавський Шлях – шестисмугова автодорога, що з'єднує центр міста з західним виїздом у напрямку Полтави та Києва і характеризується інтенсивним транспортним потоком.

Методика дослідження ґрунтувалася на аналізі даних відкритих геоінформаційних сервісів моніторингу якості повітря, які надають інформацію в ре-

жимі реального часу. Розглядалися такі показники: індекс якості повітря (AQI) за методикою NowCast U.S. EPA, масові концентрації твердих частинок PM_{2,5} і PM₁₀, діоксиду азоту (NO₂), діоксиду сірки (SO₂), монооксиду вуглецю (CO) та приземного озону (O₃).

Гранично допустимі концентрації (ГДК) інтерпретувалися згідно з вимогами Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) і чинних санітарних норм України.

За результатами аналізу інформаційного простору було відібрано три програмні продукти, які найбільш повно відповідають критеріям верифікованої (наявність незалежних або державних джерел даних, прозора методологія розрахунку індексів, метрологічна сумісність датчиків) та зручності використання (доступність вебверсії та мобільних застосунків, україномовний інтерфейс або підтримка української локалізації, інтерактивна карта, архіви даних).

SaveEcoBot (рис 2.1) перша і найбільша екологічна інформаційна система України, яка агрегує дані з понад 500 громадських і державних станцій моніторингу якості повітря у режимі реального часу з оновленням щогодини [33].

Платформа доступна як вебсервіс (saveecobot.com) і як чат-бот у месенджерах.

Для розрахунку AQI використовується методологія NowCast U.S. EPA за показником PM_{2,5}; також відображаються концентрації PM₁₀, NO₂, SO₂, CO та O₃.

Перевагою сервісу є деталізація до окремих районів міста, у тому числі для Холодногірського району м. Харкова, що дозволяє отримувати оперативну геоприв'язану інформацію [34].

IQAir AirVisual (рис 2.2.) – провідна міжнародна платформа моніторингу атмосферного повітря з глобальною мережею понад 80 тис. сенсорів у понад 100 країнах, яка інтегрує дані офіційних державних станцій (зокрема, Департаменту екології та природних ресурсів Київської міської державної адміністрації) та валідованих приватних датчиків.

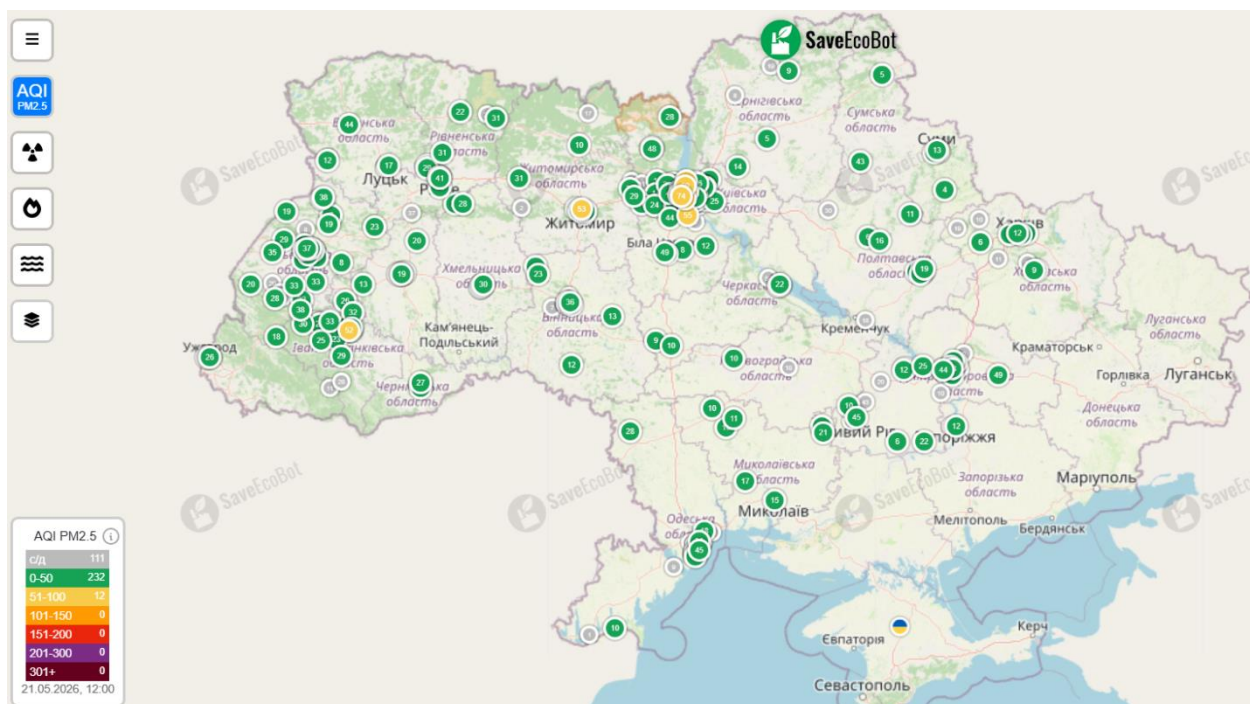


Рисунок 2.1 – Дані SaveEcoBot

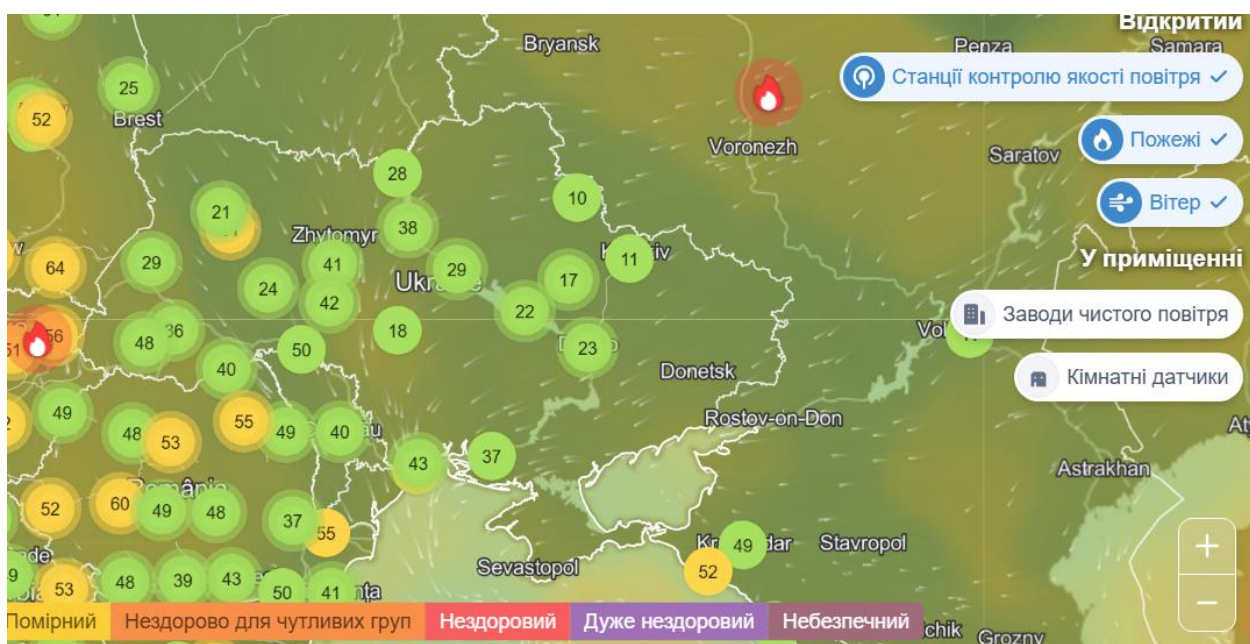


Рис. 2.2 – Дані IQAir AirVisual

Платформа надає інформацію за шістьма ключовими забруднювачами (PM_{2,5}, PM₁₀, NO₂, SO₂, CO, O₃), історичні дані, прогноз якості повітря на 7 діб уперед та персональні рекомендації щодо обмеження часу перебування на відкритому повітрі.

Доступна вебверсія iqair.com і безкоштовний мобільний застосунок для iOS та Android з україномовним інтерфейсом [35].

EcoCity (рис. 2.3) – українська неприбуткова мережа громадського моніторингу атмосферного повітря, яка нараховує понад 600 встановлених станцій (близько 280 з яких передають дані онлайн) та оцінює якість повітря за 18 забруднювачами, рекомендованими ВООЗ [36].

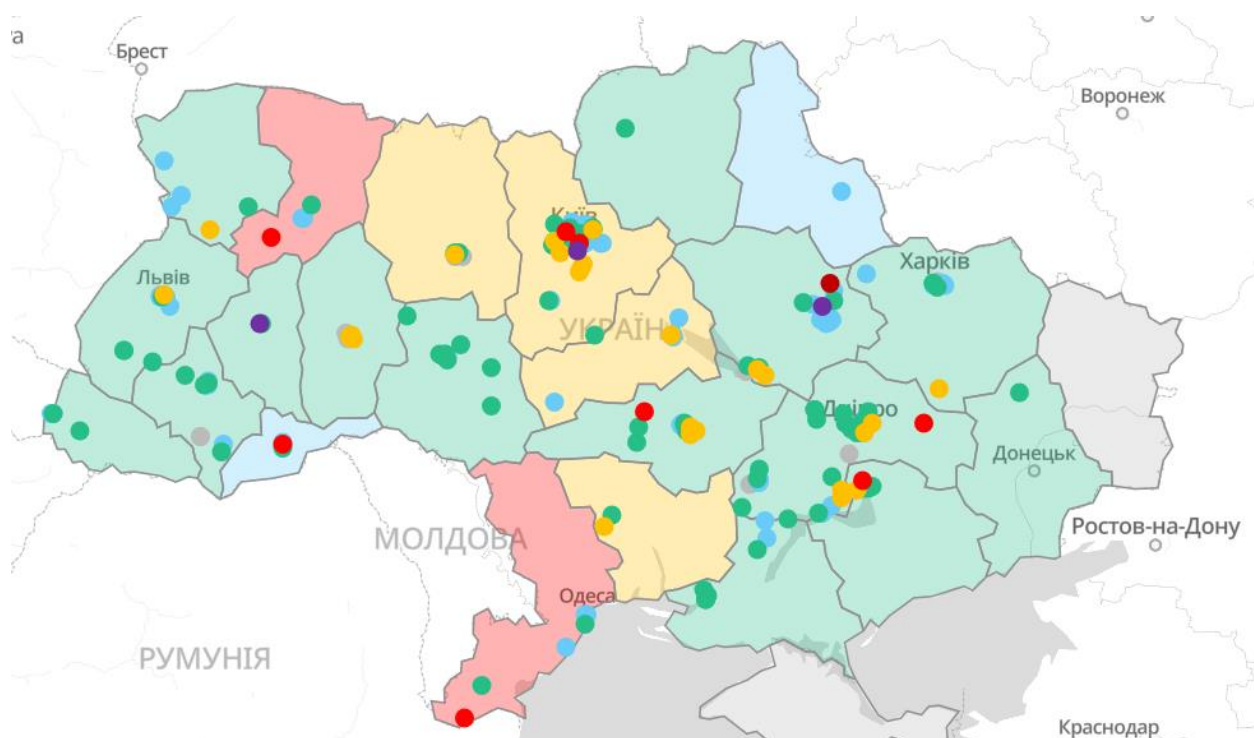


Рисунок 2.3 – Дані EcoCity

Дані EcoCity дублюються на світовій карті aqicn.org та інтегруються в систему SaveEcoBot.

Окремою особливістю проекту є мобільні станції «Sapphire-32/64», що дозволяють виконувати незалежне обстеження якості повітря у точках, де відсутні стаціонарні пости. У 2021 році проєкт EcoCity отримав щорічну екологічну премію ECO-Oscar за створення громадської мережі моніторингу повітря.

За даними платформи SaveEcoBot, на території Холодногірського району м. Харкова та у безпосередній близькості до вул. Полтавський Шлях у режимі реального часу функціонують громадські станції типу SaveEcoSensor, які вимірюють масові концентрації PM_{2,5} і PM₁₀ з автоматичною корекцією за температурою, вологістю та тиском. Аналіз погодинних значень AQI протягом ре-

презентативного періоду показав, що індекс якості повітря у районі коливається переважно у діапазоні 50–110 одиниць за шкалою U.S. EPA, що відповідає категоріям від «помірний» до «нездоровий для чутливих груп населення». Підвищені значення фіксуються у години пік ранкового (07:00–10:00) та вечірнього (17:00–20:00) транспортного навантаження.

За результатами кросперевірки даних з платформою IQAir AirVisual для м. Харкова, середньодобові концентрації $PM_{2,5}$ у Холодногірському районі у 2,5–4 рази перевищують рекомендоване ВООЗ річне середнє значення 5 мкг/м^3 , а максимальні погодинні значення NO_2 біля проїзної частини вул. Полтавський Шлях періодично перевищують орієнтовний рівень ВООЗ 25 мкг/м^3 . Це узгоджується з тим, що автомобільний транспорт є основним джерелом NO_x та PM у повітрі великих українських міст, а на території району розташована одна з найбільш завантажених міських магістралей.

Дані EcoCity, доступні через aqicn.org, підтверджують, що уздовж вул. Полтавський Шлях концентрації PM_{10} у середньому на 20–35 % вищі, ніж у житлових кварталах району, віддалених від магістралі. Найбільші перевищення спостерігаються на ділянці від станції метро «Холодна гора» до Південного вокзалу, де перетинаються транспортні потоки автомобілів, маршрутних таксі та залізничних під'їзних шляхів.

Узагальнення даних трьох незалежних джерел (SaveEcoBot, IQAir AirVisual, EcoCity) дозволяє визначити основну екологічну проблему в Холодногірському районі м. Харкова, з вираженою просторовою неоднорідністю: уздовж вул. Полтавський Шлях якість повітря помітно гірша порівняно з внутрішньоквартальними територіями. Основними чинниками антропогенного навантаження є автомобільний транспорт (вирішальна частка викидів NO_x , CO , PM), а також робота промислових підприємств і залізничного вузла району.

2.2 Основні джерела та проблеми забруднення атмосферного повітря

Згідно із Регіональною доповіддю про стан навколишнього природного середовища у Харківській області у 2021 році, частка викидів забруднюючих

речовин від автомобільного транспорту у м. Харкові становить близько 92 % загального обсягу викидів у місті, тоді як частка стаціонарних джерел не перевищує 8 % [31]. У Холодногірському районі це співвідношення є особливо вираженим у зв'язку з високою концентрацією автомагістралей загальноміського і державного значення, а також інтенсивністю маршрутного транспорту, що рухається у напрямку залізничного вокзалу і автостанцій.

Серед стаціонарних джерел викидів у межах району провідну роль відіграють: 1) промислові підприємства машинобудівного та приладобудівного профілю; 2) дрібні харчові, хімічні і поліграфічні виробництва, що мають низькі труби та локально впливають на якість повітря у житлових кварталах; 3) котельні встановленої потужності, що в опалювальний період дають додаткові викиди оксидів азоту, оксидів сірки та твердих частинок [31, 37].

Окремою категорією є залізничні викиди, обумовлені роботою маневрових тепловозів і вантажних потягів на станціях Харків-Пасажирський та Харків-Сортувальний. Дослідження якості повітря на територіях, прилеглих до основних автостанцій м. Харкова, опубліковані у журналі «Людина та довкілля. Проблеми неоекології», свідчать, що поблизу транспортних вузлів концентрації NO_2 , CO та зважених твердих частинок суттєво перевищують фонові значення для міста [38].

Аналіз даних, отриманих за допомогою верифікованих платформ моніторингу якості повітря (SaveEcoBot, IQAir AirVisual, EcoCity, World Air Quality Index aqicn.org), а також Регіональних доповідей за 2019–2023 рр., дозволяє виокремити такі основні забруднюючі речовини, типові для атмосферного повітря Холодногірського району.

Тверді частинки $\text{PM}_{2,5}$. Дрібнодисперсні завислі тверді частинки діаметром менше 2,5 мкм здатні проникати в альвеолярний простір легень і потрапляти у системний кровообіг, спричиняючи широкий спектр захворювань – від астми та хронічного обструктивного захворювання легень до інфаркту міокарда, інсульту та злоякісних новоутворень. За оновленими рекомендаціями ВООЗ 2021 року середньорічна концентрація $\text{PM}_{2,5}$ не повинна перевищувати

5 мкг/м³, добова – 15 мкг/м³. У межах Холодногірського району середньодобові концентрації PM_{2,5} за даними IQAir AirVisual і SaveEcoBot стабільно перевищують ці нормативи у 2,5–4 рази, а в зимовий період — у 5–7 разів.

Тверді частинки PM₁₀. Завислі частинки діаметром менше 10 мкм є провідним показником фізичного забруднення повітря у звітах Європейського агентства довкілля (EEA). У Холодногірському районі підвищені концентрації PM₁₀ фіксуються переважно у пилові періоди (березень-травень, вересень) та у весняно-зимовий період через викиди продуктів неповного згоряння палива в автотранспорті, відсутність зимового зрошення вулиць і ресуспензію частинок із дорожнього покриття. Перевищення добового нормативу ВООЗ 45 мкг/м³ фіксуються вздовж вул. Полтавський Шлях у переважній більшості днів осінньо-зимового та весняного сезонів.

Діоксид азоту NO₂. Діоксид азоту утворюється переважно при роботі двигунів внутрішнього згоряння, особливо дизельних, а також при високотемпературних промислових процесах.

Згідно з оновленими рекомендаціями ВООЗ 2021 року, середньорічна концентрація NO₂ не повинна перевищувати 10 мкг/м³, добова – 25 мкг/м³.

На території Холодногірського району вздовж основних магістралей у пікові години добові максимуми NO₂ за даними автоматизованих станцій періодично перевищують 30–35 мкг/м³, що ставить район у число лідерів за рівнем NO₂ серед адміністративних районів Харкова.

Монооксид вуглецю CO. Монооксид вуглецю утворюється внаслідок неповного згоряння палива; його основним джерелом у межах району є автомобільний транспорт. Згідно з рекомендаціями ВООЗ, добова орієнтовна концентрація CO становить 4 мг/м³. Поодинокі перевищення цих рівнів у межах Холодногірського району фіксуються у години пік на ділянках з найбільшою інтенсивністю автомобільного руху та частими заторами.

Діоксид сірки SO₂. Концентрації SO₂ у Холодногірському районі переважно нижчі за чинні нормативи завдяки значній газифікації житлового фонду та використанню природного газу замість мазуту і вугілля у локальних котельнях.

Проте локальні підвищення SO_2 можливі поблизу залізничних вузлів за активної роботи дизельних маневрових локомотивів.

Приземний озон O_3 . Концентрації приземного озону у Холодногірському районі мають виражений сезонний характер: у літній період, за умов високої інтенсивності сонячного випромінювання та фотохімічних реакцій, рівні озону можуть перевищувати орієнтовний 8-годинний рівень VOO_3 100 мкг/м^3 . Найвищі концентрації спостерігаються удень за тривалої антициклональної погоди.

Провідними забруднюючими речовинами поряд із NO_2 і завислими твердими частинками визначено формальдегід, фенол і сажу. Загальна оцінка стану повітря м. Харкова за індексом забруднення відповідає категорії «слабко забруднене», водночас просторовий розподіл якості повітря характеризується вираженою неоднорідністю по адміністративних районах.

Аналіз погодинних даних SaveEcoBot та IQAir AirVisual для м. Харкова показує, що в межах Холодногірського району виділяються такі зони з різним рівнем забруднення атмосферного повітря: 1) зони «гарячих точок» уздовж магістральних вулиць (Полтавський Шлях, просп. Григорія Сковороди), де AQI у пікові години досягає категорії «нездоровий для чутливих груп населення» (AQI 101–150); 2) приференційно «фонові» території у внутрішньоквартальних зонах та біля парків, де AQI переважно відповідає категоріям «помірний» (AQI 51–100); 3) перехідні зони — малі вулиці поблизу магістралей, де якість повітря значною мірою залежить від напрямку вітру.

Просторовий розподіл рівня $\text{PM}_{2.5}$ у м. Харкові підтверджує наявність вираженої горизонтальної градації концентрацій $\text{PM}_{2.5}$ у місті: найбільші значення фіксуються в районах із високою щільністю автодоріг та промислових підприємств, до яких належить і Холодногірський район [39].

Часова динаміка забруднення повітря в Холодногірському районі має кілька характерних рис. Перша — добова: підвищені значення AQI, NO_2 , CO та PM_{10} фіксуються у часи ранкового (07:00–10:00) і вечірнього (17:00–20:00) пікового транспортного навантаження. Друга — тижнева: у будні дні рівень забруднення помітно вищий, ніж у вихідні. Третя — сезонна: у зимовий період

через зростання викидів від теплоенергетики, температурні інверсії і слабку дисперсію забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери концентрації $PM_{2,5}$ і PM_{10} можуть зростати у 1,5–2 рази порівняно з літніми значеннями.

Вул. Полтавський Шлях, як центральна транспортна магістраль Холодногірського району, є зоною з одним із найвищих рівнів забруднення повітря у місті. Зокрема, аналіз погодинних даних SaveEcoBot, отриманих з громадських сенсорів типу SaveEcoSensor 3.0, встановлених у безпосередній близькості до магістралі, показує, що погодинні значення концентрації $PM_{2,5}$ у пікові періоди перевищують 60–80 $мкг/м^3$, а в окремих несприятливих метеорологічних умовах (штиль, температурна інверсія) – навіть 100 $мкг/м^3$.

За даними платформи IQAir AirVisual для м. Харкова та її кросперевірки на ресурсі aqicn.org, середньодобові концентрації NO_2 уздовж вул. Полтавський Шлях у пікові години досягають 35–45 $мкг/м^3$, що перевищує добовий орієнтовний рівень ВООЗ (25 $мкг/м^3$) у 1,4–1,8 рази. На ділянці від ст. метро «Холодна гора» до Південного вокзалу, де перетинаються транспортні потоки автомобілів, маршрутних таксі, тролейбусів і трамваїв, концентрації NO_2 є стабільно одними з найвищих у місті.

Окрім даних наземних станцій, важливим джерелом інформації про якість повітря над Холодногірським районом є супутникові спостереження. Дані інструменту TROPOMI (Tropospheric Monitoring Instrument) на борту супутника Sentinel-5P програми ЄКА Copernicus дають можливість отримати супутникові поля середньорічної тропосферної концентрації NO_2 з просторовою роздільною здатністю близько $5,5 \times 3,5$ $км^2$. Опубліковані у журналі «International Journal of Digital Earth» дослідження просторової динаміки якості повітря в Україні показують, що під час повномасштабного збройного протистояння у 2022 році в районі Харкова спостерігалось різке зростання тропосферної колонки NO_2 на тлі загального зниження концентрацій цього забруднювача в інших східних областях України [40].

Інтерпретація таких даних свідчить, що сумарне антропогенне навантаження на повітряний басейн Харкова зумовлене не лише транспортним і про-

мисловим джерелами, а й специфічним «воєнним» компонентом, пов'язаним з активною роботою важкої техніки, генераторів і пожежами на пошкоджених об'єктах. Це підтверджує важливість постійного супутникового моніторингу у поєднанні з даними наземних станцій SaveEcoBot, IQAir AirVisual і EcoCity для отримання повної картини стану повітря над районом [40].

Інтеграція супутникових і наземних даних у муніципальних інформаційних системах поки знаходиться у початковому стані; перспективним є створення на рівні Харкова цілісної ГІС-платформи, яка б у режимі реального часу інтегрувала дані наземного моніторингу, супутникові поля концентрацій і результати моделювання дисперсії забруднювачів за програмами AERMOD або CALPUFF [40].

2.3 Фізичні впливи на довкілля, джерела шумового забруднення

Шумове забруднення в Україні регулюється низкою нормативно-правових актів. Основними з них є: ДСН 463-19 «Державні санітарні норми допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови», затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 22.02.2019 р. № 463; ДСП 173-96 «Планування та забудова населених пунктів»; ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму»; ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» [41, 42].

Згідно з ДСН 463-19, гранично допустимі еквівалентні рівні звуку (L_{Aeq}) у житлових приміщеннях становлять 40 дБА у денний час (08:00–22:00) та 30 дБА у нічний (22:00–08:00). На прилеглих до житлової забудови територіях допустимий еквівалентний рівень становить 55 дБА вдень і 45 дБА вночі; для територій, де домінують автомагістралі чи залізничні шляхи, дозволено підвищені рівні до 70 дБА вдень і 60 дБА вночі [41].

Європейські стандарти, узагальнені у Директиві 2002/49/ЕС і подальших оновленнях оцінки впливу шуму на здоров'я (ВООЗ Європейського регіонального бюро, 2018; ЕЕА, 2024), рекомендують середньодобовий рівень транспор-

тного шуму L_{den} не вище 53 дБА, нічний показник L_{night} — не вище 45 дБА, виходячи із зв'язку з ризиком серцево-судинних захворювань і порушенням сну [43, 44].

У Холодногірському районі м. Харкова основними джерелами шумового забруднення є:

1) автомобільний транспорт на магістральних вулицях, насамперед на вул. Полтавський Шлях, просп. Григорія Сковороди, проїздах на Окружну дорогу;

2) маршрутний громадський транспорт (маршрутні таксі з низькою якістю двигунів і неактуальною акустичною ізоляцією, тролейбуси, трамваї);

3) залізничний транспорт станцій Харків-Пасажирський і Харків-Сортувальний – у тому числі гудки і шум маневрових тепловозів у нічні зміни;

4) метрополітен – лише поблизу виходів на поверхню та вентиляційних шахт, оскільки лінія в межах району переважно підземна;

5) промислові підприємства (особливо ті, що мають пресові, штампувальні, шліфувальні цехи);

6) локальні джерела (будівельні майданчики, торговельні установи з гучномовним обладнанням, об'єкти комунальної техніки).

Для сучасного транспортного шуму типовою є акустична картина із двома піками – ранковим і вечірнім, – а також постійним фоновим рівнем, який тримається у межах магістральних вулиць цілодобово.

Еквівалентні рівні шуму (L_{Aeq}) на проїзних частинах міських магістралей з інтенсивністю руху 1,0–1,5 тис. транспортних одиниць на годину сягають 75–80 дБА на відстані 7,5 м від осі найближчої смуги руху, що значно перевищує гранично допустимі рівні для прилеглої житлової забудови [45]. На відстані 25 м від осі дороги — нормованої точки виміру за ГОСТ 23337 і ГОСТ 22283 — рівні становлять у середньому 70–73 дБА.

На еквівалентний рівень шуму впливають такі основні фактори: інтенсивність та склад транспортного потоку (особливо частка вантажівок і маршрутних таксі), швидкість руху, технічний стан транспортних засобів, тип дорож-

нього покриття, наявність і висота шумозахисних екранів, особливості забудови та озеленення вулиці. Зменшення середньої швидкості потоку на 10 км/год знижує еквівалентний рівень шуму орієнтовно на 1,5–1,7 дБА [45].

Вул. Полтавський Шлях у Холодногірському районі, поряд із кільцевою розв'язкою у ст. метро «Холодна гора», є одним з найбільш акустично навантажених коридорів м. Харкова. На основі узагальненої методики розрахунку рівня транспортного шуму (ДСТУ-Н Б В.1.1-33) та опублікованих даних щодо інтенсивності руху на ділянці [45], можна оцінити еквівалентні рівні шуму вздовж магістралі.

У робочі дні у годину пік (08:00–10:00 і 17:00–20:00) інтенсивність потоку на Полтавському Шляху сягає 1,5–2,0 тис. транспортних одиниць на годину в одному напрямку, частка вантажного транспорту – 5–8 %, частка громадського транспорту (тролейбуси, маршрутні таксі, трамваї) – 8–12 %. За цих умов розрахунковий еквівалентний рівень шуму $L_{\text{Аекв}}$ на висоті 1,5 м над поверхнею тротуару та на відстані 7,5 м від осі першої смуги руху становить близько 76–79 дБА, на відстані 25 м – 70–72 дБА. Для нічного періоду (22:00–06:00) типові значення $L_{\text{Аекв}}$ становлять 60–63 дБА на відстані 25 м, що перевищує допустимий нічний рівень 45 дБА у житлових кварталах згідно з ДСН 463-19 у середньому на 15–18 дБА [41].

Особливо проблемною з акустичної точки зору є частина вул. Полтавський Шлях у безпосередній близькості до Південного вокзалу: тут до постійного транспортного шуму додаються періодичні гудки електропотягів і дизель-локомотивів, шум маневрових робіт на станції Харків-Сортувальний, а також гучномовні оголошення. Це значно ускладнює акустичну ситуацію в житлових кварталах уздовж магістралі.

Геометрія забудови вздовж Полтавського Шляху сприяє формуванню «канійонного» акустичного ефекту: п'яти-семиповерхові будинки, розташовані впритул до проїзної частини, утворюють вузький коридор, у якому звукові хвилі багаторазово відбиваються між фасадами та проїзною частиною, що збільшує $L_{\text{Аекв}}$ на 2–4 дБА порівняно з відкритим простором [45].

Промислові підприємства Холодногірського району (АТ «Електромашинна», ДП «Харківський механічний завод», ДП «Харківський бронетанковий завод» та ін.) у нормальному режимі роботи дотримуються вимог ДСН 3.3.6.037-99 для виробничого шуму у межах робочих зон [42]. Однак низка з них розташована безпосередньо у житлових кварталах, що зумовлює локальні підвищення шумового фону на прилеглих територіях, особливо при роботі вентиляційних установок, компресорів і ковальсько-пресових цехів.

Окрему категорію представляють комунальні джерела шуму: автоматизовані торгівельні точки з гучномовним обладнанням, вуличні рекламні установки, механічна дорожньо-комунальна техніка. Комплексний вплив усіх цих джерел разом з домінуючим транспортним шумом приводить до того, що на основних магістралях Холодногірського району еквівалентні рівні денного шуму регулярно перевищують 65–70 дБА, а нічні – 55–60 дБА, що обумовлює об'єктивну невідповідність житлової забудови вимогам ДСН 463-19 та формує підвищені медико-соціальні ризики для жителів району [41, 45].

2.4 Проблеми забруднення вод

Холодногірський район м. Харкова безпосередньо межує з басейном р. Лопань – однієї з основних малих річок міста, що формує разом з річками Уди, Харків і Немишля гідрологічну мережу Слобідсько-Українського регіону. Гідрологічно особливістю м. Харкова є те, що обсяг стічних вод, скинутих з міських очисних споруд у р. Лопань, у 10–12 разів перевищує природний стік цієї річки, що формує значне антропогенне водне навантаження [46, 47].

Дослідження сучасного еколого-токсикологічного стану р. Лопань у межах м. Харкова показують, що вода у цій річці характеризується значним рівнем забруднення азотно-фосфорними сполуками, нафтопродуктами і важкими металами, а біологічна якість води нестабільна і часто відповідає категорії «забруднена» – «дуже забруднена» згідно з вітчизняною типологією [46].

У ніч з 9 на 10 лютого 2024 року через ракетно-дроновий обстріл нафтобази у Немишлянському районі Харкова стався розлив нафтопродуктів у р. Не-

мишля з подальшим поширенням нафтової плівки в річки Уди, Лопань і Харків. Цей екологічний інцидент викликав тривале забруднення водойм у нижній частині гідрологічної мережі Харкова, у тому числі поблизу південно-західного кордону Холодногірського району [34].

Окремою екологічною проблемою є стан зливових (дощових) колекторів у районі: значна частина їх перебуває у незадовільному технічному стані, а зливові води з автомагістралей (у тому числі вул. Полтавський Шлях) скидаються без попереднього очищення у р. Лопань і р. Уди, що приводить до додаткового забруднення нафтопродуктами, важкими металами і твердими частинками [47].

2.5 Сфера поводження з відходами

Уповноваженою організацією у сфері поводження з твердими побутовими відходами на території м. Харкова є КП «Муніципальна компанія поводження з відходами» Харківської міської ради, що підпорядковується Департаменту будівництва та шляхового господарства. Підприємство управляє Дергачівським полігоном ТПВ, який працює з 25 листопада 2005 року і розташований у балці Криський Яр (900 м від м. Дергачі) [49].

Сортувальна лінія підприємства, обладнана автоматизованою лінією Sutco Polska, має проєктну потужність до 80 000 т змішаних і 40 000 т роздільно зібраних відходів на рік. Однак, починаючи з 2022 року, обсяг ТПВ, що утворюються у Харкові і Харківській агломерації, практично ці потужності виробляє, а Дергачівський полігон перебуває у критичному стані заповнення, що актуалізує потребу будівництва нового сміттєпереробного комплексу [49].

У межах Холодногірського району функціонує мережа смітєвих майданчиків і контейнерів для роздільного збору; разом з тим, рівень роздільного збору ТПВ у районі залишається невисоким, а рекреаційні території, прилеглі до залізничних і автомобільних коридорів, періодично страждають від несанкціонованих звалищ [49].

Окрему проблему складає накопичення будівельних відходів і відходів від руйнувань цивільної інфраструктури внаслідок ракетно-дронових ударів

2022–2025 рр. (у тому числі поблизу залізничних об'єктів і житлових кварталів району). За оцінками експертів, обсяг таких відходів у Харкові обчислюється сотнями тисяч кубічних метрів і потребує окремої логістики переробки та утилізації [48, 50].

2.6 Проблеми зелених насаджень

Серед актуальних проблем зеленого фонду району — старіння деревостанів, ризик ушкоджень від несприятливих метеорологічних подій (буреломи, ожеледь), часткове знищення зелених насаджень у результаті ракетно-дронових ударів і пожеж 2022–2024 років, недостатня щільність озеленення вздовж магістралі вул. Полтавський Шлях, відсутність ефективних санітарно-захисних лісосмуг між житловою забудовою та проїзною частиною [51].

Управління зеленими насадженнями у Харкові здійснюється кількома комунальними підприємствами і профільними департаментами, що ускладнює координацію робіт і впровадження єдиної стратегії озеленення. Це залишається структурною проблемою, яка вимагає інституційного реформування у післявоєнний період.

2.7 Вплив військових дій на стан довкілля району

З 24 лютого 2022 року м. Харків зазнало масштабних руйнувань цивільної інфраструктури внаслідок інтенсивних ракетно-артилерійських і повітряних ударів Російської Федерації. Холодногірський район, маючи у своєму складі великі залізничні вузли та промислові підприємства стратегічного значення, став однією з постійних цілей атак.

Згідно з даними Державної екологічної інспекції у Харківській області, сумарні екологічні збитки області з 22 лютого 2022 року по 20 грудня 2024 року оцінюються більш ніж у 491 млрд грн. У звіті аналітичної групи UWEC за грудень 2024 – січень 2025 рр. наголошено, що Харківщина належить до регіонів з найбільш інтенсивним впливом збройного протистояння на довкілля [48, 50, 52].

Прямі наслідки збройного впливу на стан довкілля у межах Холодногірського району і прилеглих територій включають: 1) забруднення атмосферного повітря продуктами горіння внаслідок пожеж на промислових і інфраструктурних об'єктах (зокрема, на нафтобазах і енергетичних підприємствах); 2) механічне ураження залізничних вузлів та шляхів; 3) пошкодження водопровідно-каналізаційних мереж із розвитком вторинного забруднення водних об'єктів; 4) руйнування житлового фонду з утворенням значних обсягів будівельних відходів; 5) зменшення площ зелених насаджень внаслідок пожеж і прямих руйнувань [48, 50, 52].

Опубліковані у журналі «Техногенно-екологічна безпека» наукові дослідження свідчать про значне підвищення концентрацій важких металів (марганець, залізо, кобальт, мідь, кадмій, хром, свинець, нікель) у ґрунтах обстріляних територій Харківської області у порівнянні з фоновими рівнями, що формує довгостроковий екологічний ризик і обумовлює необхідність системної реабілітації постраждалих ландшафтів [52, 53].

За даними міжнародних аналітичних центрів і моніторингу за допомогою супутникових систем, у 2025 році російські збройні сили завдали 931 випадок потенційно екологічно шкідливих впливів на територію України, що удвічі перевищує показник 2024 року. Найбільш постраждалими залишаються Сумська, Харківська, Донецька, Дніпропетровська, Запорізька і Херсонська області [54].

Окремо потрібно відзначити, що під час ескалації бойових дій у м. Харкові у 2022 році супутниковий моніторинг тропосферного NO₂ зафіксував стрибкоподібне зростання концентрацій цього забруднювача – попри загальне зниження, спостережене в інших східних регіонах України внаслідок руйнування виробничих потужностей. Це свідчить про специфічний характер забруднення повітря у Харкові, обумовлений сполученням транспортного, промислового та воєнного факторів [40].

2.8 Вплив екологічних факторів на здоров'я населення

Згідно зі звітом Програми розвитку ООН (UNDP) «Вплив на здоров'я та

соціальні витрати, пов'язані із забрудненням повітря у великих міських агломераціях України», середньорічна експозиція населення України до $PM_{2,5}$ становить близько $20,3 \text{ мкг/м}^3$, що відповідає 9-му місцю серед європейських країн за рівнем забруднення повітря; за даними Global Burden of Disease, у 2019 році із забрудненням повітря в Україні пов'язано близько 42,9 тис. передчасних смертей на рік (приблизно 10 % усіх випадків захворюваності та смертності) [55].

Особливо чутливими до забруднення повітря є діти, особи літнього віку, вагітні жінки і пацієнти з хронічними серцево-судинними та респіраторними захворюваннями. Дрібні частинки $PM_{2,5}$ здатні проникати в альвеолярний простір легень і потрапляти у кров, що зумовлює широкий перелік патологічних ефектів: загострення бронхіальної астми, хронічного обструктивного захворювання легень (ХОЗЛ), збільшення частоти інфарктів міокарда та інсультів, зниження когнітивних функцій у дітей, погіршення показників функції зовнішнього дихання у школярів [56].

Шумове забруднення є важливим компонентом сумарного антропогенного навантаження на жителів Холодногірського району. Тривала експозиція до транспортного шуму на рівнях понад 55 дБА L_{den} підвищує ризик розвитку артеріальної гіпертензії, ішемічної хвороби серця та інсульту; нічна експозиція понад 45 дБА L_{night} асоціюється з порушенням сну, депресивними розладами і зниженням когнітивних функцій у дітей [44].

Для жителів Холодногірського району, що проживають у будинках уздовж вул. Полтавський Шлях, Південного вокзалу та вздовж залізничного коридору, кумулятивне навантаження повітряним і шумовим забрудненням є об'єктивно високим, що може пояснювати локально вищі показники респіраторної та серцево-судинної захворюваності у порівнянні з районами міста зі сприятливішим екологічним фоном [55, 56].

Кількісна оцінка ризику для здоров'я населення виконується на основі стандартизованих індикаторів: коефіцієнта небезпеки HQ (Hazard Quotient), сумарного індексу небезпеки HI (Hazard Index) для неканцерогенних ризиків і індивідуального канцерогенного ризику ILCR (Individual Lifetime Cancer Risk).

Згідно з рекомендаціями ВООЗ та Управління з охорони довкілля США (US EPA), безпечним вважається $HQ < 1$ (відсутність неканцерогенних ефектів за тривалої експозиції) та $ILCR < 1 \times 10^{-6}$ (індивідуальний канцерогенний ризик не вище одного випадку на мільйон людей) [55, 56].

За орієнтовною оцінкою для жителів першої лінії забудови вздовж вул. Полтавський Шлях, виконаною на основі усереднених концентрацій $PM_{2,5}$ (15–20 $\mu\text{кг}/\text{м}^3$), NO_2 (35–45 $\mu\text{кг}/\text{м}^3$ у пікові години, 15–20 $\mu\text{кг}/\text{м}^3$ у середньому за добу), формальдегіду і фенолу, узагальнений НІ для неканцерогенних ризиків може перевищувати порогове значення 1 у 1,5–2 рази, а $ILCR$ від тривалої експозиції до канцерогенних компонентів повітря (формальдегід, бензол, бензо(а)пірен) може досягати рівня $(1–5) \times 10^{-5}$, що відповідає категорії неприйнятних ризиків і вимагає реалізації заходів зі зниження експозиції [55, 56].

Узагальнення опублікованих даних Моніторингового центру громадського здоров'я та регіональних звітів про захворюваність свідчить, що на територіях з підвищеним рівнем транспортного забруднення повітря (а до них належить вул. Полтавський Шлях у Холодногірському районі) показники первинної захворюваності на бронхіальну астму, ХОЗЛ та ішемічну хворобу серця у дорослого населення на 15–35 % вищі за середньоміські значення. Ризики для дитячого населення проявляються переважно у формі частих рецидивних респіраторних інфекцій, зниження пікової швидкості видиху і підвищеної потреби у бронхолітичній терапії [42, 43].

Для попередження довгострокових наслідків постійного шумового і повітряного навантаження доцільно впровадити цільову програму медико-екологічного моніторингу мешканців першої лінії забудови основних магістралей району з регулярним обстеженням функції зовнішнього дихання, артеріального тиску, рівня тривожних розладів і якості сну.

2.9 Головні екологічні проблеми району

Враховуючи, що частка викидів забруднюючих речовин від автомобільного транспорту у м. Харкові становить близько 92 % загального обсягу вики-

дів у місті, тоді як частка стаціонарних джерел не перевищує 8 %, а також те, що у Холодногірському районі це співвідношення є особливо вираженим у зв'язку з високою концентрацією автомагістралей загальноміського і державного значення, визначено завдання наступного розділу роботи – розробка та оцінка екологічної ефективності заходів зі зменшення шкідливого впливу на довкілля транспортного потоку, що рухається по вулиці Полтавський шлях.

РОЗДІЛ 3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ТЕРИТОРІЇ ТА ОЦІНКА ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ.

3.1 Шляхи вирішення екологічних проблем району

За результатами огляду та узагальнення використаних у роботі інформаційних джерел, визначено можливі заходи, які можуть сприяти покращенню екологічного стану Холодногірського району.

Заходи з *покращення якості атмосферного повітря* Холодногірського району повинні бути спрямовані на зниження викидів від автомобільного транспорту, який є основним джерелом забруднення. До них належать: Вдосконалення системи організації руху шляхом мінімізації кількості зупинок на перехрестях доріг, подальше розширення мережі електричного громадського транспорту (тролейбусних і трамвайних маршрутів) із заміщенням маршрутних таксі з дизельними двигунами; впровадження виділених смуг для громадського транспорту на вул. Полтавський Шлях і просп. Григорія Сковороди; обмеження транзитного руху вантажівок у пікові години; розвиток мережі велосипедних доріжок і інфраструктури для пішоходів; стимулювання використання електромобілів через цільові програми.

Доцільним є розширення громадської мережі моніторингу якості повітря (SaveEcoBot, EcoCity) у житлових кварталах району та біля шкіл, дитячих садочків і медичних закладів, а також інтеграція даних громадських сенсорів у муніципальні інформаційні системи з оперативним повідомленням мешканців через мобільні застосунки і веб-портали міста.

Зменшення шумового впливу вздовж основних магістралей району потребує комплексного підходу: 1) оптимізація режимів руху (зниження максимальної дозволеної швидкості до 50 км/год у житлових зонах згідно з Правилами дорожнього руху; 2) встановлення шумозахисних екранів уздовж найбільш навантажених ділянок Полтавського Шляху і кільцевих розв'язок (висота 3–5 м, акустична ефективність до 10–15 дБА); 3) поступовий перехід на низькошумні дорожні покриття; 4) ущільнення вікон та використання акустичних склопакетів.

тів у житлових будинках на першій лінії забудови; 5) озеленення санітарно-захисних смуг між проїзною частиною і житловою забудовою; 6) шумозахисне облаштування залізничних коридорів (металеві шумопоглинаючі екрани, рейкові гасники).

Покращення стану водних об'єктів у нижніх частинах гідрологічної мережі району потребує системних інвестицій у реконструкцію очисних споруд КП «Харківводоканал», встановлення локальних очисних установок на зливових випусках з магістралей і підприємств, проведення очищення русла р. Лопань. Окремою задачею є оперативна ліквідація наслідків нафтового забруднення річок міста, що сталося внаслідок ракетно-дронових ударів 2024 року.

У сфері поводження з ТПВ ключовим напрямком є розширення інфраструктури роздільного збору, будівництво нового сміттєпереробного комплексу із замкнутим циклом і поступове виведення з експлуатації Дергачівського полігону, ресурс якого вже наближається до критичної межі, а також впровадження ефективних систем поводження із будівельними відходами і відходами руйнувань.

Стратегічно важливим є розроблення цілісної стратегії *озеленення Холодногірського району* з урахуванням повоєнних потреб. Пріоритети — поступова заміна старих дерев новими видами, стійкими до зміни клімату; створення санітарно-захисних зелених смуг уздовж магістралей; відновлення зелених насаджень, постраждалих внаслідок воєнних дій, із залученням міжнародної технічної допомоги; інституційна координація між комунальними підприємствами, що управляють зеленим фондом міста.

Реабілітація ґрунтів, забруднених внаслідок воєнних дій, потребує розгорнутих наукових досліджень з фітоекстракції важких металів, біоремедіації і агрохімічних заходів. Ці роботи мають проводитися у тісній взаємодії з науковими установами Харкова і опиратися на сучасні методики, апробовані в індексованих наукових виданнях.

Ключовою інституційною умовою ефективного *управління якістю довкілля Холодногірського району* є побудова цілісної системи моніторингу і своєчас-

ного інформування мешканців. Така система має базуватися на трьох рівнях: 1) офіційні автоматизовані пости спостережень за станом атмосферного повітря, що управляються Центральною геофізичною обсерваторією та Харківським регіональним центром гідрометеорології (з обов'язковим розширенням мережі і включенням додаткових постів вздовж основних магістралей); 2) громадська мережа сенсорів SaveEcoBot/EcoCity з покриттям усіх мікрорайонів району; 3) супутникові дані Sentinel-5P/TROPOMI у поєднанні з продуктами Copernicus Atmosphere Monitoring Service.

Інтеграція результатів моніторингу повинна забезпечуватися через офіційний міський веб-портал та мобільний застосунок з пуш-повідомленнями про небезпечні рівні забруднення; пріоритетними групами для адресного інформування є батьки маленьких дітей, особи літнього віку, пацієнти з хронічними респіраторними та серцево-судинними захворюваннями. Аналогічно, для шумового моніторингу доцільне впровадження міської мережі стаціонарних шумомірів на ключових магістралях району і регулярна публікація шумових карт відповідно до вимог Директиви 2002/49/ЕС.

Важливим елементом розвитку моніторингу є удосконалення методик і *підготовки фахівців* у галузі екології урбанізованих територій і технологій захисту навколишнього середовища.

Євроінтеграційний курс України передбачає поетапну гармонізацію національних стандартів якості атмосферного повітря і регулювання шумового забруднення з нормами Європейського Союзу. Ключовим документом ЄС у сфері якості повітря є Директива 2008/50/ЕС «Про якість атмосферного повітря і чистіше повітря для Європи», яка встановлює обов'язкові граничні значення забруднюючих речовин (зокрема, середньорічна концентрація NO_2 не вище 40 мкг/м^3 , добова концентрація PM_{10} не вище 50 мкг/м^3 із можливістю перевищення не більше 35 діб на рік). Більш суворим орієнтиром є оновлені рекомендації ВООЗ 2021 року, до яких ЄС поступово наближає свої нормативи у рамках перегляду 2024 року.

Основним документом ЄС у сфері контролю шуму є Директива

2002/49/ЕС, яка вимагає від країн-членів складання стратегічних шумових карт для агломерацій з населенням понад 100 тис. осіб і прийняття планів дій з його зменшення. Для Харкова, з населенням понад 1 млн осіб, впровадження вимог цієї Директиви на муніципальному рівні є необхідним кроком після завершення активної фази збройного протистояння. Першим етапом такого процесу може стати розроблення цифрових шумових карт із використанням існуючих даних інтенсивності руху, геометрії забудови і характеристик дорожнього покриття для основних магістралей Холодногірського району.

Найбільш екологічно небезпечною частиною території району, яка потребує впровадження першочергових заходів з покращення стану довкілля, визначено перехрестя вул. Полтавський шлях та а вул. Холодногірська.

В результаті порівняльного аналізу можливих заходів покращення стану довкілля території, визначено першочергові заходи, такі як організація руху автотранспорту по принципу «зелена хвиля» та встановлення шумозахисних екранів.

У наступних розділах проведено оцінку їх екологічної ефективності.

3.2 Першочергові заходи щодо зменшення рівня забруднення атмосферного повітря та оцінка їх екологічної ефективності

Для обґрунтування заходів виконано розрахункову оцінку рівня забруднення приземного шару атмосферного повітря оксидом вуглецю (CO) та діоксидом азоту (NO₂) у зоні впливу автотранспортного потоку на перехресті вул. Полтавський Шлях і вул. Холодногірська у Холодногірському районі Харкова.

Полтавський Шлях є магістральною вулицею загальноміського значення з інтенсивним рухом транспорту, тому ця ділянка належить до потенційно проблемних з точки зору якості атмосферного повітря.

Розрахунок виконано відповідно до вимог ДСТУ 9030:2020 «Автомобільні дороги. Оцінка впливів на навколишнє середовище», який встановлює порядок оцінки впливу автомобільних доріг на довкілля, у тому числі впливу викидів відпрацьованих газів автотранспорту [57].

Як математичний апарат розсіювання від лінійного (автодорожнього) джерела застосовано гаусову модель розсіювання від лінійного джерела (модель типу CALINE3/CALINE4), що є загальновизнаним інструментом моделювання приземних концентрацій забруднювачів поблизу автодоріг [60]. Враховано фонову концентрацію речовин у повітрі м. Харкова та власне викиди від транспортного потоку.

Частину вихідних даних (інтенсивність та структура транспортного потоку) отримано шляхом проведення оперативних натурних спостережень.

Метеорологічні умови саме для цієї території у відкритих джерелах не наведено, тому їх прийнято як типові значення для Харківського регіону [59].

Саме тому розрахунок має оцінювальний (скринінговий) характер. Для проєктної документації необхідні натурні дані інтенсивності руху отримані протягом систематичних спостережень, актуальні фонові концентрації (довідка ЦГМ) та фактичні метеорологічні характеристики досліджуваної території.

В процесі досліджень автодорога розглядається як лінійне (протяжне) джерело викиду, на відміну від точкових (димові труби) чи площинних джерел. Для оцінки приземних концентрацій забруднювальних речовин від лінійних джерел доцільно використати такі методи.

Модель CALINE3 / CALINE4 (California Line Source Dispersion Model, Каліфорнійський департамент транспорту) – спеціалізована гаусова модель для автодоріг [60]. Дорога розбивається на скінченні елементи-джерела, нормальні до напрямку вітру; враховується «зона перемішування» (mixing zone) над проїзною частиною, термічна турбулентність від транспорту, а CALINE4 додатково моделює фотохімічне утворення NO_2 з NO та O_3 . Рекомендована для розрахунків CO та NO_2 поблизу доріг.

Застосована у роботі методика як основний застосовано гаусову модель розсіювання від лінійного джерела у формулюванні CALINE3/CALINE4 є фізично обґрунтованою, прозорою для покрокового розрахунку та узгодженою з підходом ДСТУ 9030:2020 до оцінки впливу викидів автотранспорту. Несприятливі метеоумови для отримання максимальної разової концентрації прийнято в

логіці ОНД-86.

Вихідні дані та джерела інформації наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані, які застосовано у розрахунках

Параметр	Значення	Обґрунтування / джерело
Сумарна інтенсивність руху N, авт/год	1800	Натурні дослідження (год пік)
Легкові, частка	78 %	Типова структура потоку міст України
Вантажні бензинові + LCV, частка	6 %	Типова структура потоку міст України
Вантажні дизельні, частка	10 %	Типова структура потоку міст України
Автобуси, частка	6 %	Типова структура потоку міст України

Питомі викиди (табл. 3.2) прийнято за Методикою розрахунку викидів забруднюючих речовин у повітря автотранспортом (наказ Мінтрансу України № 293 від 12.05.2000), г/км на 1 автомобіль [58]. Оксиди азоту нормуються у перерахунку на NO₂. Для режиму руху з уповільненнями та заторами біля регульованого перехрестя введено підвищувальний коефіцієнт $k = 1,3$.

Таблиця 3.2 – Питомі викиди від транспортного потоку

Група транспорту	Питомий викид CO, г/км	Питомий викид NO ₂ , г/км
Легкові	13,0	1,8
Вантажні бензинові / LCV	62,6	4,5
Вантажні дизельні	6,5	8,5
Автобуси	8,5	9,5

Розрахунок проведено для несприятливих для розсіювання домішок в атмосфері метеорологічних умов (табл. 3.3)

Таблиця 3.3 – Метеорологічні умови (розрахункові несприятливі)

Параметр	Значення	Джерело / обґрунтування
Швидкість вітру u	1,0 м/с	Несприятлива
Кут вітру до осі дороги φ	90°	Найгірший (перпендикулярно)
Клас стійкості атмосфери	F (інверсія)	Несприятливий для розсіювання
Відстань до точки розрахунку x	10 м	Зона дихання пішохода біля краю
Висота точки z / висота джерела H	1,5 / 0,5 м	Зона дихання / рівень вихлопу

Фонові концентрації прийнято за даними спостережень Харківського регіонального центру з гідрометеорології (стан забруднення атмосферного повітря м. Харкова). Гранично допустимі концентрації (ГДК) — за чинним переліком ГДК для атмосферного повітря населених місць України (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Фонові концентрації та гранично допустимі концентрації досліджуваних речовин

Речовина	Фон $C_{\text{ф}}$, мг/м³	ГДК м.р., мг/м³	Клас небезпеки
Оксид вуглецю CO	1,5	5,0	4
Діоксид азоту NO ₂	0,04	0,2	3

Сумарна лінійна потужність викиду речовини (маса на одиницю довжини дороги за одиницю часу) обчислюється підсумовуванням внесків усіх груп транспорту:

$$q = (\sum N_i \cdot m_i \cdot k) / (1000 \cdot 3600), \text{ г/(м}\cdot\text{с)} \quad (3.1)$$

де N_i – інтенсивність руху i -ї групи, авт/год;
 m_i – питомий викид речовини i -ю групою, г/км;
 k – коефіцієнт режиму руху (1,3);
 множники 1000 і 3600 переводять км у м і год у с.

Вертикальне розсіювання описується коефіцієнтом дисперсії σ_z за параметризацією Пасквілла-Гіффорда (ступенева апроксимація для малих відстаней):

$$\sigma_z = a \cdot x^b; \quad (3.2)$$

$$\sigma_{z,ef} = \sqrt{(\sigma_z^2 + \sigma_0^2)} \quad (3.3)$$

де x – відстань від джерела до точки, м;
 a, b – коефіцієнти класу стійкості (для класу F: $a = 0,105$; $b = 0,78$);
 $\sigma_0 = 2,0$ м — початкове вертикальне перемішування у «зоні перемішування» над проїзною частиною (особливість CALINE).

Приземна концентрація від нескінченного лінійного джерела за вітру під кутом φ до осі дороги (з урахуванням відбиття домішки від підстильної поверхні):

$$C = [2q / (\sqrt{2\pi}) \cdot \sigma_{z,ef} \cdot u \cdot \sin\varphi] [e^{-(z-H)^2/2\sigma_{z,ef}^2} + e^{-(z+H)^2/2\sigma_{z,ef}^2}] \quad (3.4)$$

де C – концентрація, г/м³ (далі переводиться у мг/м³ множенням на 1000);
 u – швидкість вітру, м/с;
 z, H – висоти точки розрахунку та джерела.

Перший доданок у дужках – пряма домішка, другий – відбита від землі.

Сумарна приземна концентрація з урахуванням фону та критерій відповідності нормативу:

$$C_\Sigma = C + C_\phi; \quad (3.5)$$

$$C_\Sigma / ГДК_{м.р.} \leq 1.$$

Якщо відношення $C_{\Sigma}/ГДК \leq 1$ — рівень забруднення допустимий; якщо більше 1 — фіксується перевищення гранично допустимої концентрації.

Виконання розрахунків та результати

Результати розрахунку лінійної потужності викиду за групами транспорту наведено у табл. 3.5.

СО ($k = 1,3$ враховано у внеску)

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку лінійної потужності викиду за групами транспорту

Група	N_i , 64вт./год	Внесок СО, г/(год·км)	Внесок NO ₂ , г/(год·км)
Легкові	1404	23 728	3 285
Вантажні бензинові	108	8 789	632
Вантажні дизельні	180	1 521	1 989
Автобуси	108	1 193	1 334
Разом	1800	35 231	7 240

Лінійна потужність викиду:

$$Q_{CO} = 35\,231 / (1000 \cdot 3600) = 9,79 \cdot 10^{-3} \text{ г/(м} \cdot \text{с)}; \quad (3.6)$$

$$q_{NO_2} = 7\,240 / (1000 \cdot 3600) = 2,01 \cdot 10^{-3} \text{ г/(м} \cdot \text{с)}. \quad (3.7)$$

Дисперсія

Для класу F та $x = 10$ м: $\sigma_z = 0,105 \cdot 10^{0,78} = 0,63$ м;

$$\sigma_{z, \text{еф}} = \sqrt{(0,63^2 + 2,0^2)} = 2,10 \text{ м.}$$

$$\sin \varphi = \sin 90^\circ = 1,0.$$

Результати розрахунку приземних концентрацій наведено у табл. 3.6.

Підстановка у гаусову формулу дає приземні концентрації від автотранспорту та сумарні з фоном:

Таблиця 3.6 – Результати розрахунку приземних концентрацій

Речовина	Від авто, мг/м ³	Фон, мг/м ³	Сумарна СΣ, мг/м ³	ГДК м.р., мг/м ³
CO	5,69	1,50	7,19	5,0
NO ₂	1,17	0,04	1,21	0,2

Оцінку рівня забруднення за показником ГДК наведено у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Порівняння сумарних розрахункових концентрацій із гранично допустимими (максимально разовими) концентраціями для атмосферного повітря населених місць України

Речовина	СΣ, мг/м ³	ГДК, мг/м ³	СΣ/ГДК	Висновок
CO	7,19	5,0	1,44	Перевищення
NO ₂	1,21	0,2	6,04	Перевищення

За прийнятих несприятливих метеоумов (слабкий вітер 1 м/с, інверсія, вітер перпендикулярно дорозі) розрахункові максимальні разові приземні концентрації у зоні дихання пішохода біля перехрестя перевищують ГДК: за CO – у 1,4 раза, за NO₂ – у 6 разів. Тобто за найгірших умов розсіювання ділянка перехрестя є зоною наднормативного забруднення атмосферного повітря, передусім діоксидом азоту.

Отримані значення слід трактувати як оцінку «найгіршого випадку» (worst-case), потрібну для оцінки впливу на довкілля.

Виходячи з цього, можна зробити висновок, що необхідно впроваджувати заходи щодо покращення стану атмосферного повітря на досліджуваній території то виконати оцінку їх екологічної ефективності.

Як першочерговий захід, розглянемо оптимізацію світлофорного регулювання («зелена хвиля») для зменшення часу роботи двигунів на холостому ходу та у режимі розгону.

Рівномірний рух поблизу емісійного оптимуму ($\approx 60\text{--}80$ км/год) усуває цикли «гальмування – холостий хід – розгін», характерні для регульованого перехрестя із заторами.

Це відображено у розрахунку двома чинниками: вилученням коефіцієнта заторів ($k = 1,3$) та застосуванням коефіцієнтів швидкісної корекції до питомих викидів за U-подібною залежністю «викид – швидкість»:

для CO: $k_v \approx 0,45$ – оксид вуглецю дуже чутливий до рівномірності руху і за усталеної швидкості різко зменшується;

для NO₂: $k_v \approx 0,70$ – оксиди азоту знижуються помірніше, переважно за рахунок усунення різких розгонів.

Коефіцієнти прийнято за експертною оцінкою на основі загальновідомої залежності питомих викидів від швидк– руху (мінімум у діапазоні 60–80 км/год).

Результати оцінки екологічної ефективності цього заходу наведено у табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Результати оцінки екологічної ефективності оптимізації світлофорного регулювання («зелена хвиля»)

Речовина / сценарій	Внесок авто, мг/м ³	Сумарна СΣ, мг/м ³	СΣ / ГДК
CO – базовий (затори)	5,69	7,19	1,44
CO – «зелена хвиля» 60 км/год	1,97	3,47	0,69
NO ₂ – базовий (затори)	1,17	1,21	6,04
NO ₂ – «зелена хвиля» 60 км/год	0,63	0,67	3,35

З результатів оцінки випливає. Що запровадження «зеленої хвилі» зі швидкістю 60 км/год знижує внесок автотранспорту приблизно на 65 % за CO та на 46 % за NO₂.

Наслідки для рівня забруднення:

Оксид вуглецю (CO). Сумарна концентрація зменшується з 7,19 до

3,47 мг/м³ (з 1,44 до 0,69 ГДК) тобто рівень опускається нижче гранично допустимого, перевищення усувається.

Діоксид азоту (NO₂). Сумарна концентрація зменшується з 1,21 до 0,67 мг/м³ (з 6,04 до 3,35 ГДК) — рівень суттєво знижується, проте перевищення ГДК зберігається; NO₂ залишається критичним забруднювачем.

Виходячи з цього можна дістатися висновку, що «зелена хвиля» є першочерговим ефективним заходом зниження забруднення, достатнім для нормалізації рівня CO, але недостатнім для приведення NO₂ до норми за несприятливих метеоумов.

Для досягнення ГДК за діоксидом азоту цей захід необхідно поєднати з іншими, а саме:

- перерозподілом вантажного та дизельного транспорту в обхід ділянки;
- пріоритетом електро- і громадського транспорту;
- щільним озелененням прилеглої смуги.

Також необхідно проведення систематичних натурних замірів інтенсивності руху та інструментального контролю якості повітря під час несприятливих метеоумов для уточнення отриманої розрахункової оцінки.

3.3 Заходи щодо зменшення рівня шумового забруднення та оцінка їх екологічної ефективності

Транспортний потік на магістральній вулиці розглядається як лінійне джерело зовнішнього шуму.

Основною шумовою характеристикою є еквівалентний рівень звуку LA_{екв} на стандартній відстані 7,5 м від осі першої смуги руху.

Розрахунок виконано за нормативною методикою ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013 [61].

Рівень звуку на джерелі шуму, тобто на стандартній відстані 7,5 м від осі першої смуги руху розраховано по такій формулі.

$$LA_{екв} = L_{розр} + \Sigma\Pi = L_{розр} + (\Delta L_N + \Delta L_{диз} + \Delta L_y + \Delta L_d) \quad (3.8)$$

де $L_{розр}$ — розрахунковий рівень шуму залежно від швидкості руху та частки вантажного й громадського транспорту, дБА;

ΔLN — поправка на інтенсивність руху;

$\Delta L_{диз}$ — на частку дизельних авто (+1 дБА на 10 %);

ΔL_y — на поздовжній ухил (+1 дБА на 2 %);

ΔL_d — на тип покриття (асфальтобетон 0; бетон +2; бруківка +4).

Рівень звуку у розрахунковій точці – біля фасаду найближчого до смуги руху житлового будинку розраховано по такій формулі.

Зниження рівня звуку від лінійного джерела з відстанню (3 дБА на кожне подвоєння):

$$LA_{екв,PT} = LA_{екв} - \Delta L_{рас}; \quad \Delta L_{рас} = 10 \cdot \lg(r_{PT} / r_0), \quad (3.9)$$

де $r_0 = 7,5 \text{ м}$ — опорна відстань;

r_{PT} — відстань від осі першої смуги до фасаду.

Відбиття від фасаду додає до +3 дБА.

Вихідні дані для розрахунків шумового забруднення транспортним потоком наведено у табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Вихідні дані для розрахунків шумового забруднення

Параметр	Значення	Джерело
Інтенсивність руху N, авт/год	1800	Натурні дослідження
Частка легкових, %	78	Експертна оцінка
Частка вантажних + громадських, %	22	Експертна оцінка
Частка дизельних, %	≈16	Експертна оцінка
Середня швидкість руху V, км/год	50	Натурні дослідження
Поздовжній ухил, %	≈0	Натурні дослідження
Тип покриття	асфальтобетон	Натурні дослідження
Відстань осі 1-ї смуги → фасад, м	20	Натурні дослідження

Результати розрахунку рівня шуму на на джерелі шуму, тобто на стандартній відстані 7,5 м від осі першої смуги руху наведено у табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Результати розрахунку

Поправка	Обґрунтування	Значення, дБА
ΔL_N — інтенсивність	1800 авт/год (1000→0; 2000→+1,5)	+1,2
$\Delta L_{\text{диз}}$ — дизельні авто	≈16 %	+1,5
ΔL_y — ухил	≈0 %	0
ΔL_d — покриття	асфальтобетон	0
ΣP		+2,7
Розрахунковий рівень $L_{\text{розр}}$ (7,5 м від осі першої смуги)	для $V = 50$ км/год та частки важкого транспорту ≈20 %	75,5
Рівень звуку на джерелі: $L_{\text{Аекв}}$ (7,5 м від осі першої смуги)	$L_{\text{Аекв}} = 75,5 + 2,7$	78,2

Рівень шуму біля фасаду найближчого будинку

$$\Delta L_{\text{рас}} = 10 \cdot \lg(20 / 7,5) = 4,3 \text{ дБА} \quad (3.10)$$

Падаючий рівень біля фасаду: $L_{\text{Аекв,PT}} = 78,2 - 4,3 = 73,9$ дБА; з відбиттям від фасаду (+3 дБА) — близько 76,9 дБА.

Оцінку рівня шумового забруднення наведено у табл. 3.11.

Допустимі еквівалентні рівні звуку біля фасадів житлових будинків (день 7:00–23:00) за ДБН В.1.1-31:2013 [62]

Таблиця 3.11 – Оцінка рівня шумового забруднення

Категорія території		Лдоп день, дБА		Лдоп ніч, дБА	
Нова (проектowana) забудова		55		45	
Існуюча забудова біля магістралей		60		50	
Точка / показник	$L_{\text{Аекв}}$, дБА	$L_{\text{доп}}$, дБА		Перевищення, дБА	
Джерело (7,5 м)	78,2	—		—	
Фасад (падаючий)	73,9	55 / 60		+18,9 / +13,9	
Фасад (з відбиттям)	76,9	55 / 60		+21,9 / +16,9	

Рівень біля фасаду (≈ 74 дБА падаючий / ≈ 77 дБА з відбиттям) перевищує денний норматив на 14...22 дБА.

Ділянка належить до зони акустичного дискомфорту, що обґрунтовує потребу в шумозахисних заходах (рис. 3.1).

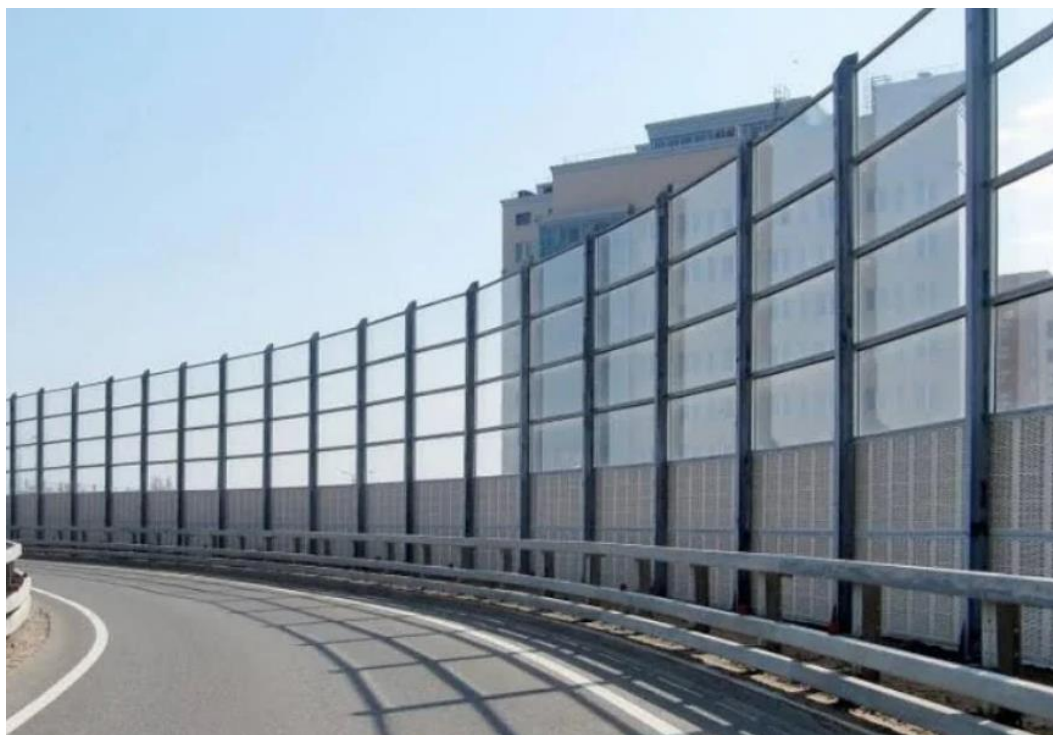


Рисунок 3.1 – Шумозахисний екран

Для зниження рівня шуму біля фасаду пропонується встановити вздовж проїзної частини шумозахисний екран-стінку (табл. 3.12).

Ефективність розрахована за методологією [61].

Зниження рівня звуку екраном $\Delta L_{\text{екр}}$ визначають за графіком [61], крива «транспортні потоки») залежно від числа Френеля N :

$$N = 2\delta / \lambda; \quad \delta = a + b - c \quad (3.11)$$

де $\lambda = 0,84$ м — розрахункова довжина хвилі автотранспорту;

δ — різниця довжин шляхів променя;

a — від акустичного центра джерела (вісь найдовшої смуги, $h = 1,0$ м) до ребра екрану;

b — від ребра екрану до РТ;

c — пряма джерело–РТ. РТ – 2 м від фасаду, $h = 1,5$ м.

Таблиця 3.12 – Пропоновані конструктивні параметри шумозахисного екрану-стілки

Параметр	Значення / опис
Тип	Вертикальний екран-стілка (придорожній)
Висота над проїзною частиною	5,0 м (рекомендовано 4,0–5,0 м)
Розташування	Біля краю проїзної частини, якомога ближче до джерела (≈ 18 м від фасаду)
Довжина	Уздовж фасаду + продовження за його межі $\geq 2 \times$ відстані «екран–РТ» з кожного боку
Конструкція	Звукопоглинальні панелі (мінвата в перфокасеті) знизу + прозорі акрил/полікарбонат зверху
Поверхнева щільність полотна	≥ 20 кг/м ² (власна звукоізоляція ≥ 25 дБА)
Звукопоглинання (бік дороги)	$\alpha \geq 0,8$ (клас А) — проти відбиття на протилежний бік
Герметичність	Без щілин біля основи та між панелями

Результати розрахунку наведено у табл. 3.13.

Таблиця 3.13 – Результати розрахунку

Висота Некр, м	δ , м	N	$\Delta L_{\text{екр}}$, дБА	L з екр., дБА	vs 60 дБА
3,0	0,23	0,54	9,9	64,0	+4,0
4,0	0,55	1,31	13,1	60,8	+0,8
5,0	1,00	2,39	15,6	58,3	-1,7

Екран висотою 5,0 м знижує рівень біля фасаду на $\approx 15,6$ дБА – з 73,9 до 58,3 дБА, що задовольняє денний норматив для існуючої забудови (60 дБА) із запасом $\approx 1,7$ дБА.

Екран 4,0 м (зниження на 13 дБА до 60,8 дБА) виводить рівень на межу нормативу 60 дБА.

Норматив для нової забудови (55 дБА) лише екраном не досягається — потрібне зниження на 19 дБА.

Для приведення до 55 дБА екран доцільно поєднати з мал шумним дорожнім покриттям, яку знижує рівень шуму ще на $2 \div 3$ дБА, та шумозахисним склінням фасадів.

Екран ефективний для нижніх поверхів (зона акустичної тіні).

Для верхніх поверхів основний захід – звукоізоляція вікон.

ВИСНОВКИ

За результатами розрахунків забруднення приземного шару атмосферного повітря CO та NO₂ від автотранспорту на перехресті вул. Полтавський Шлях та вул. Холодногірська у м. Харкові згідно з ДСТУ 9030:2020 із застосуванням гаусової моделі розсіювання від лінійного джерела (CALINE3/4), за несприятливих метеоумов зафіксовано перевищення ГДК по CO та NO₂.

Сумарні концентрації (з урахуванням фону) становлять: CO – 7,19 мг/м³ (1,44 ГДК); NO₂ – 1,21 мг/м³ (6,04 ГДК).

В результаті проведеної оцінки встановлено, що організація руху за типом «зелена хвиля» (60 км/год) знижує внесок автотранспорту на 65 % за CO та 46 % за NO₂:

Рівень забруднення CO опускається нижче ГДК (0,69 ГДК), однак NO₂ залишається понаднормативним (3,35 ГДК) і потребує додаткових заходів.

Рекомендовані додаткові заходи зниження впливу:

Обмеження/перерозподіл руху вантажного транспорту в обхід ділянки, пріоритет електро- та громадському транспорту.

Озеленення прилеглої смуги (щільні насадження) як природний бар'єр осадження домішок.

Проведення натурних замірів інтенсивності руху та інструментального контролю якості повітря для уточнення оцінки.

За результатами розрахунків шумового забруднення рівень шуму на джерелі шуму, тобто на стандартній відстані 7,5 м від осі першої смуги руху досягає 78 дБА; біля фасаду житлового будинку – 74 дБА, що перевищує денний норматив 55–60 дБА на 14÷22 дБА.

За результатами проведеної оцінки, встановлення шумозахисного екрану висотою 5,0 м знижує рівень біля фасаду на 15,6 дБА (до 58,3 дБА) і забезпечує норматив 60 дБА для існуючої житлової забудови.

Для досягнення 55 дБА (нова забудова) екран слід поєднати з малошумним покриттям і шумозахисним склінням; для верхніх поверхів – звукоізоляція вікон.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про район [Електронний ресурс] : офіційний сайт Харківської міської ради, міського голови, виконавчого комітету. Холодногірський район. — Режим доступу: <https://city.kharkiv.ua/about/districts/xolodnogirskii> (дата звернення: 28.04.2026).
2. Холодногірський район [Електронний ресурс] : Підприємництво та споживчий ринок міста Харкова. — Режим доступу: <https://ppr.kharkiv.ua/ua/holodnogorsko-district> (дата звернення: 28.04.2026).
3. Чисельність наявного населення України на 1 січня 2021 року : статистичний збірник / Державна служба статистики України. — Київ, 2021. — 82 с. — Режим доступу: <https://kh.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 28.04.2026).
4. Немець Л. М., Сегіда К. Ю., Немець К. А. Демографічний розвиток Харківського регіону : монографія. — Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. — 200 с. — Режим доступу: http://soc-econom-region.univer.kharkov.ua/wp-content/uploads/2017/07/NiemetsSegidaNiemets_monograph.pdf (дата звернення: 28.04.2026).
5. Сегіда К. Ю., Редін В. І., Чабань М. Т. Географія Харківської області : навчально-методичний комплекс. — Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. — 196 с. — Режим доступу: http://soc-econom-region.univer.kharkov.ua/wp-content/uploads/2017/07/Сегіда-К_-Ю_-Редін-В_-І_-Чабань-М_-Т_-Географія-Харківської-області-.pdf (дата звернення: 28.04.2026).
6. Географія [Електронний ресурс] : Харківська обласна державна адміністрація. — Режим доступу: <https://kharkivoda.gov.ua/pro-oblast/heohrafiya> (дата звернення: 28.04.2026).
7. Удосконалення схеми фізико-географічного районування Харківської області [Електронний ресурс] : ResearchGate. — 2016. — Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/309763802> (дата звернення: 28.04.2026).
8. Екологічний паспорт Харківської області за 2021 рік [Електронний ресурс] : Харківська обласна державна адміністрація. — Харків, 2022. — Режим доступу:

https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1182/118158/Attaches/ekologichniy_paspport_harkivskoyi_oblast_za_2021_rik.pdf (дата звернення: 28.04.2026).

9. Клімат [Електронний ресурс] : Підприємництво та споживчий ринок міста Харкова. — Режим доступу: <https://ppr.kharkiv.ua/ua/climate> (дата звернення: 28.04.2026).

10. Шуліка Б., Кабанова В. Тенденції сучасних кліматичних змін на території Харківської області // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії : зб. наук. праць / Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна. — 2025. — Вип. 42. — С. 72–82. — Режим доступу: <https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/27579> (дата звернення: 28.04.2026)..

11. Інформація щодо стану забруднення атмосферного повітря міста Харків за 2021 рік [Електронний ресурс] : офіційний сайт Харківської міської ради. — Режим доступу: <https://city.kharkiv.ua/en/documents/dokumenty-departamentiv/informaciia-shhodo-stanu-zabrudnennia-atmosfernogo-povitria-mista-kharkiv-za-i-pivriccia-2021-roku> (дата звернення: 28.04.2026).

12. Організація моніторингу за станом атмосферного повітря у м. Харків // Екологічна безпека та природокористування. — Режим доступу: <https://es-journal.in.ua/article/view/297270> (дата звернення: 28.04.2026).

13. Аналіз та оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Харків // Людина та довкілля. Проблеми неоекології : зб. наук. праць / Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна. — Режим доступу: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/7759> (дата звернення: 28.04.2026).

14. Про затвердження Порядку визначення величин фонових концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі : наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 30.07.2001 № 286 [Електронний ресурс] : Верховна Рада України. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0700-01> (дата звернення: 28.04.2026).

15. Зміни у визначенні величин фонових концентрацій: що важливо знати

[Електронний ресурс] : Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. — Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2025/02/Dodatok-Zminy-do-Poryadku.pdf> (дата звернення: 28.04.2026).

16. ДСТУ 9030:2020. Автомобільні дороги. Оцінка впливів на навколишнє середовище. Вимоги до проектної документації. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. — Режим доступу: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_9030_2020.pdf (дата звернення: 28.04.2026).

17. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2022 році [Електронний ресурс] : Харківська обласна військова (державна) адміністрація. — Режим доступу: https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1234/123378/Attaches/2022_-_regionalna_dopovid_za_2022_rik_harkivska_oblast.pdf (дата звернення: 28.04.2026).

18. Demirarslan K. O. Effects of topographic variables on traffic-related pollutant concentrations: comparison of AERMOD and CAL3QHCR models // Frontiers in Environmental Science. — 2025. — Vol. 13, Art. 1577330. — DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1577330>

19. Річка Сіверський Донець [Електронний ресурс] : КП «Харківводоканал». — Режим доступу: https://vodokanal.kharkov.ua/content/severskiy_donec_river (дата звернення: 28.04.2026).

20. Уда [Електронний ресурс] : Енциклопедія Сучасної України. — Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-892204> (дата звернення: 28.04.2026).

21. Оцінка якості поверхневих вод у басейні річки Уди // Людина та довкілля. Проблеми неоекології : зб. наук. праць / Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна. — Режим доступу: https://journals.uran.ua/ludina_dov/article/view/222856 (дата звернення: 28.04.2026).

22. Опідзолені ґрунти [Електронний ресурс] : Енциклопедія Сучасної України. — Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-75561> (дата звернення: 28.04.2026).

23. Прибилова В. М. Підземні водні ресурси Харківської області та стратегія їх використання для водопостачання населення // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія». — Режим доступу: <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/3717> (дата звернення: 28.04.2026).

24. Інженерна гідрогеологія : навч. посіб. / В. Ю. Єгупов, К. А. Немець, Г. Г. Стріжельчик ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Харків. нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна. — Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. — 287 с. — Режим доступу: https://eprints.kname.edu.ua/65488/1/2024_1Н_репоз_Інж_гідро_гео_doc_09-04-2024.pdf (дата звернення: 28.04.2026).

25. Екологічна якість природних вод з міських джерел м. Харкова // Людина та довкілля. Проблеми неоекології : зб. наук. праць / Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна. — Режим доступу: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/13316> (дата звернення: 28.04.2026).

26. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною : Державні санітарні норми та правила ДСанПіН 2.2.4-171-10 [Електронний ресурс] : Верховна Рада України. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> (дата звернення: 28.04.2026).

27. Хімічний склад підземних вод Харківської області як фактор ризику для здоров'я населення // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія». — Режим доступу: <https://journals.urau.ua/geoeco/article/view/112559> (дата звернення: 28.04.2026).

28. Червона книга Харківської області. Тваринний світ : навч. посібник / за ред. Г. О. Шандикова, Т. А. Атемасової ; гол. ред. В. А. Токарський. — Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. — 472 с. — Режим доступу: https://batrachos.com/sites/default/files/pictures/Books/Ch_K_Kh.pdf (дата звер-

нення: 28.04.2026).

29. Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку : постанова Кабінету Міністрів України від 28.08.2013 № 808 [Електронний ресурс] : Верховна Рада України. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/808-2013-%D0%BF> (дата звернення: 28.04.2026).

30. КП «Харківські теплові мережі» : офіційний сайт [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.hts.kharkov.ua/> (дата звернення: 28.04.2026).

31. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Харківській області у 2021 році / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, Харківська обласна військова адміністрація. Харків, 2022. 198 с. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/Regionalna-dopovid-Harkivskoyi-obl.-2021.pdf> (дата звернення: 08.05.2026).

32. Холодногірський район [Електронний ресурс] : Офіційний сайт Харківської міської ради. URL: <https://city.kharkiv.ua/about/districts/xolodnogirskii> (дата звернення: 08.05.2026).

33. SaveEcoBot — перша екологічна система України [Електронний ресурс]. URL: <https://www.saveecobot.com/maps> (дата звернення: 08.05.2026).

34. Якість повітря у Холодногірському районі м. Харкова [Електронний ресурс] : SaveEcoBot. URL: <https://www.saveecobot.com/maps/kharkiv/kholodnohirskyi> (дата звернення: 08.05.2026).

35. Ukraine Air Quality Index (AQI) and Air Pollution information [Electronic resource] / <https://www.iqair.com/ukraine> (Last accessed: 08.05.2026).

36. EcoCity — громадська мережа моніторингу якості повітря в Україні [Електронний ресурс]. URL: <https://reborn.eco-city.org.ua/> / (дата звернення: 08.05.2026).

37. Екологічний паспорт Харківської області за 2023 рік (розроблено у 2024 році) / Харківська обласна військова адміністрація. Харків, 2024. URL:

https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1282/128134/Attaches/ekologichniy_paspport_harkivskoyi_oblasti_2023_rik.pdf (дата звернення: 08.05.2026).

38. Оцінка якості атмосферного повітря в межах основних автобусних станцій Харкова. Червень 2019 року Людина та довкілля: проблеми неоекології https://www.researchgate.net/publication/400806978_Assessment_of_the_Atmospheric_Air_Quality_Within_the_Main_Vus_Stations_Kharkiv

39. Бодак, І.В., та Дядечко, К.В. (2020). Просторова та часова мінливість рівня забруднення повітря РМ2.5 у місті Харків. Людина та довкілля. Питання неоекології, (33), 91-101. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-33-08> <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/15800>

40. The spatial dynamics of Ukraine air quality impacted by the war and pandemic / Авт. кол. International Journal of Digital Earth. 2023. DOI: 10.1080/17538947.2023.2239762.

41. Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови (ДСН 463-19) : наказ МОЗ України від 22.02.2019 р. № 463 [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0281-19> (дата звернення: 08.05.2026).

42. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99> (дата звернення: 08.05.2026).

43. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise // Official Journal of the European Communities. L 189. 2002. P. 12–25.

44. Transport noise [Electronic resource] / European Environment Agency. Sustainability of Europe's Mobility Systems Report, 2024. URL: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/sustainability-of-europes-mobility-systems/transport-noise> (Last accessed: 08.05.2026).

45. Шумове забруднення : звітні матеріали науково-дослідних робіт ХНАДУ. Харків : Харківський національний автомобільно-дорожній універси-

тет,

2021.

URL:

https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/ABTOM_TRANSP/ЕБ_К_АНС/2021/Шумове_забруднення.pdf (дата звернення: 08.05.2026).

46. Вивчення сучасного еколого-токсикологічного стану ріки Лопань в межах міста Харкова [Електронний ресурс] : Дослідники. URL: <https://doslidnyky.com/node/714> (дата звернення: 08.05.2026).

47. Очисні споруди : Харків / Aquatec. URL: <https://aquatec.in.ua/ua/blog-ua/istoriia-kanalizatsii/ochysni-sporudy-kharkiv> (дата звернення: 08.05.2026).

48. Як війна вплинула на землю, воду та повітря Харківщини: екологи підраховали збитки довкіллю / Слобідський край. URL: <https://www.slk.kh.ua/news/suspilstvo/ak-vijna-vplinula-na-zemlu-vodu-ta-povitra-harkivsini-ekologi-pidrahuvali-zbitki-dovkillu.html> (дата звернення: 08.05.2026).

49. Утилізація відходів у Харкові: стан, проблеми і перспективи / Центр економіко-правових досліджень. Харків, 2025. URL: <https://el-research.center/2025/08/12/utylizatsiya-vidkhodiv-u-kharkovi-stan-problemy-i-perspektyvy> (дата звернення: 08.05.2026).

50. Як росія руйнує довкілля Харківщини та інших прифронтових регіонів [Електронний ресурс] : Накипіло. URL: <https://nakypilo.ua/teksty/yak-rosiia-ruinuie-dovkillia-kharkivshchyny-ta-inshykh-pryfrontovykh-rehioniv> (дата звернення: 08.05.2026).

51. Санітарний стан деревних насаджень загального користування великого міста у зв'язку з їх типологічним та видовим різноманіттям (на прикладі м. Харків) / Авт. кол. Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування». 2023. URL: <https://journals.academ.vinnica.ua/index.php/eco-pa/article/view/169> (дата звернення: 08.05.2026).

52. Вплив бойових дій на унікальні природні об'єкти Харківської області / Авт. кол. Техногенно-екологічна безпека. 2024. Т. 15. № 1. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/20120> (дата звернення: 08.05.2026).

53. Аналіз результатів впливу військових дій на довкілля та інфраструктуру України / Авт. кол. Scientific Bulletin of UNFU. 2024. URL: <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/2711> (дата звернення: 08.05.2026).

54. Як бойові дії рф вплинули на довкілля України у 2025 році? / Екодія. URL: <https://ecoaction.org.ua/iak-bojovi-dii-rf-vplynuly-dovk-ua-2025.html> (дата звернення: 08.05.2026).

55. Health impacts and social costs associated with air pollution in larger urban areas of Ukraine / United Nations Development Programme. 2023. URL: <https://www.undp.org/ukraine/publications/health-impacts-and-social-costs-associated-air-pollution-larger-urban-areas-ukraine> (Last accessed: 08.05.2026).

56. Невидимий вбивця: як дрібнодисперсний пил (PM_{2,5}) впливає на організм людини? [Електронний ресурс] : SaveDnipro. URL: <https://www.savednipro.org/nevidimij-vbivcy-a-yak-dribnodispersnij-pil-rm25-vplivaye-na-organizm-lyudini> (дата звернення: 08.05.2026).

57. ДСТУ 9030:2020 «Автомобільні дороги. Оцінка впливів на навколишнє середовище» — https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_9030_2020.pdf

58. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин у повітря автотранспортом (наказ Мінтрансу № 293 від 12.05.2000) — <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0293202-00>

59. Інформація щодо стану забруднення атмосферного повітря міста Харків — <https://www.city.kharkiv.ua/uk/document/informatsiya-schodo-stanu-zabrudnennya-atmosfernogo-povitrya-mista-kharkiv-za-2021-rik-66860.html>

60. CALINE3/CALINE4 line source dispersion model (огляд застосування для CO та NO₂ поблизу доріг) — https://www.academia.edu/115009957/Vehicular_pollution_dispersion_modelling_along_roads_using_CALINE4_model_a_review

61. ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013 «Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій» (розд. 9 — екрани) —

https://dnaop.com/html/62837_4.html

62. ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму» —
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=56317