

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА
ШЕВЧЕНКА
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ФІЗИЧНОЇ ГЕОГРАФІЇ ТА ГЕОЕКОЛОГІЇ**

На правах рукопису

**ГЕОПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ УРБООКООСИСТЕМ
(НА ПРИКЛАДІ М. КИЄВА)**

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 – Природничі науки
Спеціальність	106 – Географія
Освітня програма	Транскордонне екологічне співробітництво

Кваліфікаційна робота бакалавра
студента четвертого курсу
Бежана Станіслава Дмитровича

Науковий керівник:
Гавриленко Олена Петрівна,
кандидат географічних наук,
доцент, доцент кафедри фізичної географії та геоекології

КИЇВ – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА СУЧАСНОГО ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ УРБОЕКОСИСТЕМ МІСТА КИЄВА	6
1.1 Якість повітря урбанізованого середовища як фактор впливу на якість життя населення	6
1.2. Зелені насадження як фактор впливу на якість життя міського населення.....	9
1.3 Міський острів тепла як фактор впливу на якість життя в урбанізованому середовищі.....	12
1.4 Якість дренажної системи та поняття про біоретенційні міста	16
1.5. Вплив шумового забруднення на якість життя міського населення.....	18
Висновки до розділу 1.....	21
РОЗДІЛ 2 СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТА АНАЛІЗ ВІДКРИТИХ ДАНИХ ЩОДО ЯКОСТІ ЖИТТЯ В МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ	22
2.1. Характеристика вихідних матеріалів дослідження.....	22
2.2. Характеристика вихідних матеріалів для створення картосхем.....	23
2.3. Картографічне та геоінформаційне забезпечення дослідження.....	24
2.4. Алгоритм розрахунку якості життя міського населення.....	25
Висновки до розділу 2.....	26
РОЗДІЛ 3 АПРОБАЦІЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЖИТТЯ НАСЕЛЕННЯ В МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	27
3.1. Дослідження якості атмосферного повітря	27
3.2. Дослідження доступності зелених зон.....	32
3.3. Дослідження рівня шумового забруднення міста Києва.....	33
3.4. Визначення частки непроникних поверхонь	36

Висновки до розділу 3.....	37
ВИСНОВКИ	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	40

ВСТУП

Урбанізація – це одна з найважливіших і швидкозмінюваних глобальних тенденцій сучасного світу. Зростання чисельності міського населення створює не лише економічні та соціокультурні виклики, але й серйозні перепони якості життя народонаселення та стійкості міських екосистем. У такому контексті просторове дослідження урбоекосистем є надактуальним.

Київ, як столиця України та одне з найбільших міст Європи, репрезентує ці негативні тенденції урбанізації та виклики, пов'язані з комфортністю життя населення та геоекологічною стійкістю довкілля. З цього погляду розробка методики розрахунку індексу якості життя урбанізованого середовища за допомогою геопросторового аналізу є актуальною задачею, що потребує комплексного підходу.

Об'єктом дослідження є урбоекосистеми м. Києва, а **предметом** — вплив екологічних та соціально-економічних факторів функціонування урбоекосистем на якість життя мешканців міста Києва за допомогою геопросторового аналізу.

Мета дослідження – поєднати природознавчі та соціоекономічні підходи для інтегрованої оцінки життя мешканців Києва за допомогою активного застосування геоінформаційних технологій та аналізу сучасних географічних, статистичних даних.

Цільовими завданнями дослідження є:

1. Інвентаризація наявних відкритих даних, пов'язаних з якістю життя міського населення, з акцентом на їх актуальність, доступність та формат;
2. Оцінка повноти та репрезентативності відкритих даних для комплексної оцінки якості життя;
3. Розробка методів та інструментів для інтеграції та гармонізації різномірних відкритих даних про якість життя;

4. Аналіз екологічних факторів, що впливають на якість життя в місті Києві, з урахуванням таких аспектів, як забруднення атмосферного повітря, ґрунту та води, шумове забруднення, стан зелених насаджень;
5. Оцінка ризиків та загроз для здоров'я та благополуччя міського населення, пов'язаних з геоекологічним станом міста;
6. Визначення ключових індикаторів та показників якості життя в міських умовах, з акцентом на їх просторову диференціацію;
7. Візуалізація та інтерактивний аналіз геоданих про якість життя в місті Києві.

У дослідженні були використані загальнонаукові **методи** синтезу, аналізу, порівняння, класифікації, опису, узагальнення, а також геоінформаційні методи. Оцінка низки показників вимагала залучення розрахункових та статистичних методів. Для з'ясування просторового розподілу різних феноменів було використано картографічний метод. при створенні та для подальшого аналізу серії синтетичних та аналітичних картосхем, які відображають вихідні дані та результати проведеного дослідження — метод геоінформаційного аналізу.

Структурно кваліфікаційна робота складається з трьох розділів, які охоплюють 13 підрозділів з ілюстративним матеріалом до кожного з них, висновків до розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел.

Загальний обсяг курсової роботи становить 43 сторінки, з них 4 сторінки – список використаних джерел, що складається з 31 найменування (зокрема 24 – іноземною мовою).

РОЗДІЛ 1 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА СУЧАСНОГО ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ УРБОЕКОСИСТЕМ МІСТА КИЄВА

1.1 Якість повітря урбанізованого середовища як фактор впливу на якість життя населення

Якість повітря є важливою складовою щодо проблем зі здоров'ям у населення. Високі концентрації хімічних або біологічних речовин можуть викликати широкий спектр скарг на здоров'я, таких як подразнення шкіри та очей, астму та головний біль. Шкідливі речовини ззовні можуть бути перенесені до повітря в приміщенні через вентиляцію будівлі, де вони можуть впливати на здоров'я мешканців (Ellen van Bueren et al., 2011).

У міських районах більшість забруднення повітря походить від джерел, створених людиною. Такі джерела можна класифікувати як мобільні (автомобілі, вантажівки, літаки, морські двигуни тощо) або стаціонарні (фабрики, електростанції тощо) (Pénard-Morand & Annesi-Maesano, 2004).

На сьогоднішній день дорожній трафік є основним джерелом забруднення повітря у великих містах індустріальних країн. Згоряння вуглецевих палив (вугілля, паливного масла, дерева, природного газу) ніколи не є повним, і воно виробляє вуглецевий монооксид (CO) та вуглеводні. NO_x є результатом комбінації азоту та кисню з повітря при згорянні викопних палив, що містяться в моторному паливі при високій температурі (Pénard-Morand & Annesi-Maesano, 2004).

У структурі обсягів викидів забруднюючих, шкідливих для здоров'я людини речовин, щороку збільшуються викиди від пересувних джерел забруднення, частка яких збільшилася у 2020 році до 89,9%. Це, перш за все, автотранспорт столиці і, переважно, власні авто (Третьякова Анна et al., 2021).

Даної ситуації можна уникнути, й вплинути на інші фактори якості життя, такі як: доступність міських зелених зон, міські острови тепла, зручність

пересування містом, рівень шумового забруднення, тощо, якщо правильно розвивати мережу громадського транспорту, однак, разом зі стрімко зростаючою урбанізацією, зазвичай, зростає кількість автомобільних доріг, що зумовлює збільшення кількості приватних авто на вулицях міста, що в свою чергу зумовлює обсяги викидів.

Людська діяльність збільшила кількість летких органічних сполук через нафтову, хімічну промисловість та транспорт, а також NOx від згоряння на електростанціях та автомобілях. Внаслідок цього, O₃ більш концентрований, і в густонаселених та промислових регіонах виникає більше смогу. Людська діяльність сприяє загальному атмосферному РМ. У міському середовищі частинки в основному виникають в результаті згоряння від мобільних та стаціонарних джерел (Pénard-Morand & Annesi-Maesano, 2004).

Вугілля та сірка з паливних масел окислюються в SO₂. Це паливо, яке використовується для руху, нагрівання та отримання необхідної енергії для багатьох промислових процесів. Більше того, промисловість виробляє деякі специфічні забруднювачі як відходи, такі як фторові похідні або алюміній.

Обробка руди видає “важкі” метали, такі як кадмій, цинк та свинець. Ртуть виробляється при спалюванні побутових відходів. Сільське господарство, за допомогою використання азотних добрив, генерує оксид азоту (N₂O), газ ефекту парникового ефекту, та аміак (NH₃), які беруть участь у процесах кислотного дощу. CH₄, інший газ ефекту парникового ефекту, в основному виробляється шляхом травлення та транспортування сільськогосподарських тварин (Pénard-Morand & Annesi-Maesano, 2004).

Багато дослідників вивчали вплив забруднення повітря на здоров'я людини і продемонстрували зв'язок між забрудненням повітря та смертністю. Згідно з оцінкою Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) щодо впливу захворювань, спричинених забрудненням повітря, більше двох мільйонів передчасних смертей щороку можна пов'язати з ефектами забруднення повітря в

міських умовах та внутрішнього повітря. ВООЗ оцінила, що міське забруднення повітря частками спричинило приблизно 800 000 смертей та втрату 6,4 мільйонів років життя по всьому світу у 2000 році (Jeong, 2013). У 2019 році приблизно 86% (2,5 мільярда жителів) міських жителів проживали в районах, де перевищувалися рекомендації ВООЗ від 2005 року щодо РМ, це призвело до 1,8 мільйонів смертей та становило 43% від загальної кількості 4,14 мільйонів смертей, пов'язаних з РМ_{2.5}, у 2019 році за оцінками Глобального дослідження навколишнього середовища (GBD 2019). Концентрації РМ_{2.5}, зважені за населенням, та смертність, пов'язана з ними, залишилися відносно незмінними між 2000 та 2019 роками в усіх міських районах світу, хоча глобальні тенденції приховують значні регіональні відмінності (Southerland et al., 2022). Декілька епідеміологічних досліджень також повідомляють про зв'язок між збільшенням щоденних рівнів озону та часток (РМ), з одного боку, і збільшенням смертності та госпіталізацією, переважно пов'язаними з захворюваннями дихальних шляхів та серцево-судинної системи (Jeong, 2013).

Саме через підвищення рівня смертності, такий показник як якість повітря - невід'ємна складова якості життя людини.

Традиційно концентрацію забруднення повітря вимірюють на стаціонарних моніторингових станціях, які в основному встановлюються екологічними організаціями або урядовими органами. Головні переваги цих станцій полягають у доступності вимірювань для різних забрудників та надійності вимірювань, що сприяє довгостроковій оцінці забруднення. Однак моніторинг забруднення повітря за допомогою цих стаціонарних станцій стикається з низькою просторовою роздільною здатністю даних, що може призвести до неточної оцінки по всій досліджуваній території (Xie et al., 2017).

З розвитком технологій датчиків все більше використовуються недорогі портативні пристрої для моніторингу забруднення повітря. Багато публікацій повідомляють про використання такого обладнання. Дані про забруднення з

часовими мітками та координатами GPS збираються за допомогою моніторингового пристрою, який складається з закритого фургона з обладнанням для вимірювання забруднення, GPS-пристрою, ноутбука та інтегрованого акумулятора. Маршрути спеціально розроблюються для охоплення “гарячих точок”, таких як великі промислові підприємства та головні автомагістралі за різних метеорологічних умов. Порівняно з традиційними стаціонарними моніторинговими станціями, мобільні пристрої вимірюють забруднення близько до людей, які ними постраждали, або близько до транспортних засобів, що його виробляють. Вони надають високу просторову та часову роздільну здатність, хоча це обмежено конкретними маршрутами та певними періодами часу (наприклад, годинами пік). Такі дані мають зовсім інший і доповнюючий характер порівняно з даними фіксованих датчиків (Xie et al., 2017) .

Більш детально методи моніторингу якості повітря описані у праці (Xie et al., 2017).

1.2. Зелені насадження як фактор впливу на якість життя міського населення

Багато людей сприймають природу як середовище, де вони можуть відпочити та відновитися від щоденного стресу. У сучасному суспільстві, в якому ми живемо, зростає потреба в природі як джерелі відпочинку та рекреації (Maas et al., 2006).

Проте насолодження природою вже не є очевидним. Міські райони останнім часом стали жертвами зниження якості та кількості зелених зон. Через стрімко зростаючу урбанізацію, сполучену з політикою просторового планування щодо щільності забудови, все більше людей стикається з перспективою життя в житлових середовищах з меншою кількістю зелених ресурсів. Особливо це стосується людей з низьким соціо-економічним статусом, які не мають можливості переїхати в зелені зони за межами міст. Це може призвести до екологічної несправедливості щодо

розподілу (доступу до) громадських зелених зон. Незважаючи на те, що уявлення про корисний вплив навколишнього зеленого простору існували протягом всієї історії – ці уявлення лише недавно були обґрунтовані в контрольованих експериментальних дослідженнях. Дослідження в основному спрямовані на виявлення зв'язку між впливом зелених середовищ на благополуччя. Існує декілька епідеміологічних досліджень щодо зв'язку між природою та здоров'ям. Епідеміологічне дослідження, проведене в Нідерландах, показало, що мешканці районів з великою кількістю зеленого простору, в середньому, мають краще загальне здоров'я. Цей позитивний зв'язок був найвиразнішим серед літніх людей, домогосподарок та осіб з низьким соціоекономічним статусом. Японське довготривале дослідження показало, що проживання в районі з порівняно великою кількістю прогулянкових зелених зон корелює з нижчим ризиком смертності. Це підтверджує важливість зелених просторів для здоров'я та довголіття (Maas et al., 2006).

Оскільки зелені зони в міських районах служать місцями для відпочинку на свіжому повітрі, важливо забезпечити їх використання та доступність. Для того, щоб міські мешканці могли користуватися міськими зеленими зонами та покращувати свою якість життя, необхідно відповідно планувати доступність. Міські зелені зони розробляються різними підходами, щоб забезпечити їхню цінність для місцевої спільноти. Останнім часом міські зелені зони розробляються з дотриманням норм доступності, що робить їх невід'ємною частиною міського планування (Ergen, 2021).

Зелені зони в міських районах включають всі відкриті простори в межах міст та вздовж їхніх кордонів, як ті, що існують за дизайном, так і ті, що існують за замовчуванням (Ergen, 2021).

Існують також певні стандарти щодо доступності міських зелених зон (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. Стандарти доступності міських зелених зон в світі*(розроблено автором за Hsu et al., 2022)*

№	Стандарт	Організації та органи
1	Ніхто не повинен проживати більше 300 м від найближчої зеленої території	Natural England (Велика Британія)
2	Мешканці міських районів Великої Британії повинні мати доступ до 20 га міських зелених територій в радіусі 300 м від місця проживання	National Strategy on Biological Diversity in Germany
3	Доступ до будь-якої зеленої території в радіусі 300 м від мінімального адміністративного обмеження	Berlin's Department of Urban Development and the Environment
4	Забезпечення принаймні 2 га доступної природної зеленої території на 1000 населення	Natural England (Велика Британія)
5	Кожен мешканець повинен мати доступ до зеленої території принаймні 0,5 га в радіусі 500 м від дому	Natural England (Велика Британія)
6	Мінімальне зелене забезпечення 60 м ² на душу населення в радіусі 500 м навколо будинків	Нідерланди
7	Кожна господарство в Німеччині повинно мати доступ до міських зелених зон у пішій доступності	Національна стратегія з біорізноманіття в Німеччині
8	Показник сталого розвитку міськості - загальна площа зелених територій в квадратних метрах	Європейська комісія, Спільний дослідницький центр ЄС

Дослідження, присвячені розвитку міської зеленої інфраструктури, пропонують оцінювати доступність зелених насаджень за допомогою інструментарію ГІС (Shyshchenko et al., 2021).

Детально методику обрахунку доступності зелених зон описано в працях (Lwin & Murayama, 2011; Hsu et al., 2022).

1.3. Міський острів тепла як фактор впливу на якість життя в урбанізованому середовищі

Ефект міського теплового острова (УНІ) — це явище, при якому мегаполіс зазвичай значно тепліший, ніж його сільське оточення. Це відбувається через наступні причини:

1. Міські поверхні зазвичай темніші, ніж ті, що оточують їх.
2. В міських районах менше рослинності.
3. Антропогенні джерела тепла.
4. Будівлі та матеріали доріг та тротуарів, які мають високу тепловмісткість, накопичують тепло протягом дня і повільно випускають його вночі (Y. Wang & Akbari, 2016).

Форма міста, також, відіграє важливу роль у ефекті міського теплового острова (УНІ). Щільність забудови відповідає за множинні відбиття сонячної енергії та впливає на конвекцію повітря з міських «каньйонів» (вузьких вулиць з висотною забудовою), впливаючи на “рвучкість” вітру в місті (Y. Wang & Akbari, 2016).

Посадка дерев у міських районах створює більш приємне, корисне та комфортне середовище для життя, роботи та відпочинку. Це дозволяє знизити витрати на надання різноманітних міських послуг та суттєво покращити благополуччя окремих осіб та спільноти (Y. Wang & Akbari, 2016).

Відсутність рослинності в міських районах збільшує кількість тепла, поглинутого різними компонентами, такими як будівлі, тротуари та дороги (Irfeey et al., 2023). Рослини, зокрема дерева, поглинають сонячну енергію, а їхня тінь знижує температуру поверхонь під ними, одночасно збільшуючи обмін тепла через евапотранспірацію (Y. Wang & Akbari, 2016).

В основному, ефект міського теплового острова (УНІ) вимірюється на трьох різних рівнях: рівень ґрунту, рівень крони та міський рівень . Зокрема, теплова

поведінка поверхневих матеріалів та їхнє поглинання й відбиття сонячної радіації впливають на ефект UHI (Irfee et al., 2023).

Відбиваність поверхонь міських матеріалів може впливати на поглинання сонячної радіації вдень. Використання «холодних» будівельних та дорожніх матеріалів призводить до зниження температури навколишнього середовища. Нижча температура зменшує попит на електроенергію для кондиціонування повітря та знижує виробництво смогу (озону). Щодо доріг, початкові вищі витрати можуть бути компенсовані заощадженням енергії та зменшенням смогу, а також значно довшим терміном служби доріг зроблених з матеріалів з вищою теплоємністю (Y. Wang & Akbari, 2016).

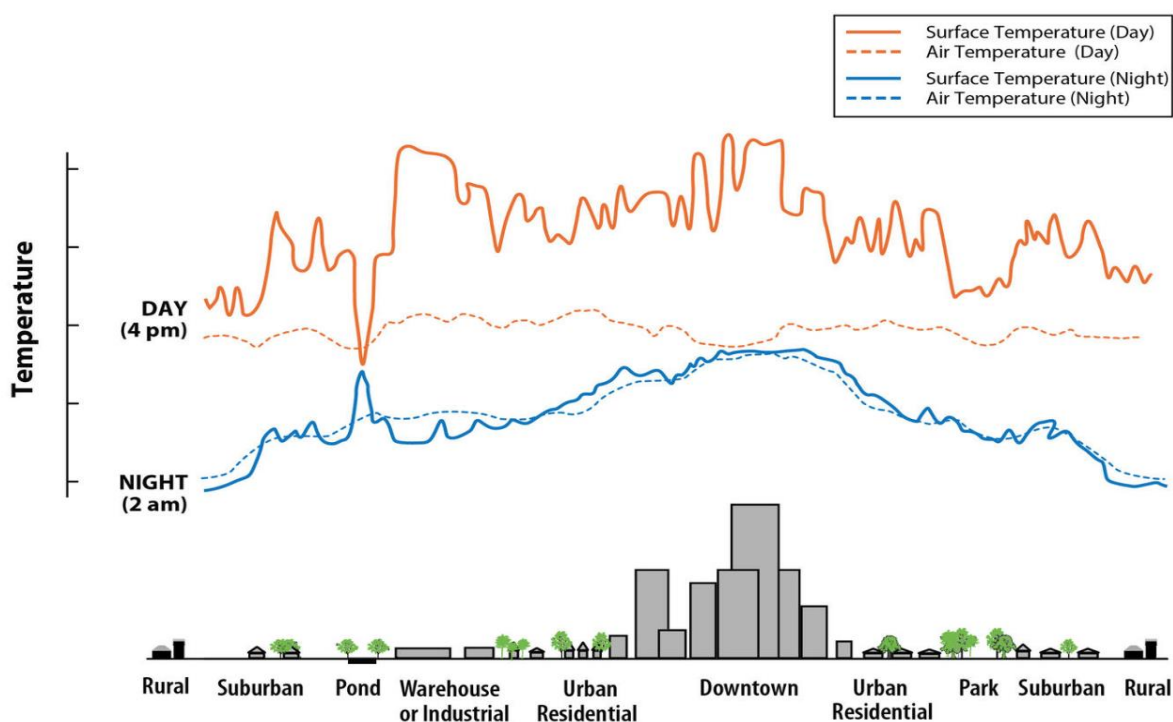


Рис. 1.1. Вплив типів землекористування на температуру повітряного басейну та поверхні міста (*Urban Heat Islands | U.S. Geological Survey, n.d.*)

Атмосферне повітря над міськими районами знаходиться під впливом викидів тепла та наступного конвекційного перемішування тепла. Температура в кронному шарі залежить від кількох факторів, включаючи геометрію відкритих

просторів, співвідношення сторін, коефіцієнт видимості неба, матеріали покриття землі, напрямок та швидкість вітру (Irfeey et al., 2023).

Ще однією причиною більшої кількості тепла в містах є антропогенні джерела, переважна кількість яких є також забруднювачами атмосферного повітря. Серед них: системи опалення та кондиціонування, промислові процеси, системи транспортування, тобто мобільні та стаціонарні джерела забруднення. Збільшення цих джерел (табл. 1.2) негативно впливає на атмосферні умови міст й поширення міського острова тепла (Shahmohamadi et al., 2011).

Таблиця 1.2. Чинники формування міського теплового острова та їх вплив на енергетичний баланс міста

(розроблено автором за de Almeida et al., 2021; Irfeey et al., 2023; Shahmohamadi et al., 2011)

Чинник	Вплив
Відсутність рослинності:	Зменшена евапорація
Широке використання не проникних поверхонь:	Зменшена евапорація
Збільшена теплопровідність міських матеріалів:	Збільшене зберігання тепла
Низька сонячна відбивність міських матеріалів:	Збільшений чистий радіаційний потік
Міські геометрії, які утримують тепло:	Збільшений чистий радіаційний потік
Міські геометрії, які сповільнюють швидкості вітру:	Зменшена конвекція
Збільшені рівні забруднення повітря:	Збільшений чистий радіаційний потік
Збільшений енергоспоживання:	Збільшений антропогенний тепловий вплив

Однак, важливість даного фактору для калькуляції якості життя людини в урбанізованому середовищі є менш важливою, оскільки міський острів тепла напряму залежить від доступності та кількості міських зелених насаджень, що їх більше, то тепловий слід менше (Aram et al., 2019).

Існує кілька методів вивчення теплової поведінки місцевості, таких як дистанційне зондування (RS), дані з фіксованих метеорологічних станцій, дані від кваліфікованих організацій, ін сїту кампанії з портативними тепловими камерами тощо. Деякі дослідження використовують більше одного з вищезазначених джерел даних для доповнення інформації, як на атмосферному, так і на поверхневому рівні (UHI та SUHI відповідно). Ця різноманітність джерел дозволяє отримувати доступ до діурнальних та/або нічних даних в різні пори року, хоча ефект найбільш виражений влітку та взимку (de Almeida et al., 2021).

З даних RS можна обчислити температуру поверхні землі (Land Surface Temperature, LST) – важливу змінну, яка використовується для визначення радіаційного навантаження поверхні Землі. Вона впливає на довговічне випромінювання та турбулентний тепловий потік між Землею та атмосферою, тобто є змінною в фізиці локальних та глобальних процесів на поверхні, пов'язаною з радіаційним, латентним та відчутним тепловим потоками на межі з поверхнею, що дозволяє аналізувати тенденції нагрівання на поверхні Землі (de Almeida et al., 2021).

Температура поверхні землі (LST), також відома як радіометрична температура, відноситься до прямого вимірювання температури поверхні Землі. На відміну від вимірювань, здійснюваних метеорологічними станціями, які реєструють температуру близько до поверхні, LST дозволяє проводити більш детальний аналіз:

- В областях густої рослинності вона відображає температуру листя крони.
- В областях розрідженої рослинності температура відповідає всій кроні, підповерхневому шару (гілки, гілочки і т. д.) та поверхні ґрунту.
- На голому ґрунті вона відповідає температурі верхніх кількох мікрометрів від поверхні ґрунту.

LST може використовуватися для визначення важливих кліматичних змінних, таких як евапотранспірація, стрес води рослин, вологість ґрунту та теплова інерція. Його застосування широке: воно ефективно в дослідженнях міського острова тепла (УНІ), глобального потепління, танення кріосфери, інфестації комахами, векторних захворювань та інших областях (de Almeida et al., 2021).

1.4. Якість дренажної системи та поняття про біоретенційні міста

Унаслідок того, що урбанізовані території стають більшими, щільнішими – збільшується частка непроникних ділянок. Що в свою чергу призводить до частіших та більш руйнівних повеней аніж у минулому (Kang et al., 2016). Зміна клімату, урбанізація та зростання кількості населення призводять збільшення тиску на навколишнє середовище та інфраструктуру, а також ставлять під загрозу стійкість водних ресурсів. Внаслідок цього, водний цикл також опиниться під впливом зміни клімату, що призведе до збільшення інтенсивності опадів (Alfieri et al., 2016). Тож, комбінація кліматичних та соціоекономічних змін може призвести до збільшення ризиків повені у майбутньому, особливо в міських районах (Kourtis & Tsihrintzis, 2021).

Існуючі системи міського водовідведення розроблені для протидії погодним умовам в районах минулих часів. Вік цих систем різниться, і в деяких місцях, особливо в старих центрах міст, вони можуть бути застарілими. Це означає, що існуючі системи міського водовідведення були розроблені для кліматичних умов минулого і, ймовірно, не підходять для сучасних обставин та не здатні врахувати майбутні зміни (Kang et al., 2016).

Незважаючи на те, що вплив зміни клімату на місцевому рівні здається поступовим, потенційний кумулятивний вплив протягом терміну придатності дренажної інфраструктури вимагає зміни основної філософії гідротехнічних

проекті. На практиці інженерам не залишається вибору, крім як враховувати вплив зміни клімату (Kang et al., 2016).

Такі практики як: клітини біоретенції, зелені дахи, зелений стік зменшують ризик повені, водяного насичення, ерозії та викидів забруднень, а також підтримують базовий стік приймаючих річок в містах, разом вони є складовими концепції «Міста губки». Концепцію «Міста губки» офіційно представив президент Китаю на конференції в 2013 році. Підґрунтя цієї концепції пов'язане з частотою міських повеней в Китайських містах. Потім, у 2014 році, Міністерство будівництва та розвитку міських та сільських районів Китаю опублікувало документ під назвою «Технічні рекомендації щодо міста губки - розвиток з низьким впливом». У 2015 році 16 міст Китаю були обрані пілотними губчастими містами, а в 2016 році до пілотного проекту було додано ще 14 міст (Hamidi et al., 2021).

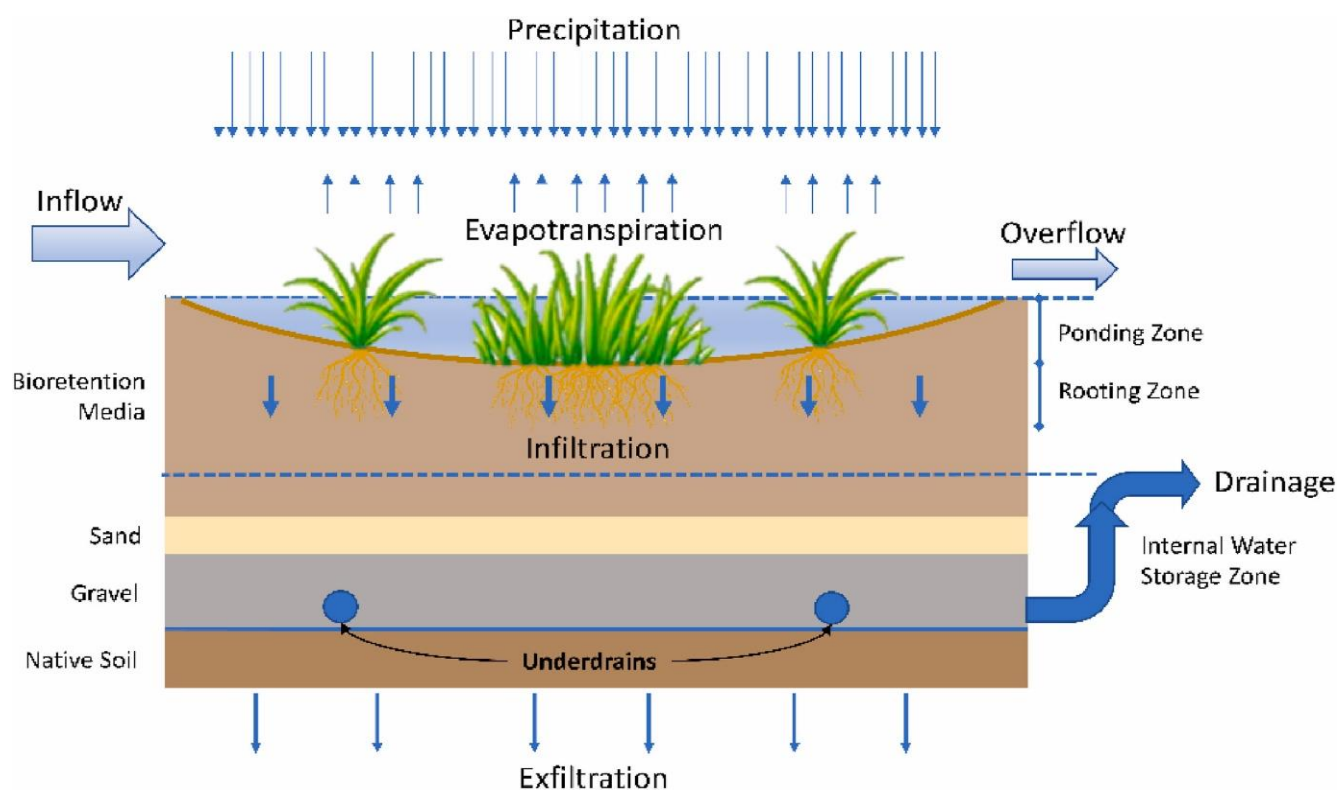


Рис. 1.2. Схема типової біоретенційної клітини (Lisenbee et al., 2021)

Спорудження “біоретенційних” міст також розглядається як ефективний спосіб пом’якшити ефект острова тепла в міських умовах за допомогою підходу, що передбачає спільні вигоди. Ефективність міських парків, водних об’єктів та систем локального водовідведення (LID) збільшує покриття міської території рослинністю, водною поверхнею та вентиляційними коридорами, що пом’якшує ефект острова тепла (J. Wang et al., 2021).

Для досягнення цілей спорудження “біоретенційних” міст рекомендується моніторити дані про ефект острова тепла (UHI) та температурний режим до і після будівництва таких міст. Дані повинні охоплювати середньодобові температури з червня по вересень за останні 5 років та 1 рік відповідно. Завдяки національній політиці щодо спорудження «Міст губок», індекс інтенсивності острова тепла (середньодобова різниця температур між центральною частиною міста та передмістями) повинен зменшитися порівняно з історичним періодом влітку. Ці заходи сприятимуть покращенню мікроклімату та забезпеченню комфортних умов для мешканців міст (J. Wang et al., 2021). Й судячи з матеріалу викладеного в (J. Wang et al., 2021) інформацію про UHI можна використовувати як індикатор успішності впровадження концепції біоретенції.

Тобто, концепція «Міста губки» пропонує вирішення одразу декількох проблем сучасних міст. Більш детально концепції «Міста губки», нормативні документи щодо впровадження та результати впровадження концепції в містах Китаю описані в (Hamidi et al., 2021; Lisenbee et al., 2021; J. Wang et al., 2021).

1.5. Вплив шумового забруднення на якість життя міського населення

Планування кожного міста світу обов’язково впливає на розподіл шумового забруднення в ньому. Багато факторів, пов’язаних із міським плануванням, мають значний вплив на обсяг транспорту, розподіл транспортних засобів, умови руху

тощо. Відомо, що з точки зору часового та просторового аспекту найважливішим джерелом шуму в містах є дорожній транспорт. Таким чином, встановлюються важливі зв'язки між міським плануванням і різними факторами, такими як міська щільність, міська морфологія, використання міських земель, розподіл вулиць, вуличне середовище та зелені зони. Такий підхід дозволяє знаходити ефективні взаємозв'язки між міським плануванням і різними аспектами, що впливають на шумове середовище, і сприяє створенню сталого міста, принаймні з погляду шумового забруднення (Morillas et al., 2018).

Шум вперше був визнаний важливим агентом забруднення під час Всесвітнього конгресу з навколишнього середовища, який відбувся у Стокгольмі в 1972 році. Пізніше ВООЗ оприлюднила численні звіти на основі досліджень вчених з усього світу, які демонстрували шкідливий вплив шумового забруднення на здоров'я людини. У цьому відношенні ВООЗ, також, у 2011 визнала шумове забруднення одним із найважливіших факторів навколишнього середовища, який має негативний вплив на здоров'я населення (Morillas et al., 2018).

Отже, шум перейшов від ролі недооціненого забруднювача, що розглядався як неприємний наслідок прогресу, з яким людство повинно вчитися жити, до одного з основних об'єктів уваги різних громадських та урядових установ. Ця зміна у сприйнятті в значній мірі пов'язана з численними поточними дослідженнями, які показують, що шумове забруднення має негативні ефекти для здоров'я: серцево-судинні захворювання, порушення сну, порушення когнітивних функцій у дітей, психологічні розлади, негативний вплив на слухову систему, ожиріння, тощо (Morillas et al., 2018).

Можна стверджувати, що шум є небажаним забруднювачем, який вводиться безпосередньо чи опосередковано в навколишнє середовище, зазвичай на рівні від 80 до 85 дБ, на якому звук стає настільки болючим, що викликає шкідливі наслідки, такі як шкода для життєвих ресурсів та загроза здоров'ю людини. Основна

відмінність між звуком і шумом полягає в тому, що звук вважається шумом, коли він стає джерелом незручності для іншого (Olayinka, 2012).

Існують різноманітні методи захисту від джерел шуму в містах: містобудівельні (урбаністичне планування), будівельні та акустико-поглинаючі споруди на шляху поширення шуму; методи дизайну та будівництва (підвищення звукоізоляційних властивостей обгороджуваних конструкцій) та планування на об'єкті захисту від шуму (Mavrin et al., 2018).

Зниження рівня шуму в місті повинно сприяти розширенню парку транспортних засобів з низьким рівнем шуму, включаючи електричні транспортні засоби та транспортні засоби з гібридними системами. Враховуючи той факт, що більша частина потоку транспорту представлена легковими автомобілями, необхідно вживати заходи, які сприяють переходу до преобладання використання громадського транспорту та велосипедів (Mavrin et al., 2018).

Найефективніші будівельні та акустичні методи зниження рівня шуму включають екрани, звукоізоляційні будівлі та вікна. Зменшення рівня шуму, що проникає в будівлі зовнішніх джерел, повинно бути забезпечено розумним проектуванням приміщень, впровадженням заходів, спрямованих на підвищення звукоізоляційних властивостей обгороджуваних конструкцій та комунальних служб. У випадку необхідності розташування житлового будинку на межі житлової зони, слід розташовувати спеціальні звукоізольовані житлові будівлі вздовж доріг. Для забезпечення акустичного комфорту рекомендується використовувати композиційні підходи, такі як групування житлових будівель для формування замкнутого простору в житловій зоні. Звукоізольовані екрани знижують рівень шуму від транспорту за допомогою поглинання, зміни довжини хвилі, відбиття та дифракції. Проте на високих поверхах багатоповерхових будинків від таких звукоізольованих екранів мало позитивного впливу. Будівлі і споруди з низькими вимогами до звукоізоляції також можуть бути використані як екрани (Mavrin et al., 2018).

Рослини також добре поглиблюють звук. Навіть хвойні можуть зменшити рівень автомобільного шуму на 6-9 дБ. Спеціальні методи висадки – у декілька рядів – дозволяють досягти позитивних результатів в боротьбі з шумом. Найкращі результати показують комбінації дерев і кущів (D’Antonio, 2008; Mavrin et al., 2018).

Детально методи калькуляції, та спостереження за рівнем шумового забруднення в містах описані в (Mavrin et al., 2018; Morillas et al., 2018; Olayinka, 2012), здебільшого вони базуються на вимірах рівня шуму в будівлях поблизу доріг з попередньою класифікацією доріг за значенням.

Висновки до розділу 1

Індекс якості людського життя в урбанізованому середовищі є складним показником, що охоплює широкий спектр факторів. Кожен його параметр має свої особливості дослідження, вимірювання та обрахунку, що робить його комплексним для оцінки.

Результати досліджень якості життя міського населення можуть бути використані для прийняття обґрунтованих рішень щодо розвитку міст, це сприятиме створенню більш комфортних та екологічних міських середовищ, де люди зможуть мешкати та працювати з більшим задоволенням.

РОЗДІЛ 2 СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТА АНАЛІЗ ВІДКРИТИХ ДАНИХ ЩОДО ЯКОСТІ ЖИТТЯ В МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Враховуючи природу урбанізованого середовища, його динамічну та складну структуру, а також те, що збір даних наземними методами є трудомістким, значну увагу приділено дистанційним методам досліджень. Серед них переважає збір доступної інформації у відкритих джерелах, а особливо, використання ‘open-source’ джерел, таких як, наприклад, ‘Open Street Map’.

2.1. Характеристика вихідних матеріалів дослідження

Одним з початкових та найважливіших етапів будь якого дослідження є наявність плану, в даному випадку, плану компонентів, які можна включити до калькуляції якості життя в урбанізованому середовищі.

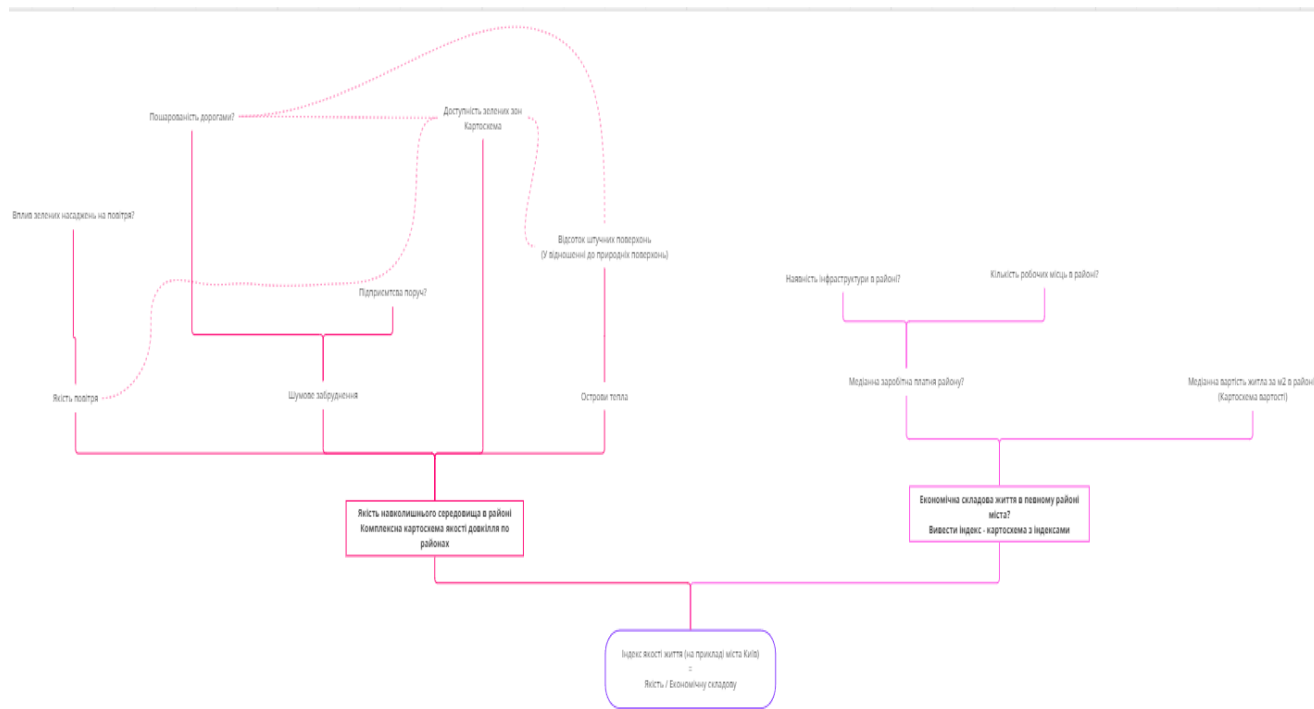


Рис. 2.1. Взаємозв'язок компонентів для розрахунку якості життя в урбанізованому середовищі (розроблено автором)

За допомогою розробленого алгоритму (рис. 2.1), отримуємо перелік компонентів, які можна включити до розрахунків й розуміння, яку інформацію треба зібрати.

Визначено, що компіляцією зібраних матеріалів повинна бути комплексна картосхема якості життя в урбанізованому середовищі з огляду на якість довкілля. Першочерговими складовими цієї картосхеми повинні бути такі матеріали як: картосхема якості повітря, картосхема шумового забруднення, картосхема доступності зелених зон, картосхема островів тепла та картосхема якості води.

2.2. Характеристика вихідних матеріалів для створення картосхем

Один з найважливіших етапів дослідження — це збір геопросторових даних, що є першоджерелами вихідної інформації, які в подальшому аналізуються та обробляються. Відповідно при пошуку даних потрібно сконцентрувати увагу на певних аспектах, зокрема, дані повинні бути достовірними, актуальними, чіткими, зручними у застосуванні та при певних можливостях безкоштовними. Найефективніше використовувати геопросторові дані з декількох різних джерел.

Вихідними матеріалами для створення картосхеми якості повітря стали такі ресурси як: локації розташування стаціонарних постів моніторингу Центральної Географічної Обсерваторії, середньорічні показники з кожного поста моніторингу за 2022 рік з (Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища міста Києва у 2022 році, 2023), дані про перелік найбільших за обсягами забруднень підприємств в місті Київ з (Бахмат Юрій & Дундар Володимир, 2023), а також дані про розташування постів моніторингу ГО «ЛУН Місто» та їх середньорічні показники станом на 2021 рік.

Щодо дослідження якості води, наявної у відкритому доступі, актуальної та об'єктивної інформації не було знайдено.

2.3. Картографічне та геоінформаційне забезпечення дослідження

Виконання розрахунків показників забруднення повітря, площі асфальтованих покриттів територій, та укладання тематичних картосхем здійснено із застосуванням сучасних інформаційних технологій і методів аналізу даних, зокрема ГІС QGIS. Основним критерієм вибору інструментарію стало розповсюдження QGIS за ліцензією GNU Public.

Застосовано, здебільшого, інструменти векторного аналізу. Серед них:

1. Інструмент «Створити сітку» - Цей алгоритм створює векторний шар із сіткою, що охоплює заданий екстент. Елементами сітки можуть бути точки, лінії або багатокутники. Розмір і/або розміщення кожного елемента в сітці визначається за допомогою горизонтального та вертикального інтервалу.
2. Інструмент «обрізка» - обрізає векторний шар, використовуючи об'єкти додаткового полігонального шару.
3. Інструмент «Сума довжин ліній» - цей алгоритм використовує шар багатокутника та шар ліній і вимірює загальну довжину ліній і їх загальну кількість, які перетинають кожен багатокутник.
Отриманий шар має ті самі функції, що й вхідний шар багатокутника, але з двома додатковими атрибутами, що містять довжину та кількість ліній у кожному багатокутнику. Імена цих двох полів можна налаштувати в параметрах алгоритму.
4. Інструмент «Таблиця атрибутів» - Таблиця атрибутів відображає інформацію про особливості вибраного шару. Кожен рядок у таблиці представляє об'єкт (з геометрією чи без неї), а кожен стовпець містить певну інформацію про об'єкт. Об'єкти в таблиці можна шукати, вибирати, переміщувати чи навіть редагувати.
5. Алгоритм «Виправлення геометрії» - цей алгоритм намагається створити дійсне представлення даної недійсної геометрії без втрати жодної з

вхідних вершин. Вже дійсні геометрії повертаються без подальшого втручання. Завжди виводить багатометричний шар.

2.4. Алгоритм розрахунку якості життя міського населення

Урбанізоване середовище суттєво впливає на якість життя людини. Соціально-економічні, екологічні та біологічні фактори великих міст мають численні та різноманітні наслідки для здоров'я.

Даний алгоритм дозволить більш детально та математично розуміти поняття «якість життя» й, звісно, повинен бути доповнений більшою кількістю параметрів для більш точного та акцентованого розрахунку.



Рис. 2.2. Складники «індексу якості життя» (розроблено автором)

Вважається, що початкова версія «індексу якості життя міського населення» повинна містити такі показники як: «якість навколишнього середовища» та «економічна складова якості життя», кожен з яких ієрархічно складається з інших показників (рис 2.2). У підсумку – «Індекс якості довкілля» поділений на «Індекс якості соціоекономічної складової життя» дорівнюватиме «індексу якості людського життя в урбанізованому середовищі» для кожного району обраного міста.

Висновки до розділу 2

Одними з найбільших перешкод покращенню якості життя населення в урбанізованому середовищі є нестача інформації у відкритому доступі та не відповідність інформації дійсності. Оскільки значну частину критеріїв, як наприклад якість питної води, можливо отримати лише станом «до потрапляння у труби водопостачання», чи то, взагалі, відсутність інформації щодо кількості жителів в межах одного будинку, що дуже допомогло би розрахувати забезпеченість зеленими зонами на душу населення.

Однак, за умови зацікавленості державою та науковою спільнотою, комплексним підходом до вимірювання якості життя людини в містах й, відповідно, певного рівня залученості до дослідження цього підходу, вимірювання кожного з параметрів може стати можливим.

РОЗДІЛ 3 АПРОБАЦІЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЖИТТЯ НАСЕЛЕННЯ В МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ

3.1. Дослідження якості атмосферного повітря

Проведення моніторингових досліджень якості атмосферного повітря урбанізованих зон є надважливим елементом комплексних стратегій фундаментальної розбудови комфортного та безпечного міста.

Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського, мережа якої нараховує 16 стаціонарних постів у восьми адміністративних районах столиці. Таким чином, в двох міських районах постів спостереження забруднення та контролем за якістю повітряного басейну на даний час немає.

В якості альтернативи можна вказати, що наразі також оперативний доступ до актуальної інформації про стан атмосферного повітря забезпечується за допомогою мобільних застосунків, телеграм-ботів, а також вбудованих в операційну систему смартфона сервісів погоди.

Дослідження кваліфікаційної роботи включало в себе дані з двох джерел: (Третьякова Анна et al., 2021) та (*Карта Якості Повітря ЛУН Місто Air*, n.d.). Обидва з них відображають схожі просторово результати (рис. 3.1 та 3.2).

Також на рис. 3.3 можемо спостерігати кореляцію між обсягами викидів найбільших за обсягами викидів речовин в атмосферу підприємств Києва (згідно з (Третьякова Анна et al., 2021) та показниками забруднення атмосферного повітря згідно з даними Центральної Геофізичної Обсерваторії.

Рисунок 3.4 зображає відповідність показників забруднення повітря за даними ГО «ЛУН Місто» з довжиною автомобільних доріг.

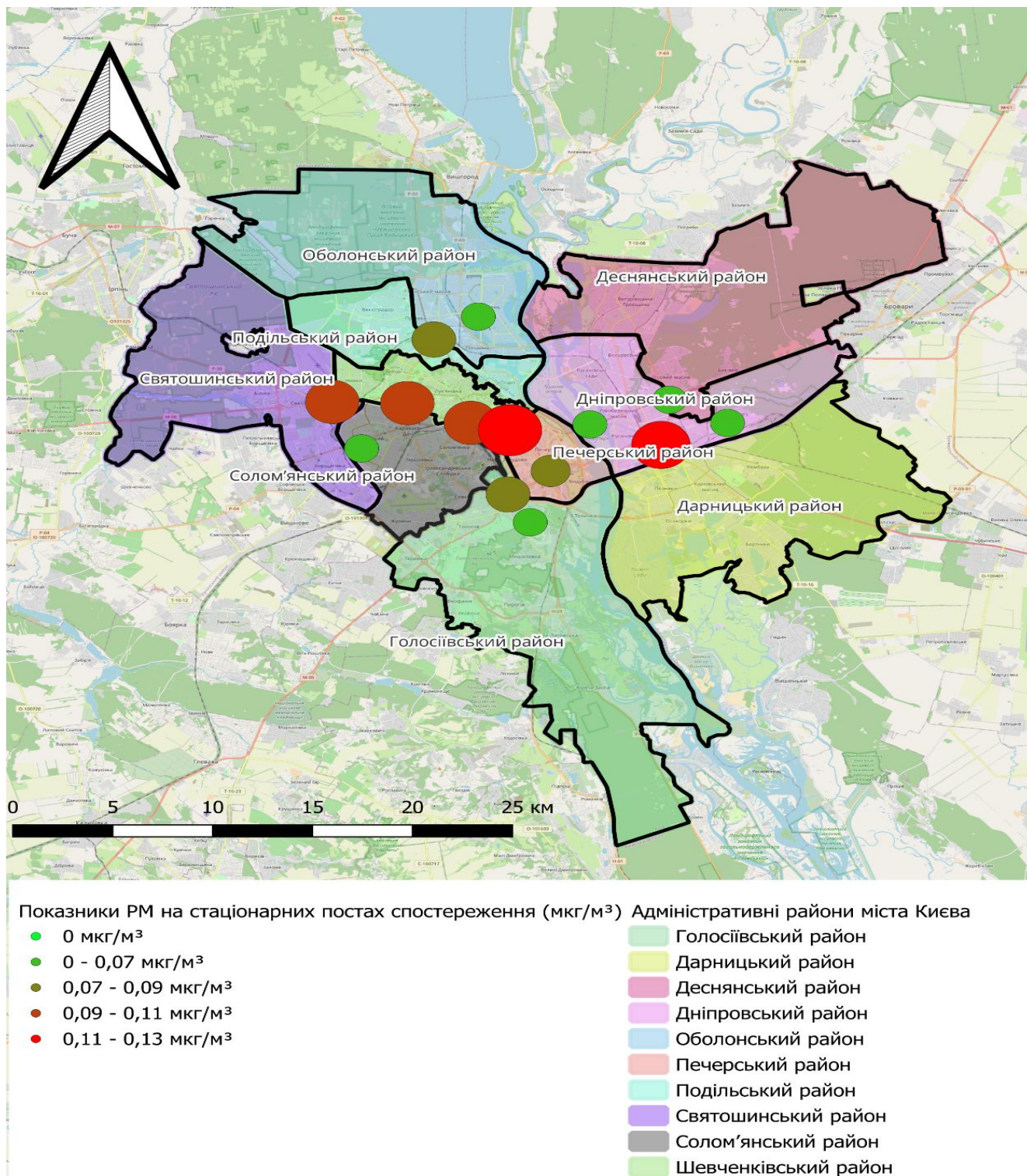
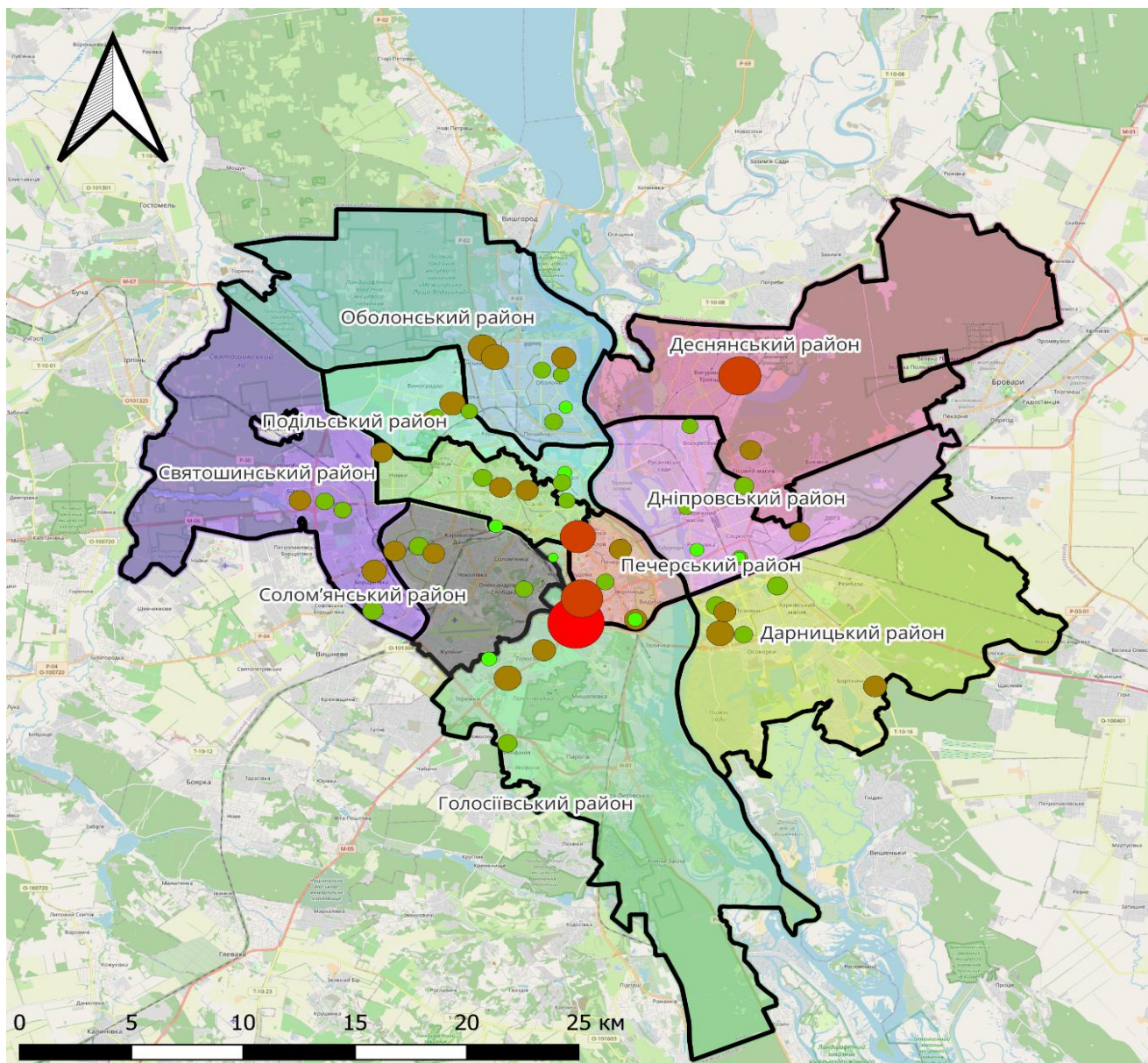


Рис. 3.1. Показники РМ на стаціонарних постах спостереження ЦГО
(розроблено автором за Бахмат Юрій & Дундар Володимир, 2023; Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища міста Києва у 2022 році, 2023; Третьякова Анна et al., 2021)



Середньорічні показники забруднення повітря часточками $PM_{2.5}$ & PM_{10} (2021 рік) на стаціонарних постах спостереження ГО "ЛУН Місто" $мкг/м^3$

- 7,4 - 11,3 $мкг/м^3$
- 11,3 - 15 $мкг/м^3$
- 15 - 21,4 $мкг/м^3$
- 21,4 - 31,1 $мкг/м^3$
- 31,1 - 41,3 $мкг/м^3$

Адміністративні райони міста Києва

- Голосіївський район
- Дарницький район
- Деснянський район
- Дніпровський район
- Оболонський район
- Печерський район
- Подільський район
- Святошинський район
- Солом'янський район
- Шевченківський район

Рис. 3.2. Показники РМ на стаціонарних постах спостереження ГО

«ЛУН Місто» (розроблено автором)

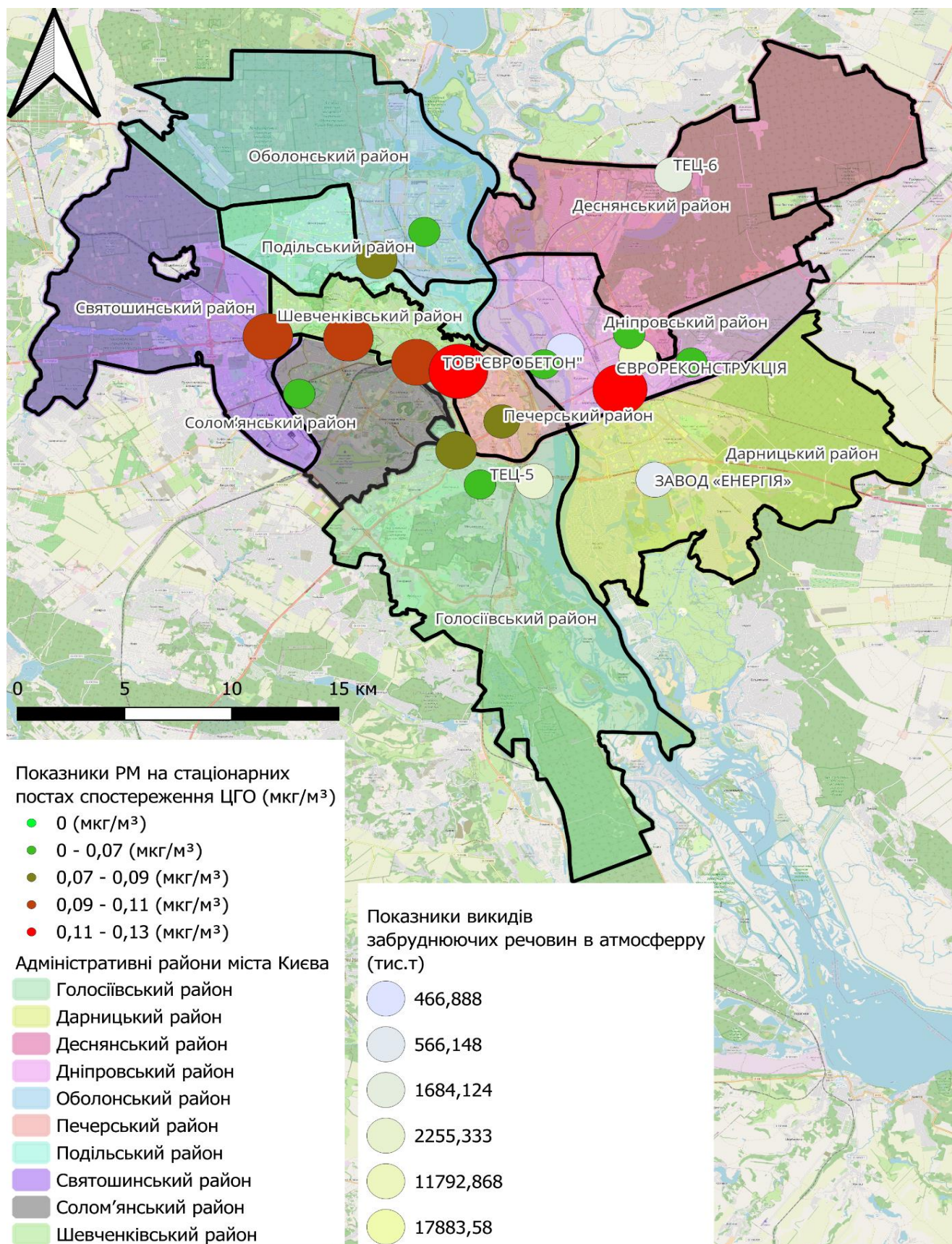


Рис. 3.3. Відповідність показників забруднення повітря за даними ЦГО з обсягами викидів найбільших за обсягами забруднень підприємств (розроблено автором)

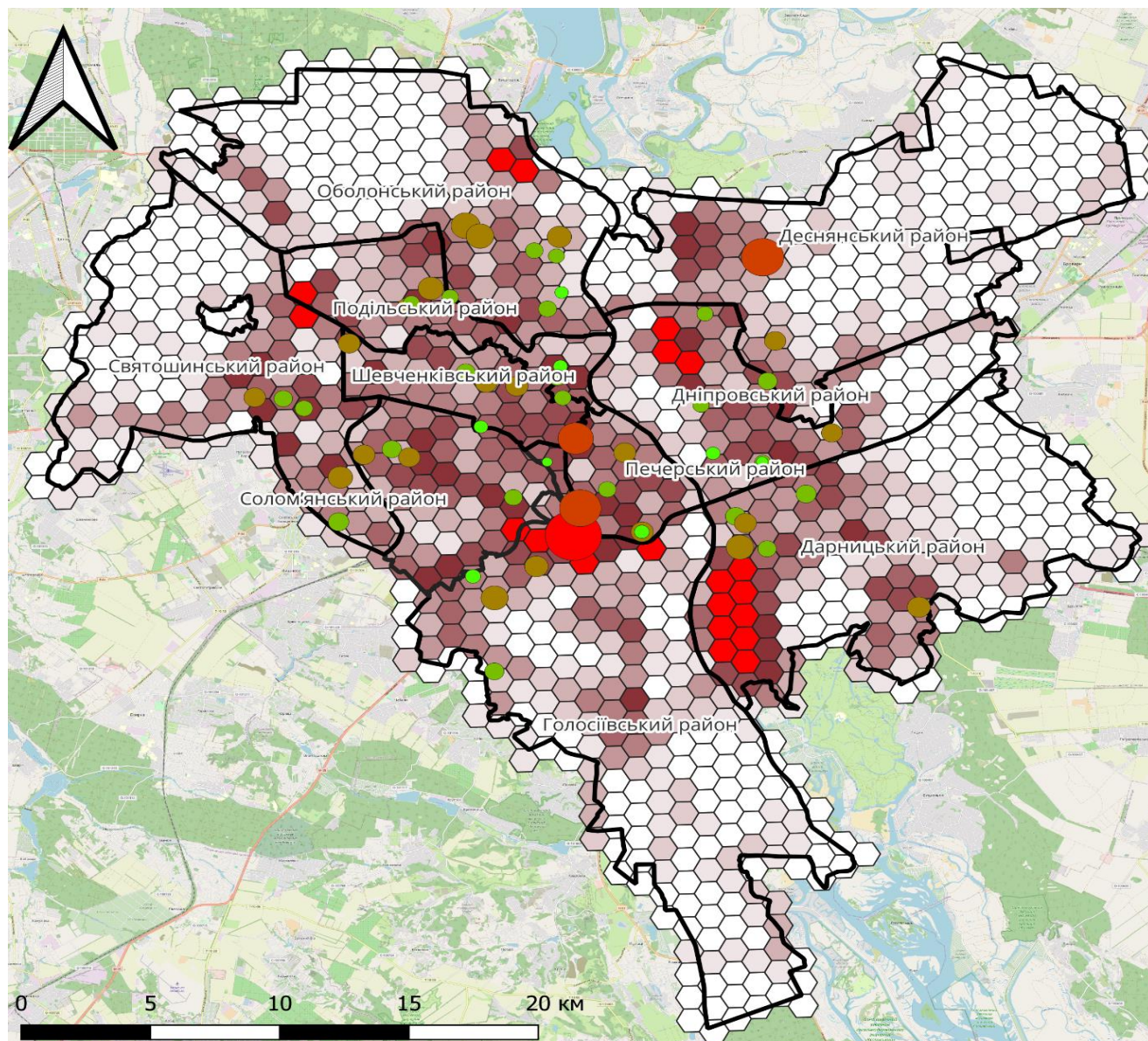


Рис. 3.4. Відповідність довжини автомобільних доріг до показників забруднення повітря часточками РМ на стаціонарних постах спостереження ГО «ЛУН Місто» (розроблено автором)

3.2. Дослідження доступності зелених зон

Доступність та кількість зелених зон, безперечно, є важливим фактором комфорту, який також впливає на попередній пункт з приводу якості атмосферного повітря, про що свідчить рис. 3.5.

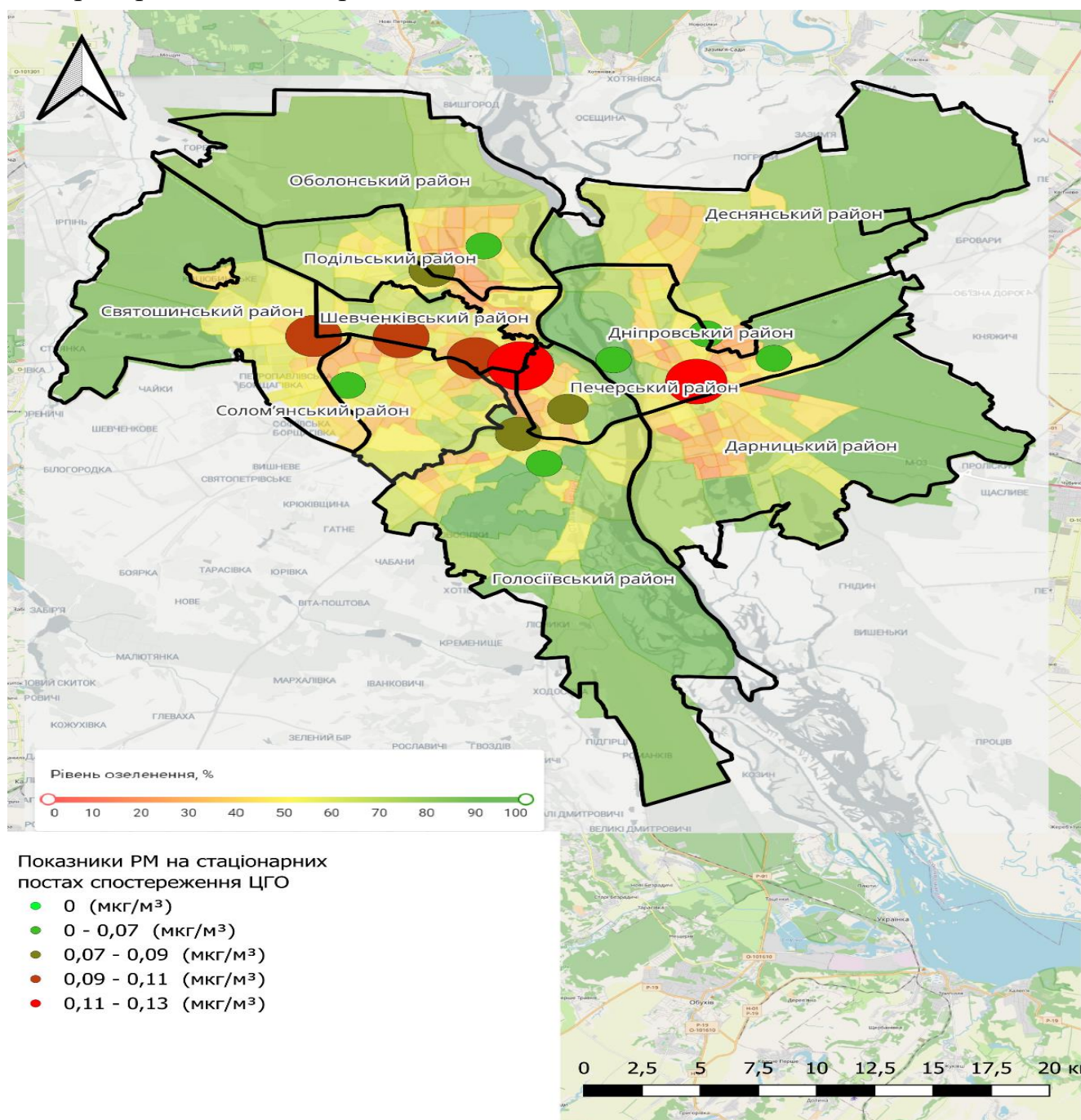


Рис. 3.5. Кореляція рівня озеленення та показників забруднення повітря часточками РМ від ЦГО (розроблено автором)

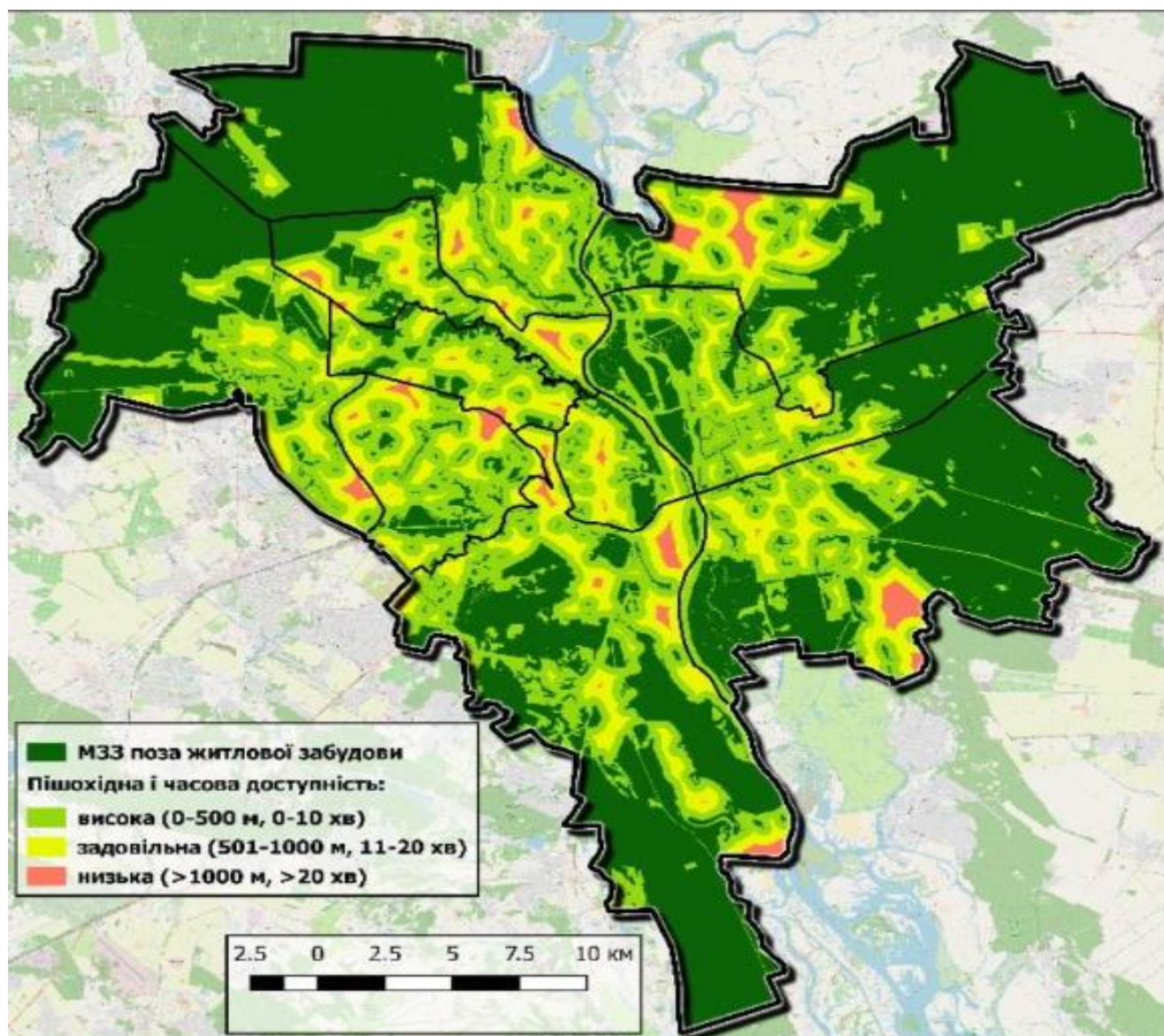


Рис. 3.6. Доступність МЗЗ всіх видів у межах Києва (Shyshchenko et al., 2021)

3.3. Дослідження рівня шумового забруднення міста Києва

Рівень шуму – ще один з показників, що безпосередньо впливає на якість людського життя. Він може бути пов'язаний з такими факторами як кількість автомобільних доріг поруч із житловою забудовою та наявністю поруч підприємств. Серед того, що можливо визначити та порахувати, отримано рис. 3.7, що зображає кількість автомобільних доріг загального користування у межах

Києва. Також виходячи з матеріалів (D'Antonio, 2008) можна провести кореляцію між рис. 3.7 та рис. 3.8.

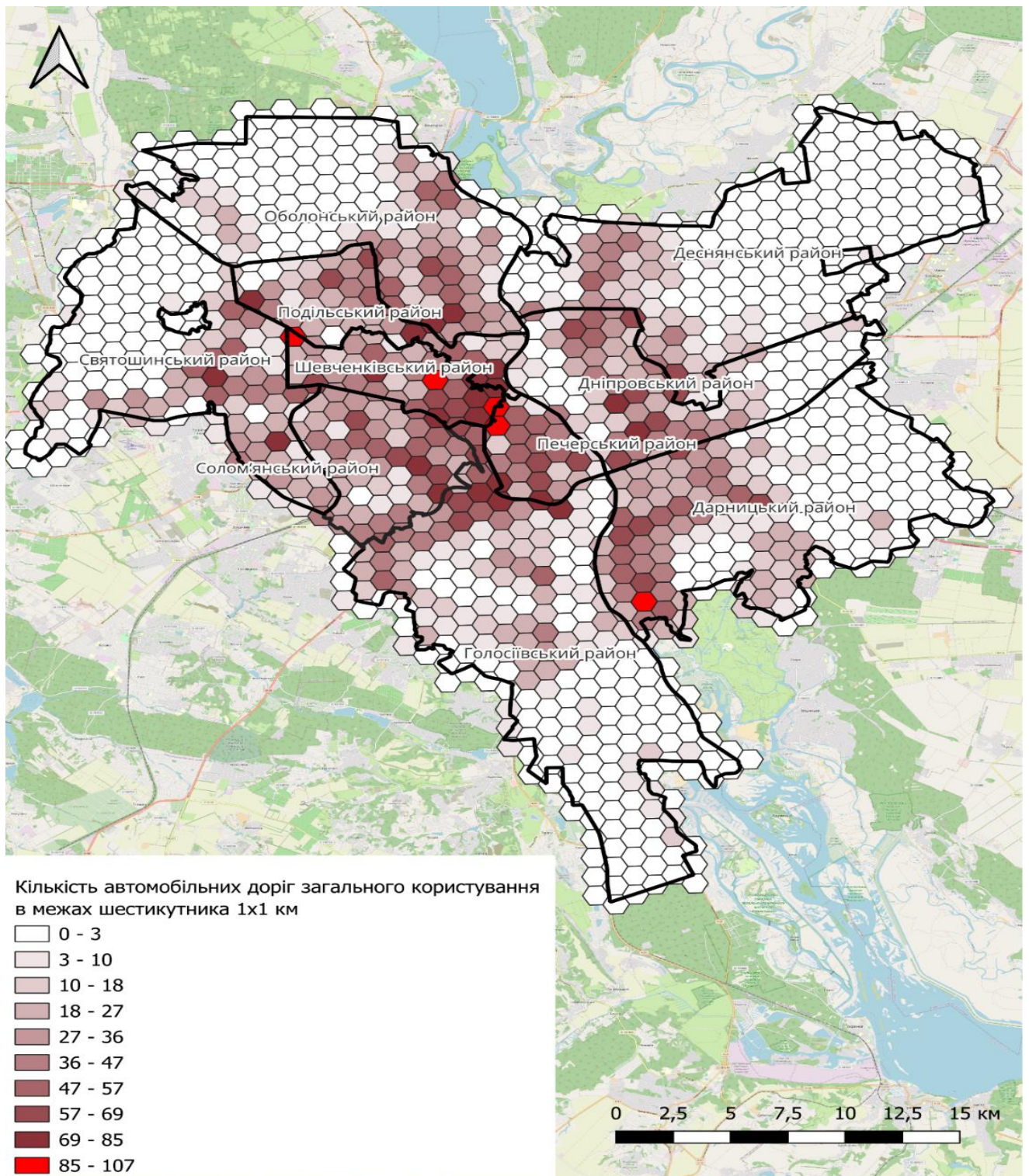


Рис. 3.7. Кількість автомобільних доріг в межах шестикутників 1x1 км в межах міста Києва (розроблено автором)

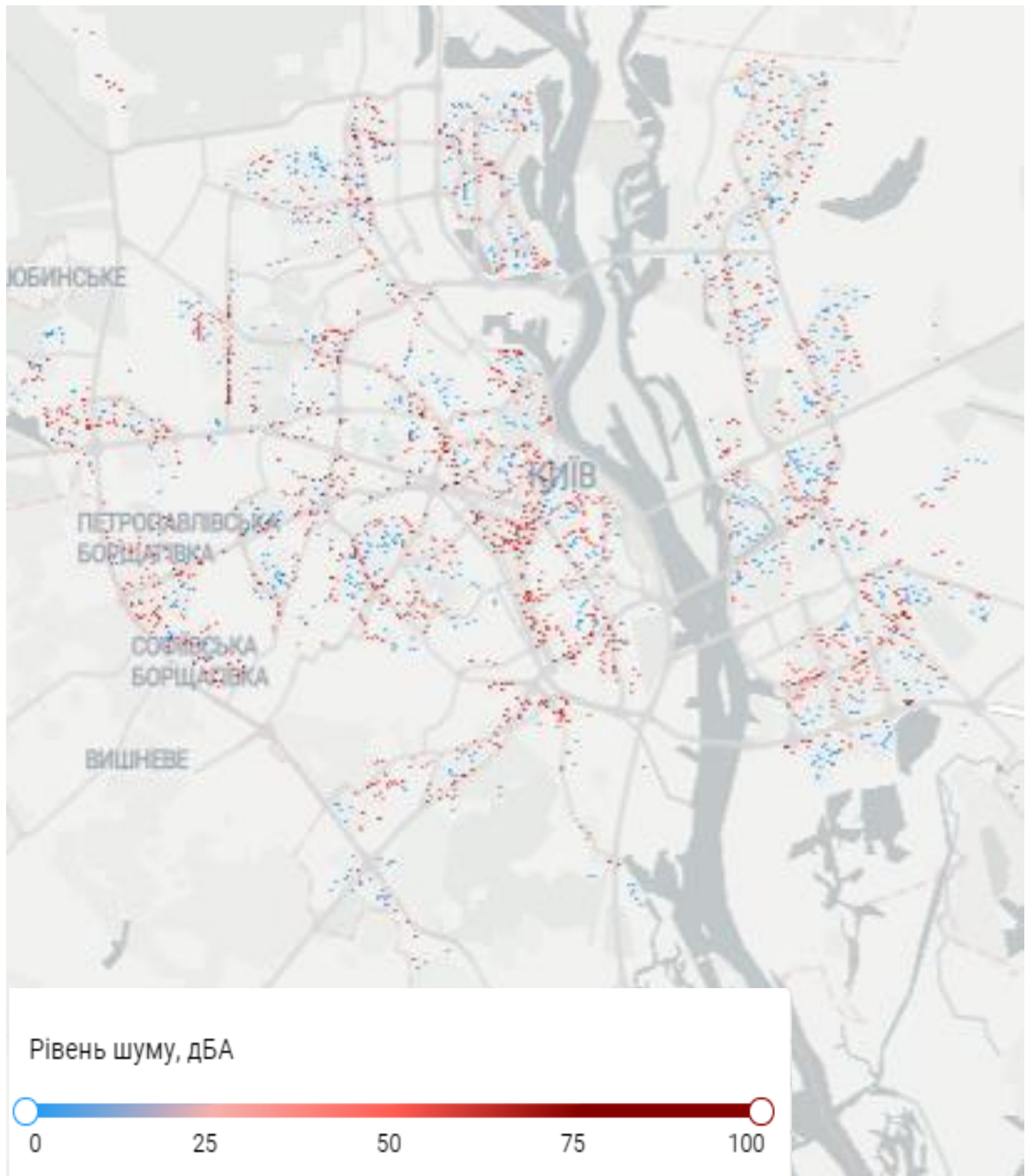


Рис. 3.8. Рівень шуму в межах житлової забудови міста Києва

(У Яких Будинках Києва Найтихіше? n.d.)

3.4. Визначення частки непроникних поверхонь

Для визначення частки непроникних поверхонь в межах міста Києва, в даному дослідженні, використані довжини асфальтованих поверхонь, однак, для

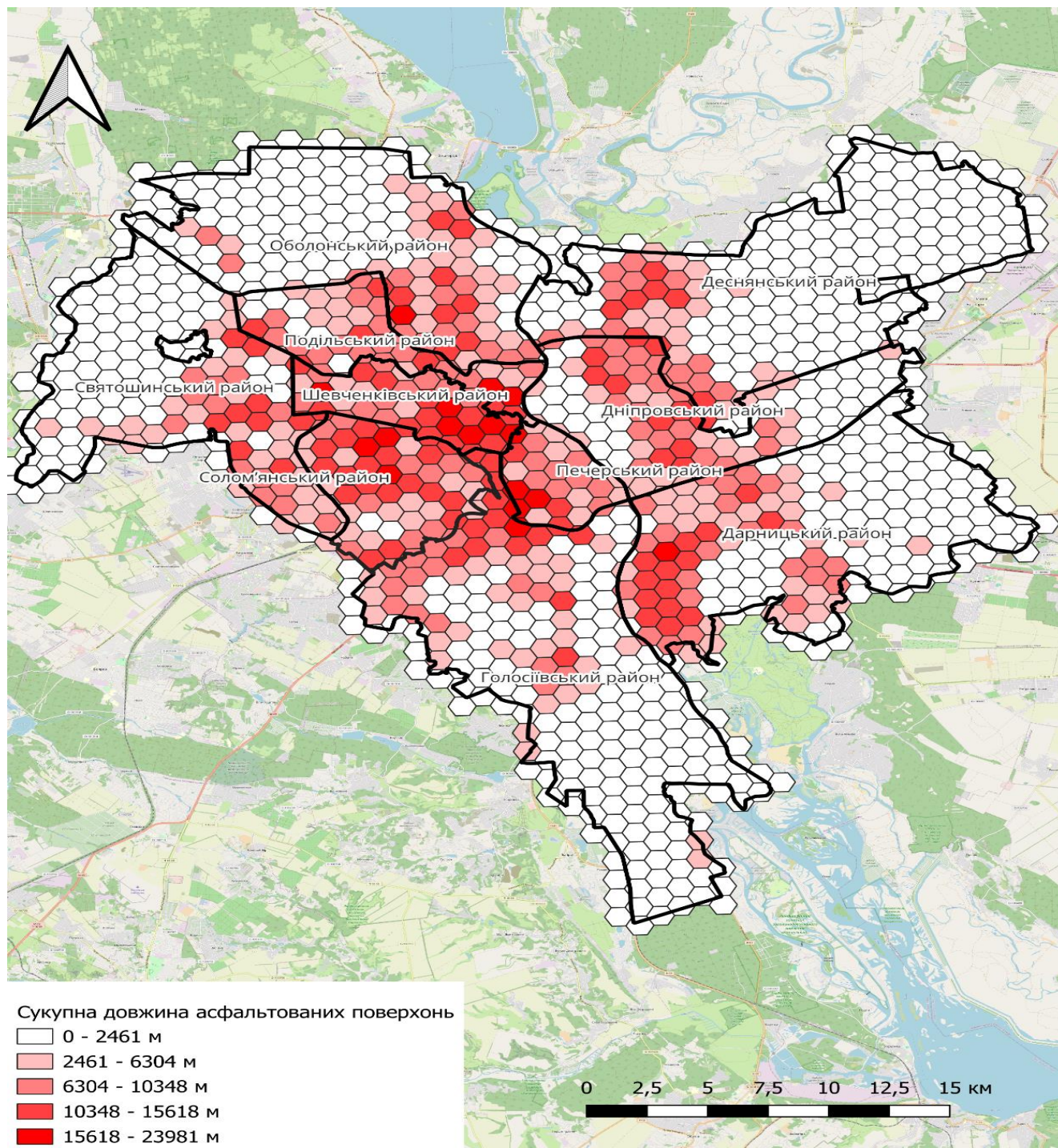


Рис. 3.9. Обсяг непроникних поверхонь в межах міста Києва

(розроблено автором)

коректного результату, повинні бути також враховані площі забудови, чого, на жаль, у відкритому доступі віднайти не вдалось.

На рис. 3.9 зображено гексагональний розподіл непроникних, асфальтованих поверхонь в межах міста Києва.

Висновки до розділу 3

Виходячи з даних, отриманих протягом проведення дослідження й виконаних картосхем, враховуючи, нестачу інформації у відкритому доступі, нестачу компетенцій для з'ясування ситуації з огляду на соціоекономічну складову життя в урбанізованих територіях та для калькуляції просторового індексу якості життя людини, Голосіївський район претендує на звання найбільш комфортного району для життя людини, звісно, з огляду на природничу складову.

Така ситуація сформована тим, що: з огляду на якість повітря в районі, як за даними ЦГО, так і за даними ГО «ЛУН Місто» — Голосіївський район має найнижчі показники забруднень серед інших районів Києва, з огляду на доступність зелених зон, як фактор, що дуже тісно переплітається з якістю повітря, шумовим забрудненням та обсягом непроникних поверхонь, Голосіївський та Святошинський райони мають схожу ситуацію, однак, більшість зелених зон Святошинського району, знаходяться поза житловими районами, що робить їх менш доступними. З огляду на параметр шумового забруднення, важко виділити «найкращий» район міста Києва через нестачу даних.

Тобто, наступними кроками для проведення даного дослідження, та виведення просторового індексу якості людського життя в урбанізованих територіях могли б бути: виведення індексу якості води, питної, побутової та водних об'єктів в межах міста призначених для рекреації, проведення дослідження

соціоекономічної якості життя та, звісно, розширення параметрів для більш точного розрахунку.

Цей підхід допоміг би місцевим адміністраціям більш детально розглядати проблеми життя населення завдяки наочним показникам кожного параметра й, відповідно, більш точкового спрямування зусиль для покращення.

ВИСНОВКИ

Дослідження урбоекосистем та розробка методології оцінювання якості життя людини у міському середовищі за допомогою геопросторового аналізу є важливими кроками в розумінні впливу умов міського середовища на комфортність життя мешканців та стійкості міських ландшафтів.

Переваги Голосіївського району, виявлені за більшістю показників якості життя, свідчать про його потенціал для забезпечення комфортного та здорового життя мешканців. Більша кількість зелених зон, вища якість повітря та менша частка непроникних поверхонь створюють необхідну амбієнтну ситуацію для спокійного відпочинку та зміцнення психофізичного здоров'я населення міста.

Однак варто зауважити, що соціально-економічний показник не був досліджений, деякі вихідні дані були недоступні для аналізу. це може суттєво вплинути на обставини отримання, а також на можливість формулювати загальні висновки.

Отже, незважаючи на позитивні показники Голосіївського району, додаткові дослідження, що охоплюють соціо-економічні аспекти та використовують більш широкий спектр даних, є необхідними для отримання більш повного розуміння картини якості життя у місті Києві. Тільки такий комплексний підхід дозволить розробити ефективні стратегії для покращення урбанізованого середовища та забезпечення сталого розвитку міста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alfieri, L., Feyen, L., & Di Baldassarre, G. (2016). Increasing flood risk under climate change: a pan-European assessment of the benefits of four adaptation strategies. *Climatic Change*, 136(3–4), 507–521. <https://doi.org/10.1007/S10584-016-1641-1/FIGURES/5>
2. Aram, F., Higuera García, E., Solgi, E., Mansournia, S., & García, E. H. (2019). Urban green space cooling effect in cities. *Green Space Cooling Effect in Cities. Heliyon*, 5, 1339. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019>
3. D'Antonio, P. (2008). *Acoustic absorbers and diffusers*. Taylor & Francis.
4. de Almeida, C. R., Teodoro, A. C., & Gonçalves, A. (2021). Study of the Urban Heat Island (UHI) Using Remote Sensing Data/Techniques: A Systematic Review. *Environments* 2021, Vol. 8, Page 105, 8(10), 105. <https://doi.org/10.3390/ENVIRONMENTS8100105>
5. Ellen van Bueren, Hein van Bohemen, Laure Itard, & Henk Visscher. (2011). *Sustainable Urban Environments An Ecosystem Approach* (1st ed.). Springer.
6. Ergen, M. (2021). Using geographical information systems to measure accessibility of green areas in the urban center of Nevşehir, Turkey. *Urban Forestry & Urban Greening*, 62, 127160. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2021.127160>
7. Hamidi, A., Ramavandi, B., & Sorial, G. A. (2021). Sponge City — An emerging concept in sustainable water resource management: A scientometric analysis. *Resources, Environment and Sustainability*, 5, 100028. <https://doi.org/10.1016/J.RESENV.2021.100028>
8. Hsu, Y. Y., Hawken, S., Sepasgozar, S., & Lin, Z. H. (2022). Beyond the Backyard: GIS Analysis of Public Green Space Accessibility in Australian Metropolitan Areas. *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 4694, 14(8), 4694. <https://doi.org/10.3390/SU14084694>

9. Irfeey, A. M. M., Chau, H. W., Sumaiya, M. M. F., Wai, C. Y., Muttil, N., & Jamei, E. (2023). Sustainable Mitigation Strategies for Urban Heat Island Effects in Urban Areas. *Sustainability* 2023, Vol. 15, Page 10767, 15(14), 10767. <https://doi.org/10.3390/SU151410767>
10. Jeong, S. J. (2013). The Impact of Air Pollution on Human Health in Suwon City. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 7(4), 227–233. <https://doi.org/10.5572/AJAE.2013.7.4.227>
11. Kang, N., Kim, S., Kim, Y., Noh, H., Hong, S. J., & Kim, H. S. (2016). Urban Drainage System Improvement for Climate Change Adaptation. *Water* 2016, Vol. 8, Page 268, 8(7), 268. <https://doi.org/10.3390/W8070268>
12. Kourtis, I. M., & Tsihrintzis, V. A. (2021). Adaptation of urban drainage networks to climate change: A review. *Science of The Total Environment*, 771, 145431. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.145431>
13. Lisenbee, W. A., Hathaway, J. M., Burns, M. J., & Fletcher, T. D. (2021). Modeling bioretention stormwater systems: Current models and future research needs. *Environmental Modelling & Software*, 144, 105146. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSOFT.2021.105146>
14. Lwin, K. K., & Murayama, Y. (2011). Modelling of urban green space walkability: Eco-friendly walk score calculator. *Computers, Environment and Urban Systems*, 35(5), 408–420. <https://doi.org/10.1016/J.COMPENVURBSYS.2011.05.002>
15. Maas, J., Verheij, R. A., Groenewegen, P. P., Vries, S. de, & Spreeuwenberg, P. (2006). Green space, urbanity, and health: how strong is the relation? *Journal of Epidemiology and Community Health*, 60(7), 587. <https://doi.org/10.1136/jech.2005.043125>
16. Mavrin, V., Makarova, I., & Prikhodko, A. (2018). Assessment of the influence of the noise level of road transport on the state of the environment. *Transportation Research Procedia*, 36, 514–519. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.138>

17. Morillas, J. M. B., Gozalo, G. R., González, D. M., Moraga, P. A., & Vílchez-Gómez, R. (2018). Noise Pollution and Urban Planning. *Current Pollution Reports*, 4(3), 208–219. <https://doi.org/10.1007/S40726-018-0095-7/METRICS>
18. Olayinka, O. S. (2012). Noise pollution in urban areas: the neglected dimensions. *Environmental Research Journal*, 6(4), 259–271.
19. Pénard-Morand, C., & Annesi-Maesano, I. (2004). Air pollution: from sources of emissions to health effects. *Breathe*, 1(2), 108–119. <https://doi.org/10.1183/18106838.0102.108>
20. Shahmohamadi, P., Che-Ani, A. I., Maulud, K. N. A., Tawil, N. M., & Abdullah, N. A. G. (2011). The Impact of Anthropogenic Heat on Formation of Urban Heat Island and Energy Consumption Balance. *Urban Studies Research*, 2011, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2011/497524>
21. Shyshchenko, P., Havrylenko, O., & Tsyhanok, Y. (2021). Доступність зелених зон в умовах компактного міста (на прикладі Києва). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series “Geology. Geography. Ecology,”* 55, 245–256. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-18>
22. Southerland, V. A., Brauer, M., Mohegh, A., Hammer, M. S., van Donkelaar, A., Martin, R. V., Apte, J. S., & Anenberg, S. C. (2022). Global urban temporal trends in fine particulate matter (PM_{2.5}) and attributable health burdens: estimates from global datasets. *The Lancet Planetary Health*, 6(2), e139–e146. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00350-8](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00350-8)
23. Urban Heat Islands | U.S. Geological Survey. (n.d.). Retrieved February 26, 2024, from <https://www.usgs.gov/media/images/urban-heat-islands>
24. Wang, J., Xue, F., Jing, R., Lu, Q., Huang, Y., Sun, X., & Zhu, W. (2021). Regenerating Sponge City to Sponge Watershed through an Innovative Framework for Urban Water Resilience. *Sustainability* 2021, Vol. 13, Page 5358, 13(10), 5358. <https://doi.org/10.3390/SU13105358>

25. Wang, Y., & Akbari, H. (2016). Analysis of urban heat island phenomenon and mitigation solutions evaluation for Montreal. *Sustainable Cities and Society*, 26, 438–446. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2016.04.015>
26. Xie, X., Semanjski, I., Gautama, S., Tsiligianni, E., Deligiannis, N., Rajan, R., Pasveer, F., & Philips, W. (2017). A Review of Urban Air Pollution Monitoring and Exposure Assessment Methods. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(12), 389. <https://doi.org/10.3390/ijgi6120389>
27. Бахмат Юрій, & Дундар Володимир. (2023). Екологічний паспорт міста Києва. <https://ecodep.kyivcity.gov.ua/files/2023/10/11/ekopasport.pdf>
28. Карта якості повітря ЛУН Місто Air. (n.d.). Retrieved May 18, 2024, from https://misto.lun.ua/air?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwo6GyBhBwEiwAzQTmcz6u gnAegdf4OF_7xPqWiSewaC9DLRpdeuWAdxWzzgN47cP-Z6HgKBoCrWEQAvD_BwE
29. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища міста Києва у 2022 році. (2023). <https://ecodep.kyivcity.gov.ua/files/2023/10/11/dopovid.pdf>
30. Третьякова Анна, Марушевський Геннадій, & Редькіна Надія. (2021). Звіт про стратегічну екологічну оцінку міської цільової програми розвитку інформаційно-комунікативної сфери міста Києва на 2022-2024 роки.
31. У яких будинках Києва найтихіше? (n.d.). Retrieved May 18, 2024, from <https://misto.lun.ua/noise>