

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет землевпорядкування

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Зав. кафедри геоінформатики і
аерокосмічних досліджень Землі**

_____ **Антоніна МОСКАЛЕНКО**

« ____ » _____ **2025 р.**

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: Розроблення бази геопросторових даних моніторингу стану
навколишнього середовища м.Києва**

Спеціальність – 193 «Геодезія та землеустрій»

Гарант освітньої програми

«Геодезія та землеустрій»,

д. геогр. н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ **Іван КОВАЛЬЧУК**

(підпис)

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи,**

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ **Антоніна МОСКАЛЕНКО**

(підпис)

Виконав

_____ **Анатолій ДУТОВ**

(підпис)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет землевпорядкування**

ЗАТВЕРДЖУЮ

**В.о. зав. кафедри геоінформатики і
аерокосмічних досліджень Землі**

_____ **Антоніна МОСКАЛЕНКО**

« _____ » _____ **2024 р.**

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ
РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Дутову Анатолію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність – 193 «Геодезія та землеустрій»

**Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Розроблення бази
геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища м.Кисва»,**
що затверджена наказом ректора НУБіП України від «18» листопада 2024 р. №
2063 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру – за 10 днів до захисту

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: дані про стан повітря
з відкритих джерел, просторові дані

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- 1) Аналіз стану об'єкту дослідження та вивченість теми
- 2) Розроблення моделей бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища
- 3) Реалізація моделі бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища

Дата видачі завдання “ 20 ” листопада 2024 р.

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

_____ **Антоніна МОСКАЛЕНКО**

Завдання прийняв до виконання

_____ **Анатолій ДУТОВ**

ЗМІСТ

Реферат	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИВЧЕНІСТЬ ТЕМИ	7
1.1. Теоретичні основи моніторингу.....	7
1.2. Особливості застосування баз геопросторових даних	10
1.3. Аналіз існуючих систем збору та обробки інформації.....	13
1.4. Характеристика об'єкту дослідження.....	22
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ БАЗИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	28
2.1. Послідовність створення моделей бази геопросторових даних	28
2.2. Створення моделей бази геопросторових даних.....	32
РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ БАЗИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	38
3.1 Реалізація бази геопросторових даних.....	38
3.2. Створення тематичних карт.....	39
ВИСНОВОК.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна бакалаврська робота має таку структуру: вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 67 сторінок, містить 31 рисунок, 4 таблиці. Список використаних джерел містить 30 найменувань.

У першому розділі описано стан об'єкту та вивченість теми. А саме теоретичні основи моніторингу, та особливості застосування баз геопросторових даних, досліджено існуючі системи збору і обробки інформації. Та власне охарактеризовано об'єкт дослідження.

У другому розділі описано розробка діаграми способів використання, концептуальних та логічних моделей бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища та функціональної моделі вирішення задачі створення бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища

У третьому розділі розкрито реалізація моделі бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовищ. Описано процес створення тематичних карт на її основі та аналіз цих карт. подана фізична модель бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища.

Ключові слова: моніторинг, база геопросторових даних, навколишнє середовище.

ВСТУП

База геопросторових даних виступає основою для складання геоінформаційної системи моніторингу за станом навколишнього середовища. З використанням просторово розміщення об'єктів спрощується читання і унаочнення різноманітних якісних і кількісних показників стану навколишнього середовища. Це робить їх легкодоступним для широкого кола споживачів інформації.

На сьогодні у місті Києві йде процес розбудови сучасної системи моніторингу атмосферного повітря, заснованих на принципах Європейських директив щодо управління якістю повітря. Вже функціонують 7 референтних високоточних пунктів спостереження та 46 індикативних датчиків автоматичного моніторингу атмосферного повітря. Дані з них в режимі реального часу відображено списком та графіками на точковому об'єкті.

Моніторинг якості атмосферного повітря є невід'ємною складовою моніторингу стану навколишнього середовища.

Метою бакалаврської роботи є розроблення бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища м. Києва та здійснення її реалізації. Особливо звернено увагу на забруднення навколишнього середовища та зміну клімату.

Завданням бакалаврської кваліфікаційної роботи:

- 1) Дослідити стан навколишнього середовища м. Києва та теоретичні основи ведення моніторингу;
- 2) Розроблення моделей бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища;
- 3) Реалізація бази геопросторових даних на прикладі міста Києва.

Об'єктом дослідження виступає територія міста Києва. Предметом – розроблення бази геопросторових даних

Ця тема є актуальною, так як Департамент захисту довкілля та адаптації до змін клімату виконавчого органу Київської міської ради з грудня 2020 року розбудовує систему моніторингу атмосферного повітря доповненням і розширенням якої може стати запропонований концепт.

Структура бакалаврської кваліфікаційної роботи. Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаної літератури і додатків.

РОЗДІЛ 1. СТАН ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИВЧЕНІСТЬ ТЕМИ

1.1. Теоретичні основи моніторингу

Моніторинг в широкому розумінні є процесом. А саме процесом систематичного збирання певної інформації про певний об'єкт. Такою інформацією зазвичай є конкретні кількісні або якісні показники що характеризують суттєві ознаки об'єкта. Під об'єктом моніторингу також може розумітись як і окремий чуттєво-сприймаємий, наглядний предмет, так і сукупність таких предметів. Об'єктом може бути певний феномен або ж процес взаємодії між предметами.

Навколишнє середовище або довкілля як раз являє собою таку систему взаємопов'язаних факторів, умов існування живих організмів і відповідно тим чи іншим чином впливає на них. Складових частин цієї системи з точки зору людини можна умовно поділити наступним чином: природні, техногенні та суспільні. Відповідно чинники живої, незайманої людиною природи; антропогенного походження, тобто змінена природа під впливом цілеспрямованої діяльності людини; суспільні або ж соціальні чинники походять зі сфери взаємовідношень між людьми з будь-якої причини та виражаються в способі взаємодії з природою, як самим характером цілеспрямованої діяльності людини так і в предметному втіленні їх. Звичайно, всі ці фактори в тісному взаємозв'язку між собою і не можуть розглядатись порізно, відірвано один від одного без втрати як своєї специфічної функції так і розуміння системи в цілісності.

Моніторинг є цілеспрямованою діяльністю людей. Моніторинг навколишнього середовища включає в себе певне поняття про це навколишнє середовище і виходячи з нього людина відшукує у предметі розгляду певні сторони, робить припущення які саме моменти його є ключові, сутнісні, тобто без яких предмет перестає бути саме цим предметом, стає іншим. Зауважимо, що сутність не є одвічно даною константою, вона змінюється бо сам принцип її

буття є процес, тому і предмет може змінюватись сутнісно залишаючись цим же предметом. Виділивши ключові моменти навколишнього середовища людина зводить їх до деяких кількісних та якісних показників, відповідно складає програму спостережень за довкіллям. Зазвичай для більшості показників є потреба в регулярності, тобто систематичне спостереження за певний проміжок часу. Це потрібно для оцінки отриманих даних методами статистики.

Загалом, моніторинг як і будь-яке спостереження потрібно людині для активної взаємодії з предметом спостереження як науково обґрунтована основа цих дій. Тому що вони не тільки цілеспрямовані но й результативні. Щоб ціль дій передбачала результат їх людина прогнозує зміни стану об'єкту. Відповідно моніторинг не проводять ради самого ж моніторингу. Моніторинг стану навколишнього середовища необхідний для певних проактивних дії з навколишнім середовищем. Наприклад упередження зміни довкілля у несприятливий для життя і розвитку людини стан. Відповідно взаємодія людини з навколишнім середовищем перестаючи бути стихійною стає прогнозованою, планомірною зміною його, тобто справді свобідною.

Нормативно-правовою базою моніторингу стану навколишнього середовища є Закони України: "Про охорону навколишнього природного середовища", "Про охорону атмосферного повітря", "Про тваринний світ", "Про рослинний світ", "Про охорону земель", "Про питну воду та питне водопостачання"; Водний та Лісовий кодекс України; Постанови Кабінету міністрів України "Про затвердження Положення про моніторинг земель", "Про схвалення Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища", "Про схвалення Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища", "Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля", "Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря" та інші, як загального характеру (як от Конституція України) так і більш вузькі закони та підзаконні акти.

В статті 22 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» зазначено, що система державного моніторингу навколишнього природного середовища є збір, обробка та збереження інформації про стан навколишнього середовища, створена вона з метою аналізу цієї інформації для подальшого прогнозування його змін та обґрунтування управлінських рішень [1].

Більш вузькою, однак не менш важливою ціллю моніторингу за станом навколишнього середовища є попередження громадськості щодо рівня забруднення. Для того щоб кожний окремий громадянин вжив певних заходів. Наприклад скорегував свій маршрут, зменшив час перебування у певному місці або й взагалі оминув яку-небудь територію. Характерно що ці поради носять рекомендаційний характер, рішення ж свідомо приймає кожен окремий індивід на основі своїх міркувань. Наприклад індивід відноситься до певної вразливої категорії, для якої не бажано перебувати у певному місці через підвищену концентрацію забруднюючих речовин особливо небезпечних для людей цієї категорії.

Для більш наглядного і простішого сприйняття широкими масами рівень концентрації певних речовин не передають як є, у фізичних величинах (наприклад у $\text{мг}/\text{м}^3$) а абстрагують у певний індекс. Індексів цих є безліч, як національних так і регіональних з загальносвітовими. В Україні національним є ІЗА – індекс забруднення атмосфери, що використовує Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського, прикладом загальносвітового є Air quality index, регіональним же European Air Quality Index (EAQI) відповідно у країнах ЄС, та багато інших. Принцип цих показників є те, що вони зрівнюють наявну концентрацію речовини з еталонною і відповідно до цього оцінюють довкілля у певний бал за відповідною шкалою (більш детально щодо обрахунку деяких індексів у 1.3). На теренах України встановлено 25 агломерацій для здійснення моніторингу атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря [2].

В розділі VI Закону України «Про охорону атмосферного повітря» зазначено, що моніторинг атмосферного повітря включає облік забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря, види і ступені впливу фізичних та біологічних факторів [3].

На наш погляд розуміння державної системи моніторингу навколишнього природного середовища стане чіткішим при розгляді дефініції її складової частини – моніторингу лісів, що дана у статті 55 Лісового кодексу України: *“Моніторинг лісів - система регулярного спостереження, оцінки і прогнозу динаміки кількісного і якісного стану лісів.*

Моніторинг лісів проводиться шляхом збирання, передавання, збереження та аналізу інформації про стан лісів, прогнозування змін у лісах і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для інформаційно-аналітичного забезпечення управління лісами, прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану лісів, дотримання вимог екологічної безпеки та принципів ведення лісового господарства на засадах сталого розвитку” [4].

1.2. Особливості застосування баз геопросторових даних

Даними є факти, числа, відомості що певним чином оформлені для подальшої взаємодії з ними. Взаємодія може бути як за участю людини так і проведена автоматичними засобами. Взаємодія полягає в обробці та інтерпретації даних, тобто надання їм сенсу. Такі оброблені та інтерпретовані заздалегідь узгодженою схемою дані, які мають значення для прийняття рішень або розуміння ситуації. стають інформацією. Дані про дані називають метадані.

Відповідно дані для їх обробки, інтерпретації, передачі, зберігання та інших маніпуляцій повинні бути структуровані за певним правилом. Найзагальнішим поділом є поділ по типам даних. Тип даних є характеристика даних за певною закономірністю що вирізняє певні групи даних з поміж інших. Відповідно до цієї характеристики впливає тип дій що можна проводити над даними. Також тип даних визначає які припустимі значення можуть бути у

даних, принцип їх збереження, набір операцій яким вони піддаються. Наприклад в математиці числа ділять на цілі, дійсні, натуральні, раціональні та інші.

Поєднання різних типів даних утворює систему що іменується структурою даних. Структуру визначають як спосіб організації частин цілого. Структура даних відповідно спосіб впорядкування даних з певними фізичними чи логічними зв'язками між ними, що утворюють деяку цілісність. Від типів даних, що входять у структуру унаслідуються види операцій, що можуть бути виконані над даними, організованими в таку структуру [5]. Деталізована послідовність або список таких операцій для певної мети є алгоритм. Структура даних у поєднанні з алгоритмом маніпуляції ними складають програму, передбачений хід подій для вирішення певної задачі. Відповідно ці дії також формалізують в певний лексичний набір, що має свої семантичні та синтаксичні правила, тобто утворюють мову програмування.

Структури як і види взаємозв'язків між типами даними бувають різноманітні. До прикладу масив являє собою набір елементів упорядкованих певним чином, доступ до кожного елемента відбувається за допомоги індексу цього елемента (тобто ідентифікатора).

ДСТУ ISO/IEC 2382:2017 «Інформаційні технології. Словник термінів» визначає базу даних як *“сукупність даних, організованих відповідно до концепції, яка описує характеристику цих даних і взаємозв'язки між їх елементами; ця сукупність підтримує щонайменше одну з областей застосування”* [5].

З цього випливає, що база даних містить, крім власне даних, їх опис (метадані) та засоби їх обробки (як в явному виді так і передбачати такі засоби).

Бази даних можуть бути «упаковані» в набір взаємопов'язаних баз даних з програмами для взаємодії з ними. Такий набір є система керування (або управління) базами даних: СКБД/ СУБД.

База даних, призначена для зберігання, управління та аналізу геопросторових даних, тобто інформації, яка має прив'язку до конкретного географічного розташування на Землі є Базою геопросторових даних.

Роль бази геопросторових даних у геоінформаційних системах полягає у зберіганні та організації даних. Її структурованість та можливість математичними виразами маніпулювати певними значеннями, створювати похідні набори даних.

База геопросторових даних є невід'ємною частиною будь-якої сучасної ГІС. Вона забезпечує ефективне управління та аналіз геопросторової інформації, що є критично важливим для широкого спектра застосувань, від містобудування та кадастру до екологічного моніторингу та управління надзвичайними ситуаціями.

Лященко А. А. та Захарченко Є. А. в їх статті описують запропонований концепт для створення бази геопросторових даних природньо-лікувальних рослин (ПЛР) [6]. Який базується на використуванні об'єктно-реляційної системи керування базами даних, на відміну від геореляційної моделі що була популярна на початку 2000-х років, повністю відповідних до серії стандартів ISO 19100 та Директиві ЕС INSPIRE. А саме: геоінформаційні системи з модельно-керованою архітектурою (МКА), що інтегруються в інфраструктуру геопросторових даних (ГГД).

Інформаційна база моделі є Державний кадастр природних лікувальних ресурсів, однак він має недолік неструктурованості даних,

Функції які повинна виконувати майбутня ГІС реалізуються через використання Каталогу геоданих, елементарна одиниця що якого є Об'єкт природного лікувального ресурсу. Схему розроблену методом UML представлено у вигляді 7 основних реєстрів за типом ПЛР. Зв'язок між таблицями відтворено за допомогою відношень один-до-одного та один- до-багатьох. У таблицях визначено первинні та вторинні (зовнішні) ключі для ідентифікації.

В статті «Еталонна модель бази топографічних даних» Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко та Р. В. Рунець розглянули поняття бази топографічних даних (БТГ) з урахуванням стандарту ISO 19100 [7]. У загальній схемі формування і

використання бази топографічних даних виокремили сховище карт всередині БТГ.

Також окремо дослідили рівні моделювання топографічних об'єктів БТГ. Де виокремили три рівня: цифрової моделі місцевості, топографічної метамоделі та найвищий рівень – метамоделі геопростору де сутністю є географічний феномен. Ця модель враховує особливості цифрового моделювання топографічних об'єктів в об'єктно-реляційних БГД.

В статті «Структура та функції бази даних електронного каталогу топографічних об'єктів» Р. В. Рунець та А. Г. Черін розглядають розробку методології для створення та функціонування бази даних електронного каталогу топографічних об'єктів [8]. Це важливо для уніфікації та стандартизації топографічних даних, що, у свою чергу, має сприяти підвищенню якості та сумісності геопросторових даних в Україні. З цією метою Р. В. Рунець та А. Г. Черін пропонують впровадження галузевого стандарту «База топографічних даних. Каталог об'єктів і атрибутів» відповідного до міжнародного стандарту ISO 19110.

Основу для цього представлено як електронний каталог для формалізації та автоматизації процесів оцінювання наборів геопросторових даних.

1.3. Аналіз існуючих систем збору та обробки інформації

Основою для наповнення бази геопросторових даних стали дані саме Автоматична система моніторингу якості повітря. Опікується системою Департамент захисту довкілля та адаптації до зміни клімату виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації). До 18 травня 2023 року мав найменування Управління екології та природних ресурсів виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації).

Відповідно до свого Положення одне з основних завдань Департаменту є «інформування населення, підприємств, установ і організацій через засоби

масової інформації та шляхом оприлюднення інформації на Єдиному вебпорталі територіальної громади міста Києва про стан навколишнього природного середовища на території міста Києва» [8]. А також виконує функцію «органу управління якістю атмосферного повітря в місті Києві» [8].

Вигляд цього веб-сайту представлений на рис. 1. 1.

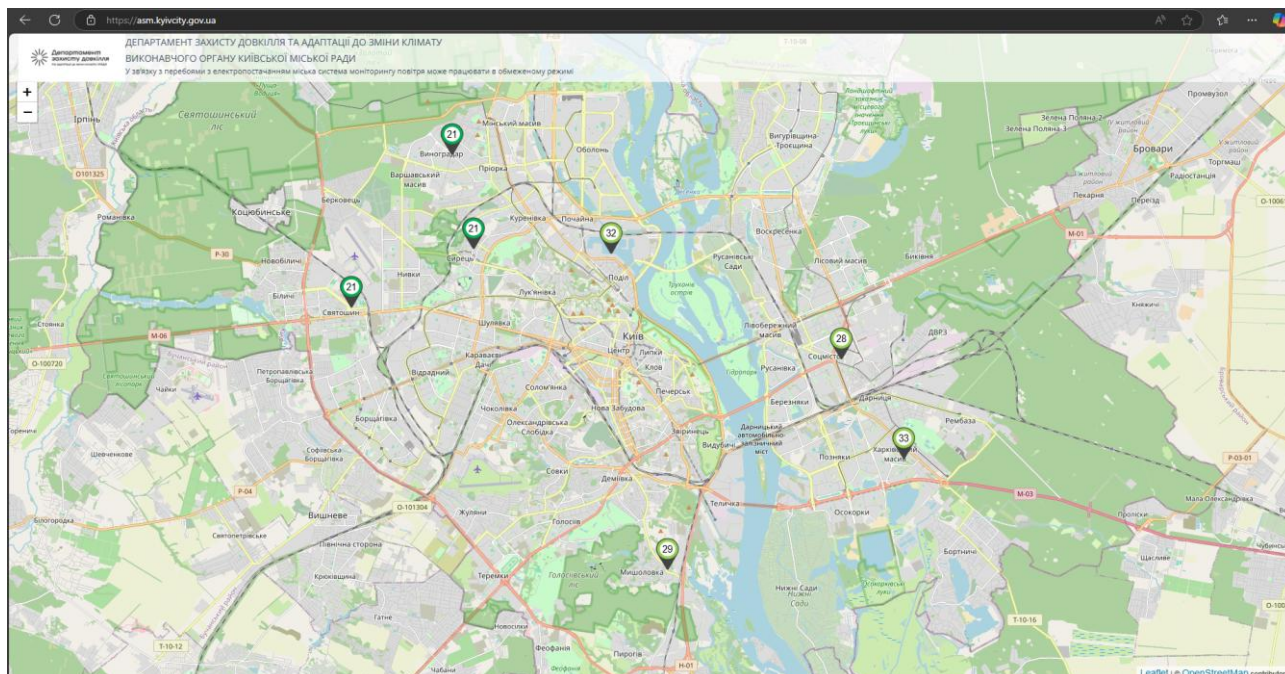


Рис. 1.1. Автоматична система моніторингу якості повітря (Режим доступу: asm.kyivcity.gov.ua)

Розробка ведеться з грудня 2020 року. На даний момент до проекту додано 7 автоматизованих пунктів спостереження. Картографічною основою є дані OpenStreetMap. Інформацію подано як точкові об'єкти що відповідають розташуванню пунктів спостереження та містить показник $SAQI$, що оновлюється в режимі реального часу. Також точковий об'єкт має колір обведення, що відповідає градації безпеки відповідно до показника $SAQI$. Загальна кількість точкових об'єктів – 7 од, тобто відповідає кількості станцій.

При наведенні до кожного об'єкту з'являється його адреса та виникає бокова панель зі шкалою $SAQI$ та відміткою на ній поточного показника. Під шкалою є вкладки з іншими показниками при виборі кожного з них відображається його назва, показник та одиниці виміру. Під нею часовий графік

цього показника: добовий, тижневий, місячний. Кількість показників різниться на різних станціях спостереження.

Метод оцінки та заміру кожного з показників про відповідає певному державному стандарту України. Діоксид сірки – згідно з ДСТУ EN 14212:2018. Діоксид азоту та оксиди азоту – згідно з ДСТУ EN 14211:2018. Оксид вуглецю – згідно з ДСТУ EN 14626:2018. Тверді частки (до 1 мм, до 2,5 мм та до 10 мм) – згідно з ДСТУ EN 12341:2018. Озон – згідно з ДСТУ EN 14625:2016.

Крім станцій що відображені на сайті, інформація доступна у мобільному застосунку «Київ Цифровий».

Згідно Програми державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря агломерації міста Києва, всього було запроектовано 21 станцій. Деякі з них є повністю нові, деякі ж відповідають вже існуючим станціям моніторингу підпорядковані Центральній геофізичній обсерваторії імені Бориса Срезневського. На цих станціях вже проходить моніторинг, однак дані не оновлюються постійно, а з певною періодичністю (раз в 6 годин, двічі на добу та ін.), тобто ці станцію планується модернізувати [9, с. 6-14].

Таблиця 1.1

Наявні показники, що відображає Автоматична система моніторингу якості повітря

Місцезнаходження станції	вул. Китаївська, 22	проспект Берестейський, 97	вул. Щусєва, 20	вул. Турівська, 28	Проспект Європейського Союзу, 64-Г	вул. Харківське шосе, 7/1	вул. Архітектора Вербицького, 26
Показник	1	2	3	4	5	6	7
CAQI	+	+	+	+	+	+	+
Темп	+	+	+	+	+	+	+
Вологість	+	+	+	+	+	+	+
Тиск	+	+	+	+	+	+	+
Напрямок	+	+	+	+	+	+	+
Швидкість	+	+	+	+	+	+	+
ТЧ ₁	+	+	+	+	+	+	+
ТЧ _{2,5}	+	+	+	+	+	+	+
ТЧ ₁₀	+	+	+	+	+	+	+
NO ₂	+	+	+	+	+	+	+
SO ₂	+	+	+	+	+	+	+
CO	+	+	+	+	+	+	+
O ₃	+	+	+	+	+	-	+
TSP	+	+	+	+	+	+	+
C ₆ H ₆	+	+	-	-	-	-	-
Радіація	+	+	+	+	+	+	+
NH ₃	-	-	-	-	-	-	+
H ₂ S	-	-	-	-	-	-	+

Автоматична система моніторингу якості повітря використовує CAQI як показник забруднення повітря. Common Air Quality Index (CAQI) – загальний

Індекс якості повітря, використовується в Європейських країнах з 2006 року. Особливість в порівняння з іншими індексами якості повітря, є 100-бальна шкала. Також індекс обраховують погодинний, добовий та річний. Є також особливості для придорожніх пунктів. Автоматична система моніторингу якості повітря відображає погодинне і добове значення індексу. Індекс розраховується для кожного чинника забруднення як пропорція його значення та значення яке відповідає певному індексу з табличної шкали, тобто створюється субіндекс. Наприклад, якщо концентрація речовини знаходиться посередині між двома відомими точками на шкалі, то відповідний індекс буде знаходитись посередині між двома відомими точками індексу. Відповідно зіставивши мінімум з трьома обов'язковими: пил до 10 мм (PM₁₀), діоксид азоту (NO₂) та озон (O₃) обирають найгірший показник [10]. Всі інші є додатковими.

Таблиця 1.2

Відповідність величин виміряних забруднюючих речовин балам SAQI для фонового годинного та добового вимірювання

Бал	NO ₂	PM ₁₀		O ₃
		1 година	24 годин	
0	0	0	0	0
25	50	25	15	60
50	100	50	30	120
75	200	90	50	180
100	400	180	100	240
>100	>400	>180	>100	>240

Бали SAQI відповідають наступним категоріям: 0-25: дуже низький; 25-50: низький; 50-75: середній; 75-100: високий; більше 100: дуже високий [11].

Українська real-time система моніторингу якості повітря (рисунок 1.2). За функціонування відповідає ЛУН Місто AIR, структурний підрозділ ІТ-компанії ЛУН. Розробили проект ЛУН та Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем КНУ ім. Шевченка. Проект реалізовано в 13 містах: Київ,

Львів, Одеса, Чернівці, Хмельницький, Тернопіль, Ужгород, Івано-Франківськ, Вінниця, Рівне, Луцьк, Тернопіль, Житомир, Полтава та інші міста України.

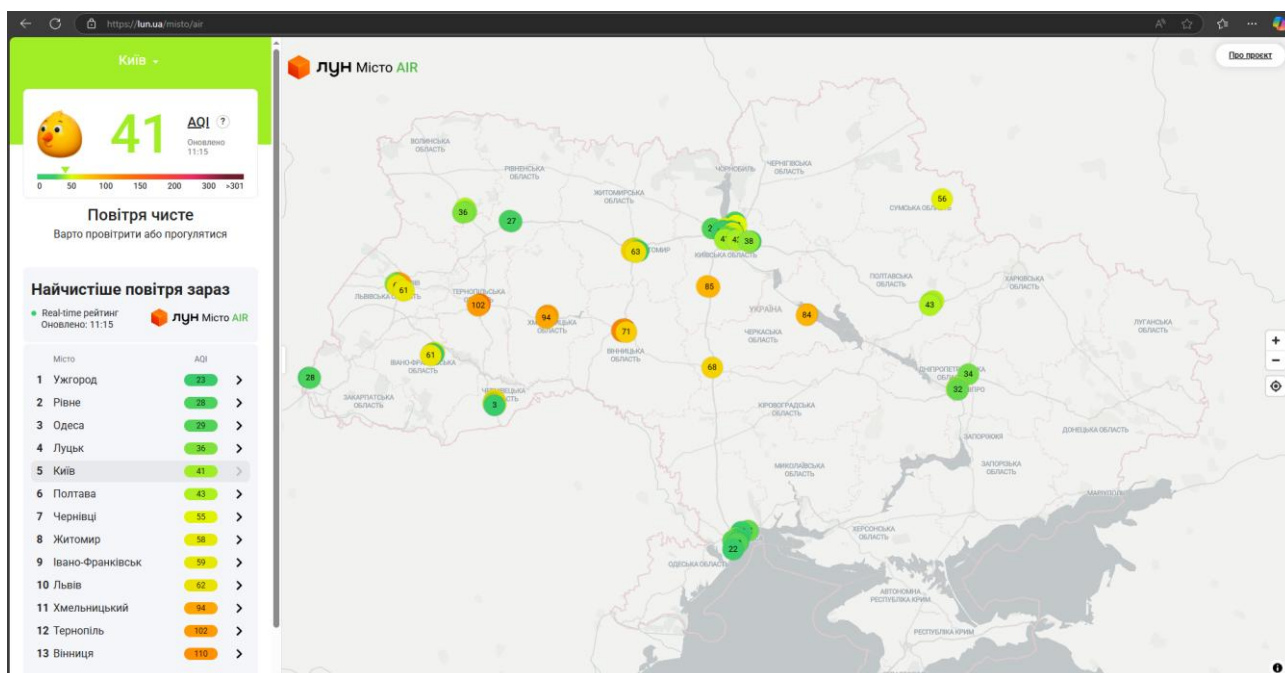


Рис. 1.2. Українська real-time система моніторингу якості повітря ЛУН Місто AIR (Режим доступу: <https://lun.ua/misto/air/kyiv>)

Картографічною основою є дані OpenStreetMap, бібліотеки MapLibre та OpenMapTiles. Інформацію також подано точковими об'єктами що відображають показник AQI та відповідно зафарбовані за шкалою цього показника. Дані оновлюються у реальному часі. Ліворуч закріплена панель зі показником та шкалою AQI у вибраному місті. Нижче наведений рейтинг міст за чистотою повітря – зростаючий список по показнику AQI.

Для міста Київ доступно 16 точкових станцій спостереження. Натискаючи на кожну з них ліворуч з'являється детальне меню зі значенням показника AQI на теперішній момент часу та його шкалою для оцінки. Далі коротке текстове роз'яснення щодо чистоти повітря та рекомендацій щодо дій.

Ця система використовує індекс AQI як показник забруднення повітря. Air Quality Index (AQI) – індекс якості повітря. Індекс розроблений у США з 1968 року Агенцією з охорони довкілля США (U.S. Environmental Protection Agency;

ЕРА), методологія яка використовується на даний момент розроблена в 1999 році. На відміну від $SAQI$ числова шкала від 0 до 500. Також обов'язковими елементами для розрахунку є пил до 2,5 мкм та до 10 мкм ($PM_{2,5}$ та PM_{10}), діоксид азоту (NO_2) та озон (O_3), монооксид вуглецю (CO) та діоксид сірки (SO_2). Індекс розраховується з використанням вимірних концентрацій та встановлених граничних значень забруднюючих речовин, причому застосовується найвище значення [12].

Бали AQI відповідають наступним категоріям: 0-50: добрий; 51-100: задовільний; 101-150: шкідливий для групи ризику; 151-200: шкідливий; 201-300: дуже шкідливий; 301-500: небезпечний [11].

Рівень забруднень на постах спостережень Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського.

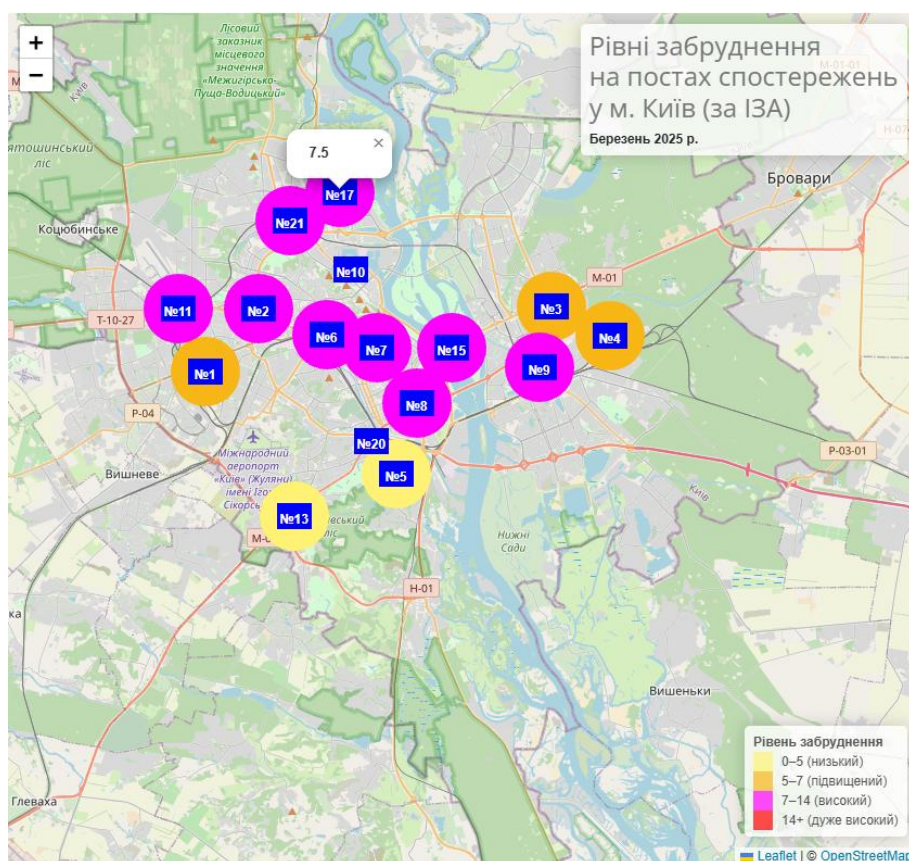


Рис. 1.3 Рівень забруднень на постах спостережень у м. Київ (за ІЗА) Березень 2025р. (режим доступу: <http://cgo-sreznevskiyi.kyiv.ua/uk/zabrudnennia/pro-napriamok>)

Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського Державної відповідно до Положення має одним з основним завдань спостереження за забрудненням навколишнього природного середовища [13]. Відповідно до цього на сайті Центральної геофізичної обсерваторії опублікована електронна карта, що оновлюється з періодичністю в 1 місяць, яка публікує узагальнену за місяць інформацію про рівень забруднення (рисунок 1.3).

Відповідно Центральна геофізична обсерваторія має у своєму складі 16 стаціонарних пунктів спостереження, (на сайті відображаються лише 14, два пости не під'єднані до електроенергії [14, с. 8]). Дані на них збираються напівавтоматично. Відбір проб проходить автоматично за допомогою годинників-програматорів тільки о 01 та 13 годинах, (періодичність 2 рази на добу, або раз у 12 годин).

Станції відстежують різні показники. За методом оцінки: фотоколориметричний – діоксид сірки, діоксид азоту, фенол, аміак, формальдегід, сульфати, хлористий водень, сірководень; електрохімічним способом визначають оксид вуглецю; атомно-абсорбційним методом визначають відбір на важкі метали (залізо, кадмій, свинець, цинк, мідь, хром, нікель, манган); звивисті речовини (тобто пил) визначають ваговим методом. Як і на пунктах спостереження Департаменту захисту довкілля та адаптації до зміни клімату виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації) перелік забруднюючих речовин що визначає кожна станція дещо різниться в залежності від оснащення станцій. Також слід відмітити наявність у Центральної геофізичної обсерваторії об'єднаної гідрометеорологічної станції з цілодобовим чергуванням. Розташована вона на проспекті Науки, 39, корпус 2. Спостереження ведуться за наступними показниками: іони амонію, калію, кальцію, магнію, натрію та гідрокарбонат-іони, нітрат-іони, сульфат-іони, хлорид-іони, рН та за загальною кислотністю [9, 14]. Загалом інформація оприлюднюється з щомісячною періодичністю на сайті Центральної геофізичної обсерваторії та на електронних і паперових носіях [9, с. 18].

Отримані показники зі станцій зрівнюють з гранично допустимими концентраціями, які є законодавчо визначені. Гранично допустимі концентрації розподіляють на середньодобові та максимальні разові, відповідно і порівнюють середні та максимальні разові концентрації шкідливих речовин. Сума середніх вимірних показників поділених на гранично допустимі концентрації приводиться до величини концентрації діоксиду сірки у долях від гранично допустимих. Відповідно, отримане число використовується для оцінки якості повітря, як Індекс Забруднення Атмосфери (ІЗА). ІЗА вважається низьким, якщо бал нижче 5,0. Підвищений рівень: від 5,0 до 7,0. Високим: від 7,0 до 14,0 та дуже високим коли бал ІЗА перевищує за 14,0. Наприклад у лютому 2021 року рівень забруднення по місту вважався як високий [15]. А у серпні 2023 року становив 9,69 – також високий [16]

Таблиця 1.3

Деякі гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць [17]

№	Хім. формула	Найменування	Значення ГДК, мг/м ³	
			середньодобової	макс. разової
1	Пил	Завислі речовини	0,15	0,5
2	SO ₂	Діоксид сірки	0,05	0,5
3	NO ₂	Діоксид азоту	0,04	0,2
4	NO	Оксид азоту	0,06	0,4
5	CO	Оксид вуглецю	3	5
6	H ₂ S	Сірководень	-	0,008
7	NH ₃	Аміак	0,04	0,2
8	CH ₂ O	Формальдегід	0,003	0,035
9	C ₆ H ₅ OH	Фенол	0,003	0,01
10	Сажа	Сажа	0,05	0,15

1.4. Характеристика об'єкту дослідження

Об'єктом дослідження виступає столиця України – місто Київ. Столиця адміністративно ділиться на 10 районів. У більшості документів (наприклад в Регіональних доповідях про стан навколишнього середовища м. Києва з 2015 по 2023 рік та в Екологічних паспортах м. Києва з 2015 по 2023 рік) межі міста прийняті за 836 км²[9, 18, 19-21]. Однак у розділі про райони Києва на офіційному порталі сумарна площа становить 851,2 км²[22]. А, наприклад, 12 грудня 2019 року на сесії Київської міської ради було погоджено проект землеустрою щодо зміни меж міста Києва до 85351 га, тобто 853,51 км²[23]. Протяжність території з півночі на південь та зі сходу на захід сягає приблизно 42 км.

Географічно місто розташоване у північній частині України на межі лісостепової і поліської природної зони. Скрізь місто з півночі на південь тече річка Дніпро, що ділить територію на правобережжя та лівобережжя. У геологічному відношенні столиця з прилеглими територіями розташована у зоні стику двох регіональних структур: північно-східного схилу Українського кристалічного щита та південно-західного борту Дніпровсько-Донецької западини. Їх межа є Дніпровська зона розломів північно-західного простягання. Орографічне розміщення наступне: лівобережжя відноситься до Придніпровської низовини, правобережжя – Придніпровська височина (т. з. Київське плато), північна ж частина міста відноситься до Поліської низовини.

Середня висота над рівнем моря становить 179 м, однак перепад висот сягає більше 100 м – найбільшою точкою є площа Слави (197,7 м), а найнижчий відповідає рівень води у Дніпрі (91,5 м). На території міста, особливо на правобережній його частині, поширена значна ерозія земної поверхні. Це призвело до поширення ярів, кількість яких до 50. Довжина найбільших з них сягає 2-3 км, глибина 45-50 м.

Ґрунтовий покрив неоднорідний. Північна частина міста, що сформована переважно під хвойними лісами та тяжіє до зони полісся, представлена дерново-підзолистими ґрунтами. У високій правобережній частині міста переважають типові для більшої частини України чорноземи. Утворились вони переважно на дуже своєрідних пухких та добре провітрюваних і відносно сухих суглинках – лесові відкладення. У природних київських лісопарках поширені темно-сірі лісові ґрунти, що утворились під покривом широколистяних лісів.

Земельний фонд є своєрідний (таблиця 1.4). Особливістю є те що поряд зі щільною забудовою межують мало або зовсім не забудовані периферійні території, що вкриті лісовою або луговою рослинністю. Структура земельного фонду складає: 44,3% від загальної площі міста – забудовані землі, 42% – ліси та лісовкриті площі, під поверхневими водами 8% території. Спостерігається тенденція збільшення частки забудованих територій, нерідко за рахунок скорочення зеленої зони міста[24].

Таблиця 1.4

Функціональні зони м. Києва

Функціональна зона	Площа, тис. га
Житлова забудова	12,97
Громадська забудова	3,93
Транспортна інфраструктура	6,16
Об'єкти природно-заповідного фонду	18,19
Ландшафтно-рекреаційні території	26,84
Промислові, науково-виробничі території	3,12
Території інженерної інфраструктури	3,49
Інші території	7,94

Лісові ресурси відіграють важливу роль в формуванні оточуючого середовища міста. Всі ліси відносяться до рекреаційно-оздоровчих, природоохоронного, наукового та історико-культурного призначення. За результатами інвентаризації проведеної в 2021 році в межах Києва зафіксовано 7 постійних лісокористувачів на загальній площі до 33,6 тис. га [20, с. 42].

Переважна частина лісових ресурсів перебуває в користуванні КП «Дарницьке лісопаркове господарство», КП «Святошинське лісопаркове господарство» та КП «Лісопаркове господарство «Конча-Заспа», підпорядкованих Департаменту захисту довкілля та адаптації до зміни клімату виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації) [21, с. 67].

Водні ресурси. Вся територія міста відноситься до басейну річки Дніпро. Підземні води знаходяться на невеликій, з точки зору геології, глибині, які належать до Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Згідно гідрогеологічним даним на території Києва свердловини пробурені на таких водоносних горизонтах як полтавський, бучакський, сеноманський та води юрського періоду [20, с. 27]. На території міста розташовується до 700 водних об'єктів різних типів: річки, струмки, озера, ставки, канали тощо. Протяжність малих річок, що течуть по території міста, таких як Либідь, Сирець, Борщагівка (Нивка), Котурка і Віта з притоками у правобережній частині столиці та Дарниця - в Лівобережній складає 104,28 км [21, с. 36].

За ступенем небезпеки для людини забруднення атмосферного повітря посідає перше місце. Основні хімічні речовини що утворюються в процесі діяльності людини є оксиди та діоксиди сірки та азоту, оксиди вуглецю, тверді часточки діаметром 2,5 та 10 мм. На частку цих речовин припадає до 98% загальних обсягів викидів шкідливих речовин. Джерела викидів з огляду на просторове положення розділяють на стаціонарні та пересувні.

Окремо слід зазначити що органи державної статистики (в тому числі Головне управління статистики у м. Києві) призупинили оприлюднення даних починаючи з лютого 2022 року у зв'язку з військовою агресією російської

федерації проти України та введенням дії воєнного стану. Органи державної статистики поновлять оприлюднення статистичної інформації у повному обсязі після завершення встановленого законом терміну для подання статистичної та фінансової інформації.

За даними Програми державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря агломерації міста Києва, загальний обсяг викидів забруднювальних речовин у 2020 році становив 251,3 тис. тон, з них від стаціонарних джерел 25,5 тис. тон, викиди бід пересувних джерел забруднювальних речовин становить 225,8 тис. тон [9, с 5]. Тобто лівова частина (89,85%) викидів надходить від пересувних джерел. Сюди, наприклад, входить автотранспорт. На автомагістралях та автотранспортних розв'язках через високу інтенсивність руху транспортних засобів повітря дуже забруднене. За результатами обстежень наведених у Програмі державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря агломерації міста Києва визначено, що з 20 обстежених автомагістралей на 14 зафіксовано високі рівні концентрації оксиду вуглецю, діоксиду азоту та діоксиду сірки [21, с. 49]. У розрахунку на 1 особу, викиди від пересувних забруднювачів становив 63,6 кг в рік (у 2021 році)

Із стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря слід відмітити наступні: Дарницький вагоноремонтний завод що належить АТ «Укрзалізниця»; ТЕЦ-5 та ТЕЦ-6 та єдиний в Україні працюючий сміттєспалювальний завод «Енергія», ці об'єкти належать КП «Київтеплоенерго»; Бортницьку станцію аерації, що належить ПрАТ «АК Київводоканал»; Київський державний завод «Буревісник», належному однойменному ДП та об'єкти приналежні ПрАТ «Інструментальний завод» та ТОВ «Євро-реконструкція». У структурі викидів цих підприємств переважає діоксид вуглецю, метан, тверді сполуки азоту та сірки [24, с. 7].

Цікавою особливістю Києва є ще й сезонні джерела забруднення. До них відносяться іррегулярні, но доволі часті, горіння торфовищ, також випалювання полів та лісові пожежі в поліській частині області.

Щорічний рекордсмен по забрудненому повітрі – Бессарабська площа в Шевченківському районі, Деміївська площа в Голосіївському районі. Серед стаціонарних джерел забруднення у 2021 році об'єкти приналежні АТ «Київгаз» 17,88 тис. тон, ТОВ «Євро-реконструкція» у Дніпровському районі 11,79 тис. тон [20, с. 24]. За видами економічної діяльності у 2021 році 90,2% або 33,84 тис. тон викидів від постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря; переробна промисловість на другому місці з 44 тонами викидів(4%) [20, с. 25].

Також слід зазначити, що відповідно до №Стратегії розвитку міста Києва до 2025 року (нова редакція) об'єм викидів у 2025 повинен був би становити 164 тис. тон, та створення потужностей з переробки та утилізації твердих побутових та рослинних відходів з виходом на нульовий рівень накопичення цих відходів фактично не виконано. Загалом цілі сектору 2.5. Екополітика та охорона довкілля не виконано, попри деякі успіхи зі зменшення негативного впливу промисловості (санація територій колишніх ПАТ «Радикал» та «Радон») [25].

У Звіті про стратегічну екологічну оцінку Програми економічного і соціального розвитку м. Києва на 2021-2023 роки зазначено суттєве зменшення загального обсягу викидів за рахунок скорочення виробництва ПАТ «Укрпластик», модернізація та перехід з мазуту на газ ТЕЦ-6 та ТЕЦ-5 [26, с. 10].

Загалом концентрація забруднюючих речовин в місті високий. Наприклад у вересні 2019 року діоксид азоту перевищив граничну допустиму концентрацію у 2,8 рази, формальдегід у 2,3 рази, фенол в 2 рази [26, с. 15].

Отже, Київ є сучасним розвинутим містом, а за площею й населенням можна порівняти з Берліном. Однак рівень викидів в атмосферне повітря є досить високим, загальна забрудненість атмосфери залишається високою. Ліва частина забруднень надходить від індивідуального автотранспорту. З 2020 року для Київської агломерації діє автоматична система моніторингу якості повітря департаменту захисту довкілля та адаптації до зміни клімату виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації). Крім цього, моніторингом та інформуванням про забруднення займаються й інші державні

та приватні організації. Спільною рисою їх є відображення інформації по станціям спостереження, що зображені як точкові об'єкти на карті.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ БАЗИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

2.1. Послідовність створення моделей бази геопросторових даних

Дослідивши існуючі напрацювання з питань моніторингу стану навколишнього середовища було розроблено UML-діаграму варіантів використання (рисунк 2.1). Вона відображає складові задачі, що вирішуються в даній бакалаврській роботі та користувачів, що зацікавлені в вирішенні завдань.

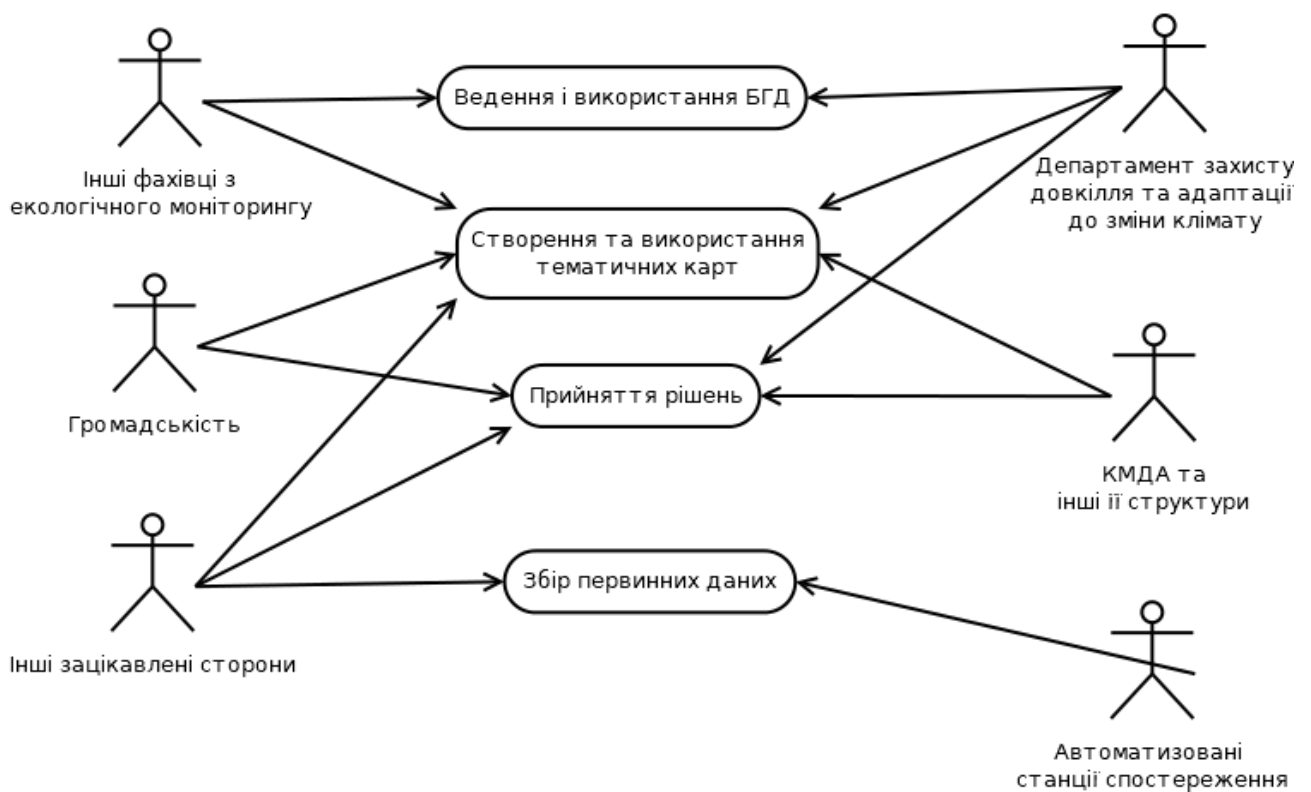


Рис. 2.1. Діаграма способів використання

До основних акторів належать Автоматизовані станції моніторингу стану навколишнього середовища, Департамент захисту довкілля та адаптації до зміни клімату виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації): структурний підрозділ КМДА, власне Київська міська державна адміністрація та інші її структури, громадськість, фахівці з екологічного

моніторингу що не входять до структур Департаменту захисту довкілля та всі інші зацікавлені сторони.

Департамент захисту довкілля та адаптації до зміни клімату виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації): структурний підрозділ КМДА, з завдань якого відповідно до Положення [8] впливає необхідність адміністрування бази геопросторових даних стану навколишнього середовища, створення і використання тематичних карт, та у тому числі на цій основі приймати певні рішення (наприклад про обрання місцерозташування нового пункту спостереження за навколишнім середовищем.

КМДА – Київська міська державна адміністрація та інші її структурні підрозділи використовують створені тематичні карти для прийняття певних, у тому числі управлінських, рішень.

Автоматизовані станції спостереження, як це впливає із назви є пунктами спостереження за станом оточуючого довкілля, відповідно від них надходить первинні дані про стан навколишнього середовища.

Інші фахівці з екологічного моніторингу – особи які не входять до структур Департаменту захисту довкілля, однак також зайняті у цій сфері. Відповідно вони можуть вести і використовувати базу геопросторових даних стану оточуючого середовища і відповідно створювати та використовувати на цій основі тематичні карти для своїх цілей.

Громадськість – жителі та гості столиці, які для цілей захисту свого здоров'я використовують тематичні карти забруднення оточуючого середовища для прийняття відповідних рішень.

Під категорію інших зацікавлених сторін підпали відповідно фізичні і юридичні особи що зацікавленні в зібраних даних від станцій спостережень.

Далі було складено модель послідовності дій при розробці бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища, що могла б охопити запроєктовані варіанти її використання (рисунок 2.2.).

Першим етапом виступає власне постановка завдань та задач бази даних. Які показники можуть і будуть включені у базу даних залежить від її теми –

моніторинг стану навколишнього середовища, та від доступності даних що будуть включатись в неї.

Було вирішено взяти показники що стосуються стану якості атмосфери. При цьому керувались наступними міркуваннями: ці показники легко доступні, система їх збору біль розвинута на відміну від, наприклад, стану акваторії р. Дніпро.

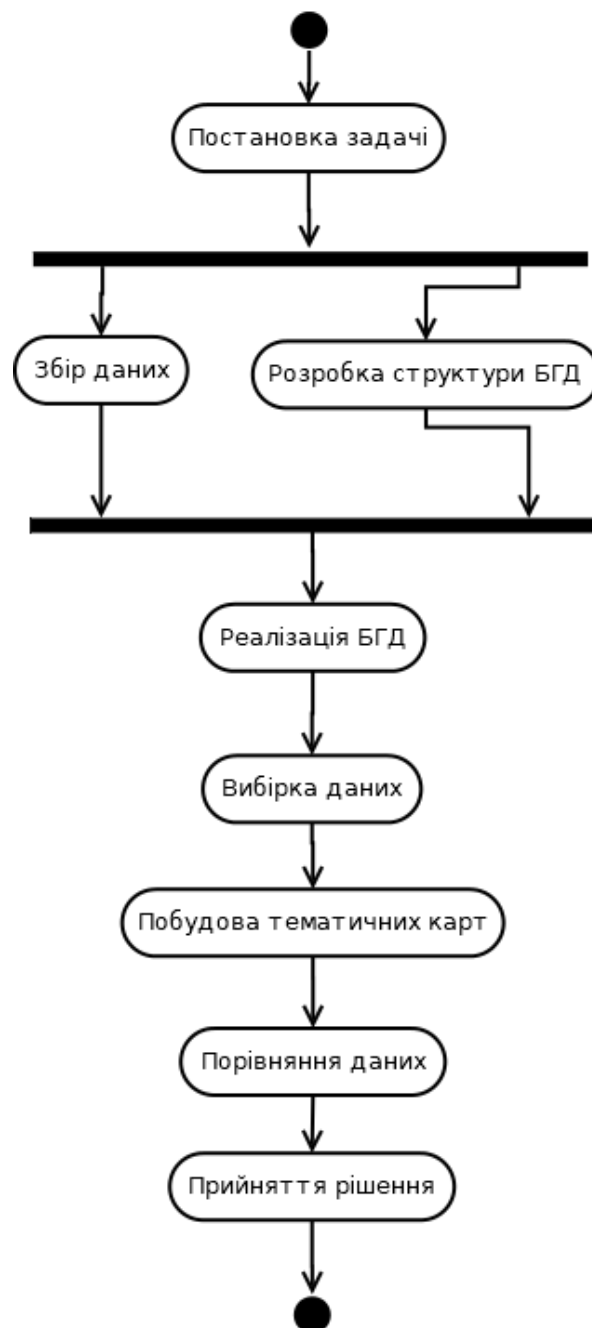


Рис. 2.2. Функціональна модель вирішення задачі розроблення бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища

Другий етап включає в себе дві паралельні дії – збір даних та розробка структури бази геопросторових даних.

Щодо збору даних, то вирішено зупинитись саме на даних що надаються сайтом Автоматичної системи моніторингу якості повітря Департаменту захисту довкілля та адаптації до зміни клімату виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації). На ньому стан атмосферного повітря передається через загальний індекс якості повітря (CAQI). Принципи обрахунку якого наведені у першому розділі. Дані показників забруднення наведено по годинно та середні за день, було обрано саме за день. Окрім індексу і показників які беруть безпосередню участь у його розрахунку є інші показники. З-поміж них було взято ті, що відносяться до кліматичних (температура, вологість, тиск, сила вітру, тощо). Однак були вилучені показники, спостереження за якими ведеться тільки на одній (аміак, сірководень) або тільки на двох (бензол) станціях. Також до кінцевого наповнення структури бази геопросторових не увійшов показник радіації. Саме через те, що на добових графіках значення кожного показника заокруглюють до сотих, на відміну від по годинних, де цей показник відображений округленим до тисячних.

Третім етапом є власне реалізація бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища. Тут слід описати що всі показники передані у комірках з числовим форматом що пов'язані між собою з однієї сторони днем із запису, з іншої унікальним номером станції, на якій був визначений показник.

Четвертий етап є вибірка даних. Вона реалізується як створення таблиці за допомогою sql-запиту по певному правилу, конкретно по діапазоном комірок, що нас цікавлять. Відповідно, ключовою є комірка з датою виміру. Далі сформовану таблицю доєднують до шейп-файлу просторово прив'язаних точкових об'єктів: власне станцій. Приєднання відбувається через ключову комірку номеру станції. Таким чином з колекції даних обирається саме ті що потрібно, а не повністю всі (хоч це теж можливо).

П'ятим етапом виступає побудова тематичних карт. Маючі просторово прив'язані об'єкти з наповненою атрибутивною таблицею підлаштовують відображення цих шарів і за допомогою програмних засобів створюється необхідна тематична карта. В пропонованій серії карт відображено розподіл як окремих показників так й загального індексу якості повітря способом кількісного фону, що виконано через інтерполяцію методом зворотних середньозважених відстаней у програмному комплексі QGIS.

Шостим і сьомим, завершальним етапом є порівняння отриманих даних та прийняття на цій основі подальшого рішення. Як приклад у тому числі й аналіз створених тематичних карт дає змогу встановити пріоритет щодо розбудови системи станцій автоматичного моніторингу, конкретно її просторове розміщення.

2.2. Створення моделей бази геопросторових даних

Концептуальна модель бази даних описує загальну структуру та взаємозв'язки майбутньої предметної бази даних, відображає абстрактні зв'язки між об'єктами.

Відповідно до раніше описаних цілей та завдань було запроєктовано наступна концептуальна модель бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища (рисунки 2.3.).



Рис. 2.3. Концептуальна модель бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища

На цій схемі відображено шість класів, кожен з яких має певні атрибути та зв'язок з іншими об'єктами.

Клас Регіон – це клас, що описує адміністративну або географічну одиницю, яка може бути складовою більшої одиниці. Має три атрибути:

кодРегіону: унікальний визначник області, що використовується для її однозначної ідентифікації.

назваРегіону: назва регіону, текстовий опис регіональної одиниці.

геометрія: просторове визначення положення регіону.

Клас Станції – це клас, що описує автоматизовані стаціонарні пункти спостереження за навколишнім середовищем. Має чотири атрибути:

кодСтанції: унікальний ідентифікатор станції, що використовується для її однозначного визначення.

адресаСтанції: місцерозташування станції спостереження.

назваСтанції: текстова назва станції, текстовий опис одиниці об'єкту класу станції.

геометрія: просторово визначене положення об'єкту класу станції.

Клас Показники – містить значення вимірних показників забруднювачів оточуючого середовища. Це клас має наступні атрибути:

кодЗапису: унікальний ідентифікатор запису, за допомогою котрого можна однозначно ідентифікувати запис виміряного показника забруднення.

датаЗапису: дата коли був виміряний показник забруднення.

САQI: загальний індекс якості повітря.

Температура: температура атмосферного повітря.

Вологість: відносна вологість повітря.

Тиск: атмосферний тиск

НапрямокВітру: виміряний напрямок вітру.

ШвидкістьВітру: виміряна швидкість вітру.

ТЧ1: Зважені тверді частки (PM1) до 1 мкм.

ТЧ2_5: Зважені тверді частки (PM2.5) до 2.5 мкм.

ТЧ10: Зважені тверді частки (PM10) до 10 мкм.

Діоксид_Азоту: виміряний вміст діоксиду азоту.

Діоксид_Сірки6 виміряний вміст діоксиду сірки.

Моноксид_Вуглецю: виміряний вміст монооксиду вуглецю.

Озон: виміряний показник приземного озону в атмосферному повітрі.

ЗЗТЧ: загальні зважені тверді частки.

Клас ВибіркаДаних – клас, що описує операцію вибірки даних за певним правилом. Він має наступні три атрибути:

кодВибірки: унікальний ідентифікатор вибірки, за допомогою котрого можна однозначно ідентифікувати вибірку.

діапазонВибірки: межі в котрих буде проведена вибірка даних.

показникВибірки: показники, що беруть участь у вибірці даних.

Клас Інтерполяція – містить спосіб, що інтерполює відібрані показники автоматизованих станціях спостереження за станом навколишнього середовища на певну територію. Має два атрибути:

кодМетоду: унікальний ідентифікатор методу яким було проведено інтерполяцію, за допомогою котрого можна однозначно ідентифікувати цей метод.

назваМетоду: назва методу інтерполяції, текстовий опис його.

Клас ТематичнийШар – містить в собі створені на основі бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища тематичні шари інтерпольованих даних. Має три атрибути:

кодШару: унікальний ідентифікатор тематичного інтерпольованого шару, за допомогою котрого можна однозначно ідентифікувати цей шар.

назваШару: назва тематичного інтерпольованого шару, текстовий опис його.

геометрія: просторова прив'язка положення об'єкту класу ТематичнийШар.

На основі концептуальної моделі бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища створено логічна модель вище зазначеної бази даних.

Логічна модель бази даних також описує загальну структуру та взаємозв'язки майбутньої предметної бази даних безвідносно до певного продукту керування базами даних чи технології. Однак, на відміну від концептуальної моделі, описану структуру виражаю у термінології структур даних. Показує конкретні взаємозв'язки та типи даних. Відповідно логічна модель бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища подана через UML-діаграму класів (рисунок 2.4.)

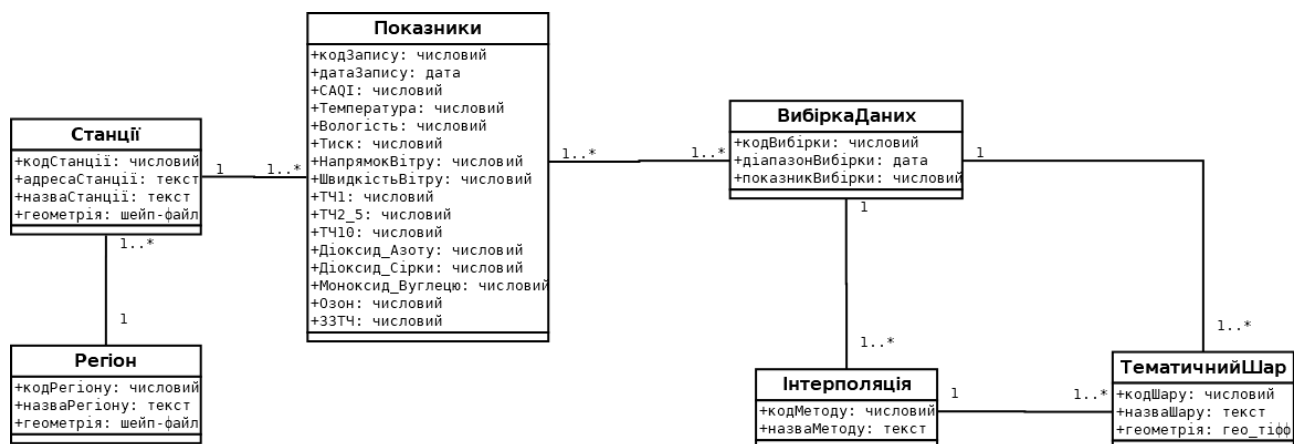


Рис. 2.4. Логічна модель бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища

На дані моделі використовуються текстові, числові, дата-час, векторні та растрові типи даних.

Також на моделі встановлена наступна кратність зав'язків: один до одного, один до багатьох та багато до багатьох.

Між класами Регіон та Станції існує зв'язок один до багатьох. Це означає, що одному регіону можуть відповідати більше однієї станції.

Між класом Станції та класом Показники в свою чергу встановлений аналогічний зв'язок. Тобто у одна станція може містити деяку множину показників.

Між класом Показники та класом ВибіркаДаних вже існує інший тип зв'язку – багато до багатьох. Тобто може бути одна і більше вибірок по одному й більше показнику.

Між класом ВибіркаДаних та Інтерполяція є зв'язок один до багатьох. Тобто за однією вибіркою може проводитись більше однієї інтерполяції.

Аналогічно зі зв'язками класу ВибіркаДаних та класу Тематичний шар, зв'язок один до багатьох. Тобто із однієї вибірки даних може складатись більше одного тематичного шару.

Окрім вище описаних зав'язків класи ТематичнийШар та Інтерполяція взаємодіють як багато до одного. Це означає що за однієї інтерполяцією можливо створити більше одного тематичного шару.

Отже, в цьому розділі розроблено діаграма способів використання бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища, концептуальну модель бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища, функціональну модель вирішення задачі створення бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища, та логічну модель бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища, що стане основою для фізичної реалізації бази геопросторових

даних моніторингу стану навколишнього середовища та побудови тематичних карт.

РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ БАЗИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

3.1 Реалізація бази геопросторових даних

Для фізичної реалізації обрано ArcGIS. В ArcGIS існує можливість створити Файлову базу геоданих і персональну базу геоданих

Файлова база геоданих в ArcGIS має формат .gdb та являє собою набір файлів в папці на фізичному носію. Тут є можливість зберігати та виконувати запити, керувати даними. Може складатись з просторових об'єктів, набору класів об'єктів, даних мозаїки, растрових даних. Також власне таблиця та набір інструментів. За замовчуванням максимальний розмір файлу кожного типу набору даних сягає до 1ТБ [27].

Персональні бази геоданих в ArcGIS має формат баз даних Microsoft Access (.mdb), що має обмеження за розміром до 2 Гб. Також персональну базу геоданих відрізняє те, що одночасно її може редагувати лише один користувач (власне на те вона й персональна). Персональні бази геоданих складаються з дев'яти системних таблиць і даних користувача. Ці дані можуть зберігатися в таких типах: клас просторових об'єктів; набір класів об'єктів; набір даних мозаїки; каталог растрів; набір растрових даних; набір схематичних даних; таблиця (непросторова) та набори інструментів [28].

Для завдань реалізації фізичної моделі бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища було обрано персональну базу геоданих.

Модель вибірки реалізована у ModelBuilder в програмному комплексі ArcGIS. Наповнення таблиці для створення тематичної карти реалізовано як приєднання до шару точок що відповідають розміщенню автоматизованих станцій моніторингу навколишнього середовища (рисунок 2.5.). З'єднання проходить по ключовому полі що відповідає номеру станції. Відбір даних за певний день чи проміжок днів .

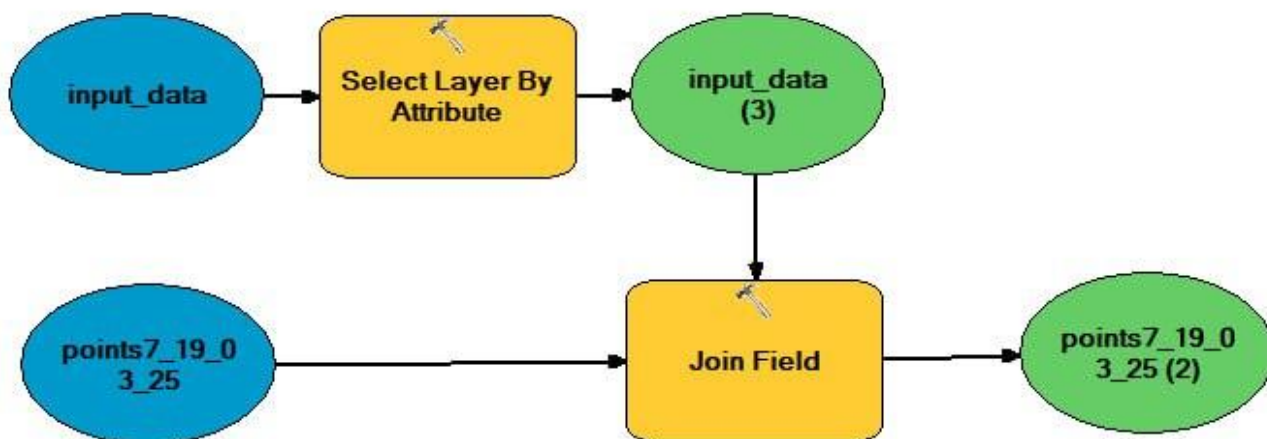


Рис. 3.1. Модель створення таблиці для подальшої інтерполяції у вікні ModelBuilder програмного комплексу ArcGIS.

Синій овал це вхідні дані, жовтий прямокутник це певний sql-запит, зелений овал є вихідними даними.

`input_data` означає таблицю всіх вхідних показників;

`points7_19_03_25` є вхідним шейп-файлом з точковими об'єктами що відповідають станціям моніторингу.

Принцип дії: з вихідної таблиці за допомогою запиту вибору по атрибуту дати формується проміжна таблиця вибраних показників. Ця таблиця за допомогою запиту приєднання полів поєднується з атрибутивною таблицею вихідного шейп-файлу з точковими об'єктами що відповідають станціям моніторингу. Таким чином створюється новий шейп-файл з наповненою атрибутивною таблицею

3.2. Створення тематичних карт

Інтерполяція виконана методом зворотних середньозважених відстаней (Inverse Distance Weighting, IDW). Цей метод використовується для прогнозування значень у невідомих точках на основі значень у відомих точках. При цьому, вплив значень відомих точок на передбачуване значення зменшується зі збільшенням відстані до невідомих точок [30].

Стан якості повітря Києва 14 березня 2025 року за індексом $SAQI$ подано на рисунку 3.1. Найбільший показник спостерігається в Дарницькому районі, індекс становив 54.15 балів.

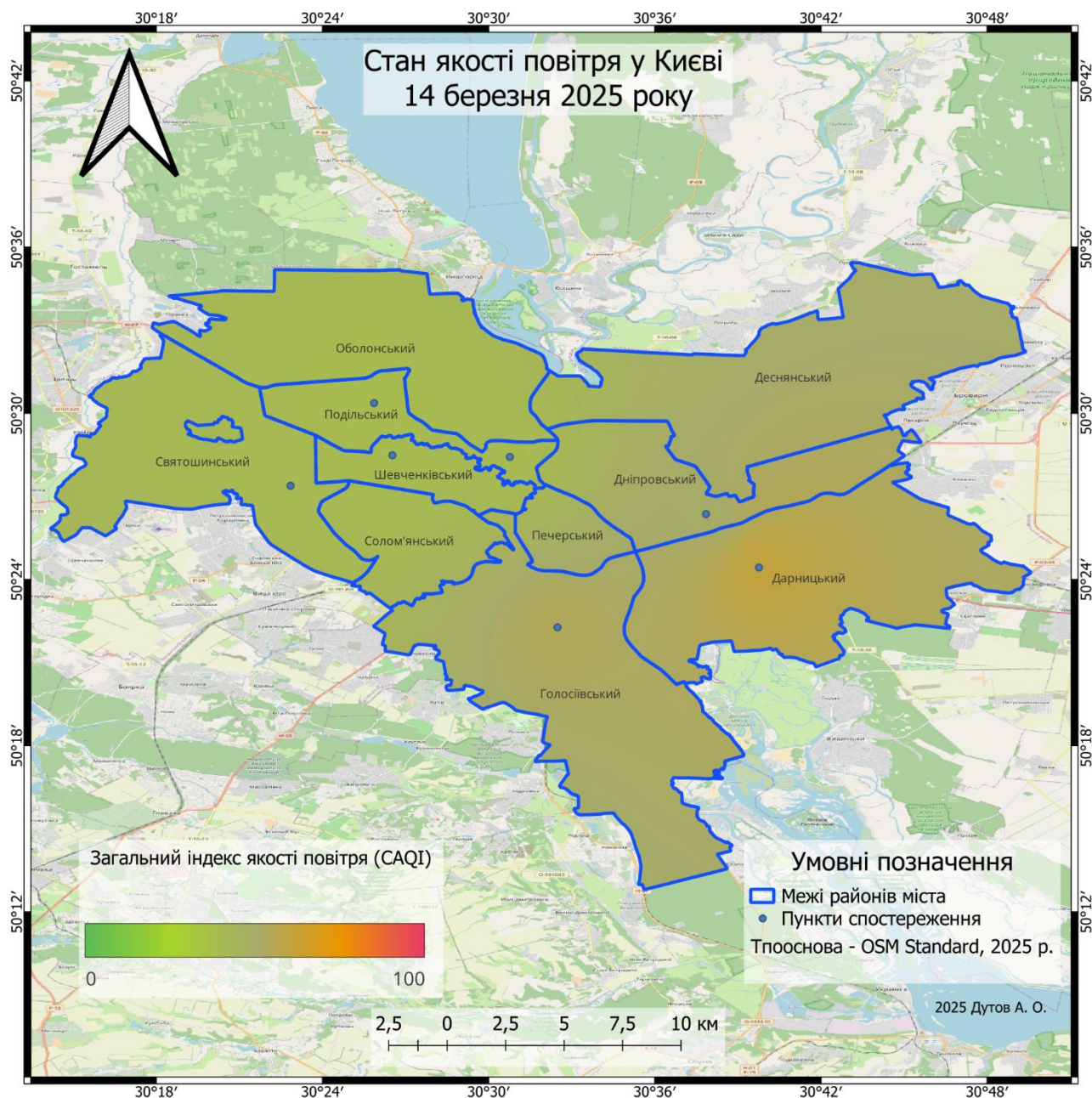


Рис. 3.2. Стан якості повітря Києва 14 березня 2025 року за індексом $SAQI$

Стан якості повітря Києва 16 березня 2025 року за індексом CAQI відображено на рисунку 3.3. Цього дня він коливався у незначному проміжку між 27,69 та 32,50, однак на станції по проспекту Європейського союзу, 64-Г.

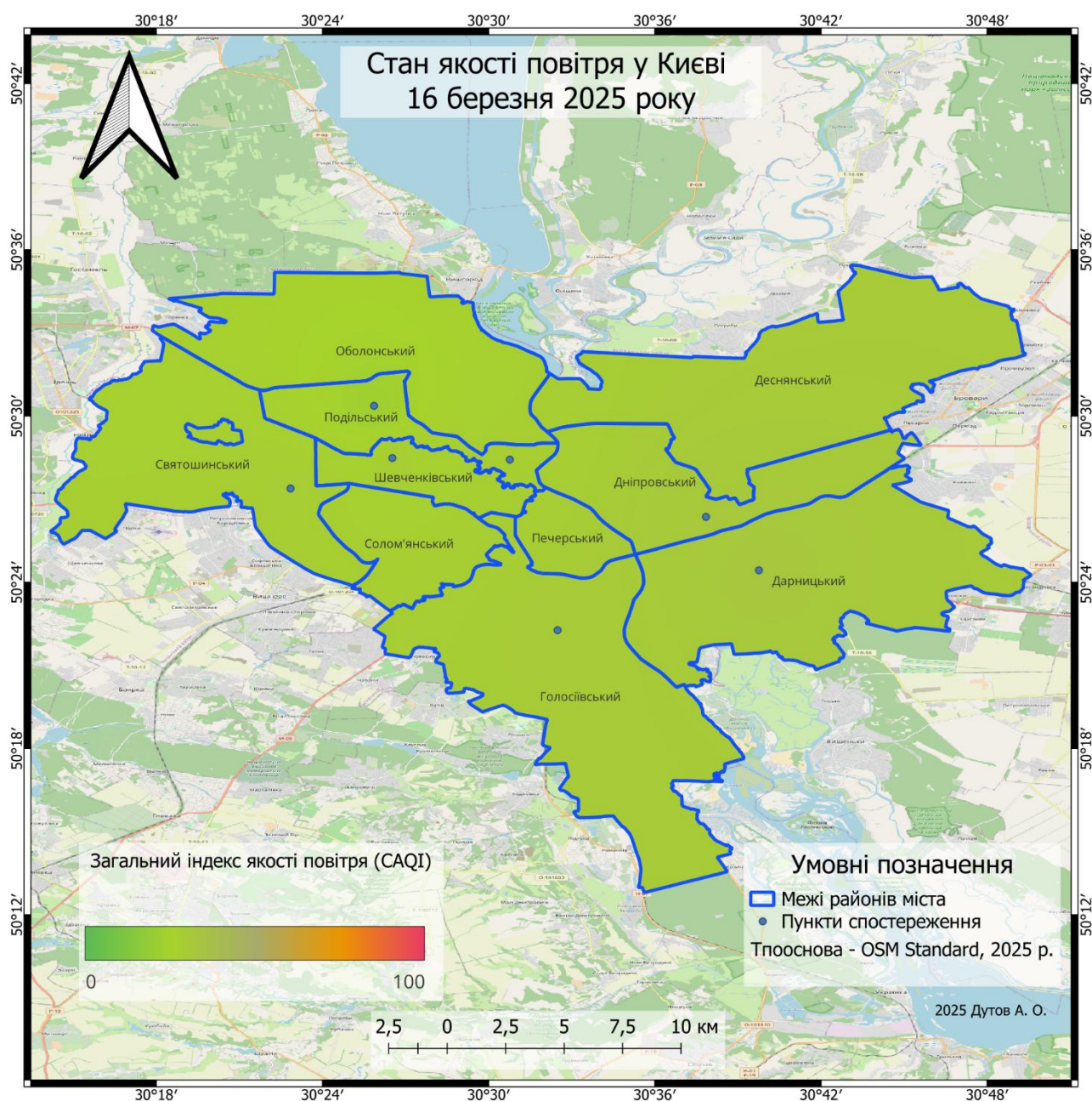


Рис. 3.3. Стан якості повітря Києва 16 березня 2025 року за індексом CAQI

Стан якості повітря Києва 19 березня 2025 року за індексом CAQI представлено на рисунку 3.4. Найменший показник зафіксовано у Дніпровському районі, де він становив 12,20.

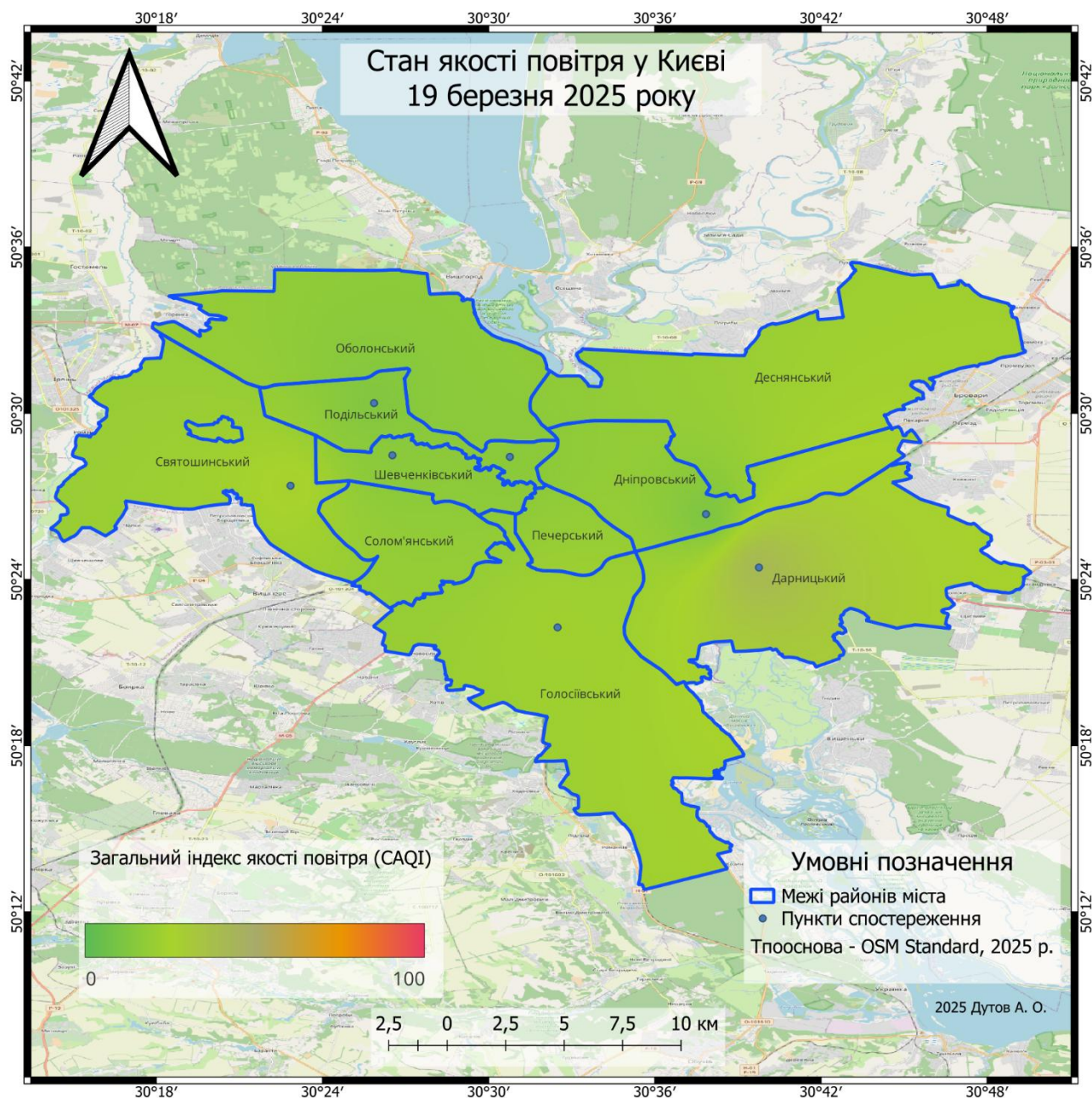


Рис. 3.4. Стан якості повітря Києва 19 березня 2025 року за індексом CAQI

Середній стан якості повітря Києва з 14 по 21 березня 2025 року за індексом $SAQI$ представлено на рисунку 3.5. Найбільший показник зафіксовано у Дарницькому районі, де він становив 49,47.

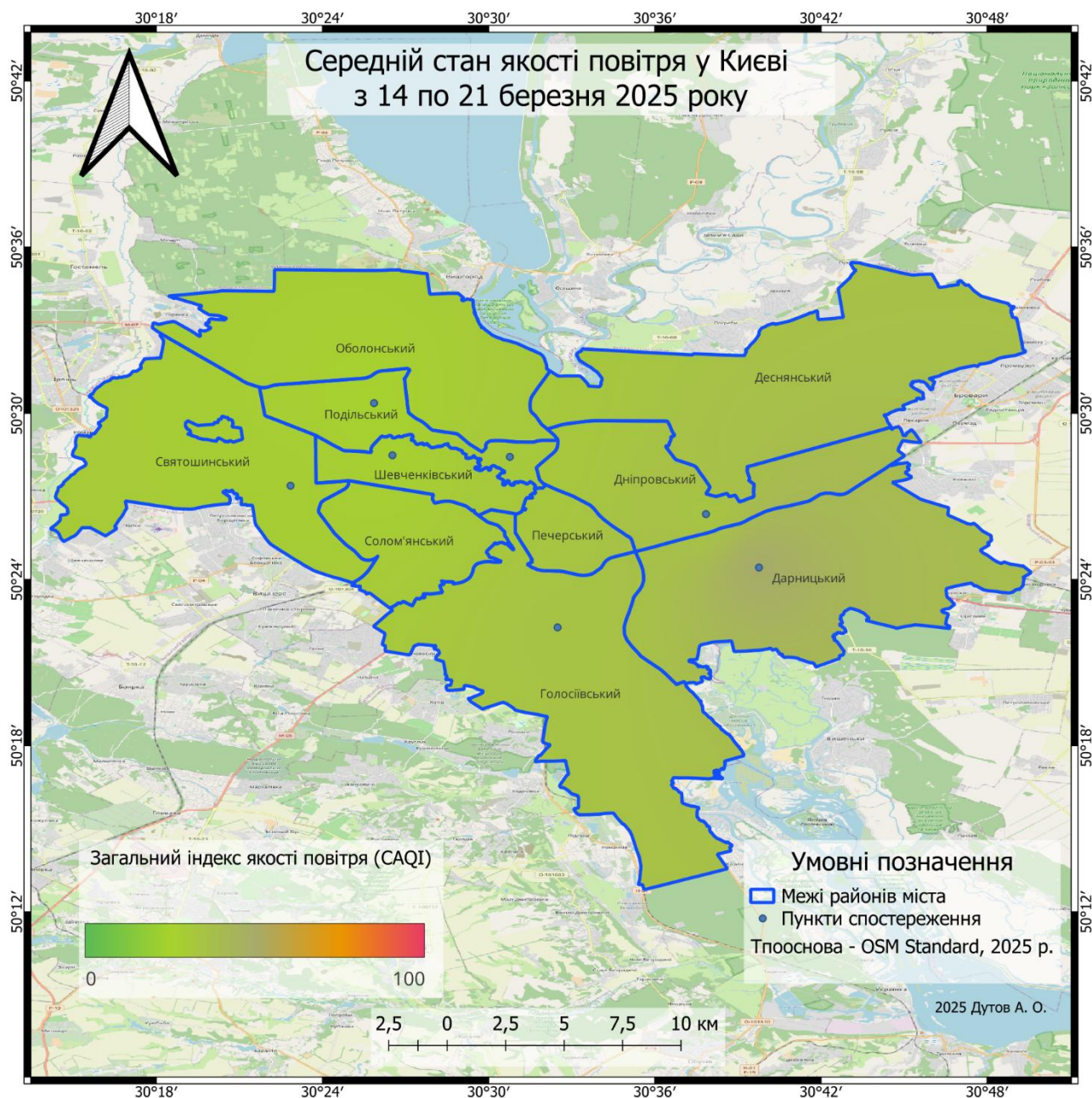


Рис. 3.5. Середній стан якості повітря Києва протягом тижня з 14 березня по 21 березня 2025 року за індексом $SAQI$

Середній стан якості повітря Києва з 14 по 21 березня 2025 року за індексом $SAQI$ представлено на рисунку 3.6. В середньому значення індексу коливається від 39,54 на станції розташованій на вулиці Щусєва, 20 до 53,3 балів по вулиці Архітектора Вербицького, 26.

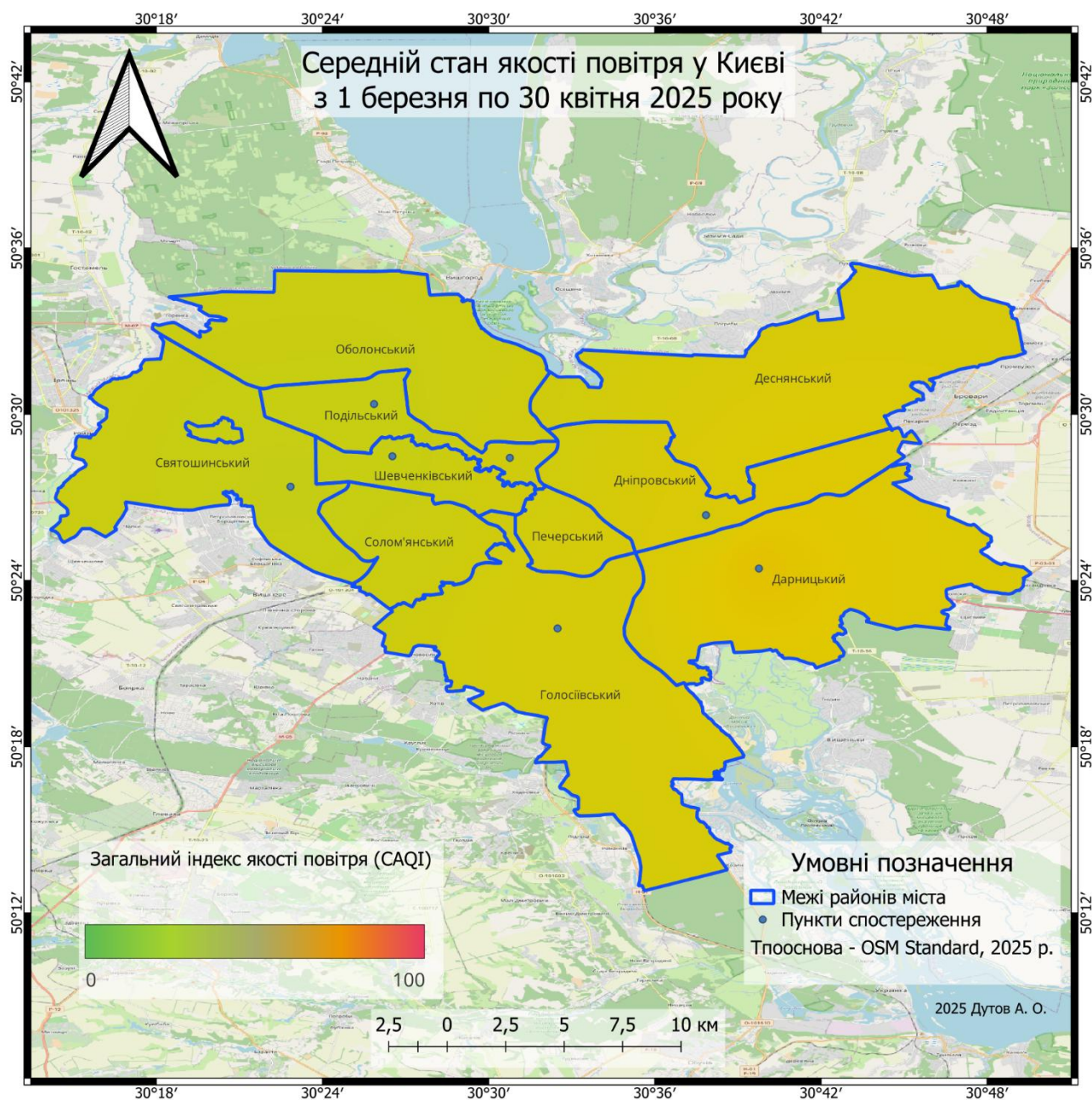


Рис. 3.6. Стан якості повітря Києва протягом березня-квітня 2025 року за індексом $SAQI$

Середній вміст дрібнодисперсного пилу (до 10 мкм) в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою $SAQI$ 16 березня 2025 року відображено на рисунку 3.7. В середньому значення показника коливається від 10,12 мкг/м³ на станції розташованій на проспекті Європейського Союзу, 64-Г до 29,44 балів по вулиці Архітектора Вербицького, 26.

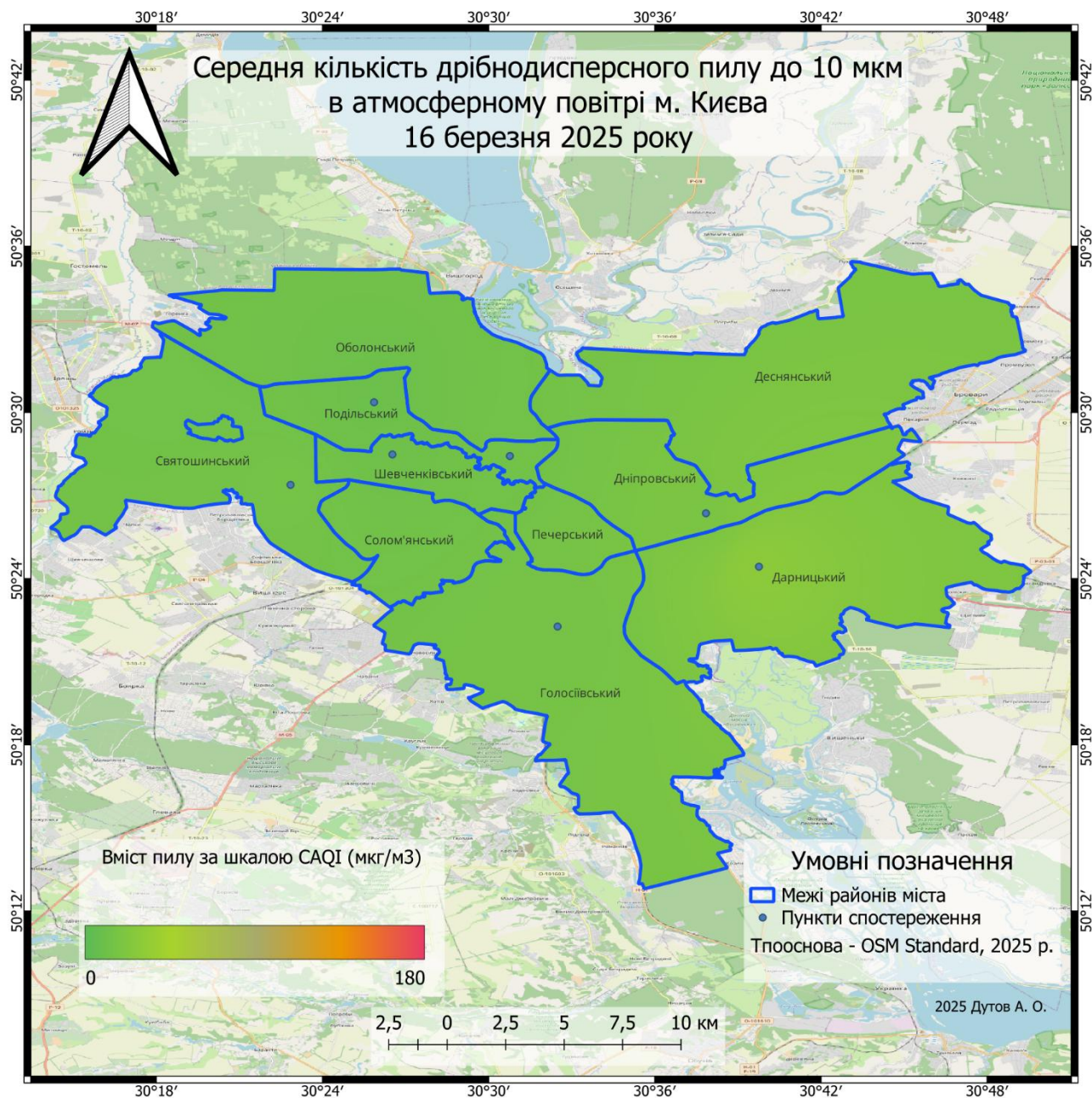


Рис. 3.7. Середній вміст дрібнодисперсного пилу (до 10 мкм) в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою $SAQI$ (мкг/м³), 16 березня 2025 року

Середній вміст дрібнодисперсного пилу (до 10 мкм) в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою CAQI протягом березня-квітня 2025 року відображено на рисунку 3.8. В середньому значення показника коливається від 20,95 мкг/м³ на станції розташованій на проспекті Європейського Союзу, 64-Г до 31,17 по вулиці Архітектора Вербицького, 26.

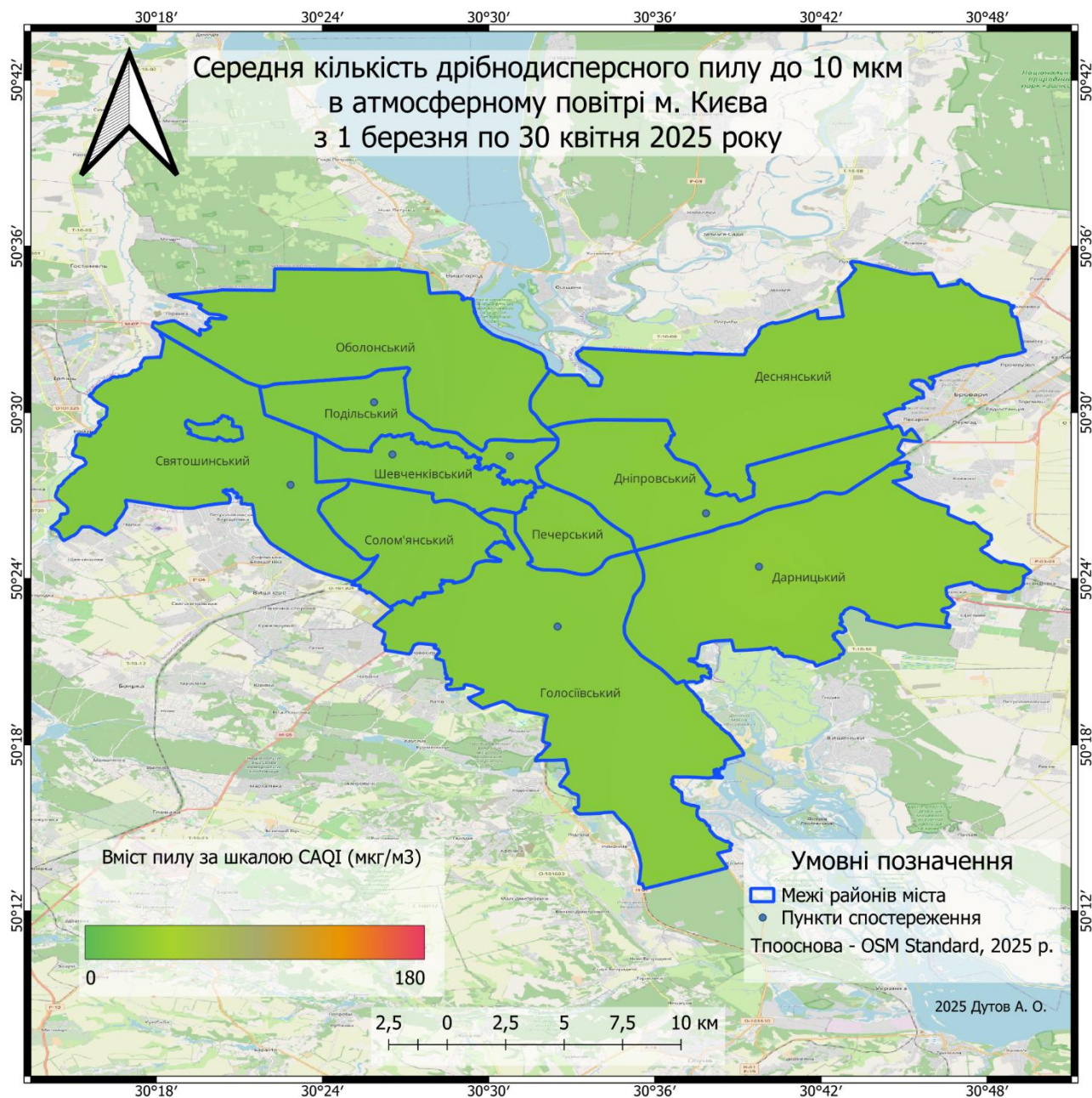


Рис. 3.8. Середній вміст дрібнодисперсного пилу (до 10 мкг) в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою CAQI (мкг/м³), протягом березня-квітня 2025 року

Середній вміст дрібнодисперсного пилу до 2,5 мкм в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою САQІ 16 березня 2025 року відображено на рисунку 3.9. В середньому значення показника коливається від 6,70 мкг/м³ на станції розташованій на проспекті Берестейській, 97 до 24,42 по вулиці Архітектора Вербицького, 26.

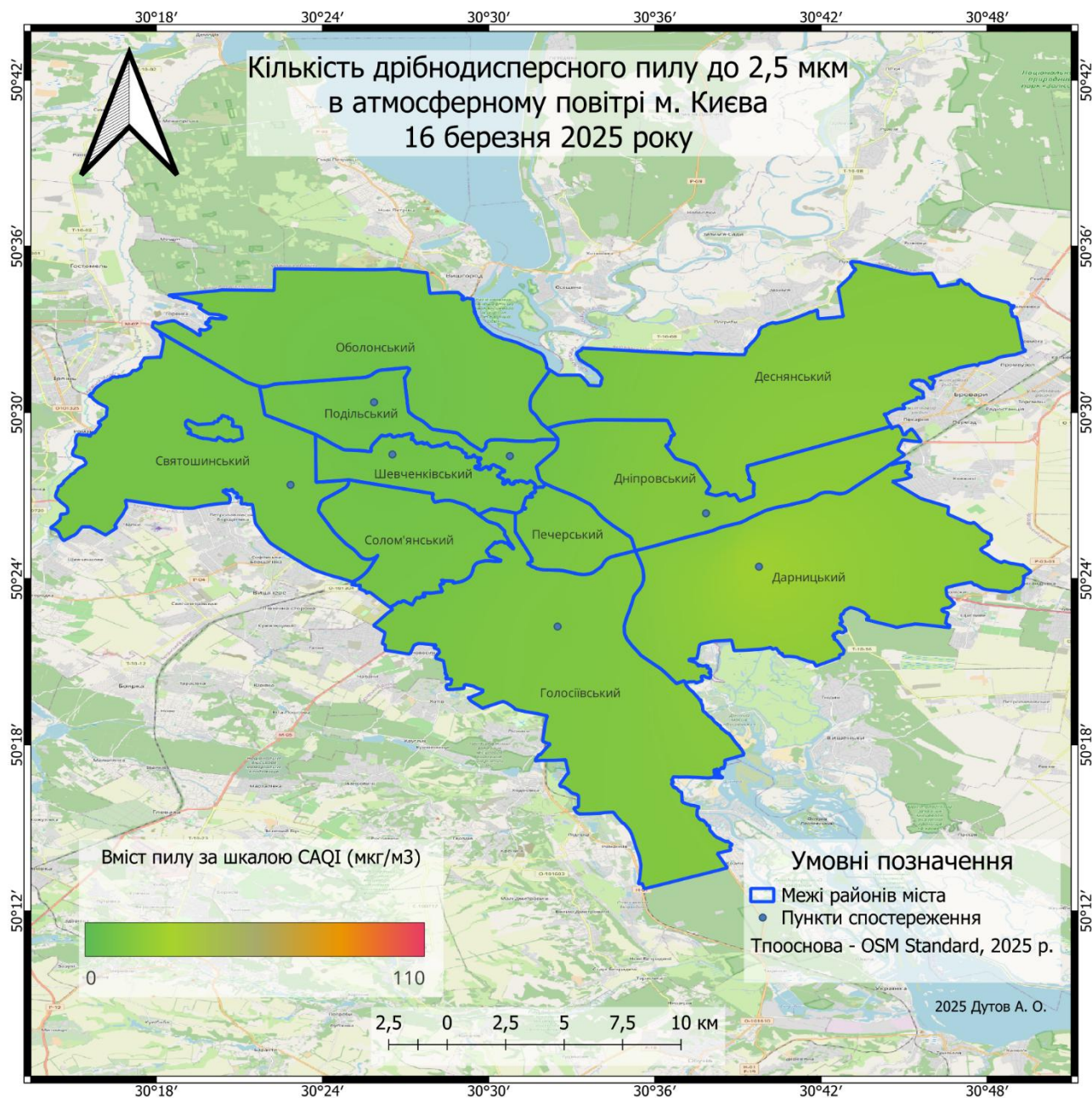


Рис. 3.9. Кількість дрібнодисперсного пилу (до 2.5 мкг) в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою САQІ (мкг/м³), 16 березня 2025 року

Середній вміст дрібнодисперсного пилу до 2,5 мкм в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою САQІ з 1 березня по 30 квітня 2025 року відображено на рисунку 3.10. В середньому значення показника коливається від 13.28 до 22.16.

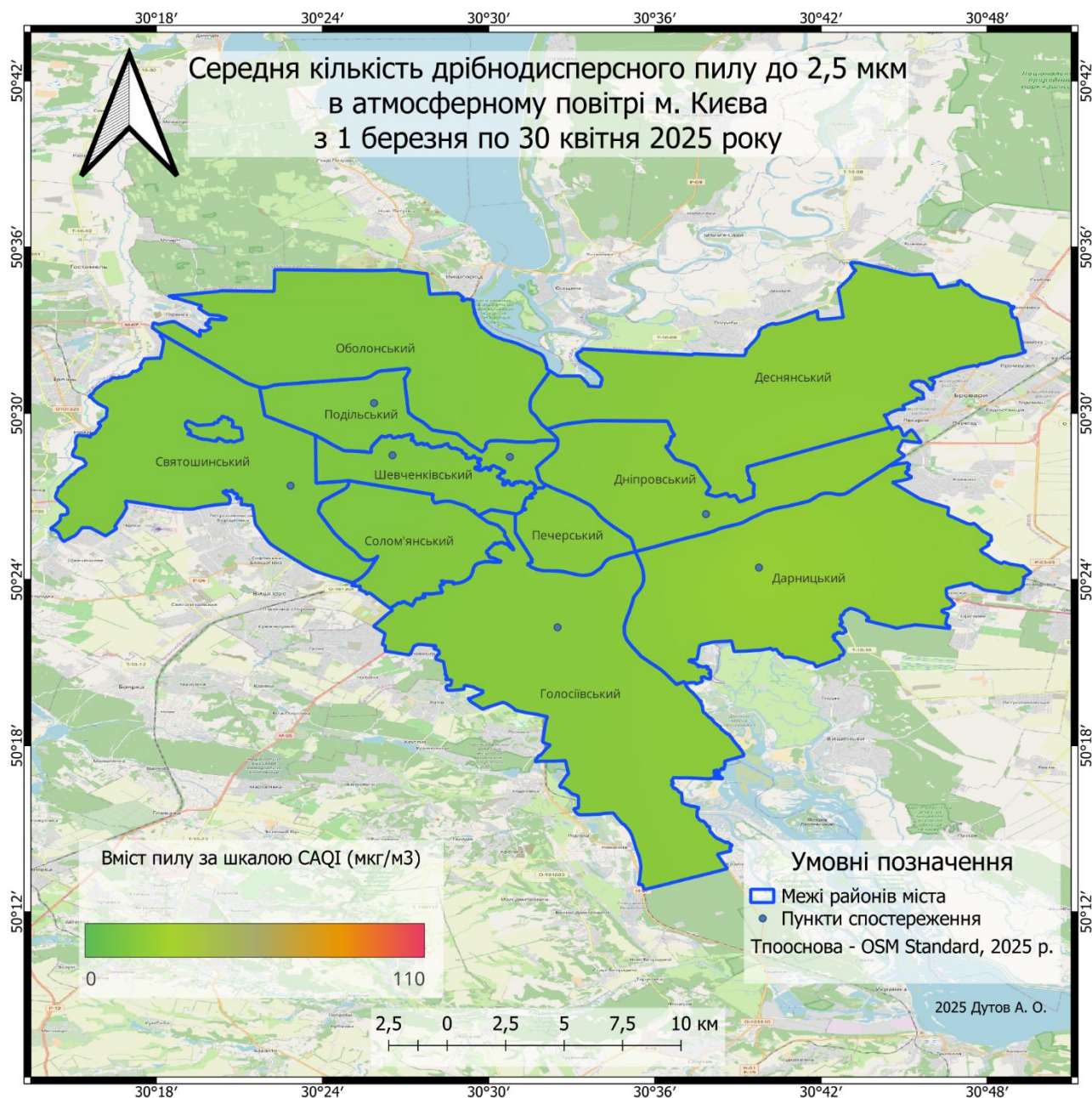


Рис. 3.10. Кількість дрібнодисперсного пилу (до 2.5 мкг) в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою САQІ (мкг/м³), протягом березня-квітня 2025 року

Середній вміст дрібнодисперсного пилу до 1 мкм в атмосферному повітрі м. Києва 16 березня 2025 року відображено на рисунку 3.11. Найбільше забруднення зафіксовано на станції спостереження у Дарницькому районі, де він становив 21,29.

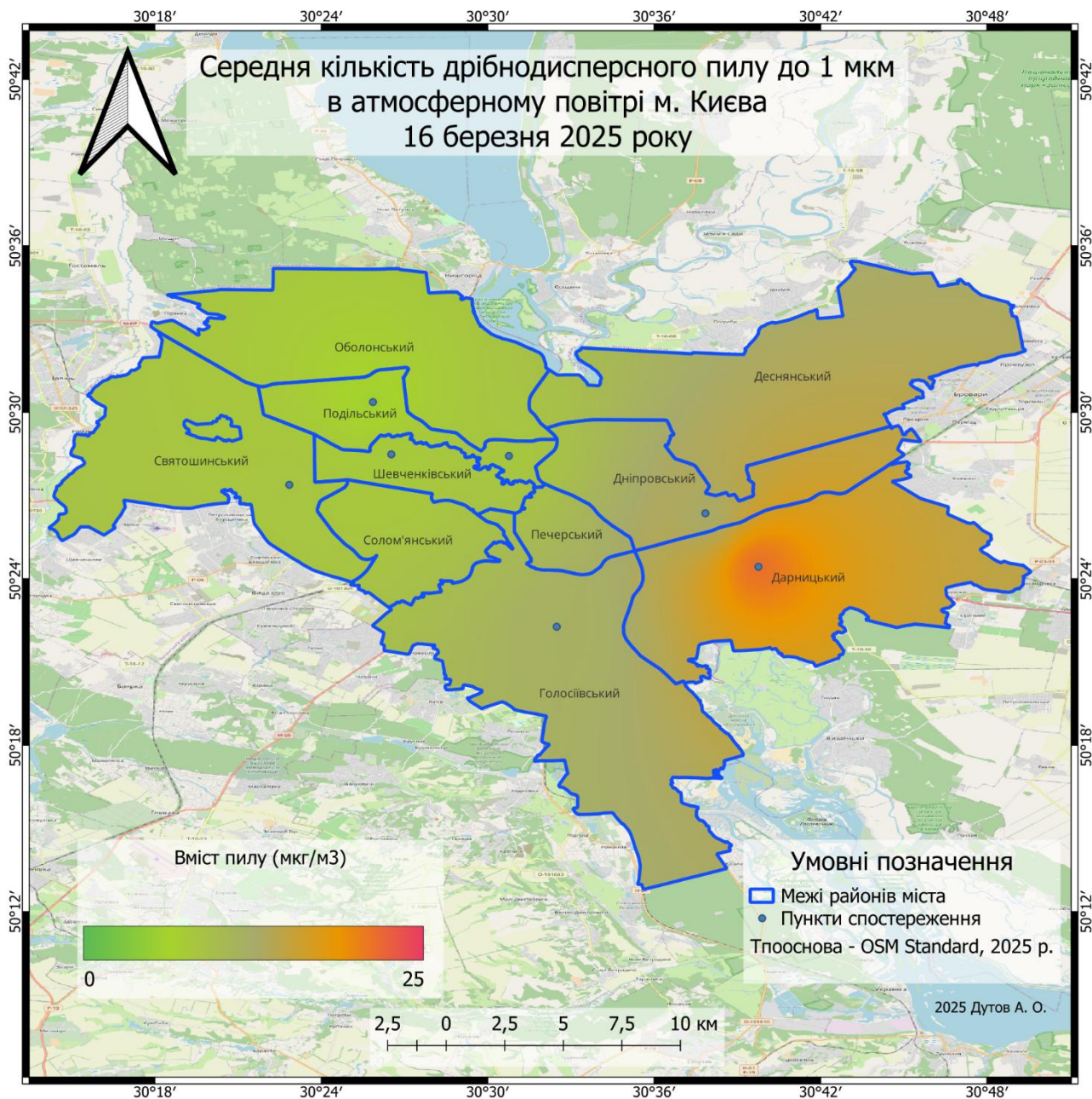


Рис. 3.11. Кількість дрібнодисперсного пилу (до 1 мкм) в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою САQI (мкг/м³), 16 березня 2025 року

Середній вміст дрібнодисперсного пилю до 1 мкм в атмосферному повітрі м. Києва з 1 березня по 30 квітня 2025 року відображено на рисунку 3.12. В середньому значення показника коливається від 11,08 до 18,52.

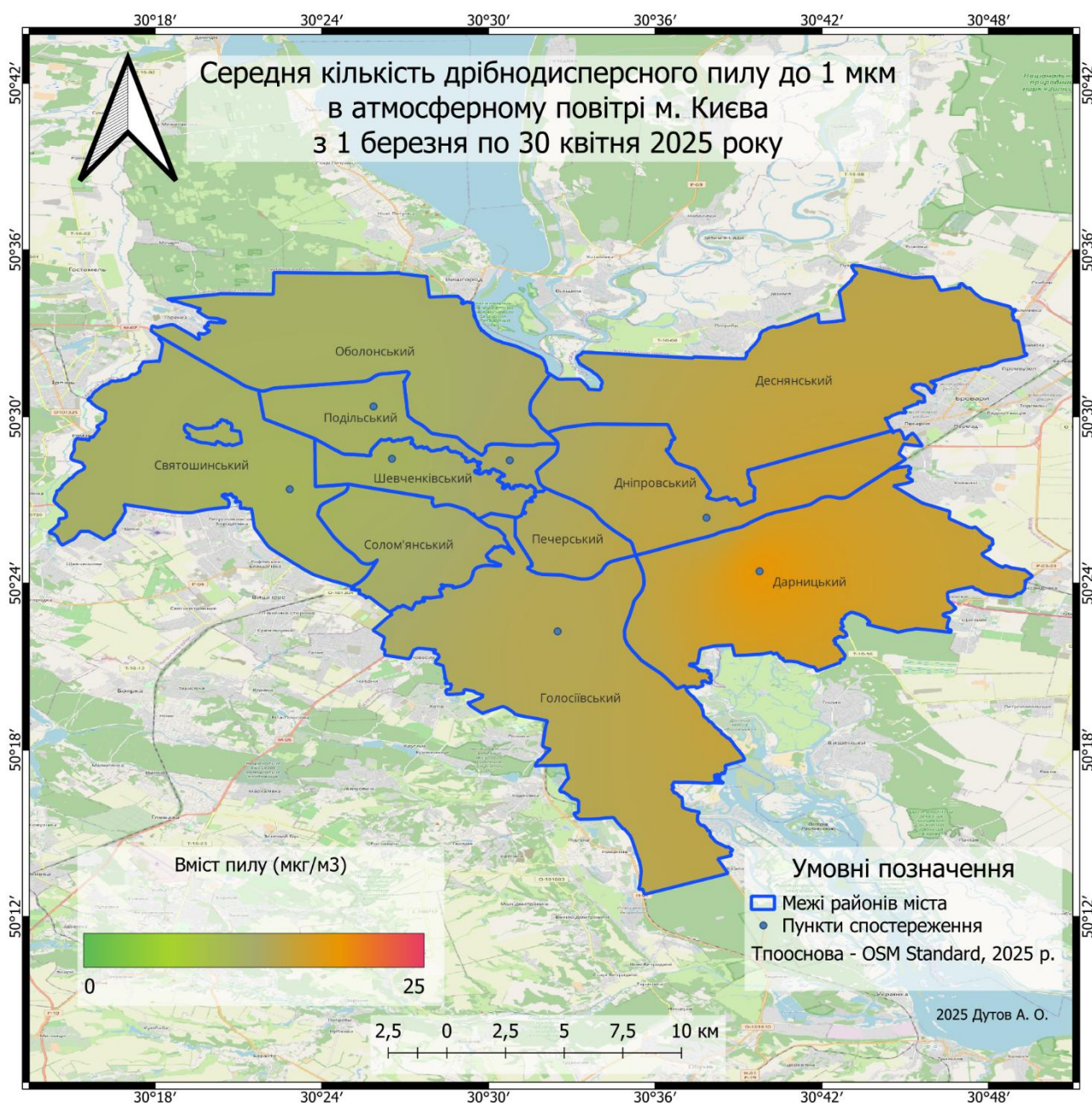


Рис. 3.12. Кількість дрібнодисперсного пилю (до 1 мкм) в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою SAQI (мкг/м³), протягом березня-квітня 2025 року

Кількість діоксиду азоту в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою $SAQI$ 16 березня 2025 року зображена на рисунку 3.13. Максимальна концентрація його не перевищувала 30,46.

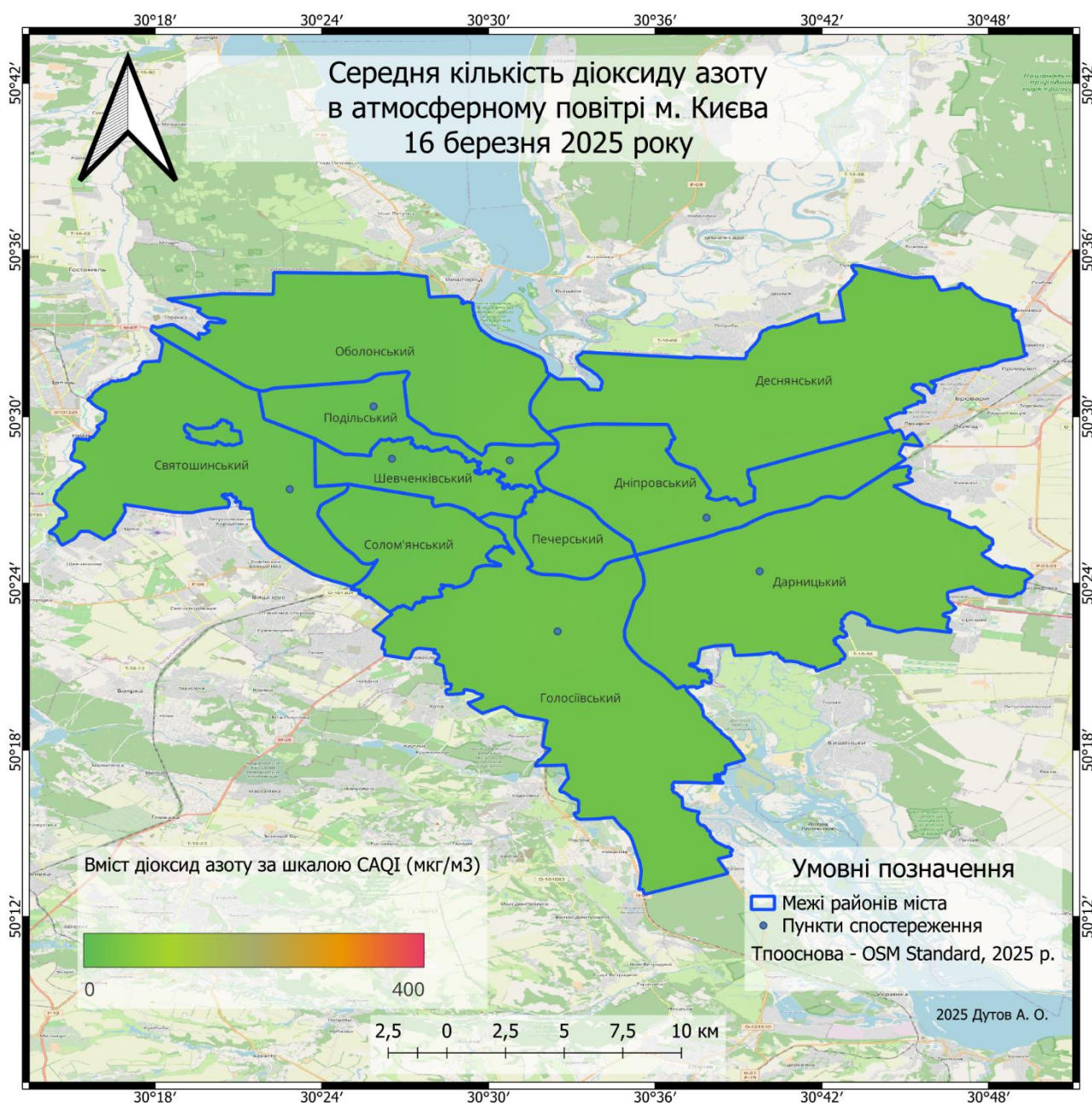


Рис. 3.13. Кількість діоксиду азоту в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою $SAQI$ (мкг/м³), 16 березня 2025 року

Кількість діоксиду азоту в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою $SAQI$ у березні-квітні 2025 року зображена на рисунку 3.14. Максимальна концентрація його не перевищувала 28,54.

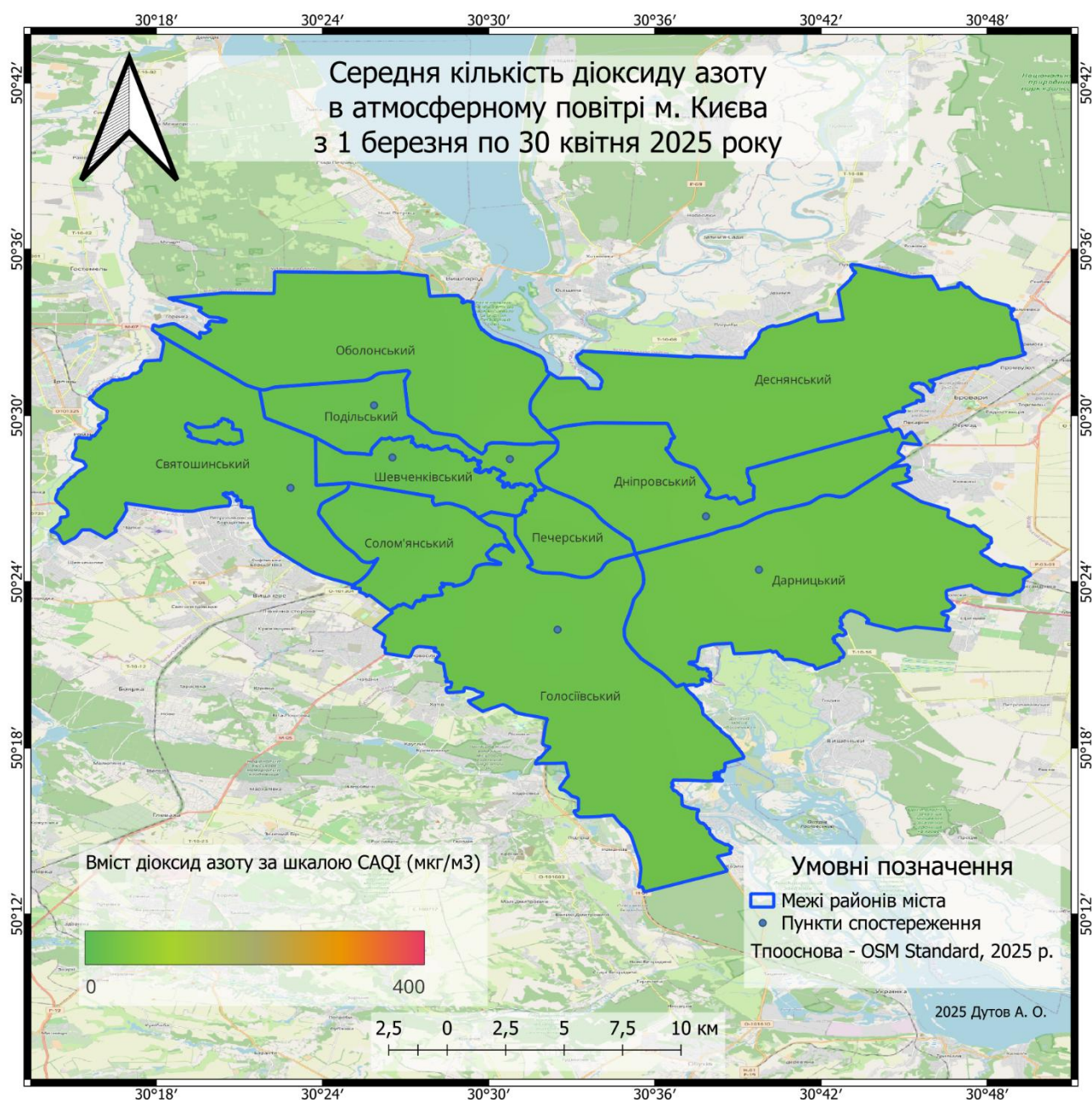


Рис. 3.14. Кількість діоксиду азоту в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою $SAQI$ (мкг/м³), протягом березня-квітня 2025 року

На рисунку 3.15. представлено Кількість приземного озону в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою CAQI, на момент 16 березня 2025 року його вміст не перевищував 80,65 мкг/м³

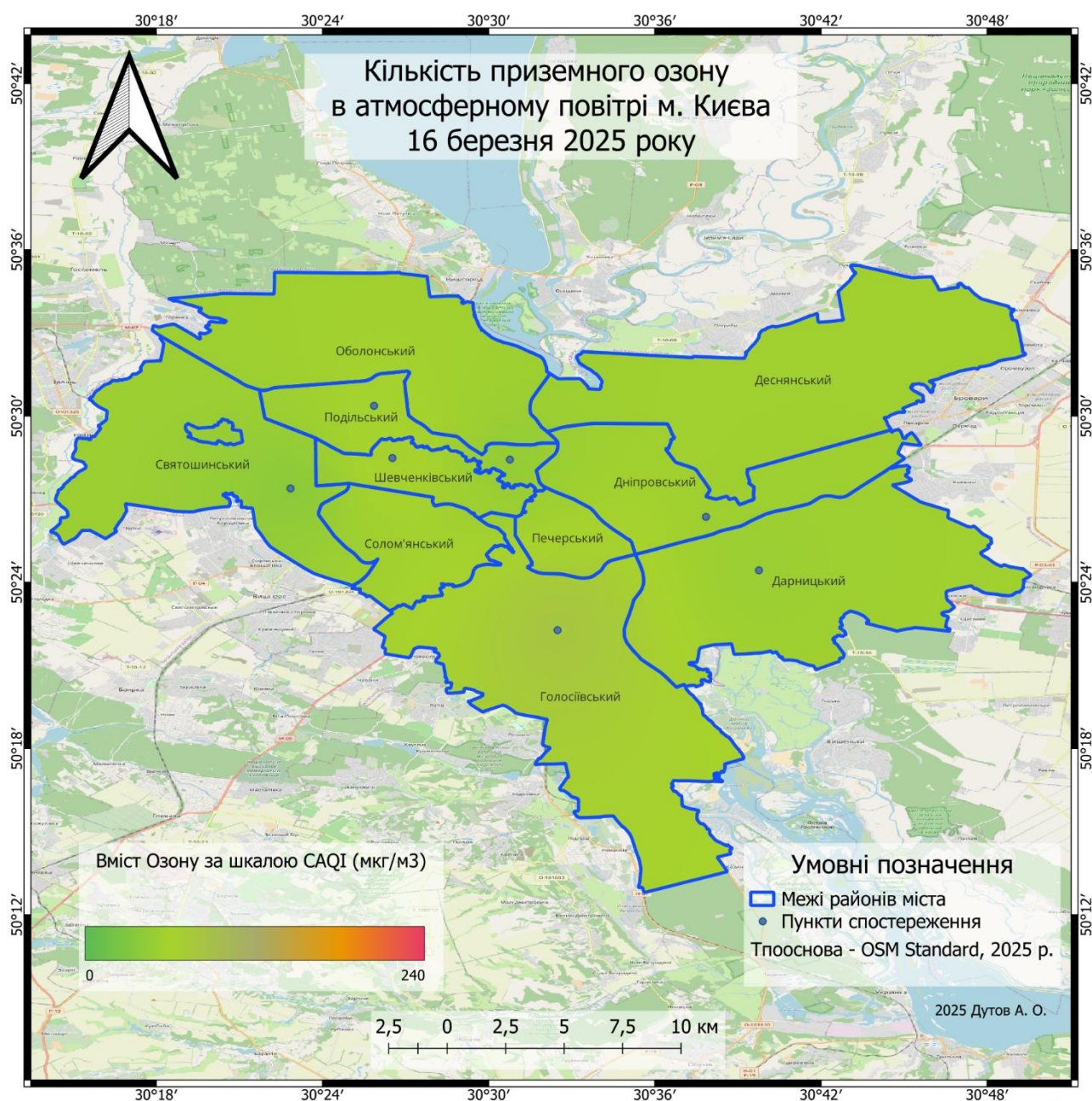


Рис. 3.15. Кількість приземного озону в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою CAQI (мкг/м³), 16 березня 2025 року

Аналогічний показник за шкалою $SAQI$, у проміжку з 1 березня по 30 квітня 2025 року представлений на рисунку 3.16. Найменша його концентрація становила 51,18, а найвища – 97,53.

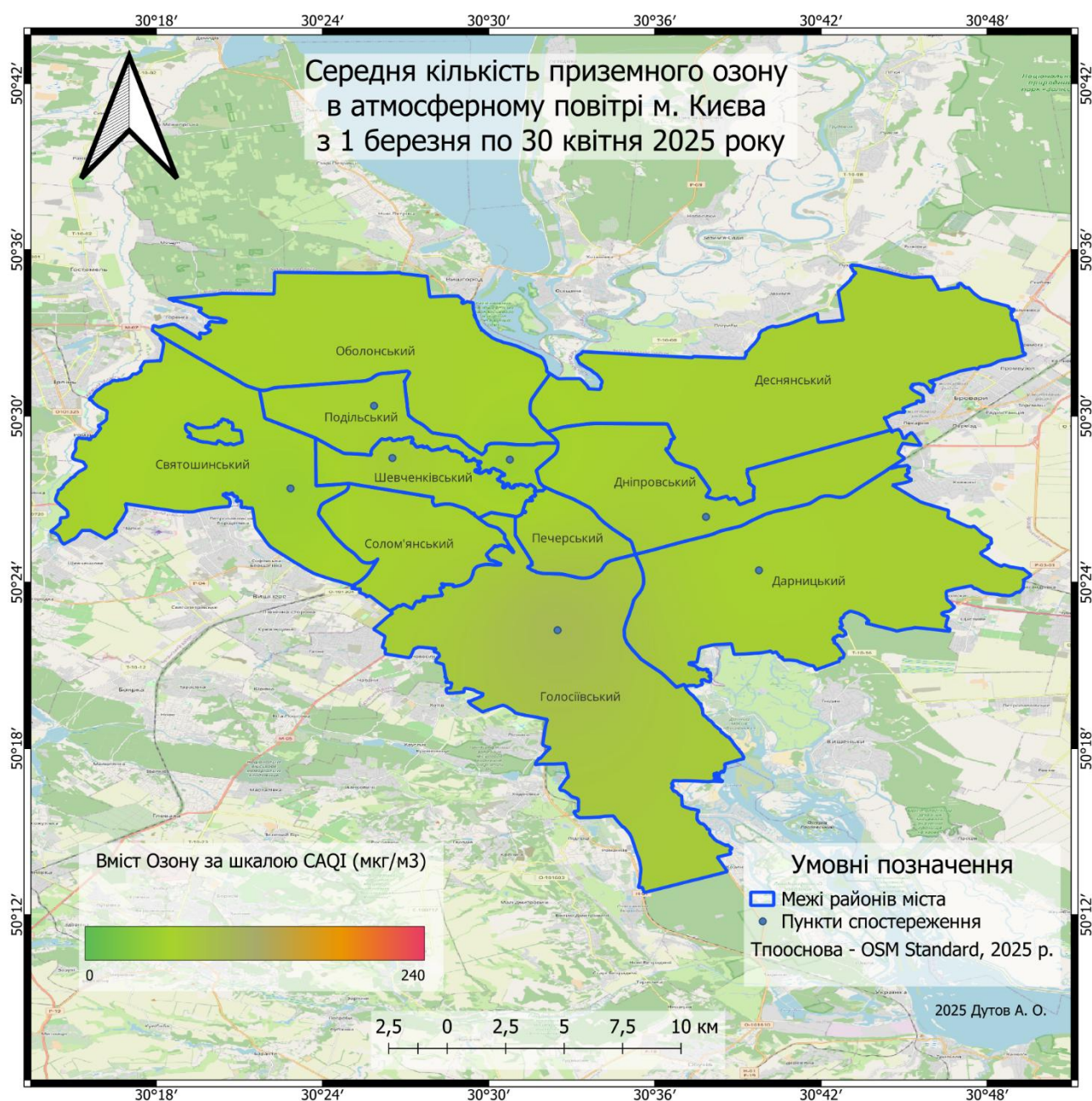


Рис. 3.16. Кількість приземного озону в атмосферному повітрі м. Києва за шкалою $SAQI$ ($\mu\text{г}/\text{м}^3$), протягом березня-квітня 2025 року

На рисунку 3.17. представлено середню кількість монооксиду вуглецю в атмосферному повітрі м. Києва станом на 16 березня 2025 року був високим. Найбільше значення він набув у Голосіївському районі міста, де він становив 483,39 мкг/м³.

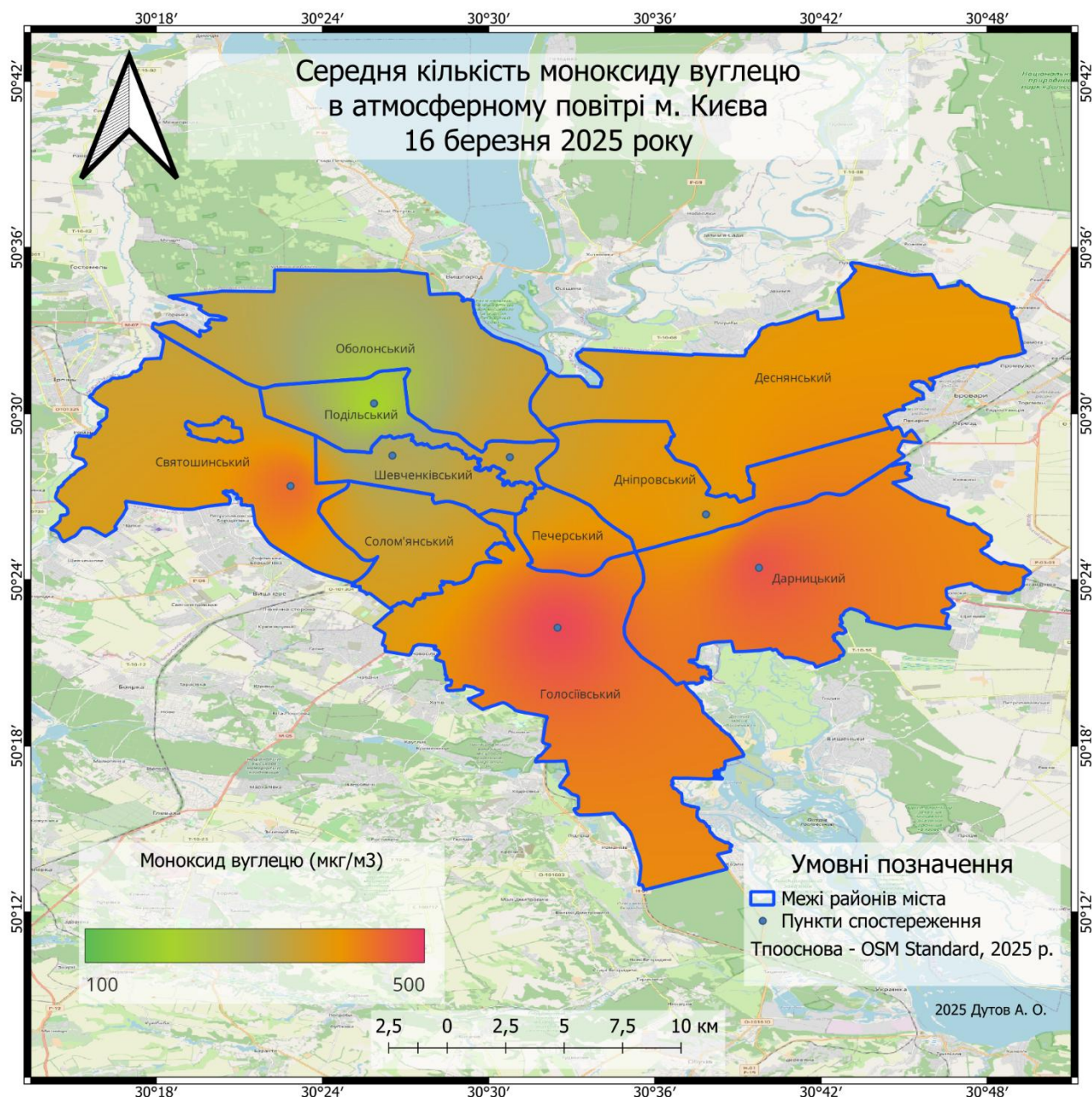


Рис. 3.17. Кількість монооксиду вуглецю в атмосферному повітрі м. Києва (мкг/м³), 16 березня 2025 року

На рисунку 3.18. зображено Кількість монооксиду вуглецю в атмосферному повітрі м. Києва (мкг/м³), протягом березня-квітня 2025 року. Найменше його зафіксовано у Подільському районі.

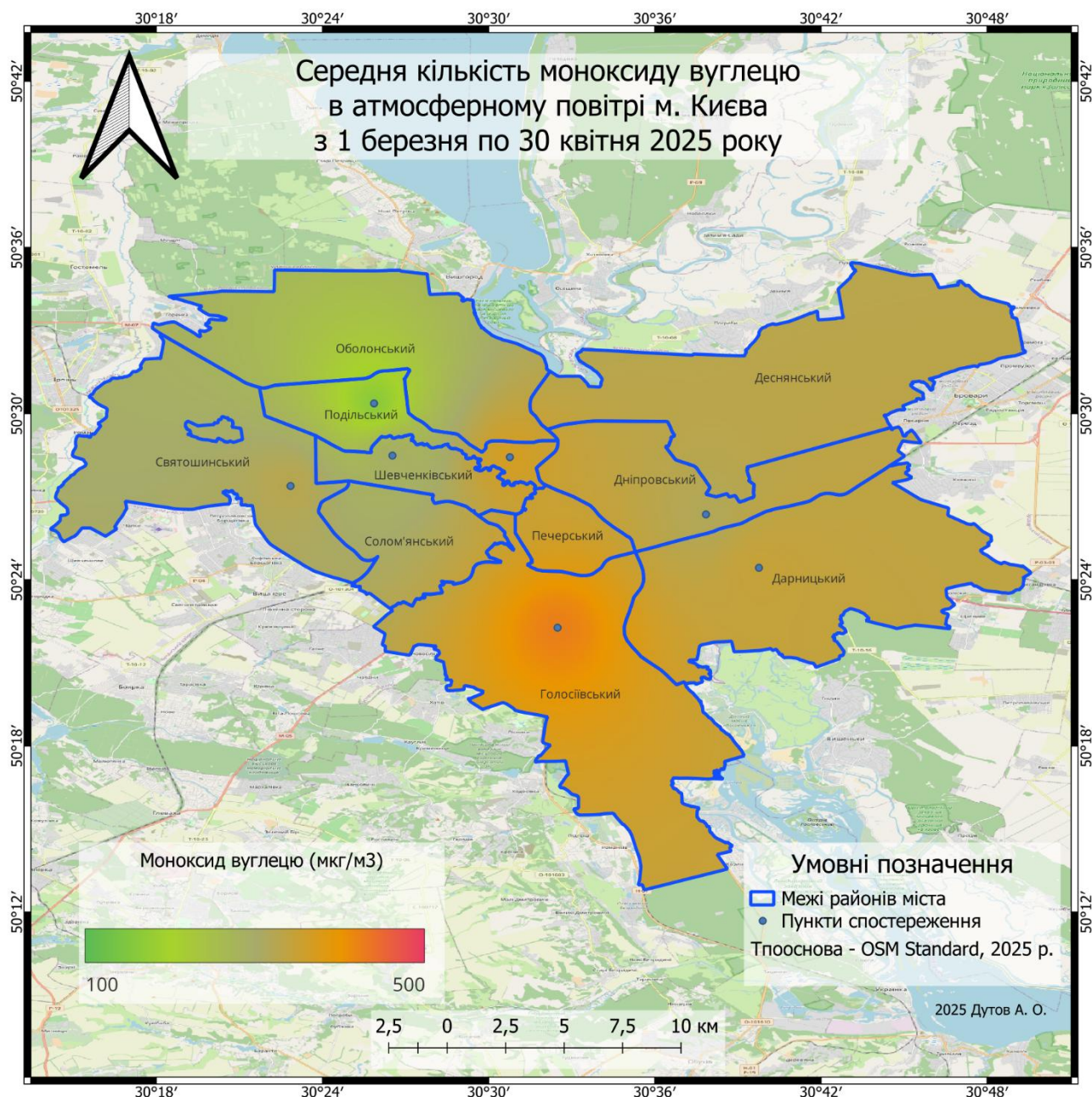


Рис. 3.18. Кількість монооксиду вуглецю в атмосферному повітрі м. Києва (мкг/м³), протягом березня-квітня 2025 року

Кількість діоксиду сірки в атмосферному повітрі м. Києва (мкг/м³), 16 березня 2025 року подана на рисунку 3.19. Найбільше його зафіксовано у Дарницькому районі міста.

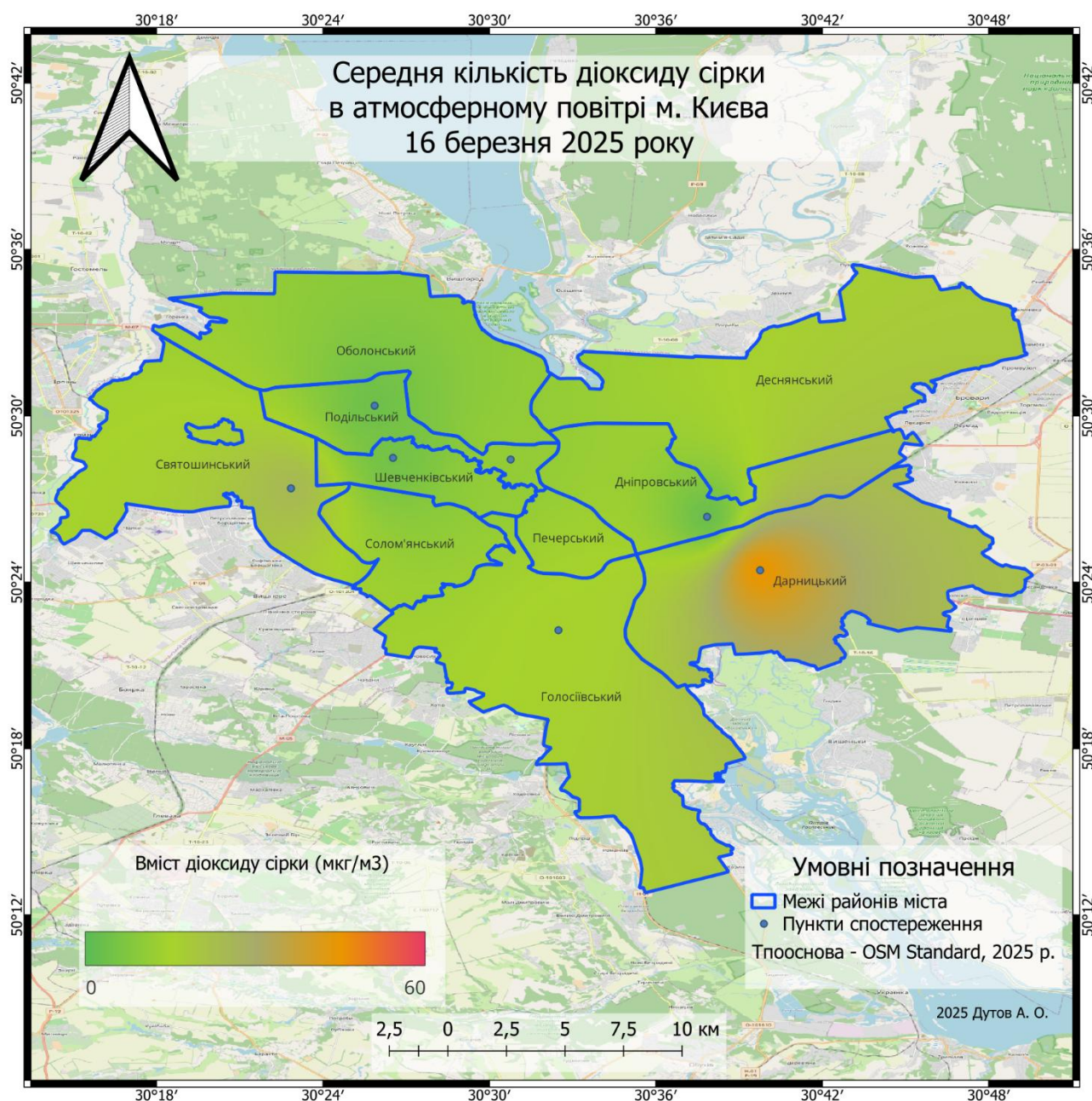


Рис. 3.19. Кількість діоксиду сірки в атмосферному повітрі м. Києва (мкг/м³), 16 березня 2025 року

Ці ж данні, но протягом березня-квітня 2025 року представлено на рисунку 3.20. На ньому вже лідером по забрудненню є Святошинський район міста.

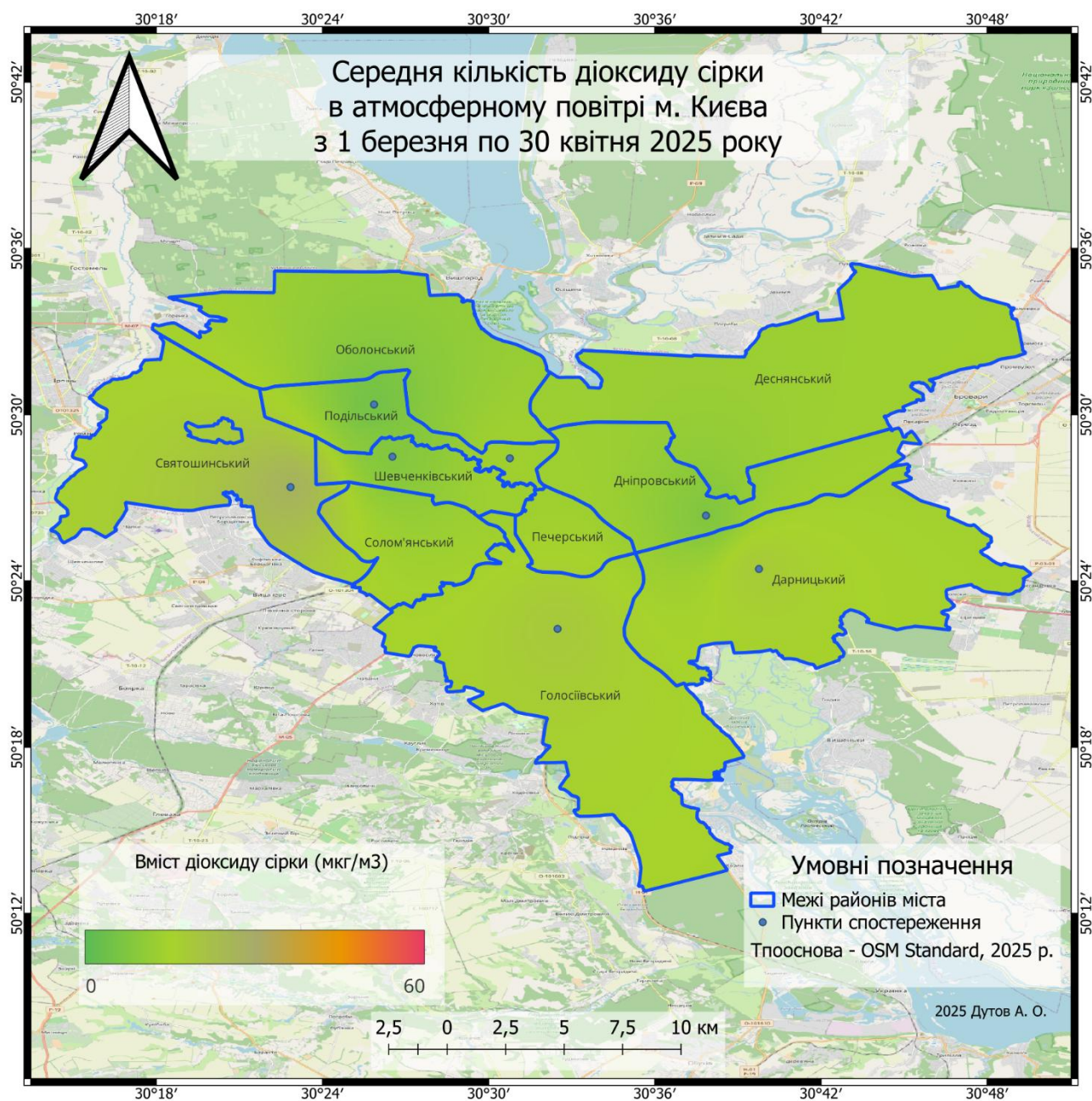


Рис. 3.20. Кількість діоксиду сірки в атмосферному повітрі м. Києва (мкг/м³), протягом березня-квітня 2025 року

Середня кількість показника загальні зважені тверді частки представлено на рисунку 3.21. 16 березня 2025 року лідером по забрудненню був Дарницький район, з вмістом $36,12 \text{ мкг/м}^3$.

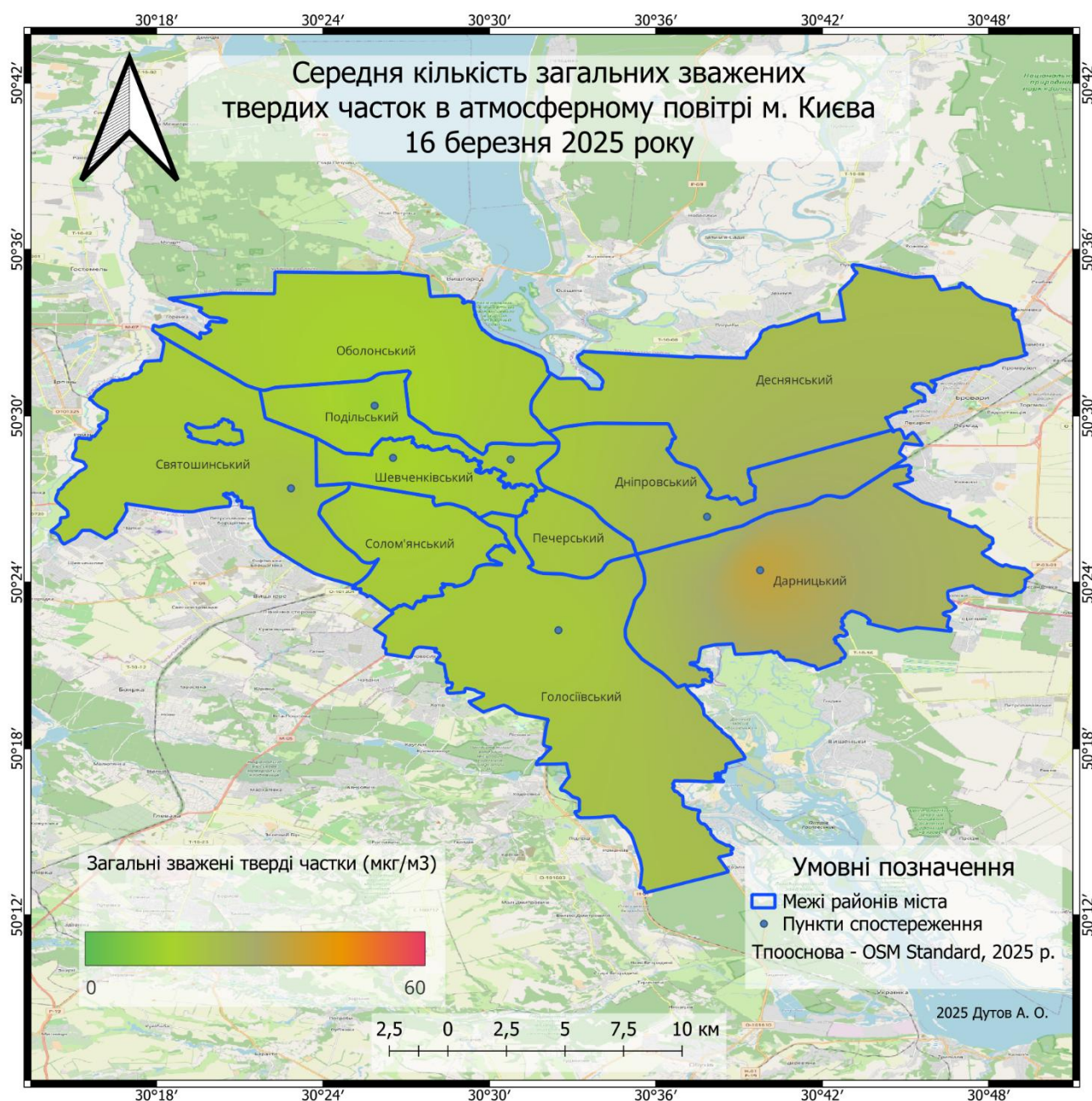


Рис. 3.21. Загальні зважені тверді частинки (TSP) в атмосферному повітрі м. Києва (мкг/м^3), 16 березня 2025 року

А в проміжку з 1 березня по 30 квітня 2025 року, що відображено на рисунку 3.22, цей показник коливався від 27,96 до 41,42 мкг/м³.

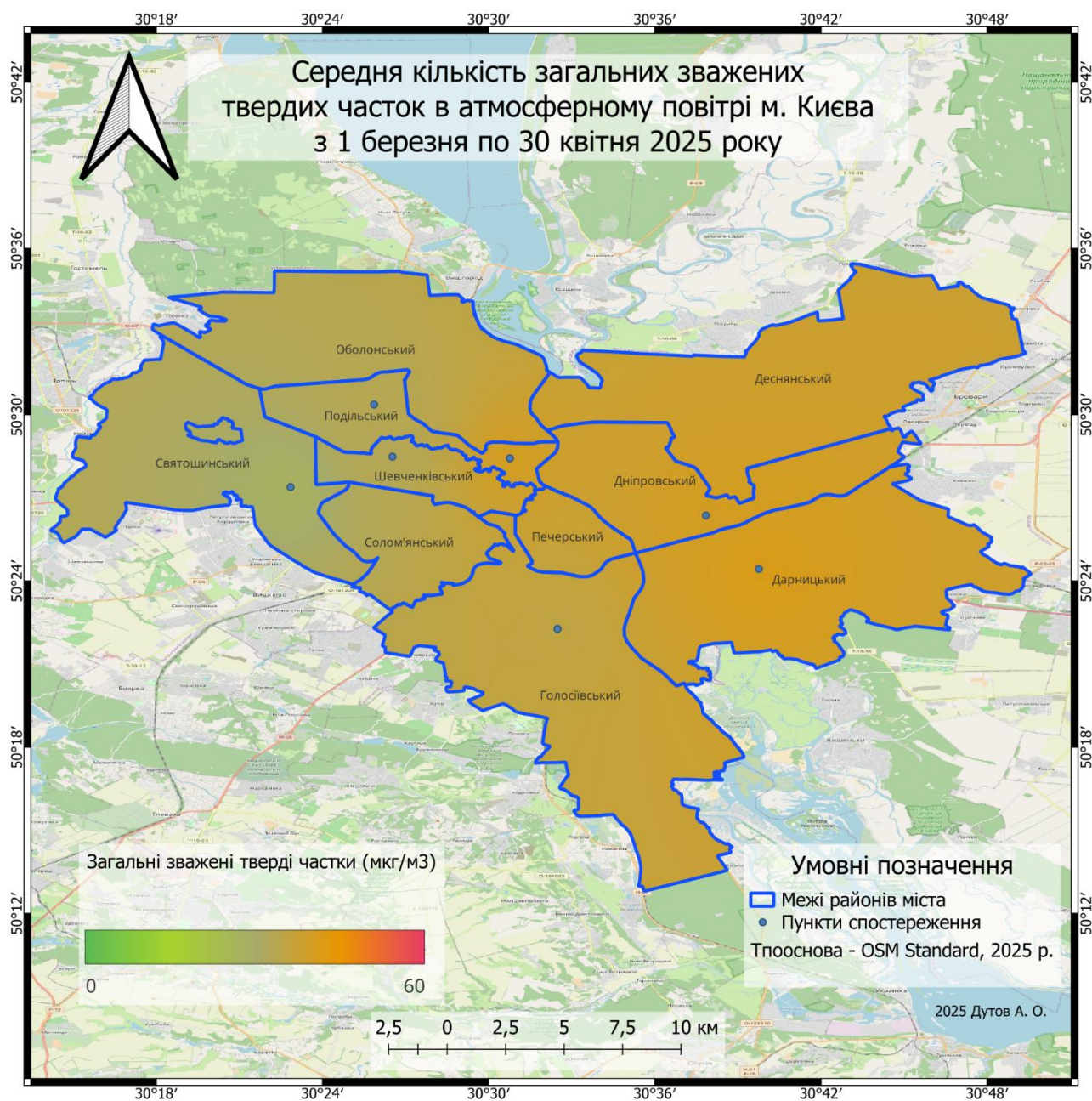


Рис. 3.22. Загальні зважені тверді частинки (TSP) в атмосферному повітрі м. Києва (мкг/м³), протягом березня-квітня 2025 року

У першому розділі було сказано що із-за обширної площі міста, температура може коливатись. Рисунок 3.23 дійсно підтвердив це, 16 березня 2025 року різниця температур була 1 градус Цельсія.

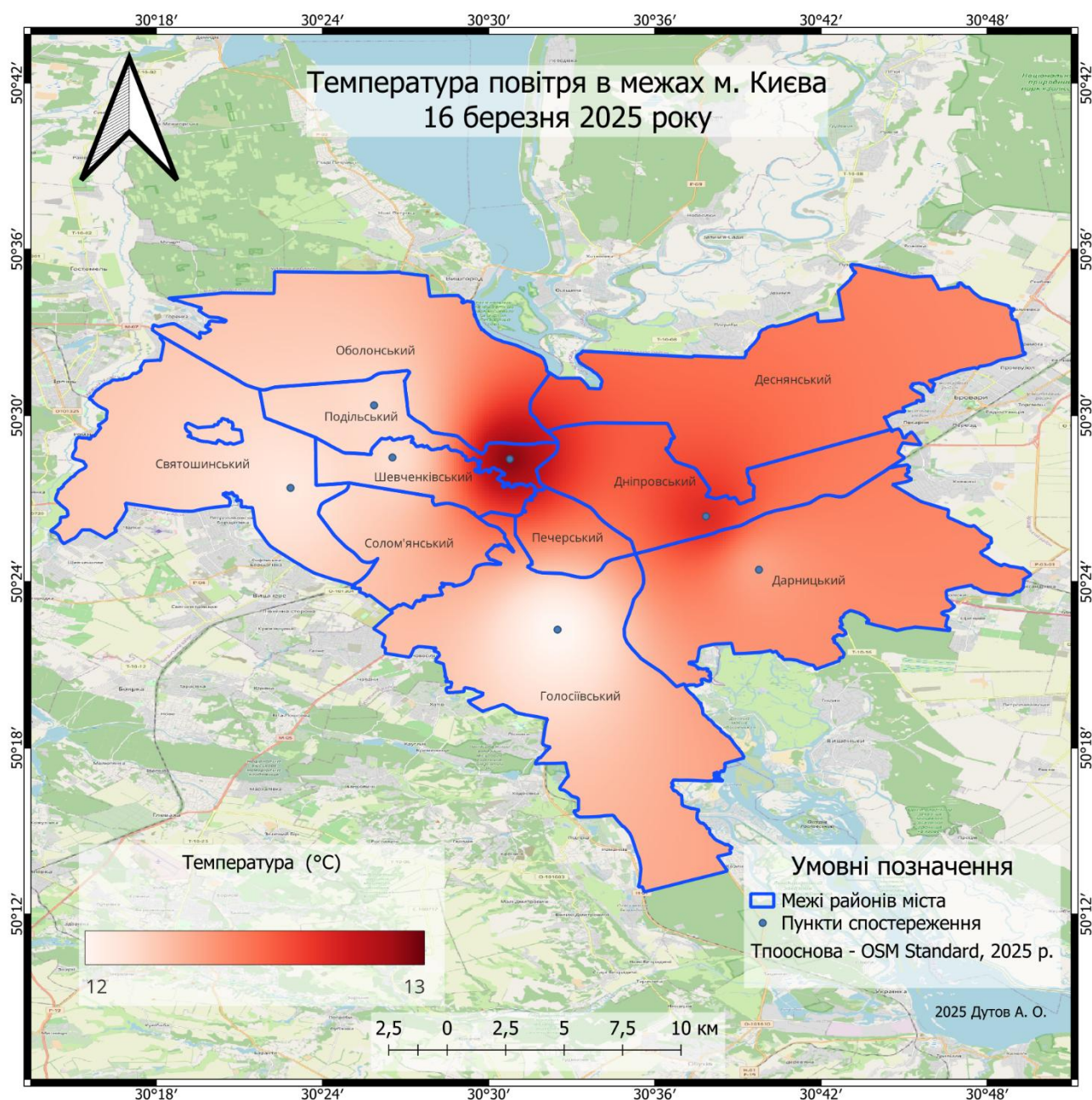


Рис. 3.23. Температура повітря (°C) м. Києва, 16 березня 2025 року

На рисунку 3.24. зображено коливання атмосферного тиску. Видно що центр та лівий берег 16 березня мали більший атмосферний тиск в порівнянні з західним краєм правобережжя.

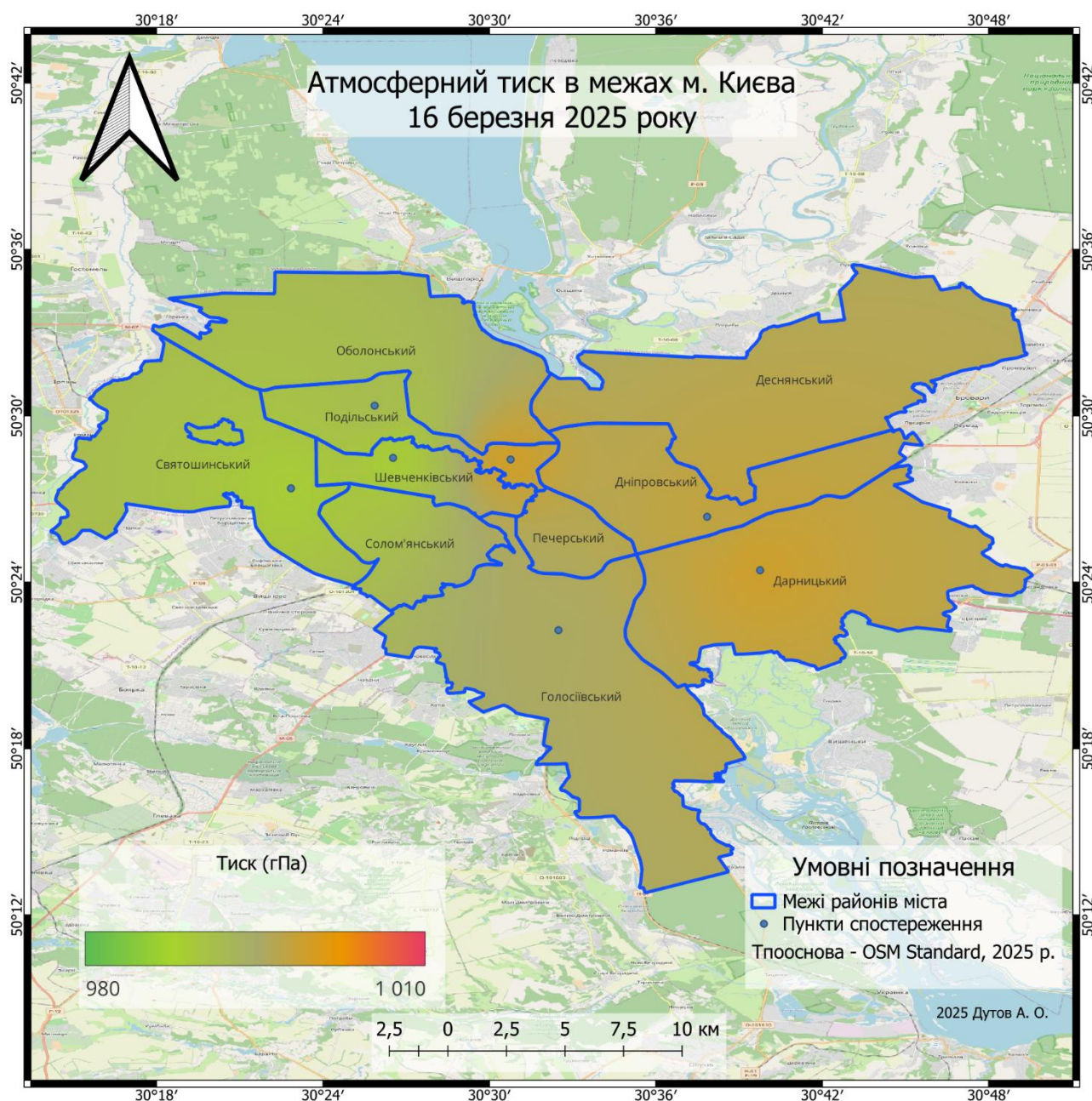


Рис. 3.24. Атмосферний тиск м. Києва (гПа), 16 березня 2025 року

Отже у третьому розділі описано процес створення тематичних карт. А саме принцип створення тематичних шарів та метод інтерполяції. Та проведено аналіз отриманих тематичних карт.

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі було розроблено базу геопросторових даних стану навколишнього середовища міста Києва. Для цієї мети був проведений аналіз стану об'єкту моніторингу з точки зору його екологічного становища. Проаналізовано систему землекористування а також були встановлені основні стаціонарні та пересувні джерела забруднення. Проаналізовано вивченість цієї теми та вже наявні розробки у сфері стану навколишнього середовища міста Києва. Виявлено, що спільною рисою їх є подання інформації за допомогою точкового способу та у текстовому вигляді з додаванням графіків.

Після розгляду законодавчих засад ведення моніторингу стану навколишнього середовища а також теоретичних основ розробки та ведення баз геопросторових даних, з урахуванням завдання до бакалаврської кваліфікаційної роботи було створено модель

Для цього було розроблено діаграма способів використання, концептуальну, функціональну модель вирішення задачі створення бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища, та логічну модель бази геопросторових даних моніторингу стану навколишнього середовища.

Реалізація вище поіменованої моделі бази геопросторових даних виконано за допомогою програмного комплексу ArcGIS. Де була створена персональна база даних у форматі Microsoft Access. Також за допомогою підпрограми ModelBuilder комплексу ArcGIS алгоритмізовано створення та наповнення тематичних шарів.

На основі створених тематичних шарів була проведена інтерполяція їх показників методом зворотних середньозважених відстаней у програмному комплексі QGIS. З отриманих таким чином даних була розроблена і виконана серія тематичних карт у модулі створення макетів QGIS, що забезпечить можливість моніторингу стану навколишнього середовища. Для фахівців у сфері геодезії та землеустрою дана база стане підґрунтям для врахування при здійсненні оцінки нерухомості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стаття 22 Моніторинг навколишнього природного середовища [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#n385>
2. Постанова Кабінету міністрів України № 827 від 14 серпня 2019 р. Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text>
3. Розділ VI Державний облік та моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#n199>
4. 23.Стаття 55. Моніторинг лісів [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#n418>
5. ДСТУ ISO/IEC 2382:2017 Інформаційні технології. Словник термінів (ISO/IEC 2382:2015, IDT) [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75076
6. 29.Концептуальне моделювання та принципи реалізації бази геопросторових даних кадастру природних лікувальних ресурсів / А. А. Лященко, Є. А. Захарченко // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Географія. - 2019. - № 1. - С. 233-240. [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPUg_2019_1_31
7. Еталонна модель бази топографічних даних / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, Р. В. Рунець // Вісник геодезії та картографії. - 2010. - № 2. - С. 28-36. [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk_2010_2_9
8. Структура та функції бази даних електронного каталогу топографічних об'єктів / Р. В. Рунець, А. Г. Черін // Вісник геодезії та картографії -

2010. - № 3. - С. 31-35. [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk_2010_3_13
9. Про внесення змін до Положення про Департамент захисту довкілля та адаптації до зміни клімату виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації) [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://kmr.ligazakon.net/document/mr240071\\$2024_02_08](https://kmr.ligazakon.net/document/mr240071$2024_02_08)
10. 4. Рішення Київської міської ради від 08.12.2022 № 5820/5861 "Про затвердження Програми державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря агломерації міста Києва" [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://media-stg.kyivcity.gov.ua/kyivcity/uploads/public/667/428/8d0/6674288d0a7dc766100806.pdf>
11. Common Air Quality Index [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://docs.bettair.city/caqi/>
12. Air Quality Index CAQI and AQI – Methods of Calculation [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://airly.org/en/air-quality-index-caqi-and-aqi-methods-of-calculation/>
13. 19.Using the Air Quality Index [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.airnow.gov/aqi/aqi-basics/using-air-quality-index/>
14. Положення про Центральну геофізичну обсерваторію імені Бориса Срезневського (нова редакція) [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/images/Положення_ЦГО_скан_19-10-2020.pdf
15. Екологічний паспорт міста Києва за 2023 рік [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://media-stg.kyivcity.gov.ua/kyivcity/sites/32/%20паспорт%20міста%20Києва%20за%202023%20рік.pdf>
16. Про стан забруднення атмосферного повітря у м. Києві і містах Київській області у лютому 2021 року за даними спостережень ЦГО ім.

- Бориса Срезневського [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/data/viz-kyiv/02-2021-text.pdf>
17. 16. Вміст забруднювальних речовин в атмосферному повітрі міст України за даними спостережень у серпні 2023 року [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://www.meteo.gov.ua/f/zabrudnennya/2023/08_zabrudnennya_po_mistah_za_serpen_2023.pdf
 18. Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text>
 19. Екологічний паспорт та Регіональна доповідь [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://ecodep.kyivcity.gov.ua/ekolohichniy-pasport-ta-rehionalna-dopovid>
 20. 7. Звіт про стратегічну екологічну оцінку Міської цільової програми розвитку інформаційно-комунікативної сфери міста Києва на 2025-2027 роки та Довідка про консультації [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://kyivcity.gov.ua/publiczna_informatsiia_Tag_166122/zvit_pro_strategichnu_ekologichnu_otsinku_misko_tsilovo_programi_rozvitku_informatsiyno-komunikativno_sferi_mista_kiyeva_na_2025-2027_roki_ta_dovidka_pro_konsultatsi/zvit_pro_strategichnu_ekologichnu_otsinku_misko_tsilovo_programi_rozvitku_informatsiyno-komunikativno_sferi_mista_kiyeva_na_2025-2027_roki/
 21. Екологічний паспорт міста Києва за 2023 рік [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://media-stg.kyivcity.gov.ua/kyivcity/sites/32/%20паспорт%20міста%20Києва%20за%202023%20рік.pdf>
 22. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища м. Києва за 2023 рік [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://media-stg.kyivcity.gov.ua/kyivcity/sites/32/%20доповідь%20про%20стан%20на>

вколишнього%20середовища%20м.%20Києва%20за%202023%20рік.pdf

23. Райони Києва [Електронний ресурс] /Режим доступу: https://kyivcity.gov.ua/kyiv_ta_miska_vlada/pro_kyiv/raiony_kyieva/
24. Київрада погодила проект землеустрою щодо зміни меж міста Києва [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://kyivcity.gov.ua/news/kivrada_pogodila_proekt_zemleustroyu_schod_o_zmini_mezh_mista_kyieva/
25. Звіт про стратегічну екологічну оцінку Комплексної міської цільової програми екологічного благополуччя міста Києва на 2022-2025 роки [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://media-stg.kyivcity.gov.ua/kyivcity/sites/32/uploaded-files/zvit_SEO.docx
26. Стратегія розвитку міста Києва до 2025 року (нова редакція) [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://dei-2023.kyivcity.gov.ua/files/2017/7/28/Strategy2025new.pdf>
27. Звіт про стратегічну екологічну оцінку Програми економічного і соціального розвитку м. Києва на 2021-2023 роки [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://dei-2023.kyivcity.gov.ua/files/2020/8/17/ZVIT_SEO_PESR_2021_2023.pdf
28. 27.What is a file geodatabase? [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/administer-file-gdbs/file-geodatabases.htm#>
29. What is a personal geodatabase? [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/administer-file-gdbs/personal-geodatabases.htm>
30. Закон України № 554-IX «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>