

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально - науковий інститут екології
Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТУПЕНЯ ОЗЕЛЕНЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗОН ІНДУСТРІАЛЬНОГО РАЙОНУ М. ХАРКОВА

Виконала: студентка 4 курсу, групи ЗДЕ-41
спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Пі автора _____ / Дар'я КАШКАБАШ
(підпис) (ім'я, прізвище)

Керівник _____ / доц. Анастасія КЛЄШ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Зав. кафедри _____ / проф. Надія МАКСИМЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Аліна ГРЕЧКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / Світлана БУРЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2025 рік

ЗАТВЕРДЖУЮ

_____/ проф. Надія МАКСИМЕНКО
підпис ім'я та прізвище

«26» травня 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Дар'я КАШКАБАШ

(Ім'я та прізвище)

Тема роботи Екологічна оцінка ступеня озеленення функціональних зон
Індустріального району м. Харкова

керівник роботи Клещ Анастасія Анатоліївна, к. геогр. н.

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «04» листопада 2025 року №0210-05/21

2. Строк подання студентом роботи 17 травня 2025 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити :

1. провести аналіз наукових джерел щодо теми дослідження та розкрити сутність основних понять, таких як «озеленення», «функціональні зони», «методи оцінки озелененості»;

2. оцінити сучасні підходи до оцінки озелененості функціональних зон міста та обґрунтувати вибір методів, зокрема використання супутникових знімків та методів класифікації земного покриву для дослідження;

3. виявити особливості та взаємозв'язки між соціо функціональною структурою Індустріального району м. Харків та ступенем озеленення функціональних зон різного типу;

4. оцінити забезпеченість населення Індустріального району м. Харків рекреаційними зонами загального користування.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Збір та аналіз наукових джерел, що стосуються оцінки озеленення функціональних зон Індустріального району м. Харкова.
2	Написання та коректура першого розділу кваліфікаційної роботи, що включає теоретичний аналіз теми.
3	Вибір та обґрунтування методів геоінформаційного аналізу для оцінки озелененості територій та підготовка методологічного розділу роботи.
4	Пошук та завантаження супутникових знімків та інших геоданих для дослідження озелененості.
5	Проведення аналізу ступеня озеленення функціональних зон та створення картографічних матеріалів.
6	Аналіз отриманих результатів для виявлення закономірностей у розподілі показника озелененості для функціональних зон Індустріального району.
7	Формулювання висновків дослідження щодо стану озеленення та можливих шляхів покращення. Складання списку бібліографічних посилань.
8	Оформлення тексту дипломної роботи відповідно до встановлених стандартів та проходження перевірки на відповідність вимогам контролю якості.

5. Дата видачі завдання 28.05.2024 р.

Студент

підпис

Дар'я КАШКАБАШ

ім'я і прізвище

Керівник роботи

підпис

доц. Анастасія КЛІСШ

посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

**ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТУПЕНЯ ОЗЕЛЕНЕННЯ
ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗОН ІНДУСТРІАЛЬНОГО РАЙОНУ**

М. ХАРКОВА
Дар'я КАШКАБАШ

Кваліфікаційна робота «Екологічна оцінка ступеня озеленення функціональних зон Індустріального району м. Харкова» містить 55 сторінок, 3 розділи, 8 таблиць, 16 рисунків і 36 використаних джерел.

Мета роботи: оцінити ступінь озеленення функціональних зон Індустріального району м. Харкова за класифікацією земного покриву за супутниковими знімками та аналізом містобудівного зонінгу.

Актуальність теми зумовлена необхідністю вдосконалення зеленої інфраструктури українських міст, зокрема Індустріального району м. Харкова, в умовах урбанізації та повоєнного відновлення, що потребує застосування сучасних методів геоінформаційного аналізу та дистанційного зондування для об'єктивної оцінки рівня озелененості функціональних зон.

Завдання: проаналізувати наукові джерела та нормативні документи щодо оцінки озеленення міських територій; обґрунтувати вибір методів оцінки озелененості; оцінити ступінь озеленення функціональних зон району на основі даних дистанційного зондування та геоінформаційного аналізу; оцінити забезпеченість населення Індустріального району м. Харків рекреаційними зонами загального користування.

Методи: аналіз наукових джерел, дистанційні методи збору та обробки даних (зокрема, класифікація земного покриву), геоінформаційний аналіз, цифрова картографічна візуалізація.

ІНДУСТРІАЛЬНИЙ РАЙОН ХАРКОВА, МІСТОБУДІВНИЙ ЗОНІНГ, ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗОНИ, СТУПІНЬ ОЗЕЛЕНЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА, СУПУТНИКОВІ ЗНІМКИ, КЛАСИФІКАЦІЯ ЗЕМНОГО ПОКРИВУ.

SUMMARY

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE DEGREE OF GREENING OF FUNCTIONAL AREAS OF THE INDUSTRIAL DISTRICT OF KHARKIV

Daria KASHKABASH

Qualification work «Environmental assessment of the degree of greening of functional areas of the Industrial District of Kharkiv» contains 55 pages, 3 sections, 8 tables, 16 figures and 36 used sources.

Purpose: To conduct an environmental assessment of the degree of greening in the functional zones of the Industrialny District of Kharkiv based on land cover classification using satellite imagery and analysis of urban zoning.

Actuality of theme. The relevance of this study is driven by the need to improve the green infrastructure of Ukrainian cities, particularly the Industrial District of Kharkiv, in the context of urbanization and post-war recovery, which requires the application of modern geoinformation analysis and remote sensing methods for an objective assessment of the greenery levels in functional zones.

The objectives. To analyze scientific sources and regulatory documents on the assessment of urban greening and research methods; to justify the choice of methods for assessing urban greening; to evaluate the degree of greening in the functional zones of the Industrialny District of Kharkiv based on remote sensing data and geoinformation analysis; to assess the provision of the population of the Industrial District of Kharkiv with public recreational areas.

Methods: analysis of scientific sources, remote data collection and processing methods (including land cover classification), geoinformation analysis, and digital cartographic visualization.

INDUSTRIAL DISTRICT OF KHARKIV, URBAN ZONING,
FUNCTIONAL ZONES, GREENING DEGREE, ECOLOGICAL ASSESSMENT,
SATELLITE IMAGES, LAND COVER CLASSIFICATION.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1 Роль озеленення у формуванні екологічного стану міського середовища.....	9
1.2 Нормативно-правове підґрунтя організації та управління озелененням міст в Україні.....	16
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	18
2.1 Геоінформаційне картографування соціо-функціональної структура території за даними містобудівного зонінгу.....	18
2.2 Одержання даних дистанційного зондування Землі та їх керована класифікація.....	20
2.3 Просторовий аналіз ступеня озеленення функціональних зон...	24
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	30
3.1 Соціо-функціональна структура Індустріального району м. Харків.....	30
3.2 Типи земного покриву функціональних зон Індустріального району м. Харків.....	35
3.3 Оцінка ступеня озеленення функціональних зон Індустріального району м. Харків.....	38
3.4 Оцінка забезпеченості населення Індустріального району м. Харків рекреаційними зонами загального користування.....	44
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	50

ВСТУП

Актуальність дослідження. Сьогодні в Україні актуальною є потреба у збільшенні та покращенні якості озелених територій у містах для підвищення комфорту життя їхнього населення, що зумовлює необхідність наукових досліджень у сфері міської екології та сталого розвитку. Дослідження сучасного стану озеленення Індустріального району м. Харкова та його екологічна оцінка є особливо важливими з огляду на соціальну значущість вдосконалення міського середовища в умовах активної урбанізації та повоєнного відновлення.

Попри існування державних нормативів щодо озеленення міських територій, існує суперечність між нагальною потребою в розвитку зеленої інфраструктури міст та недостатнім застосуванням сучасних підходів до оцінки озелененості їх функціональних зон. Вирішення цієї проблеми можливе шляхом впровадження комплексних підходів до оцінки озелененості функціональних зон міста, заснованих на сучасних методах геоінформаційного аналізу та визначення земного покриття за даними дистанційного зондування. Отже, проблема цього дослідження зумовлена об'єктивними вимогами підвищення ефективності управління міським озелененням і розв'язанням проблем планування екологічного розвитку міських територій.

Об'єкт дослідження – озеленення території Індустріального району м. Харкова.

Предмет дослідження – ступінь озеленення різних функціональних зон району та його екологічна оцінка.

Мета дослідження – виконати екологічну оцінку ступеня озеленення функціональних зон Індустріального району м. Харкова на основі класифікації земного покриття за супутниковими знімками та аналізу містобудівного зонінгу.

Відповідно до поставленої мети означено **такі завдання:**

1. Проаналізувати наукові джерела та нормативно-правові документи щодо оцінки озелененості міських територій та методів її дослідження.
2. Обґрунтувати вибір методів оцінки ступеня озеленення міських територій.
3. Оцінити ступінь озеленення функціональних зон Індустріального району м. Харкова на основі даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційного аналізу.
4. Оцінити забезпеченість населення Індустріального району м. Харків рекреаційними зонами загального користування.

Методи дослідження – критичний аналіз наукових джерел, дистанційні методи збору та аналізу даних про довкілля (зокрема, класифікація земного покриву за супутниковими знімками), геоінформаційний аналіз просторових даних та методи цифрової картографічної візуалізації та картометрії.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Нормативно-правові основи організації та управління озелененням міст в Україні

Містобудівна діяльність, згідно із Законом України «Про основи містобудування» [1], є системою заходів спрямованих на формування повноцінного міського життєвого середовища, де озеленення виступає одним із ключових елементів. Саме галузь містобудування визначає нормативно-правові засади, принципи та практичні механізми інтеграції зелених зон та елементів озеленення у міський простір.

Містобудівна документація формує системний підхід до організації міського простору, де кожен рівень планування – від стратегічного до локального – визначає конкретні заходи щодо озеленення. Генеральний план населеного пункту, як основа, задає загальні принципи розвитку, включаючи розподіл функціональних зон із визначенням цільового призначення земель. План зонування території деталізує ці принципи, встановлюючи обмеження та умови використання земель, що безпосередньо визначає просторові параметри розміщення зелених зон. Документом найнижчого масштабу охопту є детальний план території, який містить конкретні практичні рішення її облаштування: визначає конфігурацію озеленення, порядок благоустрою та необхідність формування екомережі.

Описана ієрархія містобудівних документів, визначена Законом України «Про регулювання містобудівної діяльності» [2] забезпечує послідовність процесу планування озеленення міського простору з урахуванням територіальної структури його функціонального призначення (рис. 1.1).

Відповідно до принципів зонування [3], ландшафтні та рекреаційні території виділяються як окремий тип функціональних зон, що призначені

для формування та збереження озелених просторів задля зменшення антропогенного навантаження та організації відпочинку мешканців.



Рис. 1.1 – Ієрархія містобудівної документації, що визначає озеленення міських територій

В рамках ландшафтно-рекреаційного типу зон виділяють *позаміські та приміські* озеленені території, та, власне і *міські*. Позаміські та приміські озеленені території включають ліси, водойми, сільськогосподарські угіддя та інші природні об'єкти, які формують буфер між урбанізованими територіями і зовнішнім середовищем.

Озеленені території населених пунктів в свою чергу поділяються на *зони загального користування* (парки, бульвари, набережні) та *елементи озеленення та зелені насадження, інтегровані в інші функціональні зони* — наприклад, внутрішньоквартальні сквери, палісадники, "зелені" смуги вздовж магістралей тощо. До озелених територій загального користування входять

різноманітні об'єкти — від парків і скверів до штучно створених ботанічних садів та зоологічних парків.

ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» [3] встановлює рекомендації щодо нормування відсотка зелених насаджень у структурних елементах озелених територій різних функціональних зон. У табл. 1.1 наведено формалізовано визначену необхідну питому вагу зелених насаджень для типів озелених територій загального та обмеженого користування.

Таблиця 1.1

Рекомендовані норми рівня озеленення для територій загального та обмеженого користування [за 4]

Структурні елементи	Рівень озеленення, не менше %	Структурні елементи	Рівень озеленення, не менше %
1. Озеленені території загального користування		2. Озеленені території обмеженого користування	
<u>Багатофункціональні парки:</u>	65	Території житлової та житлово-громадської (мікрорайон та житловий район) забудови	25
Міські			
Районні	60		
Сади, сквери	75	<u>Земельні ділянки:</u>	
Бульвари	60	Закладів дошкільної освіти	45
Міські лісопарки	80	Інших закладів освіти	50
<u>Спеціалізовані парки:</u>		Культурно-дозвілних закладів	40
Дітячі	40	Спортивних, фізкультурних майданчиків	30
Спортивні	15	Закладів охорони здоров'я	55
Меморіальні	30	Курортно-рекреаційних закладів	60
Зоологічні	40		
Ботанічні	55		
Виставкові	50		
Музеї архітектури та побуту	60		
Атракціони, парки архітектурних мініатюр	45		
Гольф-поля	75		

Варто зазначити, що озеленення є важливою складовою комплексних робіт з благоустрою населених пунктів, виконуючи не лише естетичну, але й функціональну роль у формуванні здорового та комфортного середовища [5]. Згідно із Законом України «Про благоустрій населених пунктів» [6], благоустрій охоплює широкий спектр заходів: від інженерного захисту та санітарного очищення до соціально-економічних ініціатив. Серед них озеленення виділяється як стратегічний інструмент впливу на мікроклімат,

зниження рівня шуму та покращення якості повітря, що безпосередньо відображається у покращенні життєдіяльності мешканців.

Діяльність із утримання об'єктів благоустрою, її зміст та порядок, регулюється положеннями статті 15 Закону України «Про благоустрій населених пунктів», а також Порядком організації ремонтних робіт і технічного обслуговування цих об'єктів [7]. До об'єктів благоустрою, згідно зі ст. 13 Закону [6], належать в тому числі і озеленені території загального користування, такі як парки, сквери, бульвари, набережні тощо.

Таким чином, озеленення не є суто виключно екологічним заходом, а скоріше – системною складовою міського розвитку, що покликана забезпечити сталість міського середовища.

Інтегруючий та комплексний характер озеленення як складової урбо простору особливо яскраво проявляється під час його залучення до організації вуличних просторів. Зелені насадження вздовж магістралей та доріг не лише зменшують рівень шуму та забруднення повітря через фільтрацію пилу і газів, а й покращують мікроклімат, збільшуючи вологість і створюючи тіньові зони. Вибір рослинності ґрунтується на адаптації до місцевих умов: дерева та чагарники з підвищеною пиле- та газостійкістю формують живі бар'єри, які одночасно відповідають архітектурним вимогам і забезпечують безпеку руху — наприклад, уникають загородження огляду на перехрестях або обмежують висоту насаджень біля пішохідних переходів [8].

Система управління міським озелененням передбачає обов'язковий інвентарний облік усіх видів зелених насаджень, включаючи дерева, кущі, газони та квітники, з метою формування комплексної інформаційної бази. Цей процес регулюється нормативними актами [9] та спрямований на отримання точних кількісних і якісних даних, що дозволяють оцінити стан рослинності, відстежити дотримання функціонального призначення територій та розробити стратегії раціонального використання ресурсів. Згідно з чинними вимогами, облік здійснюється органами місцевого

самоврядування, балансоутримувачами, юридичними та фізичними особами, які володіють або користуються відповідними земельними ділянками.

Створення єдиного реєстру зелених насаджень населеного пункту, що міститиме комплексні та достовірні дані щодо них, здатно забезпечити:

- моніторинг динаміки стану та чисельності зелених насаджень на рівні міст і сіл;
- планування політики щодо збереження, розвитку та захисту рослинного покриву населеного пункту;
- розробку цільових програм для оптимізації зелених зон у контексті урбаністичного розвитку.

Управління міським озелененням ґрунтується на чіткому розмежуванні понять, що визначають рівні, механізми та цілі взаємодії з природними та антропогенними елементами міського середовища. Центральним терміном є *озеленення населених місць* — комплексний процес, що охоплює створення, використання та збереження зелених насаджень. Ця категорія інтегрує як практичні дії (наприклад, посадку дерев, формування газонів), так і стратегічне планування, спрямоване на забезпечення екологічної стійкості міської зеленої інфраструктури.

Безпосередньою реалізацією цього процесу втілюється у *зелене будівництво* — сукупність технічних та організаційних заходів, спрямованих на створення нових об'єктів (парків, скверів) або на модернізацію існуючих. *Об'єкт озеленення* уособлює собою операційний об'єкт будівництва — територію, де здійснюються капітальні або поточні роботи.

Результатом зеленого будівництва є формування *озелених територій* — просторів, де природні та штучні ландшафти (сади, лісопарки, квітники) поєднуються для виконання екологічних, естетичних і соціальних функцій. Серед них особливе місце займають *рекреаційні зони*, які спеціалізуються на організації відпочинку мешканців. Вони створюються з урахуванням потреб у психоемоційному відновленні, фізичній активності та соціальній взаємодії, що робить їх невід'ємною частиною соціальної інфраструктури міста.

Затверджені Мінбуд України «Правила утримання зелених насаджень у населених пунктах України» [9] закріплюють нормативне визначення поняття «зелені насадження», передбачають їх класифікацію на три категорії (за критеріями доступності та функціонального призначення) та надають систематизований перелік об'єктів озеленення сучасного міста. Далі буде проведено детальний аналіз кожної з цих структурних складових даного документу.

Поняття «зелені насадження» визначається як рослинність (деревна, чагарникова, квіткова, трав'яна) різного походження (природного, штучного), що розміщується в межах визначеної території населеного пункту [10].

Зелені насадження в міському середовищі класифікуються на три категорії за рівнем доступності та функціональним призначенням (рис. 1.2), що підкреслює різнобічність функцій зелених насаджень у формуванні стійкого та комфортного міського середовища.



Рис. 1.2 – Класифікація зелених насаджень населених пунктів за рівнем доступності та функціональним призначенням [на основі 10]

Загалом же, згаданими вище нормативними вимогами утримання, закріплених Мінрегіоном України, у населених пунктах передбачено

визначення вичерпного переліку можливих видів об'єктів міського озеленення. Цей перелік візуалізований на рис. 1.3, структурований на 5 груп для аналізу їх функціональної ролі в міському середовищі.

Рекреаційні зони	Природні та лісові зони	Елементи озеленення	Архітектурні елементи
Парк	Лугопарк	Вертикальне озеленення	Малі архітектурні форми
Гідропарк	Лісопарк	Вуличні насадження	Спеціалізовані зони
Сквер	Міський ліс	Газон	Ботанічні сади
Сади		Квітник	Санітарно-захисна зона
Бульвар	Гай	Клумби	Буферна зона
		Рабатки	

Рис. 1.3 – Різноманіття об'єктів озеленення населених пунктів [за 10]

Видалення зелених насаджень регулюється нормативним документально визначеним порядком [11] базою та технічними нормативами і допустиме у наступних випадках:

- проведення будівництва та робіт із інфраструктурні ремонту інженерних мереж (електропостачання, водопровід, каналізація);
- приведення до санітарно-екологічних вимог відновлення світлового режиму в житлових приміщеннях, видалення самотійної порослі, дотримання норм безпеки в охоронних зонах ЛЕП, трансформаторних підстанцій тощо;
- видалення дерев, які досягли вікової межі або пошкоджені через природні процеси;
- господарської діяльності на територіях розсадників декоративних рослин або у зв'язку з експлуатаційними потребами.

Оцінка комплексних зелених зон у міському середовищі здійснюється через два ключові індикатори: норму озеленення та ступінь озеленення. Норма озеленення відображає доступність громадських зелених просторів для населення, розраховуючись як площа озелених територій загального

користування, що припадає на одного мешканця. Цей показник слугує своєрідним інструментом для аналізу соціальної справедливості у розподілі рекреаційних ресурсів. Ступінь озеленення, в свою чергу, визначає частку зелених територій у структурі міста, обчислюючись як відношення їх площі до загальної площі міста, окремих адміністративних одиниць або функціональних зон (у відсотках). Він є критичним для оцінки екологічної стійкості, оскільки демонструє баланс між урбанізованими та природними ландшафтами.

Разом з тим, обчислення цих показників супроводжується значними труднощами через недосконалість систематизації та фрагментарність реєстрів зелених насаджень, які часто не враховують динаміку змін у міських системах. Існуючі методи збору даних нерідко відстають від потреб сучасного планування, що знижує точність аналізу. У подоланні цих обмежень перспективним вбачаються застосування аналізу даних дистанційного зондування, адже технології дозволяють уточнювати інформацію про площі, стан і розподіл зелених насаджень у реальному часі, автоматизувати процеси інвентаризації та інтегрувати дані в єдину цифрову платформу для стратегічного управління міським середовищем.

1.2 Роль озеленення у формуванні екологічного стану міського середовища

Міські зелені насадження є ключовим інструментом екологічної політики розвитку міст, що підтверджується їхнім комплексним впливом на урбанізоване середовище (табл. 1.2). та покращення якості життя мешканців. Сучасне розуміння цих функцій часто відображається в концепції екосистемних послуг [12-14], а саме озеленення – в політиці розробки стратегій зеленої інфраструктури, що забезпечує інтеграцію екологічних вимог у містобудівні норми як основу для стійкого розвитку міст.

Таблиця 1.2

Екологічні функції міських зелених насаджень
(укладено за [7, 12, 13, 15-30])

Аспект впливу	Механізм дії	Екологічний ефект	Наукові дослідження, автори
Покращення якості повітря	Поглинання CO ₂ , фільтрація пилу, токсичних речовин (NO ₂ , SO ₂) та виділення кисню.	Зменшення концентрації забруднювачів, запобігання "міським тепловим островам".	Косик О. І., Летік К.В. (2021), Фалько В.В. (2022)
Регулювання мікроклімату	Тінь від дерев знижує температуру, транспірація збільшує вологість.	Зменшення енерговитрат на кондиціонування, запобігання перегріву міських поверхонь.	Глущенко М. В. та інш. (2024), Гусєва К. Д., Сафранов Т. А. (2023), Пацева І та інш. (2022),
Шумозахисна функція	Звукопоглинання листям та гілками дерев, формування "зелених бар'єрів".	Зниження рівня шуму на 10-15 дБ у зонах із щільними насадженнями.	Назар Б. Ж., Антоняк Г. Л. (2025), Корогода Н.П. (2023), Кузик І.Р. (2021),
Збереження біорізноманіття	Створення еко-коридорів, місць проживання тварин, комах, птахів.	Підтримка популяцій міської фауни, збалансованість екосистем.	Корогода Н. П. (2024), Кунах О.М., Йоркіна Н.В.(2021)
Водо-регулююча функція	Затримання опадів коренями, запобігання повеням, природний дренаж.	Зменшення навантаження на каналізаційні системи, запобігання ерозії ґрунтів.	Потоцька С. О., Аравін П. А. (2025), Вишенська І. Г., Мельник Є. Є. (2024), Міхєєнко В. М. (2024), Гречко А.А. (2022),
Регулювання колообігу карбону	Депонування вуглецю в біомасі дерев та ґрунті.	Пом'якшення кліматичних змін через зменшення викидів CO ₂ .	Товстуха Д.І., Євтушенко Е.О. (2024), Максименко Н. В., Бурченко С. В. та інш. (2023)

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Геоінформаційне картографування соціо-функціональної структури міста за даними містобудівного зонінгу

Процес підготовки просторових даних для аналізу міської структури Харкова було розпочато з імпорту растрових зображень планшетів Генерального плану міста 2019 року до програмного середовища геоінформаційної системи. Відсутність географічної прив'язки у вихідних даних вимагало попередньої процедури географічної прив'язки, яка здійснювалась шляхом трансформації за опорними точками. В якості реперів використовувались характерні точки міської інфраструктури, такі як перехрестя магістралей та інші чітко ідентифіковані об'єкти, координати яких були взяті з базового шару-підкладки відкритої векторної карти OpenStreetMap. Таким чином зображення було географічно прив'язано та трансформовано для подальшої роботи (рис 2.1).

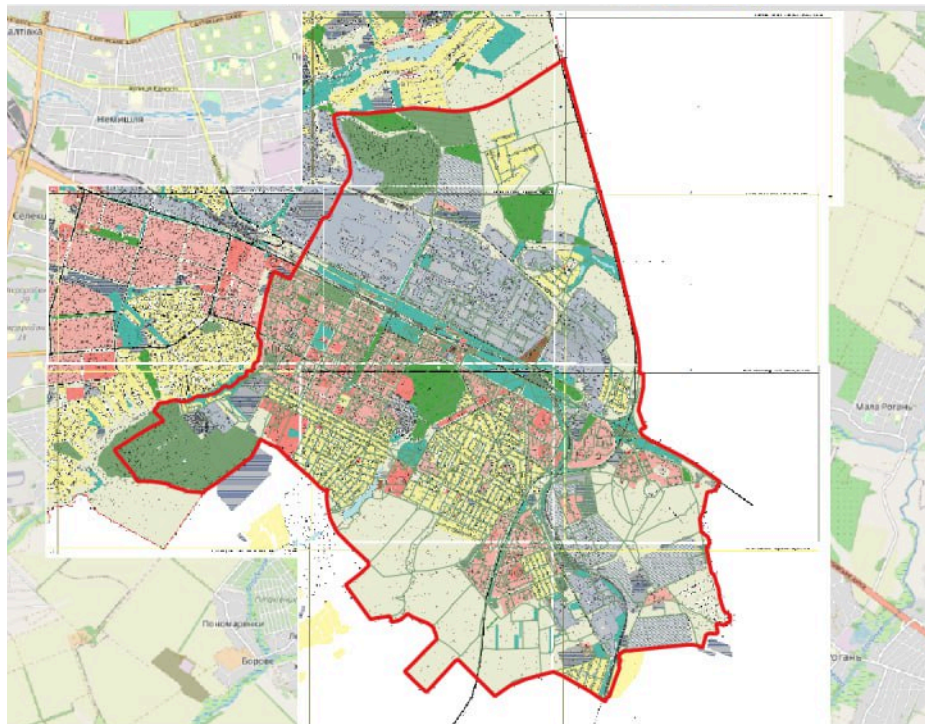


Рис. 2.1 – Прив'язані фрагменти Генерального плану м. Харків 2019 р.

Після здійснення геоприв'язки виконувався етап експорту векторних даних міської транспортної мережі. Використовуючи спеціалізований плагін QGIS «QuickMapService», виконано завантаження векторних шарів дорожньої інфраструктури, включаючи автомагістралі, шосе та міські вулиці. Виняток становили лише об'єкти ненормованої мережі – пішохідні стежки, неформальні внутрішньоквартальні проходи тощо.

Наступним етапом роботи стало створення буферних зон навколо оцифрованих доріг. Радіус буферизації визначався індивідуально для кожного типу об'єкту дорожньої інфраструктури на основі проведення картометричних вимірювань. Після завершення процесу буферизації всіх доріг у межах досліджуваної території, окремі буферні зони об'єднувались в єдиний полігональний шар за допомогою інструментів геообробки векторних шарів.

Фінальним кроком цього етапу дослідження було створення векторних полігонів для кожної ділянки функціональних зон району. Для цього у попередньо створеному векторному шарі, що відображав межі досліджуваного району, застосовувалась операція «Clip» - вирізання об'єднаних буферних зон доріг. В результаті було створено замкнуті полігональні об'єкти, які відповідають окремим функціональним зонам району (рис. 2.2).



Рис. 2.2 – Результат векторизації функціональних зон, створених методом вирізання буферами доріг

Кожному з утворених векторних полігонів функціональних зон через атрибутивну таблицю надавалось функціональне призначення – назву відповідної функціональної зони, згідно з даними Генерального плану. Це дозволило створити структуровану векторну базу даних для виконання подальшого аналізу.

2.2 Одержання даних дистанційного зондування Землі та їх керована класифікація

У процесі виконання дослідження було використано дані дистанційного зондування Землі, отримані з відкритих джерел загальноєвропейської програми «Copernicus», яка є ключовим інструментом моніторингу стану навколишнього середовища. Програма «Copernicus» — це складова частина космічної програми Європейського Союзу, спрямована на систематичне спостереження за Землею з метою підтримки екологічного моніторингу, кризового реагування та забезпечення безпеки. Вона надає широкий спектр інформаційних послуг, що базуються на поєднанні супутникових спостережень та наземних (in-situ) даних.

Для отримання необхідних даних дистанційного зондування було використано супутниковий знімок місії «Sentinel-2», яка спеціально розроблена для моніторингу поверхні Землі. Супутник забезпечує регулярну зйомку з високою просторовою роздільною здатністю та дає змогу здійснювати багатоспектральний аналіз. «Sentinel-2» оснащений мультиспектральною камерою, яка охоплює 13 спектральних діапазонів — від видимого та ближнього інфрачервоного до короткохвильового інфрачервоного. Це забезпечує можливість точного та комплексного аналізу стану рослинності, ґрунтів, водних об'єктів і урбанізованих територій. Отримані дані стали основою для подальшої класифікації територій відповідно до цілей дослідження.

Першим кроком під час роботи з платформою «Copernicus» є встановлення часових меж пошуку супутникових знімків. У відповідному полі інтерфейсу зазначається конкретна дата або часовий інтервал, за який необхідно отримати зображення. Оптимальним періодом для аналізу стану рослинності вважається травень – жовтень (рис. 2.3), оскільки в цей час спостерігається відсутність снігового покриву, що дає змогу точно оцінити стан ґрунтів і рослинного покриву.



Рис. 2.3 – Графік інтенсивності нарощування біомаси протягом сезону

На цьому етапі варто відмітити необхідність врахування часу проходження супутника над певною територією, оскільки для певних регіонів може бути характерна більша кількість знімків через вищу частоту повторного охоплення. Для України повторне охоплення території супутниками «Sentinel-2» у середньому становить п'ять днів, тому важливо було правильно вибрати діапазон дат, аби мати більший вибір серед знімків із прийнятним рівнем хмарності.

Крім того, сприятливі погодні умови зменшують вплив хмарності, а рослинність досягає піку своєї біомаси, що є критичним для екологічного аналізу. Наступним важливим етапом є встановлення фільтра за хмарністю. У полі «Cloud coverage» задається допустимий рівень, наприклад, до 30%, що дозволяє виключити з аналізу знімки з надмірною кількістю хмар. Цей

параметр є особливо важливим для досліджень, що стосуються аналізу стану земної поверхні та вегетації.

Для забезпечення максимально високої якості аналізу також виконувався попередній перегляд мініатюр («preview») обраних знімків під час вибору цільового знімку для подальшої роботи. Це відбувалось безпосередньо у вікні платформи для візуальної перевірки рівня хмарності, оскільки автоматичні оцінки можуть іноді бути неточними або заниженими.

Далі здійснюється перехід до розділу «Data Collections», де обирається відповідний супутниковий набір. У межах цього дослідження було використано набір «Sentinel-2» L2A, який містить атмосферно скориговані зображення з високою роздільною здатністю. Дані рівня L2A позбавлені атмосферних спотворень, що виникають внаслідок розсіювання та поглинання світла, і є придатними для детального тематичного аналізу. Ці дані доступні глобально починаючи з березня 2017 року.

Після остаточного вибору знімка із відповідними параметрами користувач має можливість завантажити його у форматі, придатному для подальшої обробки у геоінформаційних системах. Як правило, це архів із декількома растровими шарами каналів супутникового знімку у форматі JPEG або GeoTIFF, які зберігають просторову прив'язку і дозволяє безпосередньо імпортувати зображення до програмного середовища, такого як ArcGIS Pro або QGIS.

Для виконання операцій геінформаційного аналізу було обрано супутниковий знімок із назвою S2A_MSIL2A_20240709T083601_N0510_R064_T37UCR_20240709T114354. Назва файлу містить закодовану інформацію про параметри зйомки, сенсори, рівень корекції, орбітальні координати та інші характеристики (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Основні параметри обраного для аналізу супутникового знімку

Код у назві знімку	Значення	Опис
S2A	Sentinel-2A	Супутник серії Sentinel-2 (може бути S2B – Sentinel-2B)
MSIL2A	MSI (MultiSpectral Instrument) Level-2A	Дані від мультиспектрального приладу, атмосферно корегований продукт (рівень обробки L2A)
20240709T083601	2024-07-09 08:36:01 UTC	Точна дата та час зйомки у форматі ISO 8601
N0510	Processing Baseline 05.10	Версія алгоритму обробки даних (номер процесування)
R064	Relative Orbit 064	Відносний номер орбіти супутника
T37UCR	Tile ID 37UCR	Ідентифікатор тайла (зони 100×100 км у системі MGRS).
20240709T114354	2024-07-09 11:43:54 UTC	Дата та час створення кінцевого продукту (час обробки)

Після завантаження растрових шарів супутникового знімку, було створено композитне зображення, яке дозволило здійснювати як подальшу класифікацію, так і виконувати операції візуального аналізу. Через цей інтерфейс підбиралися комбінації каналів супутникового знімку, що інтерпретовали його зміст на екрані: які спектральні діапазони використовуються, як вони комбінуються, та яку інформацію відображають. У межах дослідження, передусім, використовувалась комбінація каналів «True Color», яка використовує канали червоного, зеленого та синього спектрів видимого світла. Це дозволяє створити візуалізацію, максимально наближену до того, як поверхню Землі бачить людське око. Однак у випадках, коли дослідження потребувало більш глибокого аналізу рослинності або вологості ґрунтів, використовувались альтернативні комбінації каналів, зокрема з використанням ближнього інфрачервоного діапазону, зокрема «Color Infrared», що допомогло підсилити візуальні відмінності між типами земного покриття, особливо у зонах із щільною рослинністю або змішаним покриттям.

2.3 Просторовий аналіз ступеня озеленення функціональних зон

Для класифікації типів земного покриття на території Індустріального району м. Харків було використано програмне забезпечення ArcGIS Pro із модулем «Imagery». Загальний алгоритм базових кроків виконання керованої класифікації подано на рис 2.4.

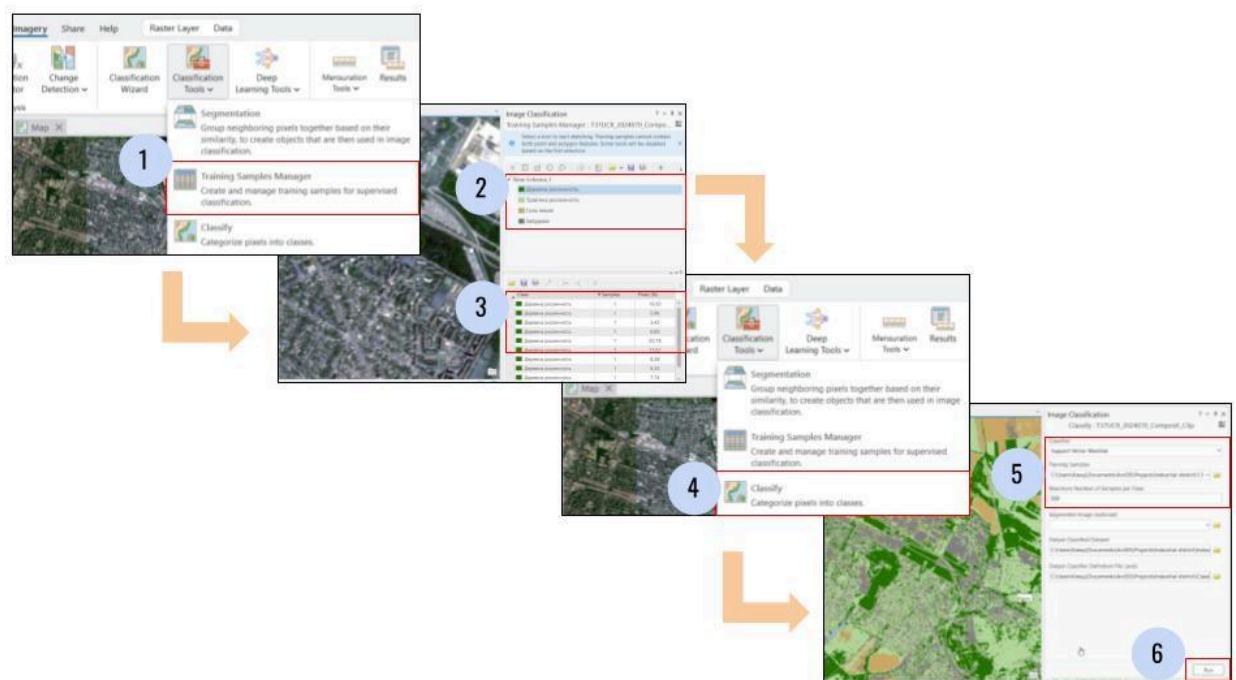


Рис. 2.4 – Етапи класифікаційної роботи у ArcGIS Pro

Основним інструментарієм для виконання класифікації став набір функцій «Classification Tools», зокрема інструмент «Training Samples Manager», на рис 2.4 цей крок відображений під номером (1), за допомогою якого було створено схему класів земного покриття для подальшої роботи з супутниковим знімком. До складу схеми були включені такі типи земного покриття (2): деревна рослинність, трав'яна рослинність, відкриті ґрунти, забудова/штучні поверхні та водні об'єкти. Для кожного з типів було присвоєно відповідний числовий код і колір, а саме: деревна рослинність — 1, трав'яна рослинність — 2, відкриті ґрунти — 3, забудова/штучні поверхні — 4, водні об'єкти — 5.

Після створення класифікаційної схеми вручну було відібрано навчальні приклади («training samples») для кожного із зазначених класів. Відбір здійснювався безпосередньо з супутникового знімка на основі візуального аналізу, при цьому для кожного типу було позначено від 20 до 40 прикладів (3). Ці навчальні зразки слугували основою для алгоритму класифікації, що дозволило програмі орієнтуватися в характерних особливостях кожного класу земного покриття.

Наступним кроком стало застосування інструмента «Classify» (4) з того ж модуля «Classification Tools», який виконує автоматичну класифікацію усієї території супутникового знімка на основі відібраних користувачем навчальних зразків. У полі «Classifier» було обрано метод «Support Vector Machine» (SVM), що є одним із найпоширеніших та найефективніших методів машинного навчання для класифікаційних завдань, а в полі «Training Samples» (5) — зазначено набір навчальних зразків, які були створені вручну. Після активації команди «Run» (6) ArcGIS Pro здійснює класифікацію зображення, в результаті чого формується карта, де кожен піксель віднесений до одного з п'яти визначених класів земного покриття відповідно до поданої схеми.

Після отримання класифікованого зображення було проведено оцінку точності результатів класифікації. Для цього у модулі «Analysis» слід скористатися інструментом «Create Accuracy Assessment Points», який генерує випадкові точки по всій території класифікованого зображення. У полі «Number of Random Points» зазначається кількість точок, що будуть використані для оцінки точності — наприклад, 159. Більший обсяг вибірки підвищує статистичну значущість результатів, дає змогу надійніше оцінити як загальну точність класифікації (через коефіцієнт Карра), так і точність окремих класів (через «User's та Producer's Accuracy»). Це операція дозволяє виявити систематичні помилки класифікації та зрозуміти, які типи покриттів потребують уточнення навчальних зразків або коригування параметрів

алгоритму. Програма автоматично розміщує вказану кількість точок, прив'язуючи їх до відповідних пікселів з класифікованим значенням.

Після цього відбувалась робота з атрибутивною таблицею шару зі згенерованими точками для проведення оцінки. У таблиці містяться два важливих стовпці: «Classified» та «GrndTruth». Стовпчик «Classified» демонструє результат класифікації програми, тобто номер класу, до якого віднесено відповідний піксель під точкою. Натомість стовпчик «GrndTruth» початково містить значення «-1», що означає, що істинне значення ще не встановлене. Оператор проведення аналізу вручну переглядає зображення під кожною з 159 точок і, спираючись на візуальний аналіз, визначає реальний клас земного покриття в цьому місці, після чого вписує відповідний номер у поле «GrndTruth». Таким чином, формується незалежна вибірка істинних значень, яка використовується для перевірки точності автоматичної класифікації.

Фінальним етапом є обчислення матриці помилок («confusion matrix»), яка надає кількісну оцінку якості класифікації. Для цього знову переходять у модуль «Analysis», обирають «Tools» та інструмент «Compute Confusion Matrix2». У полі «Input Assessment Points» вказується шар з точками, у якому стовпчик «GrndTruth» вже заповнений вручну. Після запуску інструмента ArcGIS Pro формує шар із таблицею, що містить результати оцінки точності. Найважливішими показниками цієї таблиці є «User's Accuracy» («U_Accuracy»), «Producer's Accuracy» («P_Accuracy») та «Kappa».

Показник «User's Accuracy» («U_Accuracy») ілюструє ймовірність того, що піксель, класифікований програмою як певний клас, дійсно є представником цього класу — тобто він показує частоту помилок надмірної класифікації. Значення показника «Producer's Accuracy» («P_Accuracy»), навпаки, демонструє, наскільки успішно програма змогла виявити усі пікселі певного класу — показує частоту помилок пропуску.

Обидва показника «User's Accuracy та Producer's Accuracy» слугують для визначення рівня відповідності класифікованих пікселів реальним типам

земного покриву, проте вони базуються на різних принципах і відображають точність з різних позицій.

Показник «Карра» (коефіцієнт Каппа) є узагальненою метрикою, яка враховує як точність класифікації, так і випадкову відповідність, і служить комплексним індикатором якості всього класифікаційного процесу. Значення коефіцієнта Карра, отримані при моделюванні картографічних матеріалів, підлягають інтерпретації згідно з запропонованою ними класифікаційною шкалою, яка детально представлена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Інтерпретація коефіцієнта Карра (укладено за [31])

Карра	Трактування
<0	Немає збігів
0,0-0,2	Незначні збіги
0,21-0,40	Задовільний рівень збігів
0,41-0,60	Середній рівень збігів
0,61-0,80	Значний збіг
0,81-1,00	Майже ідеальний збіг

Для оцінки ступеня озеленення функціональних зон використовувався інструмент ArcGIS Desktop під назвою «Tabulate Area». Цей інструмент спеціально розроблений для розрахунку площ різних класів растрового зображення в межах заданих зон, зокрема, таких як міські квартали. Процедура аналізу розпочалася з відкриття модуля «Spatial Analyst Tool», де через розділ «Zonal» був обраний інструмент «Tabulate Area».

У параметрі «Input raster or feature zone data» обрано векторний шар, який містив межі кварталів, попередньо класифікованих за їх соціо-функціональним призначенням. У полі «Zone field» вказувався

унікальний ідентифікатор кожного кварталу — наприклад, атрибут з назвою «ID». Далі, у полі «Input raster or feature class data» задано растровий шар, створений в результаті попередньої класифікації типів земельного покриття для досліджуваної території. У полі «Class field» зазначено атрибут, який містив коди класів земельного покриття — наприклад, поле value.

Поле «Output table» потребувало визначення шляху до файлу вихідної таблиці, яка повинна була містити результати просторового аналізу. Після запуску інструменту отримано таблицю, в якій для кожного кварталу була вказана площа, зайнята кожним типом земельного покриття, що дало змогу оцінити рівень озеленення в межах окремих функціональних зон.

Для забезпечення наочності та зручності аналізу отриманих даних здійснено перетворення абсолютних площ у відносні величини, процес якого зображений на рис 2.5.

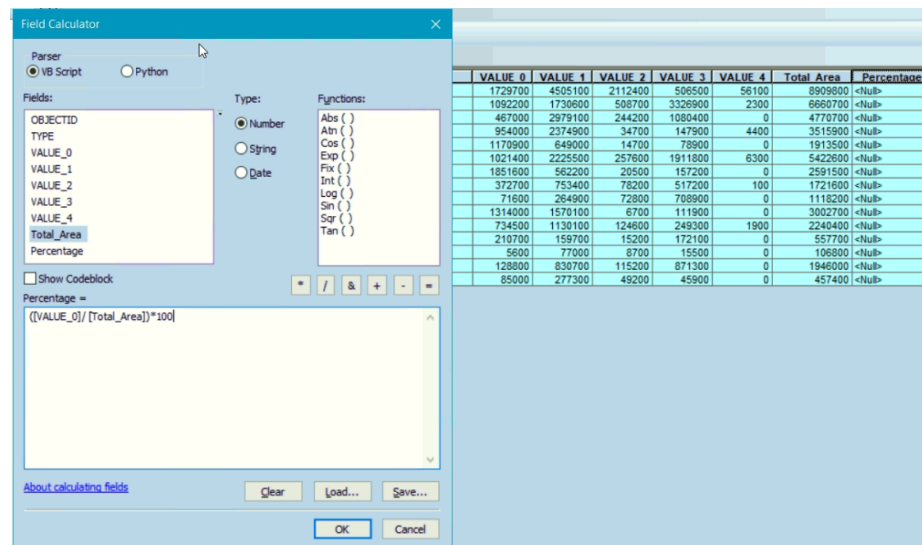


Рис. 2.5 – Етап визначення площ в інтерфейсі інструменту «Field Calculator»

З цією метою до атрибутивної таблиці було додано поле «Total_Area», яке містило сумарну площу всіх класів земельного покриття для кожного кварталу. Далі створено поле «Percentage», у якому за допомогою формули (1) обчислювався відсоток кожного типу покриття відносно загальної площі кварталу.

$$(Area / Total_Area) * 100, \quad (1)$$

де Area – площа, зайнята певним типом земного покриву в межах території дослідження;

Total_Area – загальна площа території дослідження (типу або окремої ділянки функціональної зони).

Для автоматизації процесу картометричних обчислень було використано інструмент «Calculate Field», що забезпечив швидкість та ефективність здійснення розрахунків.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ОЗЕЛЕНЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗОН ІНДУСТРІАЛЬНОГО РАЙОНУ М. ХАРКОВА

3.1 Соціо-функціональна структура території

Дослідження соціо-функціональної територіальної структури Індустріального району м. Харків здійснювалось на основі визначених основним кресленням генерального плану міста зон різного призначення з уточненнями та результатів попередніх наукових досліджень [32]. Всього в межах території виявлено 14 типів функціональних зон, просторова конфігурація яких відображена на рисунку 3.1. Уявлення про диференціацію соціо-функціональної структури території дослідження можна скласти з таблиці 3.1, що містить як загальні площі кожного типу функціональних зон, так і їх частками від загальної площі району.

Забудовані території переважно селищного призначення в Індустріальному районі м. Харків представлені функціональними зонами трьох типів: громадські зони, а також зони житлова багатоквартирної та садибної забудови.

Громадські зони займають найменшу частку серед функціональних зон цього типу - всього 3,83% від території району (173,49 га). Представлено цей тип зони земельними ділянками, що використовуються для розташування будівель адміністративного, ділового, фінансового, торговельного та культурно-просвітницького призначення. Зокрема, на території дослідження розміщуються значна кількість закладів охорони здоров'я: масив медичного комплексу обласної туберкульозної лікарні №3, міського клінічного пологового будинку №6, міської дитячої поліклініки №16 та міської клінічної лікарні №16; міська клінічна багатопрофільна лікарня №25, дитяча стоматологічна лікарня тощо.

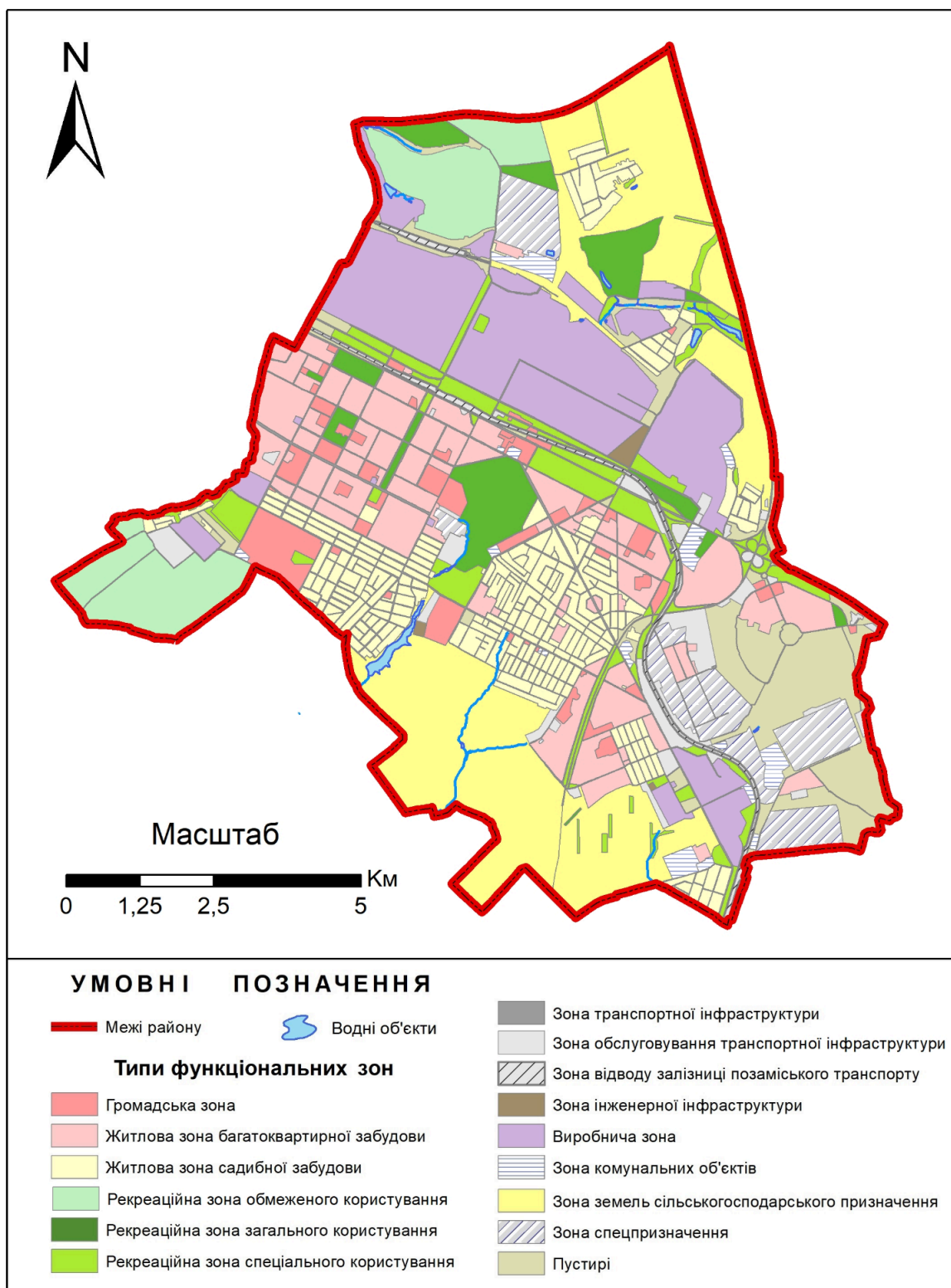


Рис. 3.1 – Соціо-функціональна структура Індустріального району м. Харків

Таблиця 3.1

Функціональні зони Індустріального району м. Харків

№	Назва функціональної зони	Площа функціональної зони (га)	Частка від загальної площі району(%)
1	Громадська зона	173,49	3,83
2	Житлова зона багатоквартирної забудови	545,98	12,06
3	Житлова зона садибної забудови	480,54	10,62
4	Рекреаційна зона обмеженого користування	302,48	6,68
5	Рекреаційна зона загального користування	192,91	4,26
6	Рекреаційна зона спеціального користування	261,50	5,78
7	Зона транспортної інфраструктури	196,21	4,33
8	Зона обслуговування транспортної інфраструктури	112,81	2,49
9	Зона відводу залізниці позаміського транспорту	46,00	1,02
10	Зона інженерної інфраструктури	10,74	0,24
11	Виробнича зона	671,05	14,82
12	Зона комунальних об'єктів	56,27	1,24
13	Зона земель сільськогосподарського призначення	897,28	19,82
14	Зона спецпризначення	225,68	4,99
15	Пустирі	353,92	7,82
Разом		4526,86	100,00

Також, громадські зони представляють території закладів загальної середньої (гімназії, ліцеї, гімназичний інтернат, санаторна школа) та профільної технічної освіти (машинобудівний коледж, професійно-технічний коледж №1), культурно-освітній центр «ДК «ХТЗ», спортивний комплекс та

дитячо-юнацька спортивна школа «Восток», ринки та торгівельні площі маркетів харчових й побутових товарів тощо.

Житлові зони багатоквартирної забудови займають 545,98 га, що відповідно становить 12,06% від загальної площі району. Переважно ці зони поширені у західній та південно-західній частинах району. Основним типом використання є селищна функція, проте, часто як супутній вид можна зустріти земельні ділянки з будівлями, що мають й громадське використання.

Житлові зони садибної забудови лише трохи поступається у величині багатоквартирній забудові й становить 10,62% (480,54 га). Типовий вид використання земельних ділянок цієї зони проявляється у розташуванні на них житлових одноквартирних будинків із земельними ділянками або заблокованих житлових будинків на сусідніх земельних ділянках.

Озеленені території переважного рекреаційного використання репрезентовані трьома типами функціональних рекреаційних зон: обмеженого, загального та спеціального користування.

Рекреаційна зона обмеженого користування переважно локалізовані на північно-західних та південно-західних частинах Індустріального району, поблизу його меж. Загалом, території рекреаційна зона обмеженого користування займають площу 302,48 га, що становить 6,68% району. Цей тип зони представляють переважно ділянки, зайняті дачними кооперативами, які характеризуються високим рівнем озеленення та присутністю будівель, що, як правило, мають сезонне селищне використання.

Рекреаційні зони загального користування являють собою здебільшого сквери («Олександрівський», «Тракторозаводський», «Гулівер» тощо) та парки, серед яких найбільший «Зелений гай» (47 га). Сумарно зони загальної рекреації займають 192,91 га (4,26%).

Рекреаційна зона спеціального користування представлена санітарно-захисними насадженнями вздовж доріг, полезахисними лісосмугами та кладовищами. Загальна площа територій цього типу зони становить 261,50 га (5,78%).

На території Індустріального району виділено три типи зон, які мають переважне транспортне використання: зона транспортної інфраструктури, зона обслуговування транспортної інфраструктури та зона відводу залізничі позаміського транспорту. Зони транспортної інфраструктури - це території вулиць та асфальтованих автомобільних доріг. Загалом території цього типу займають 196,21 га (4,33%). Зона обслуговування транспортної інфраструктури займає 112,81 га, що складає 2,49% від площі адміністративного району, та представлена земельними ділянками на яких розміщені СТО, великі стоянки, гаражні кооперативи та установи транспортного господарства. Зона відводу залізничі позаміського транспорту в межах району займає 46,00 га (1,02%) та використовуються для обслуговування залізничного вузла Харківської дирекції Південної залізничі Куп'янського напрямку.

Зони інженерної інфраструктури мають найменше територіальне поширення з усіх перелічених функціональних зон та займають всього 10,74 га (0,24%). В межах цих зон розміщені інфраструктурні об'єкти електромережі, тепломереж, каналізації, водопостачання тощо.

Значне територіальне поширення мають виробничі зони, що сукупно займають 671,05 га. Це дозволяє визначити їх як тип функціональних зон із домінантним просторовим поширенням (14,82%). До цих зон відносяться території промислових підприємств, серед яких найбільшими є ПАТ «Харківський верстатобудівний завод», ПАТ «Харківський підшипниковий завод», ПРАТ «АТП 16329», ПАТ «Харківський плитковий завод», СП «ХЕМЗ-ІРЕС», «Харківський дослідний цементний завод», ВАТ «АТП 16331», ПП «Техпромбізнес», «Харківський молочний комбінат», «Роганський м'ясокомбінат», ПФ «Галс» - Вода «Роганська», ТОВ «Деліверіс Харків-1», ТОВ «Харківський картон», ТОВ «Еладаполіграф», САН «ІнБев Україна - Пивзавод «Рогань», АТП 16363, Спільне українсько-британське підприємство «Українська чайна фабрика ахмад ті», АТ «РТС».

Зона комунальних об'єктів сумарно займає площу в 56,27 га (1,24%) та представлена земельними ділянками, зайнятими комунальними підприємствами різного профілю.

Зона спецпризначення складає 225,68 га (4,99%) і до них входять території, функціональне призначення яких відноситься до забезпечення військових, режимних об'єктів та пенітенціарних установ.

Зони земель сільськогосподарського призначення охоплюють найбільший обсяг територій на північному сході та півдні Індустріального району та займають 897,28 га, що становить 19,82%, зайняті переважно полями.

Пустирі здебільшого локалізуються на південному сході району близько до його меж і налічують 353,92 га, 7,82% від загальної площі району, представлені пустими ділянками з можливістю подальшої забудови і розвитку у функціональну зону.

3.2 Типи земного покриття функціональних зон

Для проведення класифікації типів земного покриття на території Індустріального району м. Харкова було використано програмне забезпечення ArcGIS Pro. У ході дослідження було виокремлено п'ять основних класів земного покриття, які є найбільш репрезентативними для території дослідження, а саме:

- деревна рослинність – території, вкриті деревами або іншими високими багаторічними рослинами з дерев'янистим стовбуром;
- трав'яна рослинність – ділянки, де переважають низькорослі рослини без дерев'янистого стовбура, такі як злаки, трави чи чагарники;
- відкритий ґрунт – земна поверхня без суцільного рослинного покриття, часто рілля або ділянки після збирання врожаю;

- забудова / штучні поверхні – це всі території, які змінені діяльністю людини та вкриті матеріалами штучного походження. До них належать житлові масиви з багатоповерхівками чи приватними будинками, промислові об'єкти на кшталт заводів і складів, дороги з асфальтовим чи бруківковим покриттям, тротуари, площі, мости тощо;
- водні об'єкти – усі природні або штучні водойми, зокрема річки, озера, моря, ставки й канали, які вкривають поверхню водою.

Територіальний розподіл різних видів земного покриття на поверхні Індустріального району, що отриманий в результаті керованої класифікації супутникового знімку, подано на рис. 3.2.



Рис. 3.2 – Класифікація типів земного покриття на супутниковому знімку

Для перевірки достовірності результатів класифікації також було проведено оцінку точності з використанням інструментів верифікації, що надає ArcGIS Pro. Результати оцінки точності класифікації за типами земного покриття (де C_1 – група пікселів, визначених як деревна рослинність, C_2 – трав'яна рослинність, C_3 – відкриті ґрунти, C_4 – забудова / штучні поверхні, C_5 – водні об'єкти; Total - кількість зразків сигнатур у навчальній базі даних класифікації) представлено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2

**Результати оцінки точності класифікації типів земного покриття
території дослідження**

OBJECTID	ClassValue	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	Total	U_Accuracy	Kappa
1	C_1	32	2	0	0	0	34	0,941176	0
2	C_2	5	57	1	4	0	67	0,850746	0
3	C_3	0	0	17	3	0	20	0,85	0
4	C_4	2	0	2	24	0	28	0,857143	0
5	C_5	0	0	0	0	10	10	1	0
6	Total	39	59	20	31	10	159	0	0
7	P_Accuracy	0,820513	0,966102	0,85	0,774194	1	0	0,880503	0
8	Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0,837877

Розрахований коефіцієнт точності класифікації (Карра) склав 0,837877, що свідчить про високий рівень відповідності між класифікованими даними та реальним станом земного покриття.

Грунтуючись на результатах проведеної класифікації супутникового знімку було визначено загальну територіальну диференціацію різних типів земного покриття для території Індустріального району м. Харків (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Площа займаних кожним типом земного покриття територій

№	Тип земного покриття	Кількість пікселів	Площа, га	Частка від загальної площі району, %
1	Деревна рослинність	112146,00	1128,78	24,94
2	Трав'яна рослинність	201093,00	2024,06	44,71
3	Відкритий ґрунт	36663,00	369,02	8,15
4	Забудова/штучні поверхні	99137,00	997,84	22,04
5	Водні об'єкти	711,00	7,16	0,16
	Разом	449750,00	4526,86	100,00

Так, визначена площа поширення трав'янистої рослинності дозволяє назвати її домінуючим типом земного покриву, оскільки вона найбільше розповсюджена територією району – 2024,06 гектара або 44,71% загальної його площі. Далі за характером поширення йдуть ділянки під деревною рослинністю та забудовою чи штучними поверхнями (займають 24,94% та 22,04% району відповідно). Відкритий ґрунт, позбавлений рослинності має обмежене поширення та охоплює 369,02 гектари району (8,15%). Водні об'єкти мають найменшу частку – лише 7,16 гектара, що відповідає 0,16% загальної площі району.

3.3 Оцінка ступеня озеленення функціональних зон

За результати компаративного аналізу створено табл. 3.3, у якій відображено частки типів земного покриву, виявлені в межах визначених соціо-функціональних зон Індустріального району м. Харкова, разом із відповідними площами.

Наведені дані свідчать про суттєві відмінності у структурі земного покриву різних функціональних зон. Найвищий рівень озеленення (сумарна частка $C_1 + C_2$) спостерігається у зелених зонах загального користування (61,19% деревної та 0,77% трав'яної рослинності), що відповідає їхньому прямо функціональному призначенню. Проте ці території займають лише 117,96 га, що значним чином обмежує їхній вплив на загальний екологічний стан території району. Зони спеціального призначення (71,45% C_1) та рекреаційні зони (43,76% C_1) також демонструють високу частку природних покриттів, але їхня площа недостатня для компенсації інших, більш урбанізованих територій.

Промислові зони виділяються критично низьким озелененням: лише 16,40% деревної (C_1) та 7,64% трав'яної (C_2) рослинності, тоді як майже 50%

площі займають штучні поверхні (C_4). Це створює ризик перегріву, забруднення повітря та зниження якості життя в сусідніх житлових районах.

Житлові зони (садибна та багатоквартирна забудова) мають помірний рівень озеленення: 18,84–21,65% деревної рослинності, але значна частка забудови (35,26% у багатоквартирних зонах) свідчить про дефіцит зелених просторів.

Пустирі, незважаючи на потенціал для природного відновлення, мають лише 27,13% деревної рослинності (C_1) та мінімальну частку трав'яного покриву (0,99% C_2), що вказує на їхнє деградований стан. Транспортні зони (автомобільні та залізничні) практично позбавлені озеленення (6,62–5,92% C_1), а переважають штучні покриття (44,77–63,40% C_4), що посилює ефект міського теплового острова.

Водні об'єкти (C_5) займають мінімальні площі в усіх зонах (0–0,63%), що підкреслює нестачу водно-зелених коридорів, важливих для біорізноманіття. Виняток — рекреаційні зони обмеженого користування (52,29% C_5), де водойми грають ключову роль.

Аналіз територіальної структури Індустріального району м. Харкова виявив суттєвий дисбаланс у розподілі озелених просторів. Природні покриття, такі як дерева (C_1) та трав'яниста рослинність (C_2), зосереджені переважно в спеціалізованих зонах — парках і рекреаційних територіях, тоді як житлові квартали та промислові зони залишаються недостатньо озеленими. Це створює нерівномірне навантаження на міський екосистемний каркас, де одні райони виконують функцію «зелених легень», а інші, особливо промислові та транспортні, страждають від надмірної урбанізації.

Таблиця 3.3

Аналіз територіальної структури поширення різних типів земного покриття (C₁–C₅*) за функціональними зонами Індустріального району м. Харків

№	Тип функціональної зони	Площа, га					Частка від території району, %				
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
1	Землі сільськогосподарського призначення	174,25	453,85	212,81	51,03	5,65	19,41	23,71	5,68	0,63	50,56
2	Промислові підприємства	110,03	174,34	51,25	335,16	0,23	16,40	7,64	49,95	0,03	25,98
3	Територія житлової садибної забудови	47,05	300,12	24,60	108,84	0,00	9,79	5,12	22,65	0,00	62,45
4	Пустирі	96,11	239,25	3,50	14,90	0,44	27,13	0,99	4,21	0,13	67,55
5	Територія зелених насаджень загального користування	117,96	65,38	1,48	7,95	0,00	61,19	0,77	4,12	0,00	33,92
6	Територія житлової багатоквартирної забудови	102,90	224,20	25,95	192,60	0,63	18,84	4,75	35,26	0,12	41,04
7	Територія зелених насаджень спецпризначення	186,53	56,64	2,07	15,84	0,00	71,45	0,79	6,07	0,00	21,69
8	Територія громадської забудови	37,55	75,90	7,88	52,10	0,01	21,65	4,54	30,04	0,01	43,76
9	Зона обслуговування транспортної інфраструктури	7,21	26,69	7,33	71,42	0,00	6,40	6,51	63,40	0,00	23,69
10	Рекреаційна зона обмеженого користування	132,37	158,17	0,67	11,27	0,00	43,76	0,22	3,73	0,00	52,29
11	Території спецпризначення	73,99	113,85	12,55	25,11	0,19	32,78	5,56	11,13	0,08	50,44
12	Території комунальних об'єктів	21,23	16,09	1,53	17,34	0,00	37,78	2,73	30,86	0,00	28,64
13	Територія інженерної інфраструктури	0,56	7,76	0,88	1,56	0,00	5,24	8,15	14,51	0,00	72,10
14	Зона транспортної інфраструктури	12,98	83,69	11,61	87,78	0,00	6,62	5,92	44,77	0,00	42,69
15	Територія зовнішнього транспорту	8,56	27,94	4,96	4,62	0,00	18,58	10,76	10,04	0,00	60,63

* де типи земного покриття позначені як: C₁ – деревна рослинність, C₂ – трав'яна рослинність, C₃ – відкриті ґрунти, C₄ – забудова/штучні поверхні, C₅ – водні об'єкти

Окрему проблему становить висока частка штучних поверхонь (C_4) — до 49,95% у промислових зонах і 63,40% у транспортних. Такі показники свідчать про критичний рівень затвердіння ґрунтів, що призводить до перегріву, підвищення рівня шуму та погіршення якості повітря. Ці екологічні ризики особливо небезпечні для мешканців сусідніх житлових районів, де вже зараз спостерігається дефіцит зелених зон.

Однак у цій ситуації є потенціал для покращення. Наприклад, пустирі, які займають значні площі, але мають лише 27,13% деревного покриву, могли б стати ключовим ресурсом для розширення зеленої інфраструктури міста. Їхнє перетворення на озеленені зони з додаванням трав'янистих газонів і чагарників не лише покращило б мікроклімат району, а й створило б додаткові простори для відпочинку мешканців.

Також варто звернути увагу на дефіцит водних об'єктів (C_5), які займають мінімальні площі в більшості функціональних зон. Впровадження невеликих штучних водойм, відновлення природних джерел або створення дощових садів допомогло б не лише знизити теплове навантаження, а й підвищити біорізноманіття міста.

Отримані дані також є високо інформативним матеріалом для надання вичерпної характеристики окремих ділянок функціональних зон та типових патернів міської «забудови» Індустріального району. Так, для цієї мети для кожної окремої ділянки побудовано кругові діаграми, що ілюструють розподіл типів земного покриву.

На рис. 3.3 представлено приклад розподілу площ різних типів земного покриву в межах ареалу переважного поширення житлової зони багатоквартирної забудови.



Рис. 3.3 – Розподіл площ різних типів земних покриттів у житловій зоні багатоквартирної забудови

Аналіз результатів свідчить про переважання таких покриттів, як деревна та трав'яниста рослинність, а також забудова та штучні поверхні. Проте слід зазначити, що домінуючими є саме штучні поверхні, що характерно для щільно забудованих територій з обмеженим простором для зелених насаджень.

Рис. 3.4 демонструє розподіл типів земного покриття в межах житлової зони садибної забудови.



Рис. 3.4 – Розподіл площ різних типів земних покриттів у житловій зоні садибної забудови

У цьому випадку основну площу займають трав'яниста рослинність та забудова/штучні поверхні. Така ситуація може бути зумовлена переважним використанням приватних ділянок для вирощування сільськогосподарських культур, що зазвичай не передбачає значної присутності деревної рослинності, характерної для рекреаційних або лісових територій.

Останній приклад – рис. 3.5 – ілюструє розподіл типів земного покриву на територіях сільськогосподарського призначення, у виробничих і рекреаційних зонах.



Рис. 3.5 – Розподіл площ різних типів покриттів у землях сільськогосподарського призначення, виробничій та рекреаційній зонах

Для земель сільськогосподарського призначення типовим є домінування трав'янистої рослинності з незначними включеннями відкритого ґрунту. Виробничі зони, згідно з очікуваннями, характеризуються високою часткою забудованих територій, проте окремі ділянки демонструють наявність осередків деревної рослинності, що може свідчити про фрагментарне озеленення. У рекреаційних зонах переважають деревна та трав'яна рослинність, а частка інших типів покриттів є мінімальною, що відповідає функціональному призначенню таких територій.

3.4 Оцінка забезпеченості населення рекреаційними зонами загального користування

Зелені насадження Індустріального району м. Харкова поділяються на три типи функціональних рекреаційних зон: обмеженого користування, загального користування та спеціального користування. Основним призначенням рекреаційних зон загального користування є задоволення щоденних рекреаційних потреб мешканців міста [3]. Тому оцінка їхньої адекватності щодо чисельності населення є важливим аспектом як для визначення рівня задоволення суспільних потреб, так і для регулювання антропогенного навантаження на ці території.

На рис. 3.6 показано розміщення та територіальну конфігурацію озелених рекреаційних територій загального користування в Індустріальному районі м. Харкова.

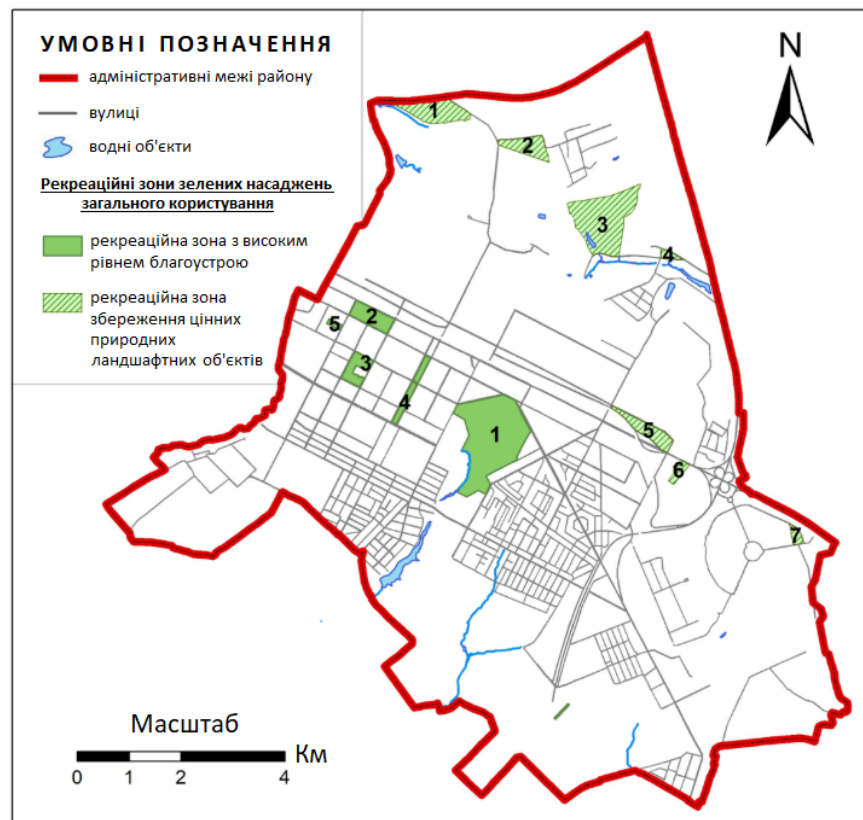


Рис. 3.6 – Рекреаційні зони зелених насаджень загального користування в Індустріальному районі м. Харкова (розшифровка цифр наведена в тексті)

Під час дослідження в районі було виділено два підтипи рекреаційних зон, а саме:

- рекреаційна зона з високим рівнем благоустрою, яка забезпечує мешканців населеного пункту організованими рекреаційними просторами. До цього підтипу рекреаційної зони належать парк «Зелений гай» (1), парк культури і відпочинку ім. В. Маяковського (2), а також три сквери: «Тракторозаводський сквер» (3), «Олександрівський сквер» (4) та сквер «Гулівер» (5).

Оцінка забезпеченості населення рекреаційними об'єктами в цій підзоні, проведена у 2022 році, виявила досить низьке значення показника норми озеленення (4,88 м² на особу) [33].

- рекреаційна зона збереження цінних природних ландшафтних об'єктів, метою якої є поєднання створення умов для відпочинку населення з максимальним розкриттям ландшафтних особливостей та мінімальним впливом на природне середовище. Згідно зі схемою зонування території у складі містобудівної документації м. Харкова, до складу цієї підзони можуть входити сім територій.

За просторовим розподілом можна виділити дві групи рекреаційних об'єктів цього типу: розташовані в північній (1-4) та східній (5-7) частинах району. Нижче наведено короткий опис цих рекреаційних зон на основі аналізу супутникових знімків та натурних обстежень:

- Ділянка 1 вкрита трав'янистою рослинністю і має вітрозахисні деревні лісосмуги смуги вздовж узбіч доріг. Смуга землі вздовж північної межі використовується під дачні ділянки; на півдні вона межує з Куличівським кладовищем.

- Ділянка 2 переважно вкрита деревною рослинністю, частина якої розорана під городи.

- Ділянка 3 є найбільшою за площею і має змішану рослинність, включаючи деревну і трав'янисту, а також голий ґрунт. Територія сильно засмічена будівельним та побутовим сміттям.

- Ділянка 4 - пустир, вкритий переважно трав'янистою рослинністю.
- Ділянка 5 вкрита густою деревною рослинністю. Вона оточена промисловими зонами та елементами трамвайної розв'язки.
- Ділянка 6 вкрита трав'янистою рослинністю і межує з житловим масивом. Активно використовується для проведення аматорських спортивних змагань і тренувань.
- Ділянка 7 вкрита деревною рослинністю і межує з житловим масивом.

Сучасний стан цих територій свідчить про відсутність будь-якої інфраструктури, необхідної для організації масового відпочинку населення (рис. 3.7). То ж, очевидним є те, що для ефективного рекреаційного використання цих територій необхідна розробка концепцій їхньої специфіки та планів їхнього оформлення як частини зеленої інфраструктури міста.



а



б

Рис. 3.7 – Типові види рекреаційної зони для збереження цінних природних особливостей ландшафту (а – Ділянка 1; б – Ділянка 3 з рис. 3.6)

Населення Індустріального району станом на 01.01.2022 р. становило 153,8 тис. осіб (10,7% від загальної кількості населення міста). За оцінками міської влади, орієнтовна чисельність населення Харкова станом на 01.04.2024 р. становить близько 1,3 млн осіб, що на 0,1 млн менше довоєнного показника [34]. Враховуючи такий рівень скорочення, можна припустити, що поточна чисельність населення Індустріального району становить приблизно 139,9 тис. осіб.

Таким чином, рівень забезпеченості населення Індустріального району зеленими насадженнями рекреаційних зон загального користування становить 13,78 м² на особу, що відповідає задовільному рівню [35]. Відповідно до рекомендованих нормативів [36], встановлених для міст лісостепової зони, мінімальна площа озелених територій загального користування повинна становити від 6 до 11 м² на одну особу, залежно від статусу території (загальноміського чи районного рівня). Отже, показник озеленення Індустріального району перевищує нормативні значення, що свідчить про відносно сприятливий рівень забезпеченості населення зеленими насадженнями загального користування.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз нормативно-правових документів та наукових джерел свідчить, що озеленення міських територій в Україні є системною складовою містобудівної політики, яка регулюється низкою законодавчих актів та будівельних норм. Законодавча база встановлює чіткі вимоги щодо нормування площ зелених насаджень у різних функціональних зонах, механізми їх інвентаризації та управління. Наукові дослідження підкреслюють ключову роль озелених територій у покращенні екологічного стану міст, зокрема у зниженні рівня забруднення повітря, регулюванні мікроклімату та підвищенні якості життя мешканців. Сучасні підходи до оцінки озелененості передбачають використання як традиційних методів інвентаризації, так і інноваційних технологій дистанційного зондування, що дозволяють отримувати точніші дані про стан та динаміку зелених насаджень для ефективного планування міського розвитку.

2. Вибір методів оцінки ступеня озеленення міських територій базувався на інтеграції геоінформаційних технологій, дистанційного зондування та статистичного аналізу, що забезпечує комплексність та точність дослідження. Використання операцій векторного аналізу геоінформаційних систем, картометричних обчислень, керованої класифікації дозволило точно ідентифікувати типи озеленення, забезпечити кількісну оцінку їх розподілу в межах функціональних зон. Комбінація цих методів є системною, відповідає вимогам просторової деталізації, статистичної обґрунтованості та адаптується до специфіки урбанізованих середовищ.

3. Оцінка ступеня озеленення функціональних зон Індустріального району м. Харкова на основі дистанційного зондування та геоінформаційного аналізу виявила значний просторовий дисбаланс у розподілі зелених зон. Хоча загальна частка озелених територій (деревна та трав'яна рослинність) становить 69,65%, їхня концентрація нерівномірна: максимальні значення зафіксовано у зонах спеціального (71,45% С₁) та загального рекреаційного

призначення (61,19% C_1), тоді як у промислових (16,40% C_1) і транспортних (5,92–6,62% C_1) зонах переважають штучні поверхні (до 63,40% C_4), що сприяє формуванню теплових островів та погіршенню якості повітря. Житлові зони демонструють дефіцит деревного покриву (18,84–21,65% C_1) при високій частці забудови (35,26% C_4), а пустирі, незважаючи на потенціал, мають лише 27,13% C_1 . Критично низька присутність водних об'єктів (0–0,63% C_5), окрім рекреаційних зон (52,29% C_5), підкреслює необхідність інтеграції водно-зелених коридорів. Отримані дані вказують на потребу пріоритетного озеленення урбанізованих територій, ревіталізації пустирів та розширення зеленої інфраструктури району для зменшення антропогенного навантаження.

4. Оцінка забезпеченості населення Індустріального району м. Харкова рекреаційними зонами загального користування свідчить про формальне дотримання нормативних показників із середнім рівнем 13,78 м² зелених насаджень на особу, проте виявляє структурні та якісні проблеми. Близько 60% цього обсягу припадає на території природних ландшафтних зон (7 об'єктів), які, незважаючи на значну площу, не обладнані рекреаційною інфраструктурою, зазнають деградації через засмічення або частково використовуються під городи та дачі. Лише 40% забезпечення (4,88 м²/особу) надають організовані зони високого благоустрою (5 парків і скверів), що недостатньо для покриття потреб 139,9 тис. мешканців. Просторовий дисбаланс підсилюється концентрацією якісних об'єктів у окремих місцевостях при відсутності доступних зон у промислових та густозаселених кварталах. Незважаючи на загальне перевищення нормативу, неефективне використання потенціалу природних ділянок свідчить про необхідність їх планувальної інтеграції їх у єдину систему зеленої інфраструктури Індустріального району.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про основи містобудування : Закон України від 16.11.1992 № 2780-XII : станом на 15 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2780-12#Text> (дата звернення: 25.04.2025).
2. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17.02.2011 № 34 : станом на 14 січ. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text> (дата звернення: 25.04.2025).
3. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. На заміну ДБН Б.2.2-12:2018 ; чинний від 2019-10-01. Вид. офіц. Київ : М-во регіон. розвитку, буд-ва та житлово-комун. госп-ва України, 2019. 177 с. URL: <https://e-construction.gov.ua//2023-01-23/.pdf> (дата звернення: 25.04.2025).
4. Про затвердження Правил використання зелених насаджень у населених пунктах України. Офіційний веб-портал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0880-06#Text>
5. Сингаївська О., Биваліна М. Основні напрями вирішення проблем у сфері благоустрою та озеленення міста. Містобудування та територіальне планування. 2022. № 81. С. 313-336. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x> (дата звернення: 25.04.2025).
6. Про благоустрій населених пунктів : Закон України від 06.09.2005 № 49 : станом на 10 жовт. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2807-15#Text> (дата звернення: 25.04.2025).
7. Про затвердження Типових правил благоустрою території населеного пункту : Наказ М-ва регіон. розвитку, буд-ва та житлово-комун. госп-ва України від 27.11.2017 № 310. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1529-17#Text> (дата звернення: 30.04.2025).
8. ДБН В.2.3-5:2018 Зі Зміною № 1. Вулиці та дороги населених пунктів. На заміну ДБН В.2.3-5-2001; чинний від 2022-09-01. Вид. офіц. Київ : М-во розвитку громад та територій України, 2022. 61 с. URL:

https://e-construction.gov.ua/files/new_doc02fc5497dac5.pdf (дата звернення: 25.04.2025).

9. Про затвердження Методичних рекомендацій щодо обліку зелених насаджень у населених пунктах України : Наказ від 22.11.2006 № 386. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0386667-06#Text> (дата звернення: 25.04.2025).

10. Про затвердження Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України : Наказ М-ва буд-ва, архітектури та житлово-комун. госп-ва України від 10.04.2006 № 105. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0880-06#Text> (дата звернення: 25.04.2025).

11. Про затвердження Порядку видалення дерев, кущів, газонів і квітників у населених пунктах : Постанова Каб. Міністрів України від 01.08.2006 № 1045 : станом на 6 берез. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1045-2006-п#Text> (дата звернення: 25.04.2025).

12. Особливості підбору рослин для міжквартального озеленення у містах півдня України / Т. О. Бойко та ін. *Collection of Scientific Papers «SCIENTIA»*. 2021. Т. 1. 55-57. DOI: <https://doi.org/10.36074/> (дата звернення: 25.04.2025).

13. Бойко Т. О., Бундур Є. Ю., Бундур С. Б. Особливості озеленення Німеччині. *Collection of Scientific Papers «SCIENTIA»*. 2023. С. 67–68. URL: <https://previous.scientia.report/index.php/archive/article/> (дата звернення: 25.04.2025).

14. Прищепа А. Екосистемні послуги зелених насаджень урбосистем. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Вип. 15(1), С. 54-65. DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.01.004> (дата звернення: 25.04.2025).

15. Косик О. І., Летік К. В. Формування комфортного міського середовища засобами озеленення. *Теорія та практика дизайну*. 2021. Т. 2, №

23. С. 134–140. DOI: <https://doi.org/10.18372/2415-8151.23.16279> (дата звернення: 25.04.2025).

16. Фалько В. Оцінка гарантованої якості атмосферного повітря для рослин на прикладі парку ім. Т. Г. Шевченка, м. Дніпро. *Ecological Sciences*. 2022. Т. 45, № 6. С. 153–157. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.6-45.24> (дата звернення: 01.05.2025).

17. Глущенко М., Бадяєв В., Познякова С. Озеленення урбаністичного середовища. *Стан і майбутнє лісового господарства, переробляння деревини та землевпорядкування* : Всеукр. науково-практ. конф. здобувачів вищ. освіти та молодих вчен., 7–8 жовт. 2024 р. 2024. С. 213–214. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream.pdf> (дата звернення: 25.04.2025).

18. Гусєва К. Д., Сафранов Т. А. Розвиток «зеленої» інфраструктури в Одесі в контексті адаптації до кліматичних змін. Екологічно сталий розвиток урбосистем : матеріали всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. м. Харків, 2–3 листоп. 2022 р. Харків, 2022. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/62068/1.pdf> (дата звернення: 01.05.2025).

19. Пацева І., Алпатова О., Рибак О., Циганенко-Дзюбенко І., Медвідь О. Озеленення даху як захід по адаптації зміни клімату на прикладі м. Житомир. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2022. № 3. С. 67–74. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-9> (дата звернення: 25.04.2025).

20. Жигаль Н. Б., Антоняк Г. Л. Акустичне забруднення атмосфери на вулицях міста Львова та вплив зелених насаджень на рівень шуму, зумовленого рухом автотранспорту. *Acta carpathica*. 2024. Т. 2, № 42. С. 43–53. DOI: <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2024.2.5> (дата звернення: 01.05.2025).

21. Корогода Н. П. Оцінка екосистемних послуг зі зниження рівня шуму від дорожнього руху у міських ландшафтах. *Ландшафтознавство*. 2023. Т. 3, № 1. С. 56–67. DOI: <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-3-56-67> (дата звернення: 01.05.2025).

22. Кузик І. Р. Комплексна зелена зона міста Тернопіль: геоекологічні засади сталого функціонування : дис. д-ра філософії : 103. Тернопіль, 2020. 217 с. URL: https://tnpu.edu.ua/naukova-robota//Dis_Kuzyk.pdf (дата звернення: 01.05.2025).
23. Корогода Н. П. Оцінка ефективності зелених зон у збереженні біорізноманіття (на прикладі міських ландшафтів Києва). *Ландшафтознавство*. 2024. Т. 87, № 5(1). С. 56–66. DOI: <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2024-5-56-66> (дата звернення: 30.04.2025).
24. Екоморфічний підхід оцінки біорізноманіття угруповань ґрунтової макрофауни міських парків / О. Кунах та ін. *Agrology*. 2021. Т. 4, № 3. С. 114–130. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/> (дата звернення: 30.04.2025).
25. Екосистемні послуги вуличних зелених насаджень м. Чернігова в умовах кліматичних змін / С. Потоцька та ін. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2025. № 11. С. 303–313. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.32> (дата звернення: 01.05.2025).
26. Вишенська І. Г., Мельник Є. Є. Оцінювання регуляторних екосистемних послуг зелених насаджень в урбоекосистемах. *Наукові записки НаУКМА. Біологія і екологія*. 2024. Т. 7. С. 42–52. DOI: <https://doi.org/10.18523/2617-4529.2024.7.42-52> (дата звернення: 01.05.2025).
27. Міхеєнко В. М. Використання природоорієнтовних рішень в урбоцинозах. *Збірник наукових праць ДонНАБА*. 2024. № 2. С. 58–67. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/18055> (дата звернення: 01.05.2025).
28. Гречко А. А. Досвід та переваги застосування зелених дахів як елементу зеленої інфраструктури. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія “Екологія”* 2022. № 26. С. 32–42. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-26-03> (дата звернення: 25.04.2025).

29. Товстуха Д., Євтушенко Е. Вуглецевий баланс м. Кривий Ріг: екологічна оцінка, заходи з регулювання. *Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування*. 2024. С. 119–121. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/56609/1/Aktualni_pytannya_biotekhnolohiyi_ekolohiyi_ta_pryrodokorystuvannya_2024_119-121.pdf (дата звернення: 30.04.2025).
30. Оцінка вуглецевої ємності монопородних деревостанів – елементів зеленої інфраструктури м. Харків / Н. Максименко та ін. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2022. № 38. С. 73–84. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-38-07> (дата звернення: 30.04.2025).
31. Gis cellular automata using artificial neural network for land use change simulation of Lagos, Nigeria / O. Okwuashi et al. *Journal of Geography and Geology*. 2012. Vol. 4, No. 2. DOI: <https://doi.org/10.5539/jgg.v4n2p94> (date of access: 18.04.2025).
32. Клещ А. А., Максименко Н. В., Пономаренко П. Р. Територіальна структура природокористування міста Харків. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. № 1-2, Т. 27. С. 23–34. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/9168>
33. Бурченко С. В. Оцінка забезпеченості населення зеленими насадженнями загального користування (на прикладі Індустріального району міста Харкова). *Охорона довкілля: зб. наук. статей XVIII Всеукраїнських наукових Таліївських читань*. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 78-81. URL: <https://ecology.karazin.ua/wp-content/2022/12/taliev-2022.pdf>
34. Основні показники економічного і соціального розвитку міста Харкова на 2024 рік. *Офіційний сайт Харківської міської ради, мерія, виконавчий комітет*. URL: <https://www.city.kharkiv.ua/uk/2024.html>
35. Kashkabash D. E., Klieshch A. A. Assessment of the provision of recreational areas of public green spaces for the population of the Industrial district of Kharkiv. *Ecology is a priority : All-Ukrainian English-speaking student*

conference, Kharkiv, 14 March 2025 / Kharkiv, 2025. P. 38–40. URL: <https://ekhnuir.karazin.ua/> (date of access: 25.04.2025).

36. Про затвердження Методичних рекомендацій щодо обліку зелених насаджень у населених пунктах України : Наказ від 22.11.2006 № 386. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0386667-06#Text> (дата звернення: 25.04.2025).