

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра геології та екології

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 101 ЕКОЛОГІЯ**

Тема роботи:

**Дослідження екологічного значення створення зелених зон на
рекультивованих землях та їх вплив на мікроклімат Кривого Рогу**

Викона:

здобувачка

Симоненко Кароліна Євгенівна

Залікова книжка

№ 2022-66

Підпис _____

Захищена з оцінкою

оцінка , дата

Керівник:

Кандидат технічних наук, доцент

Гацький Анатолій Костянтинович

Підпис _____

дата, підпис

Підпис _____

Секретар ЕК

прізвище, підпис

Кривий Ріг 2026

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Гірничо-металургійний факультет Кафедра геології та екології
Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. Кафедрою _____
«____» 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
Симоненко Кароліни Євгенівни

1. Тема випускної роботи: *Дослідження екологічного значення створення зелених зон на рекультивованих землях та їх вплив на мікроклімат Кривого Рогу*
2. Вихідні дані: наукові та нормативно-правові джерела з питань рекультивації земель та озеленення територій; статистичні дані щодо екологічного стану міста Кривий Ріг; матеріали моніторингу стану рекультивованих земель.
3. Перелік обов'язково графічного матеріалу: діаграми структури зелених насаджень на рекультивованих територіях; графіки зміни температури та вологості повітря залежно від рівня озеленення; порівняльні таблиці екологічних показників досліджуваних ділянок; схема запропонованих заходів з удосконалення озеленення рекультивованих земель.
4. Етапи виконання випускної роботи

Номер	Етапи і розділи	Тижні				
		1,2	3,4,5,6	7,8,9	10,11,12,13	14,15
1	Збір літературних даних	-				
2	Проведення експериментальних досліджень		-			
3	Аналіз отриманих даних			-		
4	Написання розділів роботи.				-	-

Дата видачі завдання _____

Керівник _____

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня бакалавра побудовані відповідно до академічних вимог і включають вступну частину, чотири основні розділи, висновки, а також список використаних джерел, що налічує 35 найменування. Загальний обсяг роботи складає 93 сторінки, з яких 17 таблиць, 6 малюнків.

Метою дослідження є аналіз особливостей формування зелених зон на рекультивованих землях і оцінка їхнього впливу на мікроклімат у межах міста Кривий Ріг.

Для досягнення мети були поставлені й успішно вирішені наступні завдання:

- здійснено аналіз теоретичних засад рекультивації деградованих земель і створення зелених насаджень на техногенно трансформованих територіях;
- досліджено сучасний стан рекультивованих земель у місті Кривий Ріг, зокрема особливості проведеного озеленення;
- проведено оцінку впливу створених зелених зон на базові мікрокліматичні показники міського середовища;
- розроблено практичні рекомендації для підвищення ефективності процесів озеленення на рекультивованих ділянках.

Об'єктом дослідження є рекультивовані ділянки міста Кривий Ріг.

Предметом дослідження виступає процес формування зелених зон на рекультивованих територіях і їхній вплив на мікрокліматичні характеристики міського середовища.

У межах кваліфікаційної роботи представлено характеристику природно-кліматичних та екологічних особливостей Кривого Рогу, проаналізовано поточний стан техногенно порушених земель, зокрема відвалів і хвостосховищ, які були піддані рекультивації. Визначено вплив зелених насаджень на такі показники міського мікроклімату, як

температурний режим, рівень вологості повітря, швидкість вітру, а також на рівень пилової забрудненості. На основі результатів проведеного аналізу здійснено оцінку екологічної ефективності зелених зон на рекультивованих територіях та сформульовано практичні рекомендації для подальшого вдосконалення процесів рекультивації і створення стійких зелених насаджень.

Ключові слова: рекультивація, зелені зони, порушені землі, мікроклімат, озеленення, техногенні території, Кривий Ріг, екологічна ефективність, відвали, хвостосховища.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЗЕЛЕНИХ ЗОН НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЛЯХ	9
1.1 Сутність і ключові етапи рекультивації деградованих територій	9
1.2 Екологічна роль зелених зон в урбанізованому середовищі	13
1.3 Особливості створення мікроклімату міських територій та значення рослинного покриву	18
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ МІСТА КРИВИЙ РІГ.....	30
2.1 Природно-географічна характеристика та промислові особливості Кривого Рогу	30
2.2 Аналіз деградованих земель і специфіка їх відновлення у межах міста	36
2.3 Загальний огляд зелених зон на рекультивованих територіях.....	41
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗЕЛЕНИХ ЗОН НА МІКРОКЛІМАТ КРИВОГО РОГУ	50
3.1 Методологія оцінки мікрокліматичних параметрів	50
3.2 Огляд впливу озеленених зон на параметри мікроклімату	55
3.2.1 Вплив на температурний режим	58
3.2.2 Вплив на рівень вологості повітря	61
3.2.3 Вплив на швидкість вітряних потоків	63
3.2.4 Вплив на концентрацію пилу в атмосфері	65
3.3 Екологічна оцінка ефективності зелених зон	67
РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЗЕЛЕНЕННЯ РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ У КРИВОМУ РОЗІ.....	69

4.1 Порівняльна характеристика мікроклімату техногенних територій та озелених зон у Кривому Розі.....	69
4.2 Рекомендації щодо покращення мікроклімату міських територій через розвиток системи озеленення.....	72
4.3 Вплив стану озеленення на екологічні ризики міського середовища.....	74
4.4 Впровадження системи екологічного моніторингу	76
ВИСНОВКИ	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81

ВСТУП

Сучасний розвиток урбанізованих територій України супроводжується посиленням антропогенного впливу на природні геосистеми, що є особливо помітним у промислово розвинених регіонах. Одним із таких є місто Кривий Ріг, яке виступає ключовим центром гірничо-металургійного комплексу. Тривала експлуатація природних ресурсів тут призвела до виникнення значних площ техногенно змінених ландшафтів. Зведені роками гірничодобувної діяльності, територіальні морфоструктури зазнали суттєвих змін, що відобразилося на руйнуванні ґрунтового покриву, деградації природних екосистем і утворенні специфічних техногенних об'єктів, таких як кар'єри, відвали та хвостосховища. Подібні перетворення викликали зміни локального клімату, включно з появою урбаністичних «теплових островів», підвищенням температури повітря, зниженням вологості та активізацією дефляційних процесів.

У цих умовах критичне значення має рекультивація порушених земель як ключовий аспект екологічного відновлення техногенних ландшафтів. Особливо важливим є біологічний етап рекультивації, який спрямований на створення зелених зон. Цей процес сприяє відновленню біогеоценотичних зв'язків, стабілізації поверхневих шарів ґрунту та формуванню стійких антропогенно адаптованих екосистем. Зелені насадження в умовах урбанізованого середовища відіграють незамінну роль у забезпеченні екосистемних послуг, таких як регуляція кліматичних умов, захист від пилу, очищення повітря та зниження шуму. Завдяки транспірації, затіненню та зменшенню теплового випромінювання поверхонь рослинність суттєво впливає на мікроклімат, знижуючи температурні піки, підвищуючи відносну вологість та зменшуючи швидкість повітряних потоків.

Актуальність запропонованого дослідження визначається необхідністю наукового обґрунтування ефективності створення зелених зон

на рекультивованих територіях як стратегічного інструменту поліпшення мікрокліматичних умов у промислових урбанізованих середовищах. Особливу увагу приділено Кривому Рогу, де проблеми екологічного характеру мають багатоаспектний та системний характер.

Метою дослідження є аналіз мікрокліматичних характеристик відвалів Кривбасу для розробки підходів до управління їх впливом на кліматичні умови міста.

Для реалізації зазначеної мети визначено наступні **завдання**:

- здійснити аналіз теоретичних засад рекультивації деградованих земель і створення зелених насаджень на техногенно трансформованих територіях;
- дослідити сучасний стан рекультивованих земель у місті Кривий Ріг, зокрема особливості проведеного озеленення;
- провести оцінку впливу створених зелених зон на базові мікрокліматичні показники міського середовища;
- розробити практичні рекомендації для підвищення ефективності процесів озеленення на рекультивованих ділянках.

Об'єктом дослідження виступають рекультивовані території промислової зони міста Кривий Ріг.

Предметом є процес формування локального мікроклімату під впливом зелених зон техногенного походження.

Методологічна база дослідження ґрунтується на багатокомпонентному підході, що включає загальнонаукові методи (системний аналіз, порівняльно-географічні дослідження, узагальнення) та окремі елементи імітаційного екологічного моделювання.

Отримані результати мають практичну цінність, оскільки можуть бути використані в процесі розробки програм рекультивації порушених земель та створенні ефективних систем зелених насаджень у промислових регіонах, спрямованих на поліпшення екологічної ситуації.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЗЕЛЕНИХ ЗОН НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЛЯХ

1.1 Сутність і ключові етапи рекультивації деградованих територій

Проблематика деградованих земель є одним із найгостріших екологічних і соціально-економічних викликів сучасності. Інтенсивний антропогенний вплив, зокрема видобування корисних копалин, промислове будівництво, аграрне освоєння територій, а також наслідки військових конфліктів, спричиняє суттєве погіршення стану ґрунтів, деградацію ландшафтів та втрату біорізноманіття. Ці процеси ведуть до порушення екологічної рівноваги, забруднення довкілля й становлять загрозу для продовольчої безпеки. У таких умовах питання рекультивації деградованих земель набуває особливого значення як ключовий напрямок для відновлення природного середовища і забезпечення принципів сталого розвитку.

Особливу актуальність проблема відновлення земельних ресурсів має в Україні, де воєнні дії спричинили масштабні руйнування екосистем. Знищення інфраструктури, забруднення ґрунтів вибуховими речовинами, утворення воронок, окопів та інших фізичних пошкоджень призводить до значного зниження якісних характеристик земель[1]. Це ставить перед державою серйозні завдання щодо створення ефективних механізмів рекультивації. Необхідно розробити цілісні державні програми, вдосконалити законодавчу базу та активно імплементувати міжнародний досвід у відновленні територій, що зазнали наслідків військових конфліктів. Рекультивація земель є одним із ключових напрямів екологічної та природоохоронної діяльності, спрямованої на відновлення земельних ресурсів, пошкоджених унаслідок впливу людської діяльності або стихійних природних явищ. В умовах інтенсивного промислового розвитку, видобутку корисних копалин, активного сільськогосподарського використання земель,

урбанізації та наслідків військових дій, проблема деградації земель набуває дедалі гострішого характеру. З огляду на це рекультивація стає необхідною складовою, яка дозволяє не тільки відновити родючість ґрунтів, але й покращити стан довкілля, повертаючи землі до продуктивного сільськогосподарського чи іншого цільового використання, або забезпечуючи їхню природоохоронну функцію.

Рекультивація охоплює комплекс заходів, спрямованих на ліквідацію наслідків негативного впливу людської діяльності на природу. Вона передбачає відновлення ландшафтних форм, екосистем і продуктивності ґрунтів. Головна мета рекультивації полягає у створенні умов для подальшого використання порушених земель у сільському господарстві, лісорозведенні, рекреації чи інших галузях. Цей процес спрямований не лише на технічне усунення наслідків пошкоджень, а передбачає комплексне відновлення природного середовища через реалізацію біологічних, технічних та інженерних заходів. У своєму широкому розумінні рекультивація земель включає виконання природоохоронних, агротехнічних, гідротехнічних, меліоративних і ландшафтних робіт для підвищення родючості ґрунту та відновлення екологічної рівноваги територій. Це також передбачає зміну та вирівнювання рельєфу, покращення фізико-хімічних властивостей ґрунтів, очищення територій від забруднень і відходів, відновлення природного рослинного покриву та створення умов, сприятливих для збереження біорізноманіття. Вона залежить від мети та характеру порушення території, і на її основі виділяють кілька ключових типів. Сільськогосподарська рекультивація фокусується на поверненні земель до використання в аграрному секторі, зокрема для рільництва, садівництва та організації пасовищ[9]. Лісогосподарська рекультивація спрямована на відновлення лісових масивів через висадку дерев, включаючи породи, що допомагають стабілізувати ґрунт і сприяють відновленню природних екосистем. Рекреаційна рекультивація розробляється для облаштування територій для

туризму, відпочинку й екологічного оздоровлення населення. Будівельний тип зосереджується на підготовці ділянок для майбутніх будівельних проектів, тоді як водогосподарська рекультивація передбачає формування водних об'єктів або вдосконалення водного режиму місцевості. Останнім часом особливу актуальність набуває відновлення сильно пошкоджених земель, які постраждали внаслідок воєнних конфліктів. Збройні дії спричиняють утворення вибухових воронок, знищення лісів і забруднення ґрунтів важкими металами, нафтовими продуктами та токсичними речовинами. Ці фактори значно ускладнюють процес рекультивації. У таких ситуаціях необхідно застосовувати комплексний підхід, який включає очищення ґрунту від токсинів, механічне вирівнювання місцевості, біологічну регенерацію та фіторе mediaцію використання рослин для усунення забруднень із ґрунту.

Рекультивація земель має значно ширше значення, ніж просто відновлення родючості ґрунтів. Вона відіграє критичну роль у збереженні біорізноманіття, регулюванні гідрологічного балансу територій, запобіганні ерозії ґрунтів і покращенні загальної якості довкілля. Поєднання природного і господарського аспектів в процесі рекультивації забезпечує не тільки повернення земель у продуктивний обіг, але й створює оптимальні умови для природного розвитку біосфери. Порушення земель залишається однією з найсерйозніших екологічних викликів сучасної епохи, що зумовлено інтенсивним використанням природних ресурсів і антропогенною діяльністю. Основними чинниками, які провокують значні трансформації в природному середовищі та спричиняють деградацію земельних ресурсів, є видобуток корисних копалин і військові дії. Ці процеси характеризуються глобальним масштабом і мають негативний вплив на ландшафти, біорізноманіття, водні ресурси та якість ґрунтів.

Видобуток корисних копалин не лише руйнує структуру земельного покриву, але й призводить до їх значного хімічного забруднення. Відходи, які

утворюються під час переробки руд, містять важкі метали, токсичні хімічні сполуки та радіоактивні матеріали, що проникають у ґрунт, водні об'єкти й атмосферу, це завдає шкоди не лише довкіллю, а й безпосередньо негативно впливає на здоров'я населення та якість життя. Додатковий чинник деградації земельних ресурсів військові дії, які викликають масштабні екологічні наслідки. У сучасних збройних конфліктах застосовуються вибухові пристрої, важка бронетехніка, артилерійські та авіаційні удари, що зумовлюють руйнування природних ландшафтів, знищення лісових масивів і сільськогосподарських угідь. Подібна діяльність супроводжується значним хімічним забрудненням територій, що додатково ускладнює відновлення екосистем.

Серед наслідків військових дій також можна виділити утворення глибоких воронок і кратерів, які радикально трансформують ґрунтову структуру та рельєф місцевості. До цього додається забруднення територій вибуховими речовинами, уламками техніки, мінами та нерозірваними боєприпасами. Такі землі стають непридатними для подальшого використання і потребують тривалих реноваційних заходів, включаючи розмінування та детоксикацію, для забезпечення їхньої екологічної безпеки. Війна завдає шкоди не лише ландшафту через фізичне руйнування, але й має катастрофічний вплив на екосистеми. Масова вирубка лісів для оборонних потреб, будівництво фортифікацій, розливи нафтопродуктів, випадкові підпали та забруднення водою призводять до тривалих екологічних проблем. Пошкодження інфраструктури, зокрема гребель, очисних споруд чи водогонів, дестабілізує водний баланс регіонів, що стає причиною масштабних підтоплень або, навпаки, посух. Серйозний вплив війни відчують і агроландшафти. Розлогі ділянки сільськогосподарських земель виявляються замінованими, що робить їх непригодними для вирощування культур. Подібні зони потребують складних процедур дезактивації та

відновлення екосистем, а іноді залишаються непридатними для проживання людей і ведення господарської діяльності на довгі десятиріччя.

1.2 Екологічна роль зелених зон в урбанізованому середовищі

Зелені насадження є одним із ключових елементів урбанізованого середовища, які забезпечують екологічну рівновагу в містах та значно впливають на комфортність проживання мешканців. Вони відіграють багатофункціональну роль, об'єднуючи екологічні, соціальні, естетичні та мікрокліматичні аспекти, що робить такі зони незамінною складовою сучасного міського простору. Зелені насадження займають провідне місце у благоустрої міст і промислових територій, будучи невід'ємною складовою міської інфраструктури. Їх основна роль полягає у підтриманні екологічної стабільності міської екосистеми, створенні безпечного для життя середовища та забезпеченні зручних умов для мешканців. Ці насадження також виконують важливу функцію у формуванні гармонійного, гігієнічного й комфортного простору для життя та діяльності людей у міських і промислових агломераціях. Дерева, кущі та декоративні рослини додають архітектурно-художньої виразності міському ландшафту та є важливим компонентом сучасного містобудування [11].

Системи зелених насаджень охоплюють парки, сквери, бульвари, захисні смуги, міські ліси, зелені двори, а також приватні сади та газони. Вони інтегровані в архітектурно-планувальну структуру населених пунктів і мають тісний зв'язок з іншими елементами міського ландшафту. Головною метою таких систем є створення природного фільтра для очищення міського середовища. Вони поглинають шкідливі речовини, затримують пил, очищують повітря та стабілізують газовий склад атмосфери. Крім того, зелені насадження сприяють зниженню температури повітря влітку, забезпечуючи відчутний охолоджувальний ефект, який підвищує рівень

комфортності проживання. Один із ключових механізмів, за допомогою якого зелені насадження сприяють очищенню повітря від забруднень, полягає в їхній здатності впливати на повітряні потоки на рівні землі.

Таблиця 1.1 - Бар'єрна функція зелених насаджень щодо зниження шумового забруднення

Тип зелених насаджень	Характеристика насаджень	Середнє зниження шуму, дБ	Приклад застосування у Кривий Ріг
1	2	3	4
Один ряд дерев	Висота 5–10 м, середня густота крони	3–5	Уздовж магістралей та житлових районів
Два ряди дерев	Щільна посадка дерев	5–8	Вздовж промислових зон
Дерева + чагарники	Комбіновані насадження різної висоти	8–10	Санітарно-захисні смуги біля кар'єрів і відвалів
Щільна лісосмуга	Ширина понад 20 м, багаторядна структура	10–15	Лісові смуги
Паркові зелені зони	Великі озеленені території	7–12	Паркові зони

Джерело: [12]

Завдяки зниженню швидкості вітру в нижньому шарі атмосфери, дерева та кущі не лише запобігають подальшому розсіюванню пилу, а й накопичують його на своїй листяній поверхні, виконуючи роль природного фільтра. Такі рослинні утворення, як ліси, луки, парки, сільськогосподарські поля чи навіть окремі дерева, істотно впливають на формування місцевого мікроклімату, покращують санітарно-гігієнічні характеристики довкілля, впливаючи на параметри температури, вологості, швидкості вітру і навіть знижуючи рівень шуму та очищаючи атмосферу від пилюки та газових викидів [12]. Дослідники встановили, що у міських районах зі значною часткою зелених насаджень температура може бути на 3 - 4 °С нижчою порівняно з менш озеленими територіями. Це пояснюється тим, що дерева й чагарники затіняють поверхні, зменшуючи їх нагрівання, і виділяють вологу через процес транспірації. Разом із цим вони пом'якшують

негативний вплив урбанізації на вологість повітря. У середовищах із переважанням асфальтованих і бетонних покриттів рівень вологості часто знижується, однак рослини компенсують цей дефіцит, підвищуючи вологість на 20-30% через випаровування води з листя, що сприяє поліпшенню мікроклімату й запобігає перегріванню повітря.

Додатково зелені насадження виконують бар'єрну функцію щодо шуму. Ряди дерев і чагарників можуть зменшувати рівень шумового забруднення на 8-10 дБ, що має значення особливо для зон із високою транспортною чи промисловою активністю. Важливу екологічну функцію вони відіграють у боротьбі з пилом і забрудненням атмосфери: частинки пилу осідають на листях і стовбурах рослин та поступово змиваються дощем, що дозволяє значно скоротити концентрацію пилу у повітрі. За наявності густих насаджень запиленість може знижуватися у 2-2,5 рази. Особливо це актуально для міст із високою інтенсивністю автомобільного руху та промисловим навантаженням. Окрім пилу, дерева перехоплюють токсичні гази наприклад, діоксид сірки, оксиди азоту чи чадний газ зменшуючи таким чином їхній шкідливий вплив на здоров'я людей[11].

Зелені насадження також виконують важливу шумозахисну функцію, поглинаючи та розсіюючи звукові хвилі. Посадка дерев і кущів уздовж автомобільних доріг, промислових зон і житлових кварталів дозволяє суттєво зменшити рівень шуму, що позитивно впливає на фізичне та психологічне здоров'я мешканців. Внесок зелених насаджень у підтримку вуглецевого балансу також є суттєвим, вони поглинають вуглекислий газ і виробляють кисень. За підрахунками дослідників, один гектар таких насаджень може продукувати до 2,5 тонни кисню на рік об'єму, достатнього для забезпечення кількох десятків людей. Таким чином, розвиток міської зеленої інфраструктури має безпосереднє значення для екологічної безпеки урбанізованих територій і здоров'я їхніх мешканців. Окрім екологічної ролі, зелені насадження виконують важливі естетичні та соціальні функції. Вони

надають місту унікальності, підвищують його привабливість, створюють місця для відпочинку й рекреації, а також позитивно впливають на психологічне здоров'я мешканців. У сучасних умовах, коли рівень урбанізації невинно зростає, а площа зелених зон у багатьох містах скорочується, розвиток зелених насаджень стає питанням стратегічної важливості.

У сучасних умовах розвитку урбанізації зелені зони відіграють ключову роль у збереженні екологічного балансу та створенні комфортного середовища для життєдіяльності населення. Швидке зростання міст, розширення промислових зон, збільшення транспортних потоків та щільне будівництво спричиняють значне забруднення повітря, підвищення температури, зростання шумового фону та зниження рівня біорізноманіття. За таких обставин саме зелені насадження стають одним із основних природних засобів зменшення негативного впливу людської діяльності на навколишнє середовище. Одна з ключових екологічних функцій зелених зон полягає в очищенні повітря. Рослини активно поглинають вуглекислий газ, пил, важкі метали та інші шкідливі речовини, одночасно виділяючи кисень. Завдяки розвиненій системі листків дерева і чагарники ефективно затримують дрібні тверdotільні частки, покращуючи таким чином екологічну ситуацію в містах. Не менш значущою є їхня здатність регулювати мікроклімат. У процесі транспірації рослини знижують температуру повітря, підвищують вологість і забезпечують утворення сприятливих кліматичних умов. Це особливо важливо для великих населених пунктів, де виникають так звані «теплові острови» з підвищеною температурою порівняно з навколишніми територіями [14].

Іншою важливою функцією зелених зон є захист ґрунту та водних ресурсів міста. Кореневі системи рослин зміцнюють ґрунт, запобігаючи його ерозії, підвищують його водопроникність і сприяють утриманню вологи, що особливо актуально у сучасних умовах зі збільшенням кількості інтенсивних

опадів через зміну клімату. Значний внесок зелені території роблять і в підтримку біорізноманіття, вони створюють середовище для проживання багатьох видів рослин і тварин. У межах урбанізованих просторів такі території стають осередками життя, які сприяють стабільності місцевих екосистем.

Таблиця 1.2 – Основні екологічні функції зелених зон в урбанізованому середовищі

Екологічна функція	Характеристика впливу	Екологічний результат
Очищення повітря	Поглинання CO ₂ , пилу, токсичних речовин	Покращення якості атмосферного повітря
Кліматорегуляція	Зниження температури, підвищення вологості	Формування сприятливого мікроклімату
Шумозахист	Поглинання та розсіювання шуму	Зменшення шумового забруднення
Водоохоронна	Затримання дощових вод, покращення інфільтрації	Зниження ризику підтоплень
Ґрунтозахисна	Закріплення ґрунтів кореневими системами	Попередження ерозійних процесів
Біотична	Формування середовища існування живих організмів	Підтримка біорізноманіття
Рекреаційна	Створення зон відпочинку та оздоровлення	Покращення якості життя населення

Джерело: [13]

Зелені зони відіграють багатофункціональну роль, охоплюючи екологічні, соціальні та економічні аспекти, і сприяють підтриманню природного балансу в умовах інтенсивного антропогенного впливу. Завдяки своїй здатності очищувати повітря, регулювати температурний режим, зменшувати рівень шумового забруднення та підтримувати водний баланс, зелені насадження формують сприятливі умови для створення безпечного та здорового середовища проживання. Крім того, наявність парків, скверів та інших рекреаційних зон позитивно позначається на фізичному та психологічному добробуті населення, забезпечуючи можливості для відпочинку, соціальної взаємодії та підвищення якості життя.

1.3 Особливості створення мікроклімату міських територій та значення рослинного покриву

На сучасному етапі система озеленення міста має забезпечувати рівномірний розподіл зелених насаджень у житлових районах і мікрорайонах, на сельбищних територіях, у центральних громадських і культурних зонах, а також у промислових районах і санітарно-захисних зонах. У сучасних реаліях роль рослинного покриву в міських умовах виходить за рамки традиційного естетичного облаштування. Зелені насадження набувають стратегічного значення як засіб адаптації міст до кліматичних змін, сприяють зростанню екологічної стійкості урбанізованих територій та створюють комфортніше середовище для проживання. Формування сприятливого мікроклімату в міських зонах тісно пов'язане із рівнем озеленення та якістю рослинного покриву. Мікроклімат міських територій є ключовим компонентом загального екологічного стану урбанізованого середовища, який безпосередньо впливає на комфорт життя населення, стан здоров'я людей та функціонування міських екосистем, цей термін охоплює сукупність кліматичних умов на невеликих ділянках, які формуються під впливом природних і антропогенних чинників. Основними характеристиками мікроклімату є температура повітря, вологість, швидкість вітру, рівень сонячної радіації та ступінь запиленості атмосфери [14].

Урбаністичний мікроклімат суттєво відрізняється від природного через щільність забудови, значну кількість штучних поверхонь, транспортний рух і промислову діяльність. Особливістю міст є феномен «теплового острова», коли будівлі, дороги й інші тверді покриття накопичують тепло, викликаючи підвищення температури повітря порівняно з природними територіями навколо. Особливе значення це має для великих міст, як найбільших промислових осередків України. Величезні площі, зайняті промисловими підприємствами, кар'єрами, відвалами та транспортною інфраструктурою,

створюють підвищене теплове навантаження, збільшують запиленість повітря і змінюють природний режим вітру. У спекотний літній період це веде до значного перегріву міських територій, особливо у зоні поблизу промислових об'єктів і техногенно змінених земель.

Рослинний покрив відіграє критично важливу роль у регуляції мікроклімату. Зелені насадження знижують температуру повітря завдяки затіненню поверхонь і транспірації процесу випаровування вологи через листя. У середовищі, багатому на зелені зони, температура влітку може бути на кілька градусів нижчою, ніж у щільно забудованих районах. Окрім регуляції теплового режиму, рослинність позитивно впливає на рівень вологості повітря. Завдяки здатності дерев, кущів і трав до випаровування води, у степових містах України, зелені насадження сприяють пом'якшенню наслідків посушливого літнього клімату. Також рослинний покрив має важливу роль у регулюванні вітрового режиму в межах міського середовища. Як вище вже зазначалось, всі зелені насадження формують природні бар'єри, які знижують швидкість повітряних потоків, пом'якшуючи вплив сильних вітрів на урбанізовані території. Завдяки цьому зменшується поширення пилу, дрібнодисперсних частинок та інших забруднювальних речовин, що надходять із промислових і техногенно навантажених зон, що, у свою чергу, сприяє покращенню якості атмосферного повітря та створенню більш комфортних і безпечних умов для проживання населення [16].

Ще одним важливим аспектом є здатність рослин очищувати атмосферне повітря. Листя дерев і чагарників затримує пил, важкі метали та інші забруднювальні речовини, знижуючи їх концентрацію. Це має особливе значення для промислових міст із високим рівнем викидів, адже сприяє поліпшенню якості повітря та загального стану здоров'я населення. Усі зелені насадження, розташовані в межах населених пунктів, формують єдину систему, організація якої безпосередньо залежить від планувальної структури конкретного міста та його природно-кліматичних умов.

Дослідники виділяють три етапи формування систем озеленення населених пунктів, які принципово відрізняються підходами до їхньої організації. Перший етап тривав із появи перших населених пунктів і завершився в XIX столітті. У цей період системи зелених насаджень переважно мали правильні геометричні форми, такі як кільцеві чи симетричні концентричні структури, і характеризувалися регулярним стилем, орієнтованим на чітку симетрію та впорядкованість. Другий етап був спричинений активним розвитком промислових центрів і агломерацій, нові планувальні концепції міст вимагали створення зелених поясів і інших форм ландшафтно-архітектури. У цей час особливу увагу приділяли гармонійному співвідношенню між забудованими територіями та озеленими зонами. Також великого значення надавали санітарно-гігієнічним, естетичним та рекреаційним функціям зелених насаджень. Саме тоді до генеральних планів міст почали включати приміські ліси і лісові масиви.

Третій етап є також важливий, де головною характеристикою став комплексний підхід до проектування як самих міст, так і прилеглих територій, що забезпечило більш ефективне управління системами озеленення та інтеграцію їх у структуру міської забудови. У цьому періоді на структуру системи зелених насаджень у міських територіях суттєво впливають такі чинники:

- співвідношення забудованих і відкритих зон міста;
- наявна мережа зелених насаджень, їх якість і роль у міській планувальній структурі;
- розмір і кількість окремих зелених ділянок;
- функціональне призначення зелених зон;
- специфічні ландшафтні особливості міста;
- доступність цих територій для транспорту і пішоходів [14].

У цей час значна увага приділяється факторам природи, санітарно-гігієнічним умовам, ландшафтно-екологічним характеристикам, фізико-

географічним аспектам тощо. Формування міських зелених масивів залежить від кліматичних і природних особливостей регіону. Важливу роль відіграють такі чинники, як вологість, рельєф місцевості, характер рослинності, стан ґрунту, наявність водойм, геологічні та гідрологічні умови. Крім того, вплив мають радіаційний фон, температурний режим, напрямок і швидкість вітру, а також рівень атмосферних опадів. Залежно від особливостей містобудівної та природної ситуації, система озеленення міста може набувати різних форм:

- рівномірно розподілені по території маленькі зелені зони;
- кілька великих зелених масивів;
- водно-зелений діаметр із парками, бульварами та відкритими зонами, що оточують річку, яка перетинає місто;
- зелені смуги уздовж забудови або території навколо окремих міських районів.

Зелені насадження, до яких належать дерева, кущі, квіти, трав'яна рослинність та чагарники, є важливим компонентом екологічного захисту міського середовища. Вони сприяють підвищенню комфорту та естетики урбанізованих зон. Термін «зелені насадження» охоплює біогеоценози, які формуються переважно з деревної рослинності, займаючи площу не менше 0,01 га зі зімкнутістю намету не меншою ніж 30%. Такі території вирізняються специфічним мікрокліматом та особливими ґрунтовими умовами. Зелена зона визначається як частина міської або приміської території, зайнята зеленими насадженнями, що виконують захисну, естетичну, рекреаційну та санітарно-гігієнічну функції, водночас забезпечуючи місця відпочинку для населення. Основними функціями зелених насаджень у сучасних містах є санітарно-гігієнічна, естетична, рекреаційна, структурно-планувальна та декоративно-художня. Системи озеленення мають бути організовані таким чином, аби забезпечити їх рівномірність розташування та безперервність у межах міських територій.

Великі міста характеризуються більш складною функціональною структурою територій озеленення, в Україні зелені насадження класифікують за кількома критеріями:

1. Територіальне призначення - це міські, селищні, заміські тощо.
2. Функціональне призначення – це є насадження загального користування, насадження обмеженого користування, насадження спеціального призначення. Відстань до різних категорій зелених насаджень у межах міста залежить від їхнього призначення. При визначенні оптимальної доступності враховується час транспортування до зазначених об'єктів пішки чи за допомогою громадського транспорту. Відповідно до державних норм встановлено такі показники доступності:

- до міського парку від 2,0 км до 3,0 км;
- до районного парку від 1,5 км до 2,0 км;
- до саду житлового району від 1,0 км до 1,5 км;
- до саду мікрорайону від 0,3 км до 0,5 км.

Таблиця 1.3 – Функціональні призначення зелених насаджень в Україні

Види насаджень за територіальною ознакою	Види насаджень загального користування	Види насаджень обмеженого користування	Види насаджень спеціального користування
Внутрішньоміські насадження на сельбищних територіях	Міські та районні парки, сади житлових районів і мікрорайонів, сквери, бульвари, набережні	Озеленення житлових територій, ділянок закладів освіти, дитячих установ, громадських і лікувальних закладів, спортивних об'єктів	Вуличні насадження, ботанічні сади, зоопарки, території виставок
Позасельбищні території	Міські лісопарки, лугопарки	Озеленення промислових підприємств	Насадження кладовищ, крематоріїв, заказників, територій комунальних підприємств і складів
Насадження в межах приміської зони	Заміські парки, лісопарки, зони масового відпочинку, ліси	Території установ заміського відпочинку, плодові сади, приміські населені пункти	Санітарно-захисні, водоохоронні зони, смуги вздовж залізничних і автомобільних доріг, місця історичних подій

Джерело: [14]

Кожен елемент міської зеленої інфраструктури, незалежно від його призначення, є важливою складовою загальної системи озеленення міста. Рівень озеленення визначається кількістю і якістю доступних зелених зон. Норма озеленення розраховується за площею зелених насаджень у квадратних метрах на одного жителя. При формуванні таких норм враховуються кліматичні особливості регіону, розміри населеного пункту, його функціональне значення (чи це адміністративний, промисловий, науковий або культурний центр, або курорт), щільність забудови, а також існуюча архітектурно-планувальна структура міста. Рекомендується рівномірно розташовувати зелені зони загального користування по всій території населеного пункту, при цьому особливу увагу необхідно приділяти районним центрам громадського життя та спортивним комплексам. У житлових масивах варто враховувати різноманітність видів зелених насаджень, загального користування, з обмеженим доступом, а також спеціалізовані насадження. Якщо певний вид зелених насаджень є недостатньо представленим, його відсутність можна компенсувати іншими типами насаджень, щоб забезпечити не менше ніж 50 % зеленої території в житлових районах. Парки, сади та сквери повинні зберігати мінімум 70 % зеленої площі від їх загального обсягу, реконструкція і озеленення історичних районів у великих містах передбачає виділення від 16 % до 18 % площ під зелені насадження, у середніх містах від 14 % до 16 %.

Хоча діючі нормативи і рекомендації щодо розвитку зелених зон є корисними для фахівців, кожне місто потребує індивідуального підходу через свою унікальну специфіку. У містах України система зелених насаджень формувалася поступово і об'єднує як штучно створені, так і природні компоненти. Зелені зони великих міст, таких як Київ чи Харків, є характерними прикладами організації міських насаджень. Однак екологічний стан багатьох центральних парків погіршується, що вимагає ретельного планування їх реконструкції з урахуванням сучасних потреб, спрямованого

на поліпшення умов для відпочинку та збереження зеленої площі. Залежно від специфічних міських та природних умов, система зелених насаджень приймає форми, що найкраще відповідають конкретному населеному пункту. Водночас такі елементи виконують не лише свої основні функції, але й вирішують вторинні завдання для покращення міського середовища. Зелені насадження, розташовані в межах міських вулиць, виконують низку функцій, включаючи захисну, гігієнічну, вплив на психологічне самопочуття, естетичне оформлення та просторову орієнтацію. Вибір конкретного типу озеленення залежить від багатьох факторів, таких як кліматичні умови, загальна концепція озеленення району, щільність транспортного й пішохідного руху, ширина вулиці, функціональне призначення сусідніх забудов та необхідність створення затінених зон на тротуарах і прилеглих до вулиць будинка [17]

Окрему категорію формують зелені насадження обмеженого користування, що прилягають до адміністративних і громадських будівель. Вони є важливими елементами архітектурної гармонії, створюючи комфортну атмосферу для короткочасного відпочинку чи очікування. До насаджень спеціального призначення належать наступні типи:

- Захисні зони при промислових підприємствах, які мінімізують негативний вплив виробничої діяльності на житлові території;
- Зони захисту від несприятливих природних чинників, таких як сильні вітри чи заметілі;
- Водоохоронні насадження, спрямовані на запобігання забрудненню водою та зменшення випаровування води.

Фітомеліоративні насадження виконують специфічні завдання, наприклад зміцнення берегів водних об'єктів, стабілізацію схилів, запобігання зсувним процесам і осушення територій з надмірною вологою. Лісосмуги вздовж автомобільних шляхів і залізничних колій мають функції захисту дорожнього полотна від снігових заметів та піщаних відкладень, а

також покращують естетичний вигляд прилеглих територій, а наприклад на кладовищах зелені насадження служать для благоустрою й естетизації. Окрім цього, розплідники і квіткові господарства забезпечують вирощування декоративної рослинності як у відкритому ґрунті, так і у теплицях та парниках. Усі ці види деревної рослинності взаємопов'язані між собою та утворюють інтегровану систему зелених насаджень у межах населених пунктів, де до складу зелених насаджень великих міст загального користування входять парки, сквери, бульвари, лісопарки, сади та озеленення вздовж вулиць. Лісопарки є мальовничими ділянками рекреаційних лісів, розташованими в межах населених пунктів, які приваблюють численних відвідувачів. Парки ж це просторі та озеленені території, насичені різноманітною флорою, що створюють комфортні умови для тривалого відпочинку та дозвілля, вони поділяються на різні функціональні зони: дитячі, спортивні, культурно-рекреаційні, просвітницькі, зони тихого відпочинку та господарські частини.

Міські парки які обслуговують усі райони міста або окремих планувальний район, повинні мати мінімальну площу 15 гектарів. Районні парки, орієнтовані передусім на мешканців конкретних житлових районів, займають щонайменше 10 гектарів. Деякі з них можуть спеціалізуватися, наприклад, як дитячі чи спортивні. Дитячі парки зазвичай мають площу від 5 гектарів і більше, а спортивні найчастіше розташовуються поруч зі стадіонами та варіюються за розміром залежно від масштабу спортивного комплексу. Сади виконують схожі рекреаційні функції, однак у більш компактному форматі. Вони містять переважно дві основні зони: дитячу та зону тихого відпочинку, розмір таких просторів зазвичай становить від 3 до 10 гектарів. Сквери це невеликі зелені куточки площею від 0,3 до 0,5 гектара, призначені для короточасного відпочинку або ж прикраси прибудинкових територій. Бульвари мають довгі озеленені смуги вздовж вулиць або набережних. Їхня основна функція це забезпечення затишного місця для

прогулянок та організація пішохідних маршрутів у межах зелених зон. Ширина бульварів зазвичай становить не менше 18 метрів або ж міждоріжний простір повинен бути щонайменше 10 метрів.

Міські зелені насадження, серед яких парки, сади та бульвари, відіграють ключову роль у поліпшенні екологічної ситуації в містах. Вони слугують природними «фільтрами», знижуючи рівень забруднення та шуму. Озеленені зони здатні поглинати шкідливі речовини від транспорту й промислових підприємств та очищати повітря завдяки формуванню повітряних потоків, які допомагають виводити токсичні гази у верхні шари атмосфери. Дослідження доводять, що 1 гектар хвойного лісу щодня виробляє близько 4 кілограмів летких фітонцидів, тоді як листяний ліс – 2 кілограми. Це суттєво зменшує кількість хвороботворних мікроорганізмів: у лісовому повітрі міститься лише 490 бактерій на кубічний метр, тоді як у міському їх кількість сягає до 3600. Міські озеленені площі поділяються на кілька основних типів:

- газони, які займають близько 70 % площі під озеленення;
- дерева, що покривають приблизно 9 % таких територій;
- кущі з часткою близько 6 %;
- квіткові клумби до 1 % загальної площі.

Окрім того, 14 % території зелених зон займають різноманітні садові композиції, які додають їм декоративної та естетичної цінності. Міські зелені насадження не лише прикрашають урбанізований простір, а й слугують важливим екологічним бар'єром у боротьбі за чисте повітря та збереження здорового середовища [17].

Окрім базових функцій рослин у біоценозах, таких як вироблення первинної продукції через фотосинтез і створення сприятливого середовища для існування інших організмів, у міських екосистемах зелена рослинність виконує низку ключових завдань. До них належать:

- зниження температури в умовах міських «теплових островів» у літній період;
- регулювання вітропотоків та забезпечення рівномірного розподілу повітряних мас;
- збільшення вологості повітря влітку й пом'якшення добових коливань її рівня;
- вироблення кисню як результату фотосинтезу;
- збільшення концентрації негативно заряджених іонів біля зелених насаджень, що позитивно впливає на здоров'я людини;
- синтез біологічно активних речовин, які запобігають поширенню патогенних мікроорганізмів у повітрі;
- осадження пилу та скорочення кількості забруднюючих речовин у повітрі;
- зменшення рівня шумового навантаження;
- утримання частини атмосферних опадів і скорочення поверхневого стоку дощових вод;
- створення умов для аеробного розщеплення антропогенних забруднюючих речовин у водних екосистемах;
- поліпшення структури й родючості ґрунтового покриву;
- затримка снігу й талої води, що сприяє збереженню вологи;
- фіксація піску та зниження ерозії ґрунту;
- покращення естетичного сприйняття міського ландшафту.

Раціональне використання зазначених властивостей рослин для розвитку та оптимізації міського середовища є головною ідеєю фітомеліоративної науки. Фітомеліоративні системи, як природні, так і штучно створені, мають на меті поліпшення умов навколишнього середовища, і їх можна класифікувати за різними критеріями. По-перше, такі системи поділяють залежно від переважних життєвих форм рослин. У їхньому складі можуть домінувати деревні культури, чагарники, трав'янисті рослини або водно-болотні угруповання, до яких належать однорічні та

багаторічні види. Рослинні угруповання класифікуються за кількома критеріями, зокрема:

- Об'єкти виноробної продукції, серед яких сади, сільськогосподарські угіддя, газони тощо.
- Штучні рослинні угруповання, які є відносно новими утвореннями та не мають стандартної фітоценотичної структури, прикладом можуть бути вуличні насадження в населених пунктах.
- Спонтанні фітоценози це рослинні угруповання, що формуються внаслідок непрямого впливу діяльності людини на природне середовище, наприклад, порушення синантропних рослин у природних екосистемах.
- Природні фітоценози рослинні співтовариства, які розвиваються автономно в межах природних процесів без суттєвого втручання людини [19].

Крім того, цільове використання фітомеліоративних систем передбачає наступні підходи. Це спеціалізовані системи - рослинні угруповання, що не застосовуються для виробництва первинної продукції. До цієї групи належать лісові насадження, парки, сквери, захисні лісосмуги та різноманітні зелені зони міських територій. Продуктивні системи, де основною функцією цих рослинних угруповань є вирощування первинної продукції, такі як сільськогосподарські поля, плодові сади, виноградники тощо. Рудеральні системи це рослинні угруповання, що виникають природним чином, часто на порушених або занедбаних місцевостях. Ефективність фітомеліоративних заходів у межах населених пунктів визначається за комплексом показників, що описують здатність рослинного покриву до нейтралізації шкідливих речовин та покращення екологічного стану довкілля. Серед основних критеріїв оцінки виокремлюють:

- Фільтраційну продуктивність, яка визначається через співвідношення обсягу забруднювальних речовин, поглинутих рослинами за визначений проміжок часу, до загальної кількості цих речовин, наявних у середовищі.

- Підсилювальну ефективність, яку оцінюють як відношення маси речовин, виділених рослинністю з вираженими фітомеліоративними властивостями за заданий період, до початкової маси тих самих речовин до моменту запуску системи фітомеліорації.
- Компенсуючу ефективність, що встановлюється через обчислення співвідношення між масою речовин, вивільнених рослинами протягом певного часу, і кількістю тих самих речовин, які споживаються людиною у подібний часовий період.

Максимальної ефективності фітомеліоративні заходи досягають у разі використання широкого спектра рослин, зокрема дерев, чагарників та трав'янистої рослинності. Трав'яні рудеральні угруповання виявляються менш продуктивними порівняно з природними трав'яними або деревно-чагарниковими системами, проте вони відіграють значну роль у міських екосистемах. Зокрема, такі угруповання сприяють закріпленню порушених ґрунтів, запобігають утворенню запиленості повітря та абсорбують значну частину токсичних речовин, що надходять до навколишнього середовища внаслідок діяльності промислових підприємств або транспортних засобів. Наприклад, зелені насадження здатні затримувати до 400 грамів свинцю на гектар щорічно. Різноманітні фітомеліоративні системи мають синергетичний ефект і посилюють одна одну. Відповідно, для досягнення оптимального результату великі міські агломерації повинні впроваджувати всебічні методи фітомеліорації у комбінованому форматі залежно від екологічних і територіальних особливостей.

РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ МІСТА КРИВИЙ РІГ

2.1 Природно-географічна характеристика та промислові особливості Кривого Рогу

Кривий Ріг, один із ключових промислових центрів України, вдало поєднує риси потужного індустріального міста та важливого соціально-економічного осередку. Урбаністичний ландшафт міста формувався десятиліттями під впливом розвитку гірничо-металургійної промисловості, що визначило його специфіку: значні площі зайняті заводами, кар'єрами, відвалами, транспортними шляхами та житловими масивами. У такому контексті питання розширення площ озеленення та створення нових зелених зон, зокрема на рекультивованих ділянках, стає надзвичайно актуальним. Парки, сквери та лісосмуги утворюють природні бар'єри, які знижують швидкість вітру, тим самим зменшуючи рознесення пилу та часток із техногенних зон, таких як Петровський відвал чи Хвостосховище Північного ГЗК. Зелені насадження у Кривому Розі виконують не лише естетичну, а й суттєву екологічну роль. Степовий клімат, високий рівень промислового забруднення і значне техногенне навантаження перетворюють ці території на своєрідні «оази екологічної рівноваги». Вони очищують повітря від пилу й забруднень, знижують шумове навантаження, регулюють мікроклімат і створюють здоровіші умови для життя мешканців [26].

У центральній частині міста зосереджені найбільш облаштовані зелені простори, гармонійно інтегровані в архітектурний вигляд і громадський простір. Парк Героїв та інші парки й сквери є популярними місцями для відпочинку, проведення культурних заходів і соціального спілкування, ці об'єкти покращують якість міського життя й позитивно впливають на імідж міста. Водночас території на околицях мають свої особливості, наприклад

місця, де розташовані великі промислові об'єкти, кар'єри, відвали та хвостосховища (як-от Петровський відвал чи Хвостосховище Північного ГЗК), потребують особливої уваги. Дуже перспективним напрямом озеленення є залучення рекультивованих територій до створення нових природних зон. Використання деградованих земель для парків, скверів і лісопарків дозволяє не лише відновлювати порушені екосистеми, а й інтегрувати ці простори як важливі екологічні складові міського середовища. Розвиток зеленої інфраструктури Кривого Рогу є невіддільною частиною сталого зростання міста, що сприяє покращенню екологічної ситуації, підтриманню природної рівноваги в умовах урбанізації та створенню гармонійного простору для співіснування людини, природи й індустрії. Взагалі багато промислових міст України стикаються з проблемою недостатнього озеленення, що не відповідає сучасним екологічним стандартам і нормативам. Це створює серйозні ризики для довкілля та здоров'я мешканців. Одним із таких міст є Кривий Ріг, де підвищене техногенне навантаження робить питання формування та розвитку зелених зон особливо актуальним.

Кривий Ріг розташований у степовій природній зоні центральної України, для якої характерні відкриті рівнинні ландшафти, відсутність значних лісових масивів і недостатнє природне зволоження. Його клімат помірно континентальний з жарким і посушливим літом, коли температура нерідко перевищує +30 °С, та відносно холодною зимою. У місті через низьку кількість природної рослинності та високу щільність урбанізації утворюється «острів тепла», що негативно впливає на життєвий комфорт населення й екологічний стан території. Кривий Ріг є важливим промисловим центром із потужною базою, представленою гірничодобувними, металургійними й переробними підприємствами, такими як Арселор Міттал Кривий Ріг та Північний ГЗК. Тривала діяльність цих компаній призвела до утворення великих площ техногенно порушених земель кар'єрів, відвалів і

хвостосховищ, зокрема Петровського відвалу та хвостосховища Північного ГЗК. Ці зони стають джерелами пилового забруднення, змінюють локальний клімат і погіршують загальний екологічний стан міста. Тому у такій ситуації зелені насадження відіграють ключову роль як природний бар'єр від пилу, засіб зниження шумового впливу і механізм поліпшення якості повітря та мікроклімату. Проте існуюче озеленення в місті залишається нерівномірно розподіленим. Центральні райони, завдяки паркам, скверам і бульварам, таким як Парк Героїв, мають відносно кращий стан зеленої інфраструктури, у той же час промислові околиці та території поблизу техногенних об'єктів зазнають значних проблем через дефіцит зелених зон. Активне використання рекультивованих земель для створення нових зелених територій могло б компенсувати їх нестачу, це дозволило б виконувати не лише екологічні функції, такі як очищення повітря й захист від пилу, а й забезпечити рекреаційні можливості для мешканців.

Таким чином, розвиток зелених зон на рекультивованих ділянках є стратегічно важливим кроком для Кривого Рогу та сприятиме покращенню екологічної ситуації, відновленню порушених земель і створенню сприятливого мікроклімату для життя в умовах високого антропогенного навантаження. Одним із пріоритетних напрямів сучасного міського планування є відновлення зелених насаджень уздовж вулично-дорожньої інфраструктури, оскільки автотранспорт залишається одним із головних чинників забруднення повітря та джерелом акустичного навантаження. Озеленення магістральних шляхів сприяє суттєвому зниженню концентрації шкідливих речовин у повітрі, а також покращує санітарно-гігієнічний стан міських територій. До того ж дерева, висаджені вздовж доріг, забезпечують затінення, що зменшує нагрів дорожнього покриття та навколишніх районів у літні місяці [18].

Розвиток системи зелених насаджень у Кривому Розі має базуватися на врахуванні природно-кліматичних особливостей регіону, що диктує

необхідність вибору видів рослин, стійких до посушливих умов і підвищених температур. Зокрема, пріоритет варто надавати місцевим породам дерев і кущів, які добре адаптовані до екосистеми даного регіону. Такий підхід не лише забезпечить їхню екологічну стабільність і довговічність, але й сприятиме збереженню біорізноманіття регіону. Окрім екологічної й естетичної функцій, міське озеленення слід розглядати і в соціальному контексті: створення зон відпочинку, спортивних майданчиків, прогулянкових алей та інших рекреаційних об'єктів сприятиме покращенню якості життя жителів та підвищенню соціального комфорту в умовах урбанізованого середовища. Парки та сквери Кривого Рогу є не лише ключовими компонентами міського озеленення, але й невід'ємною частиною екологічної та соціальної інфраструктури міста. Вони сприяють формуванню комфортного міського середовища, забезпечують умови для відпочинку мешканців і відіграють важливу роль у поліпшенні екологічної ситуації в урбанізованих зонах. Для міста, яке довгий час розвивалося як гірничо-металургійний центр, ці зелені простори мають особливе значення, адже вони допомагають мінімізувати негативний вплив промислового виробництва на довкілля.

Сквери займають вагоме місце у системі озеленення завдяки своїй компактності, доступності та багатогранним функціональним можливостям. Вони ефективно виконують екологічні, рекреаційні та соціальні завдання. На відміну від великих парків, сквери інтегровані безпосередньо у структуру житлових масивів і громадських просторів, надаючи можливість мешканцям здійснювати щоденні прогулянки, спілкуватися і просто проводити час на свіжому повітрі. У щільно забудованих районах міста такі зелені оази відіграють особливо важливу роль, слугуючи своєрідними "острівцями" природи серед урбаністичного середовища. Соціальна значущість парків і скверів полягає не лише в забезпеченні умов для дозвілля, але й у створенні сприятливої психологічної атмосфери для громади. Зелені насадження

сприяють зменшенню рівня стресу, позитивно впливають на емоційний стан людей і формують простір для культурних подій, спортивних активностей та громадських ініціатив. Часто саме ці зони стають місцем спілкування різних поколінь та центрами зустрічей жителів усіх куточків міста.

Архітектурно-планувальна функція зелених зон є ще одним важливим аспектом їхньої ролі у міському житті. Парки та сквери вносять гармонію у міський ландшафт, підвищують його естетичну привабливість і створюють буферні зони між районами з різним призначенням. Для Кривого Рогу ця функція є особливо важливою через близьке розташування багатьох житлових кварталів до територій промислових підприємств та техногенно порушених зон. У таких умовах зелені насадження діють як природний бар'єр, що зменшує шумове навантаження, запиленість та інші негативні фактори. Особливу увагу заслуговують рекультивовані території, які створюються на місці колишніх техногенних об'єктів, таких як відвали Петровських кар'єрів чи хвостосховища Північного ГЗК. Реконструкція цих ділянок із подальшим створенням зелених зон не лише сприяє відновленню порушених земель, але й формує нові рекреаційні простори для жителів міста.

За сучасних умов екологічних викликів роль зелених зон у Кривому Розі дедалі зростає. Зважаючи на посушливий клімат, високий рівень запиленості та значне антропогенне навантаження, навіть невеликі зелені насадження здатні суттєво поліпшити мікроклімат: знизити температуру повітря, збільшити вологість, забезпечити тінь і зменшити перегрів міських територій. Розвиток парків, скверів, лісопаркових зон, а також систематичне озеленення рекультивованих територій слід розглядати як один із ключових векторів сталого розвитку сучасних міських агломерацій. Здійснення таких заходів сприяє не лише відновленню деградованих природних ландшафтів, але й створенню нових екологічно збалансованих просторів, які здатні ефективно виконувати функції збереження природного середовища. Зелені

території відіграють критичну роль у покращенні якості атмосферного повітря, зниженні теплових навантажень у міському просторі, зменшенні рівня шумового забруднення та забезпеченні умов для збереження і підтримки біорізноманіття. Крім того, такі простори мають значний соціальний вплив, створюючи доступні місця для відпочинку, занять фізичною активністю та психологічної релаксації для містян. Наявність якісно облаштованих зелених зон підвищує естетичну привабливість міського середовища, сприяє формуванню позитивного іміджу населеного пункту та безпосередньо впливає на підвищення загального рівня комфорту і задоволення від життя в місті. У довгостроковій перспективі розвиток та підтримка зелених зон набувають особливої значущості як невід’ємний елемент забезпечення екологічної стійкості, соціальної гармонії та комплексного розвитку урбанізованих територій. Вони виконують ключову роль у формуванні сприятливого мікроклімату міст, знижуючи рівень забруднення повітря, регулюючи температуру та вологість, а також зменшуючи негативний вплив шумового навантаження. Зелені насадження сприяють природному очищенню довкілля, поглинаючи вуглекислий газ і продукуючи кисень, що особливо важливо в умовах інтенсивної урбанізації та зростання техногенного навантаження на екосистеми.

Крім екологічної функції, зелені зони мають вагоме соціальне та рекреаційне значення. Вони створюють комфортні простори для відпочинку, спілкування та фізичної активності населення, що позитивно впливає на психологічний стан і загальну якість життя мешканців міст. Наявність парків, скверів та інших озелених територій сприяє формуванню естетично привабливого міського середовища та підвищує інвестиційну привабливість територій. Таким чином, системний розвиток зелених зон є важливим стратегічним напрямом міського планування, що поєднує екологічні, соціальні та економічні аспекти сталого розвитку.

2.2 Аналіз деградованих земель і специфіка їх відновлення у межах міста

У продовження дослідження проблеми деградованих та техногенно порушених земель у межах Кривого Рогу, стає зрозуміло, що це є однією з найнагальніших екологічних викликів регіону. Вона виникла через десятиліття інтенсивної діяльності гірничодобувної й металургійної промисловості, яка спричинила суттєві зміни природного рельєфу, деградацію ґрунтів та втрату природних екосистем. Розробка залізрудних родовищ, робота кар'єрів, збагачувальних комбінатів і металургійних підприємств залишила по собі численні порушення, серед яких виділяються кар'єри, насипи гірських порід, хвостосховища, техногенні провали ґрунту, а також промислові майданчики без рослинного покриття. Характерною рисою цих територій є утворення великих відвалів пустої породи, які створюють штучні підвищення, істотно змінюючи природний ландшафт. Хвостосховища, що вміщують відходи збагачувальних процесів, також завдають значної шкоди довкіллю через можливе пилове та хімічне забруднення. Ці деградовані землі вирізняються своїми масштабами та тривалим періодом формування, що ускладнює їхнє природне відновлення без спеціальних рекультиваційних заходів. Ба більше, техногенні ландшафти мають помітний вплив на міський мікроклімат: вони підвищують рівень запиленості повітря, створюють локальні температурні аномалії та змінюють напрямки вітрових потоків[26].

До найбільш відомих прикладів таких територій належать промислові зони, пов'язані з роботою Північного ГЗК і АрселорМіттал Кривий Ріг, а також важливі техногенні об'єкти, такі як Петровський відвал і хвостосховище Північного ГЗК. Ці території потребують ґрунтового й системного підходу до відновлення із врахуванням їхнього екологічного стану та можливого майбутнього використання.

Рекультивація цих земель має охоплювати як технічні, так і біологічні заходи. На першому етапі необхідно вирівняти поверхню, укріпити схили, ізолювати небезпечні ділянки та сформувати стійкий рельєф. Наступний крок включає проведення біологічної рекультивації: нанесення родючого шару ґрунту, висівання трав'яного покриву, висаджування дерев і кущів, а також створення стабільних зелених зон. Відновлення земель у Кривому Розі має важливу особливість: більшість рекультивованих територій можна ефективно включити в систему міського озеленення, що відкриває можливість для створення нових зон відпочинку, парків та лісопаркових комплексів, які одночасно здійснюють екологічну та соціальну роль. Тому процес реабілітації деградованих земель у межах міста є складним, але надзвичайно важливим завданням, яке потребує цілісного підходу та довгострокового планування. Успішна рекультивація сприяє не лише зниженню негативного впливу техногенних факторів, а й покращенню екологічної ситуації в місті, пропонуючи нові зелені зони для комфортного життя мешканців.

Проблема порушених земель є однією з найгостріших екологічних викликів сучасності, особливо для регіонів із розвиненою промисловістю, де активна господарська діяльність суттєво змінює природне середовище. Видобування корисних копалин, робота гірничо-металургійних підприємств, розвиток інфраструктури та урбанізація сприяють деградації ґрунтів, порушенню ландшафтів, втраті біорізноманіття і загальному погіршенню екологічного стану. Все це призводить до утворення великої кількості техногенно змінених територій, які потребують комплексного відновлення. Тому особливо помітною ця проблема є в промислових містах України, таких як Кривий Ріг. Багаторічний процес видобутку залізної руди та активність гірничо-збагачувальних підприємств стали причиною появи численних кар'єрів, відвалів і хвостосховищ. Такі об'єкти спричиняють значні екологічні проблеми, включаючи забруднення повітря пилом, зміну температурного режиму, деградацію ґрунтів і дисбаланс міської екосистеми.

У сучасних умовах рекультивація порушених земель розглядається як один із ключових напрямків у відновленні екологічної рівноваги. Значну роль у цьому процесі відіграє створення зелених зон на рекультивованих територіях. Це не лише покращує їх вигляд, але й повертає їм екологічну функціональність. Зелені насадження виконують важливі завдання: вони укріплюють ґрунт, мінімізують ерозію, очищують повітря, знижують рівень шуму і формують більш комфортне середовище для життя людей. Особливу цінність має озеленення порушених земель саме у промислових містах. На таких територіях рослинність не тільки виконує природоохоронну функцію, але й допомагає регулювати мікроклімат. Завдяки здатності рослин впливати на температуру повітря, його вологість, силу вітру та рівень запиленості атмосфери, озеленення стає ефективним інструментом для поліпшення умов життя в міському середовищі. Для Кривого Рогу, який зазнає значного техногенного впливу, питання створення зелених зон на рекультивованих територіях має особливу актуальність. Використання відновлених кар'єрів, відвалів і інших деградованих земель для озеленення сприяє не лише реабілітації пошкоджених ділянок, але й покращенню загального екологічного стану міста.

Наукове обґрунтування процесів формування зелених зон на рекультивованих територіях є важливим етапом у розробці практичних заходів з регенерації техногенно змінених ландшафтів та оптимізації мікрокліматичних умов урбанізованого середовища. Таблиця 2.1 представляє узагальнення основних типів деградованих земель у межах міста Кривий Ріг, висвітлюючи причини їх утворення, екологічні наслідки та потенційні напрями їх відновлення. Досліджувані території охоплюють кар'єри, відвали пустих порід, хвостосховища, промислові майданчики та деградовані міські ґрунти. Їх виникнення тісно пов'язане з інтенсивним функціонуванням гірничодобувної та металургійної промисловості, загостреним діяльністю таких підприємств, як Північний гірничо-збагачувальний комбінат і

АрселорМіттал Кривий Ріг. Протягом тривалого періоду промислової експлуатації сформувалися значні площі техногенно змінених земель із різним ступенем екологічної небезпеки.

Таблиця 2.1 – Основні типи деградованих земель та напрями їх відновлення у місті Кривий Ріг

Тип деградованих земель	Причини утворення	Основні екологічні проблеми	Специфіка відновлення (рекультивації)	Можливе подальше використання
Кар'єри	Відкритий видобуток залізної руди	Порушення рельєфу, заповнення водою, нестабільні схили	Планування території, укріплення схилів, часткове затоплення або засипка	Водойми, рекреаційні зони
Відвали пустих порід	Діяльність гірничодобувних підприємств	Пилове забруднення, ерозія ґрунтів, перегрів поверхні	Терасування, нанесення родючого шару, озеленення	Лісопарки, зелені насадження
Хвостосховища	Збагачення залізної руди	Хімічне та пилове забруднення, ризик розмивання	Ізоляція, укріплення дамб, біологічна рекультивація	Санітарно-захисні зони, зелені території
Промислові майданчики	Металургійні та переробні підприємства	Забруднення ґрунтів і повітря	Дезактивація ґрунтів, завезення родючого шару, озеленення	Парки, громадські простори
Деградовані ґрунти міської периферії	Урбанізація та техногенне навантаження	Втрата родючості, ущільнення ґрунтів	Аерація ґрунтів, внесення добрив, висадка рослин	Сквери, зелені зони

Джерело: [22]

Кар'єри характеризуються значними порушеннями природного рельєфу місцевості, що супроводжуються можливим накопиченням води. Це створює не лише екологічні загрози, а й потенціал для перетворення таких територій на об'єкти рекреаційного призначення. Водночас, відвали пустих порід залишаються джерелом пилового забруднення та стимуляторами ерозійних процесів, а хвостосховища становлять особливу небезпеку через можливе проникнення хімічних забруднювачів у ґрунти та водні системи.

Прикладами таких техногенних об'єктів слугують Петровський відвал та Хвостосховище Північного гірничо-збагачувального комбінату. Промислові майданчики та деградовані міські ґрунти формуються внаслідок тривалого антропогенного впливу, ущільнення ґрунтово-земельного покриву та інтенсивного накопичення забруднюючих речовин. Це веде до втрати природної родючості ґрунтів і значного погіршення екологічного стану урбанізованих територій.

Процес відновлення деградованих земель передбачає реалізацію комплексного підходу до рекультивації, який охоплює технічну та біологічну фази. На етапі технічної рекультивації здійснюється планування земної поверхні, стабілізація схилів, ізоляція екологічно небезпечних зон і формування нових ландшафтних структур. Біологічна стадія включає нанесення родючого шару ґрунту, висадку трав'янистих рослин, дерев і чагарників, що згодом сприяє реституції екологічної рівноваги ділянок. Результатом таких заходів є перетворення деградованих територій у функціональні зелені зони парки, лісопарки або санітарно-захисні насадження. Їх інтеграція у міський ландшафт забезпечує покращення мікроклімату й позитивно впливає на загальну екологічну ситуацію у місті. Отже, таблиця окреслює логіку трансформації техногенно порушених земель у важливі елементи зеленого каркасу міської території[24].

2.3 Загальний огляд зелених зон на рекультивованих територіях

Оцінка стану зелених насаджень є ключовим компонентом екологічного моніторингу урбанізованих територій, що сприяє визначенню ефективності існуючих зелених зон та забезпечує основу для планування заходів, спрямованих на формування екологічно стабільного середовища. Перші методологічні підходи до оцінювання зелених насаджень були орієнтовані на просте кількісне обчислення параметрів, таких як площа зелених територій, кількість дерев і чагарників, висота рослин, щільність посадок та наявність газонів. Ці методики надавали лише загальне уявлення про рівень озеленення міських територій та його відповідність нормативним вимогам, але водночас мали значні обмеження. Зокрема, вони не враховували екологічну ефективність рослинності, її вплив на мікроклімат територій чи склад повітряного середовища.

Результати оцінювання демонструють, що зелені насадження у Кривому Розі виконують критично важливу функцію у підтриманні екологічної рівноваги міського середовища. Однак їхній нинішній стан значною мірою залежить від інтенсивного та тривалого впливу промислового навантаження. Це зумовлено історичним розвитком міста, яке стало одним із найбільших промислових центрів України, із зосередженням значних підприємств гірничо-металургійного сектору, таких як АрселорМіттал Кривий Ріг, Північний ГЗК, Центральний ГЗК та Інгулецький ГЗК. Діяльність цих підприємств протягом багатьох років спричинила суттєве техногенне навантаження на повітря, ґрунти, водні ресурси та рослинність.

Однією з найбільш критичних проблем для міських зелених насаджень є висока запиленість. Вона виникає через видобуток і транспортування руди, функціонування кар'єрів, дробильних установок, металургійних об'єктів, а також завдяки впливу відвалів і хвостосховищ. Великі обсяги пилу осідають на листках дерев і чагарників, формуючи щільний шар, який порушує

природні фізіологічні процеси рослин. Це негативно впливає на фотосинтез, адже пил перешкоджає проникненню сонячного світла до листової поверхні. Окрім цього, забруднений листовий покрив погіршує газообмін між рослиною та атмосферою, що знижує здатність рослин поглинати вуглекислий газ і виділяти кисень. Як наслідок, дерева частково втрачають свої екологічні функції, а їхній загальний стан поступово погіршується.

Таблиця 2.2 – Оцінка стану зелених насаджень як компонент екологічного моніторингу урбанізованих територій Кривий Ріг

Показник оцінки	Метод визначення	Одиниця виміру	Середнє значення	Стан
Площа зелених насаджень	Геоінформаційний аналіз	га	8 450	задовільний
Частка озеленення території	Просторовий аналіз	%	19,8	середній
Індекс життєвого стану дерев	Польове обстеження	%	72	задовільний
Частка пошкоджених дерев	Візуальна діагностика	%	18	підвищений ризик
Запиленість листової поверхні	Лабораторний аналіз	мг/см ²	3,4	високий рівень
Вміст важких металів у ґрунті	Хімічний аналіз	мг/кг	68	перевищення норми
Рівень шумового навантаження біля зелених зон	Акустичний моніторинг	дБ	61	помірний
Температурне зниження у межах зелених зон	Порівняльний аналіз	°С	-2,8	позитивний ефект
Рекультивовані озеленені території	Картографічний аналіз	га	1 320	активний розвиток

Джерело: [25]

Не менш серйозною залишається проблема забруднення ґрунтів поблизу промислових об'єктів, магістралей і техногенних структур. У ґрунті накопичуються важкі метали: залізо, марганець, свинець, кадмій і цинк. Вони потрапляють туди внаслідок промислових викидів та атмосферних опадів. Зайва концентрація цих елементів шкодить кореневій системі рослин, обмежуючи здатність до поглинання води й поживних речовин, гальмуючи ріст і відновлення тканин. З часом це призводить до пошкодження дерев, зменшення їх густоти та втрати декоративних властивостей. Ще однією важливою загрозою є механічне та фізіологічне ушкодження дерев у промислових зонах міста. Вплив забрудненого повітря, перепади температур, недостатнє зволоження та ущільнення ґрунтів стають джерелами тривалого стресу для рослин. Це проявляється у засиханні гілок, деформації крон, зменшенні приросту пагонів та передчасному опаданні листя. Такі дерева часто слабшають і стають вразливими до хвороб і шкідників, що ще більше ускладнює їхній стан.

Попри всі виклики, зелені насадження продовжують відігравати життєво важливу екологічну роль у Кривому Розі. Вони очищують повітря від пилу та шкідливих газів, знижують температурні коливання, пом'якшують ефект теплових островів, захищають від шумового забруднення та сприяють зміцненню ґрунтового покриву. Зокрема, створення зелених зон на рекультивованих територіях демонструє потужний потенціал для трансформації техногенно порушених ландшафтів у екологічно стабільні простори.

З розвитком дослідницьких підходів почали з'являтися більш розгорнуті методики, які передбачали врахування видової різноманітності рослинності, оцінку санітарного стану дерев і кущів, а також декоративні характеристики зелених насаджень. На цьому етапі активно розвивалися картографічні методи, що забезпечували точнішу візуалізацію просторової структури зелених зон в урбанізованому середовищі. Крім того, польові

дослідження стали важливим інструментом для визначення фізіологічного стану рослинності, виявлення пошкоджень, заселеності шкідниками та наявності патологій. Зазначені аспекти є критично важливими для ефективного планування заходів з озеленення та забезпечення здорового середовища для міських екосистем. З розвитком технологій почали активно впроваджувати методи дистанційного зондування, аерофотозйомку та перші комп'ютерні системи обробки даних. Це значно прискорило процес оцінки площ зелених зон, їх щільності та структури рослинності, усуваючи потребу у трудомісткому ручному огляді територій. Завдяки появі ГІС-технологій стало можливим інтегрувати картографічні дані з польовими спостереженнями, моделювати розподіл зелених зон у містах і оцінювати їх доступність для мешканців. Використання супутникових знімків забезпечило отримання даних про стан рослинності у важкодоступних районах, дозволяючи відстежувати динаміку змін і оцінювати втрати зелених зон через активну забудову [28].

Сучасні методики аналізу зелених насаджень базуються на комплексному підході, який враховує не лише площу та кількість дерев, але й низку додаткових параметрів. До таких показників належать індекси біорізноманіття, оцінка фітосанітарного стану рослин, здатність насаджень затримувати пил, регулювати температуру і вологість повітря, створювати природне затінення та бар'єри від шуму. Дослідження також включають просторову доступність зелених зон для населення, їхній вплив на рекреацію і дозвілля, а також аналіз соціальних та естетичних аспектів. У багатьох містах світу, таких як Берлін, Амстердам чи Сінгапур, комплексна оцінка передбачає моделювання впливу зелених зон на міський клімат та прогнозування їх ефективності у разі розширення площ насаджень.

Для сучасних українських міст, особливо тих, що відчують значне промислове навантаження, питання всебічної оцінки стану зелених насаджень набуває стратегічного значення. Зелені зони відіграють роль не

лише декоративного елемента міського середовища, але й ключового чинника створення здорового міського мікроклімату: очищення повітря від забруднень, зниження рівня шуму та забезпечення комфортних умов для проживання населення. Зокрема, у містах із розвинутою промисловістю, таких як Кривий Ріг, зелені насадження стають особливо важливими для забезпечення екологічної рівноваги та покращення якості життя.

Таблиця 2.3 - Сучасні методики аналізу зелених насаджень

№	Метод аналізу	Частка використання, %
1	NDVI та дистанційне зондування Землі	35%
2	Геоінформаційні системи (ГІС-аналіз)	30%
3	Наземні таксаційні обстеження	25%
4	Інші методи (біоіндикація, статистика)	10%

Джерело: статистичні дані

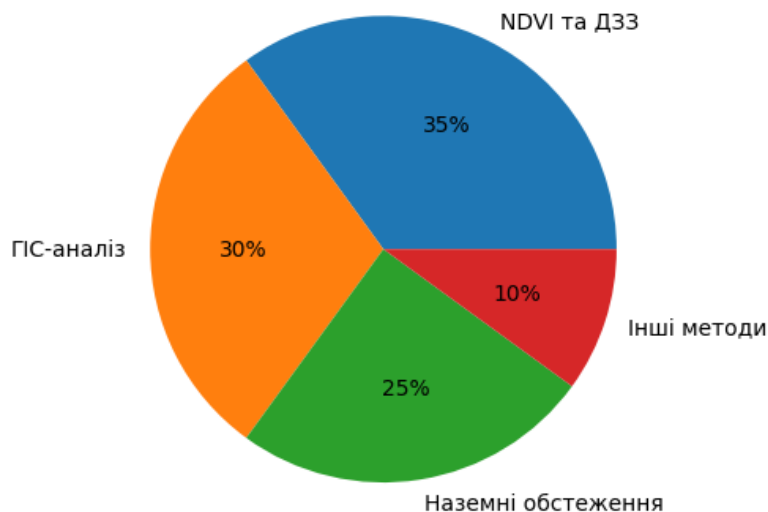


Рис. 2.1 Сучасні методики аналізу зелених насаджень

Джерело: статистичні данні

Аналіз даних, представлених у таблиці 2.3, демонструє, що у місті Кривий Ріг найбільш поширеним методом дослідження зелених насаджень є використання індексу NDVI та технологій дистанційного зондування Землі,

на які припадає 35 % від загальної кількості застосовуваних методів. Така популярність пояснюється високою ефективністю супутникових моніторингових систем для оцінювання стану рослинності на великих урбанізованих територіях. Другу позицію займають геоінформаційні системи (30 %), які забезпечують можливість просторового аналізу зелених зон, оптимізацію процесів їх озеленення та моніторинг екологічних умов території. Метод наземних таксаційних обстежень становить 25 %, що зумовлено його здатністю здійснювати детальне дослідження видового складу, вікових характеристик та санітарного стану насаджень безпосередньо на місцевості, забезпечуючи глибше розуміння біологічних аспектів. Найменшу частку, а саме 10 %, займають додаткові методи аналізу, такі як біоіндикація та статистичні дослідження, які переважно виконують допоміжну функцію в комплексному моніторингу. Узагальнюючи викладене, можна констатувати, що сучасні технології аналізу зелених насаджень у Кривому Розі поєднують цифрові методи обробки даних із традиційними польовими дослідженнями, що в кінцевому результаті сприяє суттєвому підвищенню ефективності екологічного моніторингу міського середовища.

Кривий Ріг є одним із найзначніших промислових центрів України, характеризуючись розвиненою гірничодобувною та металургійною індустрією, високим рівнем транспортного навантаження і високою концентрацією підприємств. Діяльність останніх істотно впливає на якість атмосферного повітря, стан ґрунтів і водних ресурсів у регіоні. В умовах такого антропогенного тиску питання систематичного моніторингу зелених насаджень набуває особливої актуальності, адже вони відіграють ключову роль у формуванні сприятливого міського середовища. Традиційні методи оцінювання стану зелених зон, що зазвичай базуються на підрахунку кількості дерев або визначенні площі парків та скверів, вже не здатні забезпечити всебічне розуміння ситуації щодо міського зеленого фонду. Для такого промислового міста, як Кривий Ріг, необхідно враховувати не лише

кількісні параметри, але також якісні характеристики рослинності. Серед них варто відзначити видовий склад рослин, їхній вік, щільність крон, здатність до адаптації в умовах техногенного навантаження, а також ефективність поглинання пилових частинок та шкідливих газів. Саме ці фактори визначають екологічну функціональність зелених насаджень у покращенні міського мікроклімату.

На сучасному етапі міське планування у Кривому Розі активно інтегрує цифрові технології, зокрема застосування геоінформаційних систем (ГІС). Використання ГІС дозволяє здійснювати комплексний просторовий аналіз розташування зелених територій, оцінювати дисбаланс між промисловими, житловими та природними зонами. Крім того, завдяки ГІС можна виявляти райони з найбільшим дефіцитом зелених насаджень для планування створення нових парків, скверів і рекреаційних зон, а також для оптимальної реконструкції існуючих об'єктів озеленення. Важливу роль у сучасній урбаністичній екології відіграють технології дистанційного зондування Землі, включаючи супутникові дані та аерофотознімки. Вони забезпечують можливість моніторингу динаміки змін зелених насаджень: деградації територій, зниження щільності рослинності, висихання окремих дерев та зростання площ техногенно порушених зон. У контексті специфіки промислового міста, якому притаманна висока інтенсивність екологічного навантаження, використання таких технологій є особливо цінним. Вони дозволяють оперативно реагувати на природні зміни та підвищувати ефективність управління міською екосистемою [26].

Запровадження комплексних методів моніторингу зелених насаджень у Кривому Розі є ключовою складовою сучасної екологічної політики та стратегічного розвитку міської інфраструктури. Такий підхід сприяє формуванню збалансованого міського середовища, у якому співіснування промислових, транспортних та природних компонентів відбувається у гармонії. Це забезпечує комфортніші умови життя для населення та створює

перспективи для сталого розвитку міста. Сучасні методології оцінювання стану зелених насаджень у міському середовищі дедалі частіше базуються на впровадженні високотехнологічних підходів, що інтегрують традиційні польові обстеження з використанням дистанційних і цифрових технологій. Одним із найбільш інноваційних інструментів у цьому контексті є мультиспектральне сканування, яке забезпечує можливість аналізу рослинного покриву через спектральні відбиття в різних діапазонах електромагнітного випромінювання. Ця технологія дозволяє виявляти навіть незначні зміни у фізіологічному стані дерев і чагарників, які залишаються непомітними при візуальному огляді без спеціальних засобів. Використання мультиспектральних знімків дає змогу фахівцям здійснювати оцінку рівня фотосинтетичної активності рослин, аналізувати ступінь зволоження їх тканин, а також діагностувати ранні симптоми ураження шкідниками чи захворюваннями.

Так само важливим інструментом сучасного моніторингу виступає фотограмметрія, яка ґрунтується на обробці серії зображень, отриманих з різних ракурсів. За допомогою відповідного спеціалізованого програмного забезпечення ці зображення об'єднуються в тривимірні моделі, що дозволяє дуже точно визначати параметри, такі як висота дерев, площа крони й загальна структура зелених насаджень. Використання фотограмметрії має особливе значення для моніторингу великих територій, наприклад парків або скверів, де застосування традиційних методів може бути надзвичайно ресурсозатратним як за часом, так і за трудовими витратами. У комплексі з фотограмметричними дослідженнями активно застосовуються безпілотні літальні апарати (дрони). Завдяки своїй маневровості і технічним можливостям дрони забезпечують оперативний збір даних із масштабних територій за короткий проміжок часу та з високим ступенем точності. Їхня оснащеність сучасними камерами, а подекуди й мультиспектральними сенсорами, робить ці апарати універсальним інструментом для моніторингу

стану рослинності. Зокрема, за допомогою дронів можна створювати детальні карти зелених насаджень, виявляти прогалини у покриві, оцінювати густоту рослинності та прогнозувати її здатність до поглинання вуглекислого газу й інших шкідливих речовин. Отримані за допомогою цих методів дані мають надзвичайну цінність для управління міською екологічною інфраструктурою. Завдяки регулярному скануванню вдається стежити за динамікою розвитку зелених насаджень у реальному часі, що дозволяє оперативно визначати проблемні ділянки. У випадках, коли певна територія демонструє ознаки стресу, наприклад, через дефіцит вологи, забруднення ґрунту чи надмірний вплив людської діяльності, фахівці можуть швидко втручатися і впроваджувати відповідні оздоровчі заходи. Це сприяє значному підвищенню ефективності роботи комунальних служб та допомагає оптимізувати витрати на утримання міських зелених зон. Крім того, ці методи дозволяють проводити оцінку не лише в екологічній площині, а й у соціальному контексті. Зелені зони в містах виконують функцію природних фільтрів, які очищують повітря та створюють комфортний мікроклімат, але також мають важливий вплив на якість життя населення. Тому, окрім чисто екологічних параметрів, необхідно враховувати соціальні аспекти використання зелених просторів. Одним із ключових показників є частота відвідувань скверів і парків жителями різних вікових груп. Цей показник свідчить про реальну потребу громади в зелених насадженнях і демонструє рівень їх інтеграції у повсякденне життя громади.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗЕЛЕНИХ ЗОН НА МІКРОКЛІМАТ КРИВОГО РОГУ

3.1 Методологія оцінки мікрокліматичних параметрів

Дослідження оцінювання зелених зон на мікроклімат міста Кривий Ріг ґрунтується на комплексному підході, що поєднує польові спостереження, інструментальні вимірювання та порівняльний аналіз територій з різним рівнем озеленення. Методологія спрямована на виявлення закономірностей між наявністю зелених насаджень і змінами ключових мікрокліматичних показників. У межах дослідження визначаються основні мікрокліматичні параметри: температура повітря, відносна вологість, швидкість вітру, інтенсивність сонячної радіації та ступінь запиленості повітря. Вимірювання проводяться у денний час у різних функціональних зонах міста, зокрема в межах парків, скверів, житлових кварталів та промислових територій, що дозволяє забезпечити порівнянність отриманих результатів.

Для фіксації температури та вологості використовуються цифрові термогігрометри, швидкість вітру визначається за допомогою анемометра, а рівень запиленості за допомогою портативних датчиків якості повітря. Вимірювання здійснюються на стандартній висоті 1,5-2 метри від поверхні землі, що відповідає рівню дихальної зони людини. Згідно зі схемою кліматичного районування Б. П. Алісова, Криворізький регіон входить до атлантико-континентальної європейської недостатньо вологої та теплої області помірної кліматичної зони. Для цієї місцевості характерні м'яка, малосніжна зима та спекотне, посушливе літо. Середнє альбедо території Кривого Рогу влітку сягає досить високого показника 30%, а взимку знижується до 35%. Значна частина сонячної радіації в регіоні, а саме близько 65%, витрачається на процеси випаровування, тоді як решта 35% використовується для теплообміну з атмосферою. Клімат формує вплив 43

циклонів і 24 антициклонів. Загалом антициклональний тип циркуляції атмосфери домінує протягом 229-242 днів на рік, що становить близько двох третин всього року. Детальна кліматична характеристика Криворізького регіону представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 -Показники кліматичних умов

Показник	Значення
Середньорічний показник атмосферного тиску	748,9 мм рт. ст
Середньорічна температура повітря	+9,1 °С
у липні	+23,4 °С
у січні	-4,7 °С
Абсолютний максимум	+40,2 °С
Абсолютний мінімум	-32,5 °С
Сума активних температур атмосферного повітря	3250 °С
Тривалість безморозного періоду	180 днів
Середні дати приморозків навесні	20 квітня
Середні дати приморозків восени	12 жовтня
Середні дати настання стійких морозів	15-20 грудня
Середні дати припинення стійких морозів	10-15 лютого
Середній річний показник відносної вологості повітря	68%
Максимальні значення взимку	80-86%
Мінімальні значення наприкінці літа	48-55%
Середнє число днів з туманами	54

Джерело:[23]

Отримані дані обробляються статистичними методами з подальшим порівнянням середніх значень між зеленими та урбанізованими територіями. Додатково застосовується метод просторового аналізу для візуалізації мікрокліматичних відмінностей у межах міської території.

Обсяг річних атмосферних опадів у Криворіжжі становить 400-450 мм, при цьому максимальна їх кількість припадає на початок літа. Регіон належить до

посушливих територій України. Згідно зі спостереженнями, 3-4 роки кожного десятиліття характеризуються посушливими умовами. Крім того, раз на 5-10 років спостерігаються значні посухи, коли під час вегетаційного періоду випадає лише 100-150 мм опадів. Середньорічний показник випаровування становить 325 мм. За значенням коефіцієнта зволоження М. М. Іванова, який дорівнює 0,53, регіон класифікується як територія з недостатнім і нестійким зволоженням. Протягом літнього сезону відзначається дефіцит вологозабезпечення. Опади в теплий період року зазвичай мають характер злив, а середня кількість днів зі зливами у вегетаційний період досягає 29. Ці зливи часто супроводжуються грозами та градом. Грози найчастіше відбуваються в період з травня до серпня, приблизно 5-9 разів за місяць, а їх сукупна кількість за рік складає 27-29 днів. Взимку формується стійкий сніговий покрив, висота якого зазвичай становить 10-15 см. Тривалість періоду зі сніговим покривом сягає близько 65 днів.

Протягом зимового сезону фіксується близько 12-16 днів із сильними хуртовинами, тоді як загалом холодні періоди тривають до 27 днів. Поширеним явищем є ожеледь, що триває орієнтовно 15 днів на зиму. Також протягом зимових місяців близько 26 днів характеризуються температурою повітря нижче -10°C . У періоди панування сухих східних і північно-східних вітрів спостерігається антициклональна морозно-малосніжна або безсніжна погода.

На рисунку представлено порівняння ключових мікрокліматичних параметрів між зеленими та урбанізованими зонами міста Кривий Ріг. Аналіз охоплює такі показники: температура повітря, відносна вологість, швидкість вітру, рівень запиленості і інтенсивність сонячної радіації. Отримані дані показують значні відмінності між цими територіями. У зелених зонах відзначається нижчий рівень температури повітря порівняно із забудовою міста. Це пояснюється затіненням та випаровуванням вологи рослинністю. Також тут спостерігається вища відносна вологість повітря, що пов'язане з

активною транспірацією зелених насаджень. Швидкість вітру в зелених зонах зазвичай є дещо більш рівномірною або навіть вищою завдяки відсутності щільної забудови, яка у міських районах спричиняє турбулентність і створює бар'єри для руху повітряних мас. Рівень запиленості у забудованих зонах суттєво перевищує показники зелених територій через інтенсивний транспортний рух та промислове забруднення.

Таблиця 3.2 - Основні мікрокліматичні параметри та методи їх вимірювання

№	Мікрокліматичний параметр	Одиниця вимірювання	Прилад	Місце проведення вимірювань	Періодичність
1	Температура повітря	°C	Термогігрометр	Парки, сквери, житлові та промислові зони	2-3 рази на день
2	Відносна вологість повітря	%	Термогігрометр	Аналогічні локації	2-3 рази на день
3	Швидкість вітру	м/с	Анемометр	Відкриті та озеленені території	2 рази на день
4	Рівень запиленості повітря	мг/м³	Портативний датчик якості повітря	Усі досліджувані зони	1-2 рази на день
5	Інтенсивність сонячної радіації	Вт/м²	Люксметр	Відкриті простори та зелені зони	1 раз на день

Джерело:[26]

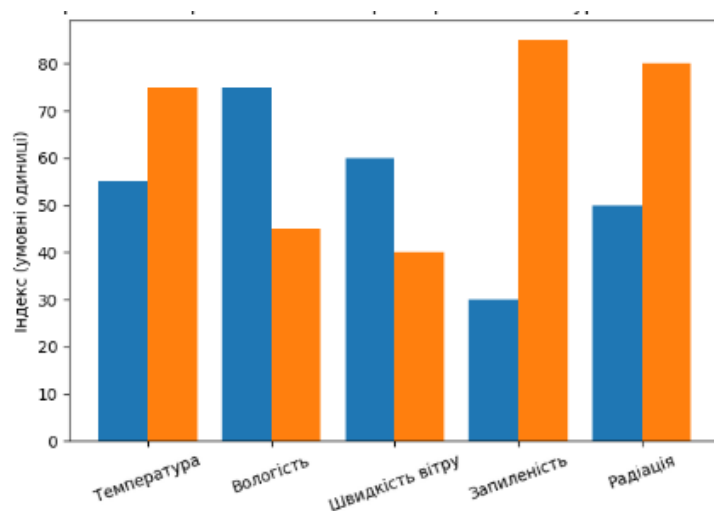


Рис. 3.2 – Порівняння мікрокліматичних параметрів зелених зон

Джерело:[26]

Інтенсивність сонячної радіації у міських районах також є вищою через відсутність природного затінення, тоді як висаджена рослинність у зелених зонах значно знижує прямий вплив сонячного випромінювання. Загалом діаграма чітко ілюструє позитивний вплив зелених насаджень на формування сприятливіших мікрокліматичних умов у міському середовищі, підтверджуючи їх важливу екологічну роль. Методологія оцінювання мікрокліматичних параметрів слугує важливим інструментом для всебічного аналізу стану довкілля як у межах міських територій, так і природних зон. Її застосування дозволяє точно визначати ключові показники мікроклімату, серед яких температура повітря, вологість, швидкість вітру, рівень сонячної радіації та інші фактори, що безпосередньо впливають на комфорт і безпеку життя населення. У ході дослідження встановлено, що використання сучасних технологій вимірювання та аналітичних підходів забезпечує високу точність і надійність отриманих даних. Це сприяє виявленню просторових і часових особливостей формування мікроклімату, а також дозволяє оцінити вплив зелених насаджень, забудови та техногенних факторів. Зібрані дані можуть бути ефективно використані для ухвалення управлінських рішень у сферах міського планування, екологічного моніторингу та створення якісного міського середовища. Таким чином, методологія оцінювання мікрокліматичних параметрів є невід'ємною частиною сучасних екологічних досліджень і відіграє значну роль у забезпеченні сталого розвитку територій.

3.2 Огляд впливу озелених зон на параметри мікроклімату

Озеленені території відіграють ключову роль у формуванні міського середовища, адже вони суттєво сприяють створенню сприятливого мікроклімату. У сучасних урбанізованих просторах, зокрема в промислових містах, зелені насадження виконують не лише естетичну та рекреаційну функції, але й забезпечують екологічну стабільність. Парки, сквери, алеї та інші озеленені зони покращують стан атмосферного повітря, регулюють температурний баланс, знижують шумове забруднення та сприяють комфортному проживанню городян. Одним із найважливіших ефектів від зелених насаджень є вплив на температурний режим. Завдяки затіненню та випаровуванню вологи рослинами температура в озелених районах у літній період зазвичай нижча, ніж у густо забудованих частинах міста. Зелені масиви допомагають запобігати перегріву асфальту, забудови та інших поверхонь, що набуває особливого значення в умовах глобального потепління та збільшення кількості днів із аномально високою температурою. Такі «острови прохолоди» позитивно впливають на загальне самопочуття населення, зменшуючи ризик теплового стресу[.

Очищення повітря є ще однією важливою функцією озелених зон. Рослини активно поглинають вуглекислий газ і виділяють кисень, одночасно затримуючи пил, важкі метали та шкідливі речовини. Особливо ефективними в цьому плані є дерева з пишними кронами та значною площею листової поверхні. У промислових містах озеленення відіграє значну роль у мінімізації негативного впливу викидів від транспорту та підприємств на здоров'я мешканців. Зелені зони також впливають на рівень вологості повітря. Завдяки процесу транспірації рослини насичують атмосферу вологою, що сприяє пом'якшенню мікроклімату, особливо під час періодів посухи. Підвищення вологості позитивно відображається на стані ґрунтів, рослинного покриву та загальному екологічному балансі міського

середовища. Додатково зелені насадження працюють як природний бар'єр проти шуму. Щільні посадки дерев і чагарників здатні значно знижувати рівень шумового забруднення, що особливо актуально для житлових районів поблизу автомагістралей або промислових об'єктів.

Соціальний аспект також відіграє важливу роль у впливі озелених територій на місто. Наявність доглянутих зелених просторів сприяє покращенню психоемоційного стану жителів, створює можливості для відпочинку, фізичної активності та соціальної взаємодії. Парки й сквери стають комфортним місцем для дозвілля, позитивно позначаючись на якості життя людей у міському середовищі. Озеленені території є важливим елементом міського середовища, оскільки вони суттєво впливають на формування сприятливого мікроклімату. У сучасних містах, особливо промислових, зелені насадження виконують не лише декоративну та рекреаційну функції, але й забезпечують екологічну стабільність території. Парки, сквери, алеї та інші озеленені зони сприяють покращенню стану атмосферного повітря, регулюванню температурного режиму, зменшенню рівня шуму та підвищенню комфортності проживання населення[32].

Одним із найважливіших аспектів впливу зелених насаджень є регулювання температури повітря. Завдяки процесам затінення та випаровування вологи рослинами температура в межах озелених територій у літній період зазвичай є нижчою, ніж у щільно забудованих районах міста. Дерев та чагарники здатні знижувати перегрівання поверхонь, асфальтового покриття та будівель, що особливо важливо в умовах глобального потепління та збільшення кількості спекотних днів. Формування таких «островів прохолоди» позитивно впливає на самопочуття населення та зменшує ризик теплового стресу.



Рис. 3.3 Схема впливу озелених зон на мікроклімат

Джерело: Google

Важливою функцією зелених зон є очищення атмосферного повітря. Рослини поглинають вуглекислий газ і виділяють кисень, а також затримують пил, важкі метали та інші шкідливі домішки. Особливо ефективними у цьому процесі є дерева з густою кроною та великою площею листової поверхні. У промислових містах озеленення відіграє значну роль у зменшенні негативного впливу викидів транспорту та підприємств на здоров'я населення. Озеленені території також впливають на рівень вологості повітря. Завдяки процесу транспірації рослини насичують повітря вологою, що сприяє пом'якшенню мікрокліматичних умов, особливо в посушливий період року. Підвищення вологості повітря позитивно позначається на стані ґрунтів, рослинності та загальному екологічному балансі міста. Крім того, зелені насадження виконують функцію природного шумового бар'єра. Щільні посадки дерев і кущів здатні зменшувати рівень шумового забруднення від транспорту та промислових об'єктів. Це має важливе значення для житлових районів, розташованих поблизу магістралей або виробничих зон.

Не менш важливим є соціальний аспект впливу озелених територій на мікроклімат міста. Наявність комфортних і доглянутих зелених зон сприяє покращенню психологічного стану населення, створює умови для відпочинку, фізичної активності та соціальної взаємодії. Парки та сквери формують сприятливе середовище для проведення дозвілля, що позитивно впливає на якість життя мешканців міста. Вони забезпечують зниження температури повітря, очищення атмосфери, регулювання вологості.

3.2.1 Вплив на температурний режим

Регулювання температурного режиму в міських агломераціях, таких як Кривий Ріг, є надзвичайно актуальною проблемою, що спричинена високим рівнем урбанізації та значним промисловим навантаженням. Інтенсивна концентрація промислових підприємств, щільна міська забудова, великі площі асфальтованих територій, а також розвинена транспортна інфраструктура сприяють утворенню феномену «теплового острова». Цей ефект характеризується підвищенням температури повітря в межах міста порівняно з прилеглими природними зонами. У таких умовах озеленені території набувають вирішального значення для стабілізації температурного фону та покращення міського мікроклімату.

Значний вплив зелених насаджень особливо відчутний у літній період року. Деревя, чагарники та газони активно сприяють зниженню температури повітря завдяки затіненню поверхонь і транспіраційному процесу, тобто випаровуванню води через листя. Наприклад, у парках і скверах міста, таких як парк імені Федора Мершавцева або парк «Ювілейний», температурні показники в спекотні дні можуть бути істотно нижчими порівняно з районами із щільною забудовою та відсутністю зелених насаджень. У великих зелених масивах щільні насадження формують комфортні умови для перебування людей навіть під час максимальних показників літньої спеки.



Рис. 3.4 Схема впливу озеленення на температурний режим

Джерело: розроблено автором

Таблиця 3.3 – Вплив озелених зон на температурний режим

Тип озеленення	Характер впливу на температуру	Орієнтовне зниження температури
Парки та сквери	Створення затінення та випаровування вологи	2–5 °C
Лісосмуги	Зменшення нагрівання повітря та ґрунту	1–3 °C
Газони	Зниження температури поверхні ґрунту	1–2 °C
Вертикальне озеленення	Охолодження фасадів будівель	2–4 °C
Зелені дахи	Зменшення нагрівання покрівель	3–7 °C
Водойми у зелених зонах	Формування прохолодного мікроклімату	1–3 °C

Джерело: статистичні данні

Окрім зниження температури повітря, зелені зони виконують важливу функцію у мінімізації нагрівання міських поверхонь. Міські елементи інфраструктури, такі як асфальтове покриття, бетонні конструкції та металеві

споруди, мають високий рівень акумуляції сонячної енергії, що провокує перегрівання навколишнього середовища. Натомість рослинність поглинає частину сонячної радіації та забезпечує створення затінення, знижуючи температуру поверхонь ґрунту, тротуарів і довкілля загалом. У результаті це сприяє зменшенню інтенсивності формування теплових потоків у центральних районах міста.

Важливо зазначити, що зелені насадження відіграють помітну роль і у зимовий період. Древа та чагарники слугують природним бар'єром від холодних вітрів, що є особливо важливим для відкритих просторів міста. Наявність зелених смуг сприяє зниженню швидкості вітру та забезпеченню більш стабільного температурного балансу в житлових районах, що значно покращує мікрокліматичні умови в зимовий час. Озеленення не лише безпосередньо впливає на температуру повітря, але й відіграє ключову роль у формуванні сприятливого мікроклімату міста. Збільшення вологості повітря в межах зелених зон сприяє створенню комфортніших умов для мешканців, тоді як скорочення рівнів запиленості та забруднення атмосфери позитивно впливає на екологічний стан міського простору. Це набуває особливої ваги в умовах промислових міст, таких як Кривий Ріг, де поєднання підвищених температур із забрудненням повітря істотно погіршує здоров'я населення. Тому зелені зони Кривого Рогу виконують важливу кліматорегулюючу функцію, сприяючи зниженню температури повітря влітку, мінімізуючи ефект теплового острова та створюючи бар'єр від негативного впливу вітрів. Крім того, вони відіграють значну роль у формуванні більш комфортного та екологічно безпечного міського середовища.

3.2.2 Вплив на рівень вологості повітря

Рівень вологості повітря є одним із ключових факторів, що формують комфортність міського середовища. У промислових містах на кшталт

Кривого Рогу проблема низької вологості стає особливо гострою через високу урбанізацію, щільну забудову, значну площу асфальтованих поверхонь та інтенсивну діяльність промислових об'єктів. У таких умовах озеленені території виконують важливу роль природного регулятора мікроклімату, сприяючи підвищенню вологості повітря і поліпшенню екологічного стану міста. Рослинність відіграє ключову роль у підтримці вологості завдяки процесу транспірації випаровуванню вологи через листя. Деревя, куші та газони акумулюють воду в ґрунті, поступово віддаючи її в атмосферу. Завдяки цим процесам у зелених зонах формується сприятливіший мікроклімат порівняно з районами з високим рівнем забудови або промисловими об'єктами.

Таблиця 3.4 – Вплив різних типів озеленення на рівень вологості повітря

Тип озеленення	Середнє підвищення вологості повітря	Особливості впливу
Парки та лісопаркові зони	10-15 %	Формують стабільний мікроклімат та зменшують пересушення повітря
Сквери	5-8 %	Локально покращують мікроклімат у житлових районах
Газони	3-5 %	Підвищують випаровування вологи з поверхні ґрунту
Алеї дерев	4-7 %	Створюють затінення та зменшують нагрівання повітря
Озеленення біля водойм	12-18 %	Найбільш ефективно підтримують підвищену вологість

Джерело: статистичні данні

Для Кривого Рогу характерний посушливий клімат із високими температурами влітку та нерівномірним випаданням опадів протягом року. У літні місяці рівень відносної вологості в окремих районах міста може знижуватися до 30-40 %, що негативно позначається як на самопочутті жителів, так і на стані рослинності та санітарно-гігієнічних умовах життя. Саме зелені зони здатні частково нейтралізувати ці несприятливі явища,

покращуючи якість життя міських мешканців. Значний вплив на рівень вологості повітря забезпечують великі парки та зелені насадження, особливо поблизу водойм. У таких місцях спостерігається зниження температури, а випаровування вологи з рослин і ґрунту відбувається більш активно.

Таблиця 3.5 – Порівняння рівня вологості повітря у різних функціональних зонах міста

Функціональна зона	Середня відносна вологість у літній період	Характеристика умов
Промислова зона	35-40 %	Високий рівень нагрівання та низька кількість зелених насаджень
Центральна забудова	40-45 %	Значна площа асфальтового покриття
Житлові райони зі скверами	45-50 %	Помірний рівень озеленення
Паркові території	50-60 %	Сприятливий мікроклімат
Прибережні зелені зони	55-65 %	Найбільш комфортні умови

Джерело: статистичні данні

Для міста Кривий Ріг актуальними є заходи, спрямовані на збільшення площ озелених ділянок, створення нових паркових зон, висадження посухостійких видів дерев та відновлення природних прибережних екосистем. Таким чином, озеленені території виступають невід'ємною частиною екологічної інфраструктури міста. Вони сприяють забезпеченню стабільного рівня вологості повітря, формуванню комфортного мікроклімату та мінімізації негативного впливу урбанізації на мешканців. Отже, розвиток системи озеленення повинен залишатися однією з пріоритетних стратегій екологічної політики Кривого Рогу.

3.2.3 Вплив на швидкість вітряних потоків

Швидкість вітряних потоків є одним із ключових показників, що характеризують мікроклімат урбанізованого середовища. Вітрова активність

суттєво впливає на температурний режим, рівень вологості, дифузію пилу та забруднюючих речовин, а також на загальний комфорт перебування людей у межах міської забудови. У промислових центрах, таких як Кривий Ріг, проблема управління вітровими потоками набуває особливого значення через значну частку відкритих територій, високу щільність забудови та безпосередній екологічний вплив великих промислових об'єктів. Ефективне озеленення відіграє важливу роль у регулюванні швидкості вітру. Елементи зеленої інфраструктури, такі як дерева, кущі та парки, формують природні бар'єри, здатні пом'якшувати інтенсивність вітрових потоків. Особливо дієвими є багаторядні лісосмуги та щільні паркові насадження, які можуть істотно знижувати швидкість вітру навіть на значних відстанях від місця розташування.

Таблиця 3.6 – Вплив різних типів озеленення на швидкість вітряних потоків

Тип озеленення	Середнє зниження швидкості вітру	Особливості впливу
Лісопаркові зони	40-60 %	Формують потужний вітрозахисний бар'єр
Багаторядні лісосмуги	50-70 %	Найефективніше стримують повітряні потоки
Сквери	15-25 %	Локально знижують швидкість вітру
Алеї дерев	20-35 %	Регулюють рух повітря вздовж вулиць
Газони	5-10 %	Практично не впливають на швидкість вітру

Джерело: статистичні данні

Для Кривого Рогу характерна наявність значних відкритих степових просторів, що зумовлює високе вітрове навантаження, особливо у зимово-весняний період. Інтенсивні вітри виступають важливим фактором перенесення пилу та промислових забруднювачів, що погіршує якість атмосферного повітря і негативно впливає на здоров'я населення.

Застосування зелених насаджень є ефективним засобом для пом'якшення цих негативних процесів, сприяючи поліпшенню екологічного стану міського середовища.

Найвагоміший вплив на регулювання швидкості руху повітряних потоків здійснюють багаторядні зелені насадження, що виконують функцію природного захисного екрану. Вони не лише зменшують швидкість вітру, але й сприяють осіданню пилових частинок, а також знижують рівень шумового забруднення. Особливе значення такі захисні смуги мають у промислових зонах міста, де їх роль полягає у забезпеченні необхідного бар'єру між житловими масивами та виробничими комплексами.

Таблиця 3.7 – Порівняння швидкості вітру у різних функціональних зонах міста

Функціональна зона	Середня швидкість вітру	Характеристика умов
Відкриті промислові території	6-8 м/с	Високий рівень вітрового навантаження
Центральна забудова	4-6 м/с	Формування вітрових коридорів
Житлові райони з озелененням	3-5 м/с	Часткове стримування потоків повітря
Паркові території	2-4 м/с	Комфортний мікроклімат
Лісопаркові зони	1-3 м/с	Найнижчий рівень швидкості вітру

Джерело: статистичні данні

На швидкість руху повітря у міському середовищі також суттєво впливає архітектурна структура забудови. Розташування висотних будівель та масштабних транспортних магістралей може спричинити формування так званих «вітрових коридорів», що характеризуються значним підвищенням руху повітря.

3.2.4 Вплив на концентрацію пилу в атмосфері

Однією з найважливіших екологічних проблем промислових міст є надмірна запиленість атмосферного повітря. Для міста Кривий Ріг ця проблема має особливе значення через специфіку функціонування гірничо-

металургійного комплексу, інтенсивний автомобільний трафік та великі площі відкритих промислових територій. Пилове забруднення несприятливо впливає на здоров'я населення, погіршує санітарно-гігієнічні умови проживання та загострює загальноєкологічну ситуацію в місті. Особливо важлива роль у зменшенні концентрації пилу належить зеленим насадженням. Деревна, чагарникова та трав'яниста рослинність виконує функцію бар'єра, що активно затримує пилові частинки на поверхнях листя, гілок і стовбурів. Значна частина частинок осідає на рослинності під дією вітру й атмосферної вологи, а під час опадів змивається у ґрунт. Таким чином, озеленені території функціонують як природний фільтр, сприяючи очищенню атмосферного повітря. Найбільш ефективними у процесі затримання пилу визнаються дерева з густою кроною та шорсткою структурою поверхні листя. Зокрема, високий ступінь абсорбції пилу виявляють такі види дерев, як липа, клен, каштан, тополя, акація, а також хвойні породи.

Таблиця 3.8 – Порівняння запилення у різних функціональних зонах

Функціональна зона	Рівень концентрації пилу	Характеристика стану повітря
Промислові території	Високий	Значне пилове навантаження
Магістральні вулиці	Підвищений	Вплив автотранспорту
Центральна забудова	Середній	Помірне накопичення пилу
Житлові райони зі скверами	Помірно низький	Часткове очищення повітря
Паркові та лісопаркові території	Низький	Найсприятливіші умови

Джерело: розроблено автором

Рослинність відіграє важливу роль у покращенні санітарно-гігієнічного стану міського середовища. Вона сприяє зниженню концентрації пилу, що допомагає мінімізувати ризик виникнення захворювань дихальної системи, алергічних реакцій і проблем із серцево-судинною системою. Особливо значущим озеленення є для дітей, літніх людей та осіб із хронічними захворюваннями. Сьогодні проблема пилового забруднення стає дедалі гострішою через зміну клімату, частіші посушливі періоди й інтенсивний

вплив людської діяльності. Для Кривого Рогу надзвичайно важливо збільшувати площі озеленення, створювати нові захисні насадження та оновлювати вже існуючі зелені зони. Зелені насадження відіграють важливу роль як природний засіб для зниження рівня пилу в атмосфері міста Кривий Ріг. Вони допомагають очищати повітря, покращувати екологічну ситуацію в міському середовищі та сприяти збереженню здоров'я населення. Розширення та розвиток системи озеленення є ключовою умовою для підвищення екологічної безпеки міста.

3.3 Екологічна оцінка ефективності зелених зон

Зелені зони виступають однією з ключових складових екологічної інфраструктури в умовах сучасних урбаністичних процесів. У контексті інтенсивної урбанізації та значного техногенного навантаження, вони виконують низку важливих функцій, зокрема природоохоронну, санітарно-гігієнічну, рекреаційну та кліматорегулюючу. Для промислових міст, до яких належить Кривий Ріг, ефективність функціонування зелених зон набуває особливого значення, адже саме ці території відіграють істотну роль у зменшенні негативного впливу промисловості, транспортної інфраструктури та щільної забудови на довкілля. Екологічна оцінка ефективності зелених зон передбачає аналіз їхнього впливу на якість атмосферного повітря, локальний мікроклімат, рівень шумового забруднення, ступінь запиленості повітря та загальну комфортність проживання мешканців міста. Серед основних критеріїв оцінювання виділяються площа зелених насаджень, їхня щільність, фітосанітарний стан рослинності, видовий склад дерев і кущів, а також рівень антропогенного навантаження на ці території.

У межах міста Кривий Ріг зелені зони охоплюють парки, сквери, лісопаркові території, прибережні насадження, а також зелені насадження вздовж вулично-дорожньої мережі. Їх екологічна значущість особливо

відчутна в районах із високим рівнем забруднення атмосферного повітря та дефіцитом природних екосистем, який характерний для промислових зон. Одним із ключових показників екологічної ефективності зелених зон є їх здатність покращувати якість атмосферного повітря. Рослини виконують важливу функцію, затримуючи пилові частинки, поглинаючи вуглекислий газ і нейтралізуючи деякі токсичні речовини. У промислових районах міста дерева та кущі слугують природними фільтрами, сприяючи зниженню концентрації шкідливих домішок у повітрі. Крім того, зелені насадження помітно впливають на формування сприятливого мікроклімату в міському середовищі. У спекотний літній період вони знижують температуру повітря завдяки затіненню територій та процесам випаровування вологи. У паркових зонах температура повітря може бути на 2–5 °С нижчою порівняно з густо забудованими ділянками міста. Це має особливе значення для Кривого Рогу, де влітку часто фіксуються високі температури й посушливі умови.

Таблиця 3.9 – Вплив зелених зон на екологічні показники міського середовища

Показник	Території без озеленення	Озеленені території
Температура повітря влітку	Висока	Нижча на 2–5 °С
Вологість повітря	35–45 %	50–65 %
Рівень запиленості	Високий	Нижчий на 30–60 %
Швидкість вітру	5–8 м/с	2–4 м/с
Рівень шуму	Високий	Нижчий на 10–15 дБ

Джерело: статистичні данні

Важливим елементом екологічної оцінки є аналіз стану зелених насаджень. Деякі міські зелені зони зазнають впливу негативних чинників, таких як забруднення повітря, ущільнення ґрунту, нестача вологи та механічні пошкодження рослин. Це призводить до зниження життєздатності дерев і кущів, а також погіршення їхньої здатності виконувати екологічні

функції. Для визначення ефективності зелених зон використовуються різноманітні критерії: щільність озеленення, стан рослинності, площа зелених насаджень у розрахунку на одного мешканця та рівень екологічного навантаження. У районах із недостатнім озелененням спостерігається підвищення температури повітря, зростання рівня шуму та забруднення пилом. Екологічна ефективність зелених насаджень значною мірою залежить від правильно підбраного складу рослин. У промислових містах варто надавати перевагу деревам і кущам, стійким до впливу забруднення, які добре адаптуються до посушливих умов і здатні ефективно затримувати пил. Серед таких рослин можна виділити липу, акацію, клен, каштан, тополь та різні хвойні породи.

РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЗЕЛЕНЕННЯ РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ У КРИВОМУ РОЗІ

4.1 Порівняльна характеристика мікроклімату техногенних територій та озелених зон у Кривому Розі

Мікроклімат міських територій формується під впливом комплексу природних і антропогенних чинників, серед яких ключову роль відіграють ступінь урбанізації, характер забудови, наявність промислових об'єктів та рівень озеленення. У місті Кривий Ріг, яке є одним із найбільших промислових центрів України, мікроклімат зазнає значного техногенного навантаження, що зумовлено діяльністю гірничо-металургійного комплексу, розвиненою транспортною мережею та високою щільністю забудови в окремих районах.

Особливістю міського мікроклімату є його мозаїчність: на невеликій території можуть суттєво відрізнятися температурні умови, вологість повітря та рівень забруднення залежно від наявності зелених насаджень. Саме тому порівняння техногенних і озелених територій дозволяє чітко оцінити вплив рослинності на екологічний стан міського середовища. Техногенні території включають промислові майданчики, кар'єри, транспортні вузли, магістральні дороги та щільно забудовані житлові квартали з мінімальним рівнем озеленення. Для них характерні специфічні мікрокліматичні умови, що суттєво відрізняються від природних або озелених зон.

Основною особливістю таких територій є підвищений температурний режим. Асфальтові, бетонні та металеві поверхні активно поглинають сонячну радіацію вдень і повільно її віддають уночі, що призводить до формування ефекту «теплового острова». У літній період температура повітря в техногенних зонах може бути значно вищою, ніж у зелених масивах. Другою важливою характеристикою є низька відносна вологість

повітря. Відсутність рослинності зменшує природне випаровування вологи, що робить повітря сухішим і менш комфортним для людини. Це також підсилює відчуття спеки влітку та холоду взимку. Окремою проблемою є високий рівень запиленості та хімічного забруднення. У промислових районах Кривого Рогу спостерігається підвищена концентрація пилу, оксидів азоту, сірки та інших забруднюючих речовин. Відсутність зелених насаджень ускладнює їх природне осідання та фільтрацію.

Озеленені території (парки, сквери, лісопаркові зони, прибережні зелені смуги) відіграють ключову роль у формуванні сприятливого міського мікроклімату. Рослинність виступає природним регулятором температури, вологості та якості повітря. Головною особливістю таких зон є зниження температури повітря. Завдяки затіненню та процесу транспірації (випаровування води рослинами) температура в зелених зонах є значно нижчою, ніж у навколишній забудові, це створює комфортні умови перебування навіть у періоди літньої спеки.

Другим важливим показником є підвищена вологість повітря. Рослинність активно бере участь у водному обміні, що сприяє зволоженню повітряного середовища та зменшенню його сухості. Також зелені насадження суттєво знижують рівень пилового забруднення. Листя дерев і кущів затримує пилові частинки, а коренева система стабілізує ґрунт, зменшуючи вторинне пилення. Крім того, озеленені території знижують швидкість вітру та зменшують шумове навантаження, створюючи більш комфортне середовище для відпочинку та проживання. Для наочного порівняння мікрокліматичних умов техногенних і озелених територій доцільно представити основні показники у вигляді таблиці. Результати порівняння свідчать, що наявність зелених насаджень є одним із ключових факторів формування комфортного міського мікроклімату. Озеленення виконує одразу кілька функцій: терморегуляційну, вологонакопичувальну, фільтраційну та вітрозахисну.

У техногенних районах, де озеленення мінімальне, спостерігається накопичення тепла та забруднюючих речовин, що призводить до погіршення екологічної ситуації та зниження комфортності проживання населення. Водночас навіть локальні зелені зони здатні суттєво покращувати мікрокліматичні умови в межах окремих кварталів. Рівень озеленення є одним із найважливіших індикаторів екологічної якості міського середовища.

Таблиця 4.1 – Порівняння мікроклімату техногенних та озелених територій

Мікрокліматичний показник	Техногенні території	Озеленені території
Температура повітря	Підвищена, ефект «теплового острова»	Нижча на 2–5 °С
Відносна вологість	Знижена	Підвищена
Рівень пилу	Високий	Значно знижений
Швидкість вітру	Нестабільна, можливі застої	Помірна, більш рівномірна
Газове забруднення	Високе	Частково нейтралізується рослинністю
Тепловий комфорт	Низький	Високий
Шумове навантаження	Підвищене	Знижене

Джерело: розроблено автором

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що мікроклімат техногенних територій Кривого Рогу характеризується несприятливими умовами: підвищеною температурою, низькою вологістю та високим рівнем забруднення. Натомість озеленені території формують значно більш комфортне середовище за всіма ключовими параметрами.

Отже, розширення та збереження системи міського озеленення є критично важливим напрямом для покращення мікроклімату, зниження екологічного навантаження та підвищення якості життя населення.

Для більш детального аналізу мікрокліматичних особливостей техногенних територій Кривого Рогу було проведено польові вимірювання температури поверхні та відносної вологості повітря на території

промислового відвалу. Дослідження здійснювалися у літній період за однакових погодних умов у двох ділянках: на відкритій поверхні відвалу без рослинності та на ділянці з наявними деревно-чагарниковими насадженнями. Результати вимірювань показали суттєву різницю між досліджуваними ділянками. На відкритій поверхні відвалу без зелених насаджень температура поверхні становила 50,5 °С, тоді як на ділянці з насадженнями температура була значно нижчою близько 35 °С. Отримані результати свідчать про формування сильного перегріву поверхні в умовах відсутності рослинного покриву. Основною причиною цього є інтенсивне поглинання сонячної радіації темними породами відвалу та відсутність природного затінення і процесів транспірації. Наявність рослинності забезпечує часткове охолодження території завдяки випаровуванню вологи листям і зменшенню нагрівання ґрунту та поверхневих порід. Таким чином, навіть локальні насадження здатні суттєво пом'якшувати температурний режим техногенних територій.

Аналогічна ситуація спостерігалася і щодо показників відносної вологості повітря. На ділянці без озеленення середній рівень вологості становив лише 31 %, що свідчить про значне пересушення повітря. Водночас у зоні з насадженнями вологість досягала 49 %, тобто була майже у півтора раза вищою. Це пояснюється активним випаровуванням вологи рослинами та здатністю зелених насаджень утримувати вологу у верхніх шарах ґрунту. Отримані результати підтверджують важливу роль озеленення у стабілізації мікроклімату техногенних територій Кривого Рогу. Зелені насадження сприяють зниженню температури, підвищенню вологості повітря та формуванню більш комфортних екологічних умов для населення.

Для більшої наочності результати польових досліджень свідчать, що різниця температури між озеленою та неозеленою ділянкою становила понад 15 °С. Це підтверджує ефективність зелених насаджень як природного механізму регуляції температурного режиму на техногенних територіях. Крім

того, підвищення вологості повітря в озелених зонах позитивно впливає на тепловий комфорт населення та сприяє зменшенню негативного впливу пилового забруднення.

Таблиця 4.2 – Результати вимірювання температури поверхні на території відвалу

№	Ділянка дослідження	Наявність рослинного покриву	Середня температура поверхні (вдень влітку), °C	Характеристика температурного режиму	Вплив на мікроклімат
1	Відкрита поверхня відвалу	Відсутній	50,5	Сильний перегрів поверхні	Формування локального «теплового острова», пересушення повітря
2	Озеленена ділянка відвалу	Деревно-чагарникові насадження	30,5	Помірний температурний режим	Зниження нагрівання поверхні та покращення мікроклімату

Джерело: розроблено автором

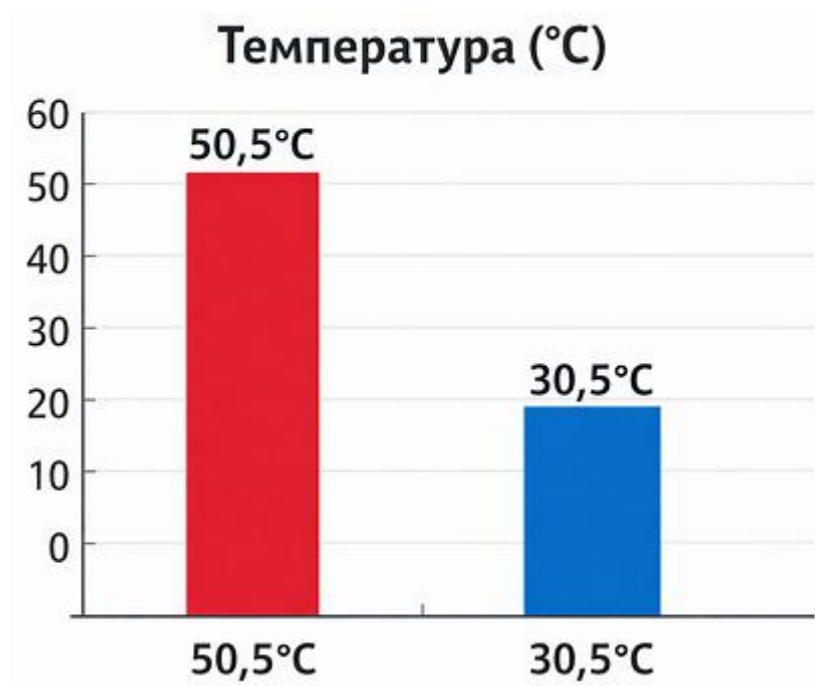


Рис. 4.1 Температурний режим поверхні

Результати проведених вимірювань доводять, що озеленення відвалів і промислових територій є одним із найбільш ефективних способів покращення мікроклімату в умовах індустриального міста Кривий Ріг. Проведене дослідження підтвердило, що навіть незначні за площею зелені насадження здатні суттєво впливати на температурний режим, рівень вологості повітря та загальний екологічний стан техногенних територій. Особливо це важливо для Кривого Рогу, де значна частина території зазнає постійного впливу гірничодобувної та металургійної промисловості.

Встановлено, що на відкритих поверхнях відвалів без рослинного покриву формується інтенсивний перегрів. Температура поверхні досягала 50,5 °С, що є небезпечним як для навколишнього середовища, так і для населення. Такі поверхні активно накопичують сонячну енергію, а через відсутність рослинності тепло повільно розсіюється у навколишнє середовище. Це сприяє формуванню локальних «теплових островів», які негативно впливають на самопочуття людей, особливо у спекотний літній період. Підвищені температури також посилюють випаровування вологи з ґрунту, що призводить до пересушення повітря та підвищення рівня пилового забруднення. На відміну від неозелених ділянок, території з наявними зеленими насадженнями характеризувалися значно більш сприятливими мікрокліматичними умовами. Завдяки затіненню поверхні та процесам транспірації температура повітря і поверхневих порід знижувалася до 35 °С. Рослини виконують функцію природного охолодження, оскільки під час випаровування вологи поглинається значна кількість теплової енергії. Крім того, зелені насадження зменшують нагрівання ґрунту та створюють більш комфортні умови для перебування людей.

Важливим результатом дослідження стало також встановлення суттєвої різниці у показниках відносної вологості повітря. На територіях без рослинності повітря було значно сухішим, що негативно впливає на стан

організму людини та погіршує загальний рівень комфорту. У зелених зонах вологість була помітно вищою завдяки природному випаровуванню води рослинами. Підвищення вологості повітря сприяє покращенню теплового самопочуття населення та зменшує негативний вплив спеки. Не менш важливою є й здатність зелених насаджень очищувати атмосферне повітря. Листя дерев і кущів затримує пилові частинки та частково поглинає шкідливі гази, які утворюються внаслідок роботи промислових підприємств і транспорту. Це особливо актуально для Кривого Рогу, де проблема забруднення повітря є однією з найгостріших екологічних проблем міста. Озеленення сприяє зменшенню концентрації пилу в повітрі та покращує санітарно-гігієнічні умови проживання населення.

Крім екологічного ефекту, зелені насадження виконують також соціальну та рекреаційну функції. Озеленені території створюють комфортні умови для відпочинку населення, знижують рівень шумового навантаження та покращують естетичний вигляд міського середовища. Особливо важливим є створення зелених зон у районах, що розташовані поблизу промислових підприємств і техногенних об'єктів.

4.2 Рекомендації щодо покращення мікроклімату міських територій через розвиток системи озеленення

Покращення мікроклімату міських територій є одним із ключових завдань сучасного містобудування, особливо для індустріальних міст, до яких належить Кривий Ріг. Високий рівень техногенного навантаження, значна щільність забудови та недостатня кількість зелених насаджень зумовлюють необхідність впровадження системних заходів, спрямованих на стабілізацію температурного режиму, підвищення вологості повітря та зниження рівня забруднення. Основним інструментом покращення мікроклімату виступає розвиток та оптимізація системи міського озеленення,

яка повинна розглядатися не як окремі елементи (парки чи сквери), а як цілісна екологічна інфраструктура міста.

Одним із першочергових заходів є збільшення загальної площі озеленення міських територій. Це включає створення нових парків, скверів, бульварів, а також озеленення внутрішньоквартальних територій. Важливо забезпечити рівномірний розподіл зелених зон по всій території міста, оскільки локалізоване озеленення не дає системного мікрокліматичного ефекту. Особливо актуальним є збільшення зелених насаджень у центральних районах та промислових зонах, де рівень теплового та хімічного навантаження є максимальним. Розширення зелених площ дозволяє зменшити ефект «міського теплового острова», підвищити вологість повітря та знизити концентрацію пилу. Ефективним підходом є створення системи «зелених коридорів», які поєднують між собою парки, сквери, прибережні зони та лісопаркові території. Така структура забезпечує безперервний повітрообмін та сприяє міграції повітряних мас у межах міста. Зелені коридори також виконують функцію природних вентиляційних каналів, які зменшують застій гарячого повітря в щільно забудованих районах. Це особливо важливо для міст із промисловими джерелами забруднення, де необхідно забезпечити розсіювання шкідливих речовин. Важливим аспектом є не лише кількість, а й якість озеленення. Найбільший мікрокліматичний ефект забезпечують багаторусні насадження, що включають дерева, кущі та трав'яний покрив.

- Дерева забезпечують затінення та зниження температури повітря.

- Кущі зменшують швидкість вітру та затримують пил.

- Трав'яний покрив запобігає перегріванню ґрунту та зменшує випаровування. Також необхідно використовувати види рослин, стійкі до міських умов, з високими пилопоглинальними та газоочисними властивостями. Це дозволяє підвищити ефективність природної фільтрації повітря.

У щільно забудованих районах, де відсутні вільні площі для класичного озеленення, доцільно впроваджувати інноваційні підходи:

- вертикальне озеленення фасадів будівель;
- створення зелених дахів;
- використання мобільних зелених конструкцій у громадських просторах.

Такі рішення дозволяють зменшити нагрівання будівель, підвищити рівень вологості повітря та покращити естетичний вигляд міського середовища. Ефективність системи озеленення залежить від її належного утримання. Необхідно забезпечити регулярний догляд за зеленими насадженнями, включаючи полив, обрізку, заміну пошкоджених рослин та контроль їх фітосанітарного стану. Важливим є також впровадження моніторингу стану зелених зон і мікрокліматичних показників, що дозволить оцінювати ефективність проведених заходів та своєчасно коригувати міську екологічну політику. Реалізація запропонованих заходів дозволить сформувати більш збалансований міський мікроклімат, знизити рівень теплового та пилового навантаження, а також покращити екологічний стан міського середовища. Озеленення в даному контексті виступає не лише естетичним елементом, а стратегічним інструментом екологічної стабілізації міста.

4.3 Вплив стану озеленення на екологічні ризики міського середовища

Стан озеленення міських територій є одним із ключових чинників, що визначають рівень екологічної безпеки та стабільність функціонування урбанізованих екосистем. У містах із високим рівнем промислового навантаження, таких як Кривий Ріг, екологічні ризики значною мірою залежать від балансу між техногенними джерелами забруднення та природними механізмами його нейтралізації. Зелені насадження в цьому контексті виступають важливим елементом природного захисту довкілля.

Одним із найважливіших екологічних ризиків міського середовища є забруднення атмосферного повітря пиловими частинками, оксидами азоту, сірки та іншими шкідливими домішками, що утворюються внаслідок промислової діяльності та транспортного навантаження.

Зелені насадження виконують функцію природного фільтра. Листя дерев і кущів затримує пилові частинки на своїй поверхні, а також частково абсорбує газоподібні забруднювачі. Особливо ефективними є багаторушні насадження, які створюють щільні зелені масиви, здатні зменшувати концентрацію пилу в приземному шарі атмосфери. Збільшення площі зелених насаджень сприяє зниженню ризику респіраторних захворювань серед населення та покращує загальний стан атмосферного повітря.

Ще одним важливим аспектом є регулювання температурного режиму міського середовища. У техногенних районах спостерігається формування ефекту «теплового острова», що призводить до перегрівання повітря, особливо у літній період. Зелені насадження знижують температурні екстремуми завдяки затіненню та процесу транспірації. Це дозволяє зменшити теплове навантаження на населення та знизити ризики теплових ударів і серцево-судинних ускладнень у періоди аномальної спеки. Таким чином, озеленення виконує функцію природного регулятора температурного балансу міського середовища.

Стан зелених насаджень безпосередньо впливає на стабільність водного балансу міської території. Рослинність сприяє затриманню та поступовому випаровуванню атмосферної вологи, що позитивно впливає на загальний мікроклімат. Крім того, коренева система рослин зміцнює ґрунт, зменшуючи ризики ерозії та вторинного запилення. Це особливо важливо для територій із порушеним ґрунтовим покривом або високим рівнем техногенного навантаження. У районах із недостатнім озелененням ці процеси порушуються, що призводить до підвищення ризику деградації ґрунтів та погіршення екологічного стану території.

Недостатній рівень озеленення міських територій призводить не лише до погіршення фізичних параметрів довкілля, але й до зростання соціально-екологічних ризиків. Зокрема, підвищується рівень стресового навантаження на населення, знижується комфортність проживання та погіршується загальне самопочуття мешканців. Дослідження показують, що відсутність доступу до зелених зон негативно впливає на психоемоційний стан людини, підвищує рівень втоми та знижує продуктивність діяльності. Таким чином, озеленення виконує також важливу соціально-психологічну функцію. Отже, стан озеленення міських територій має багатофакторний вплив на рівень екологічних ризиків. Зелені насадження знижують концентрацію забруднюючих речовин, регулюють температурний режим, стабілізують водний баланс та покращують соціально-психологічний стан населення. Недостатній рівень озеленення, навпаки, призводить до посилення негативних екологічних процесів і зниження якості міського середовища.

4.4 Впровадження системи екологічного моніторингу

Для Кривого Рогу проблема екологічного моніторингу є вкрай важливою через високу концентрацію підприємств гірничо-металургійного комплексу, суттєве транспортне навантаження та значні площі урбанізованих територій. Впровадження системи моніторингу стану довкілля забезпечує постійний контроль за якістю атмосферного повітря, станом водних ресурсів, ґрунтів, зелених насаджень, а також рівнем техногенного впливу. Екологічний моніторинг являє собою систему регулярних спостережень, оцінки й прогнозування змін у довкіллі під впливом як природних, так і антропогенних чинників. Головною метою цієї системи є своєчасне виявлення екологічних проблем і розробка ефективних заходів для їх мінімізації. Для міста Кривий Ріг система моніторингу має включати:

-контроль якості атмосферного повітря;

- спостереження за рівнем запиленості;
- моніторинг стану зелених насаджень;
- контроль рівня шуму;
- аналіз стану поверхневих та підземних вод;
- оцінку техногенного навантаження у промислових районах.

Таблиця 4.3 – Основні напрями екологічного моніторингу

Напрямок моніторингу	Об'єкт спостереження	Основні показники
Атмосферний моніторинг	Повітря	Пил, CO ₂ , оксиди азоту, діоксид сірки
Моніторинг зелених зон	Парки, сквери, лісосмуги	Стан рослинності, рівень пошкоджень
Гідрологічний моніторинг	Річки та водойми	Якість води, рівень забруднення
Акустичний моніторинг	Міські території	Рівень шуму
Ґрунтовий моніторинг	Міські ґрунти	Вміст важких металів та токсичних речовин

Джерело: розроблено автором

У промислових районах міста найбільш важливим є контроль атмосферного повітря. Значні обсяги викидів пилу та промислових газів можуть негативно впливати на здоров'я населення та стан міських екосистем. Для цього у місті доцільно встановлювати автоматизовані станції контролю якості повітря. концентрацію шкідливих речовин у повітрі в режимі реального часу. Такі системи оснащені сучасними сенсорами, які здійснюють вимірювання:

- рівня дрібнодисперсного пилу PM_{2.5} та PM₁₀;
- концентрації оксиду вуглецю;
- вмісту діоксиду сірки;
- рівня оксидів азоту;
- температури та вологості повітря;
- швидкості вітру.

Для Кривого Рогу доцільно розміщення подібних станцій у таких місцях, як поруч із промисловими підприємствами; у центральних частинах міста; поблизу основних транспортних магістралей;

у рекреаційних зонах і парках.



Рис. 4.2 Пост моніторингу повітря

Джерело: мережа інтернет Google

Зелені насадження виконують важливі екологічні функції, тому контроль їх стану є невід’ємною складовою системи моніторингу. У місті Кривий Ріг значна частина дерев зазнає впливу промислового забруднення, дефіциту вологи та ущільнення ґрунтів. Оцінка стану рослинності може включати: визначення рівня пошкодження листя; аналіз сухостійних дерев; оцінку щільності крони; визначення біологічної стійкості рослин; супутниковий аналіз стану зелених зон. Сучасні системи екологічного моніторингу ґрунтуються на впровадженні цифрових технологій та геоінформаційних систем, що відкриває низку нових можливостей. Зокрема, вони спрямовані на розробку цифрових карт, які відображають рівень забруднення довкілля; моделювання та прогнозування поширення пилових частинок у повітрі; аналіз змін у стані зелених насаджень та природних зон; забезпечення постійного контролю екологічного стану в режимі реального часу. Такі технології значно підвищують ефективність моніторингових процесів та сприяють прийняттю своєчасних рішень для збереження довкіл

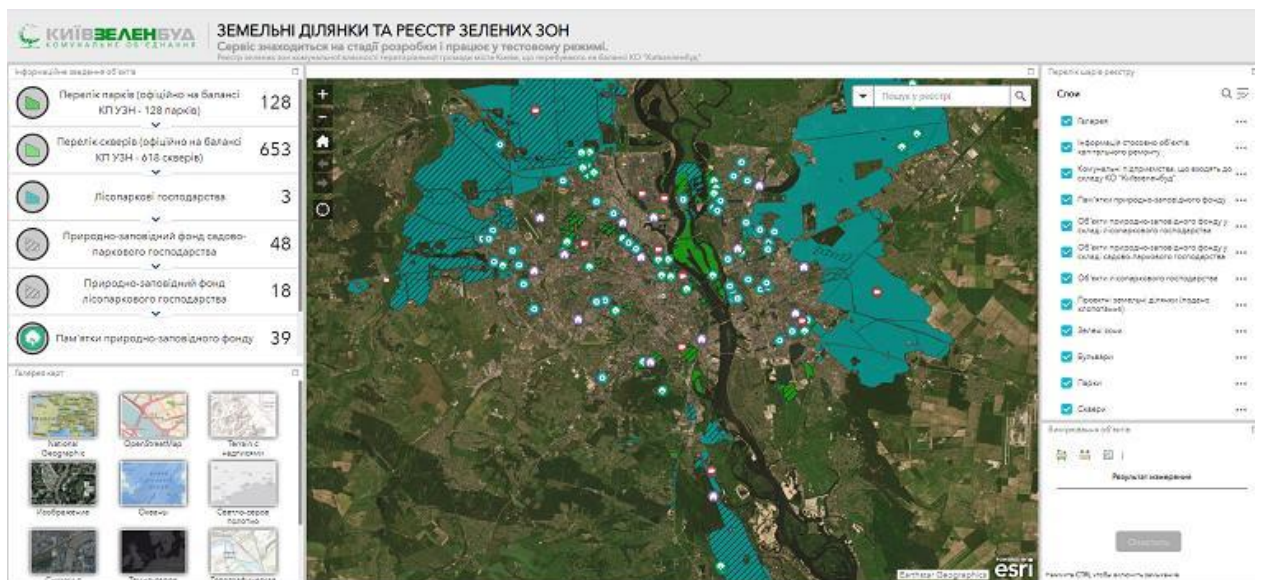


Рис. 4.3 Використання GIS-технологій

Джерело: мережа інтернет Google

Розробка та впровадження системи екологічного моніторингу в місті Кривий Ріг є важливою передумовою для забезпечення екологічної стійкості та покращення умов життя місцевого населення. Для великого індустріального центру, який зазнає суттєвого впливу техногенних факторів на атмосферне повітря, водні ресурси та ґрунти, регулярний моніторинг довкілля набуває особливої значущості. Сучасні системи моніторингу дозволяють оперативно отримувати дані про рівень забруднення, оцінювати екологічний стан окремих районів міста й своєчасно реагувати на потенційні екологічні загрози.

Застосування автоматизованих станцій моніторингу, цифрових сенсорів і геоінформаційних систем забезпечує можливість безперервного контролю таких параметрів, як якість атмосферного повітря, концентрація пилу, температурні зміни, стан зелених насаджень і водних об'єктів. Зібрані дані можуть бути використані для прогнозування майбутніх змін екологічного стану, планування заходів з озеленення міської території та розроблення екологічно орієнтованих політик. Особливе значення має також контроль за станом зелених зон, які виконують критично важливі екологічні функції: очищення повітря, регулювання мікроклімату та зменшення впливу

шкідливих промислових викидів. Регулярний моніторинг дозволяє оперативно виявляти пошкодження рослинного покриву, оцінювати ефективність існуючих зелених насаджень і визначати території, де необхідне додаткове озеленення. Крім того, інтеграція таких систем матиме позитивний вплив на підвищення екологічної обізнаності населення та забезпечення прозорості екологічної інформації. Наявність відкритого доступу до актуальних даних про стан довкілля сприятиме формуванню громадського контролю та стимулюватиме активну участь місцевих жителів у природоохоронних ініціативах.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження було досягнуто поставленої мети, яка полягала в аналізі впливу рекультивації деградованих земель та озеленення на екологічний стан і мікроклімат техногенно змінених територій міста Кривий Ріг.

1. Встановлено, що рекультивація та озеленення є важливими складовими процесу екологічного відновлення територій, які зазнали значного антропогенного навантаження. Їх реалізація сприяє покращенню екологічного стану міського середовища та стабілізації природних компонентів техногенно порушених територій.
2. Виявлено, що зелені насадження відіграють ключову роль у формуванні сприятливого мікроклімату міста. Вони забезпечують зниження температури повітря, підвищення відносної вологості, зменшення швидкості вітру та ефективно зниження рівня пилового забруднення.
3. Встановлено, що найбільш ефективний вплив на мікрокліматичні показники мають багаторусні зелені насадження та лісопаркові зони, які забезпечують комплексний захист територій від перегріву, пересушення повітря та поширення пилу.
4. Виявлено, що значна частина техногенних територій Кривого Рогу характеризується недостатнім рівнем озеленення, що призводить до посилення негативних мікрокліматичних умов, формування локальних «теплових островів» та підвищення рівня екологічного навантаження.
5. У ході дослідження встановлено, що існуючі зелені насадження позитивно впливають на санітарно-гігієнічний стан міського середовища, сприяють очищенню атмосферного повітря від пилу та частковому зниженню концентрації забруднюючих речовин.
6. Виявлено, що на територіях без рослинного покриття спостерігається значний перегрів поверхні. Під час проведення польових вимірювань

температура на відкритому відвалі без насаджень становила 50,5 °С, тоді як на озелененій ділянці вона знижувалася до 35 °С. Це підтверджує важливу роль рослинності у регулюванні температурного режиму техногенних територій.

7. Встановлено, що рівень відносної вологості повітря на озелених територіях є значно вищим порівняно з відкритими техногенними ділянками. Це створює більш комфортні умови для населення та сприяє покращенню мікрокліматичних характеристик міського середовища.

8. Виявлено необхідність системного підходу до розвитку міського озеленення та рекультивації порушених земель. Використання сучасних методів екологічного контролю та моніторингу дозволить підвищити ефективність управління природним середовищем міста та своєчасно реагувати на екологічні ризики.

9. Встановлено, що розвиток системи озеленення, створення захисних лісосмуг, рекультивація відвалів і техногенно порушених територій є одним із найважливіших напрямів покращення мікроклімату, зниження рівня забруднення та підвищення якості життя населення міста Кривий Ріг.

Отже, результати дослідження підтверджують доцільність подальшого впровадження природоохоронних заходів, спрямованих на розширення площ зелених насаджень та відновлення деградованих територій у промислових містах України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авраменко, С. Х., Гуляєв, В. М., Волошин, М. Д. Екологія міських систем та основних виробництв промисловості: навчальний посібник. Київ—Дніпродзержинськ: НМЦ ВО — ДДТУ, 2007.
2. Безлюбченко О.С., Завальний О.В., Черносова Т.О. Планування і благоустрій міст: навчальний посібник. Харків: ХНАМГ, 2011. 191 с.
3. Бессонова, В. П. Методи фітоіндикації в оцінці екологічного стану довкілля: Навчальний посібник для студентів біол. спец-стей ун-тів. Запоріжжя: ЗДУ, 2001.
4. Благоустрій території: Державні будівельні норми України (ДБН Б.2.2-5:2011). Київ, 2012. 27. Богун К. В. Соціально-економічні та екологічні наслідки озеленення дахів будівель. Ефективна економіка, № 2. 2013. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?Op=1&z=1804>
5. Бурченко С. В. Аналіз існуючої законодавчої бази для реалізації концепції зеленої інфраструктури для Харківської області. V-й всеукраїнський студентський форум студентів, аспірантів і молодих учених: тези доп.: Дніпро: ДНУ, 2019. С. 63- 64.
6. Василенко, І. А., Півоваров, О. А., Трус, І. М., Іванченко, А. В. Урбоекологія. Дніпро: Акцент ПП, 2017.
7. Клименко, М. О., Пилипенко, Ю. В., Мороз, О. С. Екологія міських систем: підручник. Херсон: Олді-плюс, 2012.
8. Гудим, М.Г., Кудряченко, О.П. Озеленення міських територій. Альтернативне озеленення. Young Scientist, № 12, 2016.
9. Дида, І. А. Традиції формування зелених просторів в українських містах. Науковий вісник: Проблеми урбоекології та фітомеліорації / Збірник науковотехнічних праць. Львів: УкрДЛТУ, 2003.
10. Екологія. Тлумачний словник за ред. М.М. Мусієнко. Київ: Либідь, 2004.

11. Зелено-блакитна інфраструктура в містах пострадянського простору: вивчення спадщини та підключення до досвіду країн V4 : колективна монографія / За ред. Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. 400 с.
12. Каталог природоорієнтованих рішень / авт. кол.: М. Рябика, О. Гусакова, А. Зозуля, А. Бушовська та ін. Львів: УКМ, 2021. 116 с. 36. Greksa A., Grabić J., Blagojević B. Contribution of low impact development practices- bioretention systems towards urban flood resilience: case study of Novi Sad, Serbia. Environmental Engineering Research. 2021. DOI: <https://doi.org/10.4491/eer.2021.125>
13. Клещ А. А., Максименко Н. В., Пономаренко П. Р. Територіальна структура природокористування міста Харків. Людина і довкілля. Проблеми неоекології. 2017. Вип. 27, № 1–2. С. 23–34.
14. Кузик І. Теоретико-методологічні засади дослідження комплексної зеленої зони міста. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2019. № 2 (47). С. 21-32. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.19.3.3> 171
15. Кузик І., Царик Л. Геоекологічна оцінка структури комплексної зеленої зони міста Тернопіль та її оптимізація. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. Випуск 34. 2020. С. 8-18. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-01>
16. Курницька, М. П. Життєвість міських зелених насаджень. Науковий вісник: Проблеми урбоекології та фітомеліорації / Збірник науковотехнічних праць. Львів: УкрДЛТУ, 2003. 49
17. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць: підручник. Львів: Світ, 2005. 456 с.
18. Кучерявий, В.П. Урбоекологія: підручник. Львів: Світ, 1999.
19. Левон, Ф. М., Кузнєцов, С. І. Загальні сьогоденні проблеми озеленення міст в Україні. Наук. вісник УкрДЛТУ: Міські сади і парки: минуле, сучасне і майбутнє. Львів: УкрДЛТУ, 2001.

20. Максименко Н. В. Гололобова О. О. Інновації в організації зеленої інфраструктури м. Харків та перспективи її розвитку. Зелено-блакитна інфраструктура в містах пострадянського простору: вивчення спадщини та підключення до досвіду країн V4 : колективна монографія. За ред. Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруба. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. С. 265-292.
21. Максименко Н. В. Ландшафтно-екологічне планування: теорія і практика: монографія. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. 216 с.
22. Максименко Н. В. Ландшафтно-екологічне планування, як підґрунтя управлінських рішень про надання екосистемних послуг. Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, Серія «Геологія. Географія. Екологія». 2016. Вип. 45, С. 153-158.
23. Максименко Н. В., Бурченко С. В. Оцінка можливості реалізації концепції зеленої інфраструктури для Харківської області. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: тези доп. 9-ї міжнар. наук.-тех.конф.: Баку, Харків, Жиліна: ВА ЗС АР, НТУ «ХПІ», ДП «ХНДІ ТМ», УмЖ, 2019. С. 82. 173
24. Максименко Н. В., Бурченко С. В. Теоретичні основи стратегії зеленої інфраструктури: міжнародний досвід. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2019. № 31. С. 16-25. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-02>
25. Максименко Н. В., Гололобова О. О., Коваль І. М., Калиновський О. І. Моніторинг стану зелених насаджень Шевченківського району м. Харків (на прикладі гіркокаштану (*Aesculus hippocastanum* L.)). Людина та довкілля.
26. Озеленення території міста Кривий Ріг URL: <https://kr.gov.ua/novini/ozelenennya-teritoriyi-mista-u-2024-roczni>
27. Проблеми неоекології. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна. Вип. 36, 2021. с. 56- 72.

28. Максименко Н. В., Гололобова О.О., Щербань В. І., Погоріла М. І. Впровадження стійких рослинних компонентів в зелену інфраструктуру в контексті природоорієнтованих рішень. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна. Вип. 35, 2021. с. 56-72.
29. Миронюк, В. В., Свинчук, В. А. Методичні основи обліку міських зелених насаджень із використанням супутникових знімків різного просторового розрізнення. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво, 2012.
30. Назарук М., Жук Ю. Зелені зони малих та середніх міст Львівської області: сучасний стан та проблеми функціонування. Фізична географія та геоморфологія. Львів, 2013. Вип. 1(69). С. 54-62
31. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. Київ, 2017.
32. Петроченко, В.І., Шелегеда, В.І., Корж, О.П., Дубова, О.В., Стрельченко, В.І., і Денежкіна, А.В. Екологія рідного краю: Підручник для 8 кл. загальноосвіт. навч. закл. Запоріжжя: Прем'єр, 2009.
33. Стольберг, Ф. В. Екологія міста (урбоекотологія): підручник. Київ: Лібра, 2000.
34. Тітенко Г. В., Калиновський О. І., Карпенко О. Р., Хоменко А. С., Угрєн Д. Д. Особливості геохімічної міграції важких металів в урболандшафті Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: «Освіта – наука – виробництво – 2019»: матеріали ХХІІ міжнар. наук.-практ. конф. м. Харків, ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2019 р. С. 116- 118.
35. Цигичко, С. П. Екологія в архітектурі і містобудуванні: навч. посібник. Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Харків: ХНАМГ, 2012.
36. Черевченко, Т. М. Біорізноманіття деревних рослин в умовах мегаполісів та його оптимізація (на прикладі м. Києва). Науковий вісник:

Проблеми урбоекології та фітомеліорації / Збірник науково-технічних праць.
Львів: УкрДЛТУ, 2003.