МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин

Кафедра екології та безпеки життєдіяльності

Допущено до захисту:

Зав. кафедрою, доцент
_____ Ольга ВАСИЛЕНКО
«____» _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Тема роботи «ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВІТРЯ МІСТ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ МОНІТОРИНГУ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮВАЧІВ»

Виконав – студент 4 курсу, групи 41з-ек
Освітньої програми «Екологія»
Спеціальності Е2 «Екологія»
Постол Євгеній Валерійович
Керівник – канд. с.-г. наук, доцент Василенко О.В.

Умань – 2025 року

ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП…….....…….....3
РОЗДІЛ 1. ОБҐРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ (огляд літератури)…….…….....5
1.1. Поняття про забруднення атмосферного повітря ……..5
1.2. Глобальні рекомендації щодо якості повітря……..7
1.3. Вплив забрудненого повітря на здоров’я людей…….9
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, ОБ’ЄКТ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ…….……..12
2.1. Кліматичні та погодні умови території проведення досліджень ……12
2.2. Об’єкт дослідження.....14
2.3. Методика проведення досліджень…….....15
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ……...18
3.1. Оцінка джерел впливу на атмосферне повітря досліджуваних міст...18
3.3. Результати дослідження індексу якості повітря досліджуваних міст.22
3.2. Результати моніторингу атмосферного повітря досліджуваних міст.24
ВИСНОВКИ…….....26
ПРОПОЗИЦІЇ…….27
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..…….....28
ДОДАТКИ……..31

ВСТУП

Актуальність теми. Більшість міст страждають від поганого рівня якості повітря, який регулярно перевищує як європейські стандарти, встановлені Директивою щодо якості навколишнього повітря (AQD) (2008/50/CE), так і рекомендації, рекомендовані Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) [1]. Особливо це стосується твердих часток діаметром 10 мкм і менше (PM_{10}), для яких у багатьох містах часто перевищуються як щоденні, так і річні граничні значення. Відповідно до останнього звіту, опублікованого Європейським агентством з навколишнього середовища (EEA) щодо якості повітря в Європі, норматив ВООЗ щодо середньорічного рівня PM2,5 було перевищено на 70% станцій моніторингу в Європі [2]. Крім того, за оцінками у 2024 році діоксид азоту (NO_2) був пов'язаний з 54 000 передчасними смертями, а приземний озон – з 19 400 смертями. Отже, погана якість повітря визнана однією з найактуальніших екологічних проблем у містах і залишається найбільшою екологічною небезпекою. Забруднення повітря стало не лише проблемою навколишнього середовища, але й найбільшою загрозою здоров'ю навколишнього середовища у світі [3].

Мета роботи. Мета досліджень –це оцінка якості міського атмосферного повітря в таких містах Черкаської області, як Умань та Черкаси на основі аналізу результатів моніторингу концентрацій забруднюючих речовин.

У відповідності з метою нами поставлені наступні **завдання**:

1. Проаналізувати сутність моніторингу в науковій літературі.

2. Скласти перелік джерел впливу на атмосферне повітря м. Умань та м. Черкаси.

3. Проаналізувати результати моніторингу якості атмосферного повітря в місті Умань та м. Черкаси за 2024 рік.

4. Визначити та проаналізувати результати дослідження індексу якості повітря досліджуваних міст.

Об'єктом дослідження є атмосферне повітря міст Черкаської області.

Предметом дослідження є аналітичні дані про вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, отримані на стаціонарних та маршрутних постах спостереження.

Наукове та практичне значення одержаних результатів. Отримані результати дослідження можна використовувати для корегування роботи територіальних органів охорони навколишнього середовища для оцінки кризових локацій забруднення атмосферного повітря в зазначених містах.

Методи дослідження включають теоретичний аналіз статистичних даних, статистичні методи для оцінки техногенного впливу, а також використання даних постійних спостережень за станом повітря

Апробація результатів досліджень – VII Міжнародна студентська наукова конференція «Пріоритетні напрямки та вектори розвитку світової науки». м. Одеса. 07 лютого 2025 р. (додаток А).

РОЗДІЛ 1
ОБҐРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ (огляд літератури)

1.1. Поняття про забруднення атмосферного повітря

Чисте повітря стало важливою вимогою для ідеального людського життя. Одна з головних загроз, з якою людина стикається містах – це забруднення повітря. Урбанізація та індустріалізація зі збільшенням населення та використанням викопного палива призвели до більшого забруднення атмосфери. Іншими словами, кількість забруднюючих речовин, що викидаються в повітря стала несумісною із звичайним механізмом життя людей. Забруднювачі повітря складаються з первинних газів і частинок, що вилітають із нерухомих і рухомих джерел. Крім вторинних забруднюючих речовин утворюються і аерозолі в результаті хімічних реакцій. Повітря вважається забрудненим, коли забруднюючі речовини накопичуються до рівня, що спричиняє шкідливий вплив на людей, тварин і рослин. Інші гази можуть сприяти глобальному потеплінню або зміні клімату [4, 5].

Забруднення повітря відіграє важливу роль у нашому світі, оскільки воно впливає на людей, тварин, нашу планету та все живе. Таке забруднення може призвести до нестабільної зміни клімату, яка може порушити екосистему. Згідно з дослідженням, 51% забруднення викликано промисловим забрудненням, 27% – транспортними засобами, 17% – спалюванням сільськогосподарських культур і 5% – іншими джерелами [6]. Більшість населення світу продовжує зазнавати впливу рівнів забруднення повітря, які значно перевищують норму. Рекомендації щодо якості повітря ВООЗ, і забруднення повітря становить серйозну, а в багатьох областях зростаючу загрозу для здоров’я населення, продуктивності сільського господарства,

транспортної системи та наших культурних цінностей (пам’ятників та історичних будівель) [7].

Є багато забруднюючих речовин, які є основними факторами захворювань у людей. Серед них тверді частинки різного, але дуже малого діаметру, що проникають у дихальну систему через вдихання, викликаючи респіраторні та серцево-судинні захворювання, дисфункції репродуктивної та центральної нервової системи, а також рак. Незважаючи на те, що озон у стратосфері відіграє захисну роль від ультрафіолетового випромінювання, у високій концентрації на рівні землі він шкідливий, а також впливає на дихальну та серцево-судинну системи. Крім того, оксид азоту, діоксид сірки, леткі органічні сполуки (ЛОС), діоксини та поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) вважаються шкідливими для людини забруднювачами повітря [8].

Джерела викидів варіюються від маленької одиниці до великого об’єму викидів від двигунів автомобілів і промислової діяльності. Довготривалий і короткочасний вплив токсикантів, зважених у повітрі, має різний токсикологічний вплив на людину, включаючи респіраторні та серцево-судинні захворювання, нервово-психічні ускладнення, подразнення очей, шкірні захворювання та тривалі хронічні захворювання, такі як рак. Кілька звітів виявили прямий зв'язок між впливом поганої якості повітря та зростанням рівня захворюваності та смертності, здебільшого через серцево-судинні та респіраторні захворювання. Забруднення повітря вважається основним екологічним фактором ризику виникнення та прогресування деяких захворювань, таких як астма, рак легенів, гіпертрофія шлуночків, хвороби Альцгеймера та Паркінсона, психологічні ускладнення, аутизм, ретинопатія, розвиток плоду та низька вага при народженні [9].

Численні епідеміологічні дослідження встановили зв'язок між забруднювачами повітря та щоденним перевищенням смертності та захворюваності. Індекс забруднення повітря (AQI) розраховується з використанням 12 параметрів (забруднювачі повітря), а саме NO_2 (діоксид азоту), SO_2 (діоксид сірки), CO (окис вуглецю), O_3 (озон), PM_{10} (тверді частинки

діаметром 10 мікрон або менше), $PM_{2,5}$ (тверді частинки діаметром 2,5 мікрона або менше), NH_3 (Аміак), Pb (свинець), Ni (нікель), As (миш'як), бензо(а)пірен і бензол. У більшості випадків AQI базується на критеріях забруднювачів (тобто PM_{10}, $PM_{2,5}$, SO_2, NO_2, CO та O_3), але під час розрахунку AQI використання багатьох забруднювачів зі списку з 12 забруднювачів є більш бажаним. Однак вибір забруднюючих речовин залежить від цілей AQI, періоду усереднення, наявності даних, частоти моніторингу та методів вимірювання. AQI можна визначити як числове значення, яке урядові установи використовували для вимірювання рівнів забруднення повітря в атмосфері та повідомляли його населенню. Якщо AQI підвищується, це впливає на великий відсоток населення, оскільки це негативно впливає на здоров’я людини. Як ми знаємо, AQI можна розрахувати, використовуючи концентрацію різних забруднювачів повітря, і, нарешті, ми отримуємо єдине числове значення як AQI [13].

Отже, контроль за забрудненням повітря необхідний, щоб уникнути загострень шкідливих ситуацій пов’язаних із забрудненням повітря в майбутньому. Моніторинг якості повітря є першим кроком у контролі забруднення повітря. Крім того, інтерпретація мінливості параметрів якості повітря вимагає моніторингу їх концентрацій та статистичного аналізу. Наявність даних про якість повітря та результати аналізів можуть бути дуже корисними в управлінні якістю повітря [14].

1.2. Глобальні рекомендації щодо якості повітря.

У громадській охороні здоров’я та наукових спільнотах давно існує консенсус щодо причинного зв’язку між впливом забруднення повітря та негативними наслідками для здоров'я. У 1987 році Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) опублікувала перший звіт про. У звіті задокументовано висновки комплексного огляду і аналіз наявної інформації з наукових досліджень, що пов'язують рівні забруднення повітря та кількісно визначені ризики несприятливих наслідків для здоров’я. Інструкції були

створені як інструмент, що надає кількісну інформацію, що заснована на фактичних даних інформації про здоров'я щодо тягаря захворювань, спричинених забрудненням повітря. Метою даних рекомендацій є допомога політикам у всьому світі в розробці законодавства щодо якості повітря і стандартів викидів до рівнів, які суттєво зменшують ризики для здоров’я населення, пов’язані з забрудненням повітря. З 1987 року рекомендації періодично оновлювалися в міру появи нових доступних досліджень, а у вересні 2021 року, через 15 років після останнього оновлення, випущеного в 2006 році, ВООЗ випустив останнє видання глобальних рекомендацій щодо якості повітря [15].

За даними цього звіту ВООЗ, зараз забруднення повітря вважається найбільшою загрозою для здоров’я навколишнього середовища у світі, спричиняючи сім мільйонів смертей у всьому світі щороку. Забруднене повітря викликає та загострює багато захворювань, від астми до раку, хвороб легенів і серця. Розрахункові добові економічні витрати забруднення повітря оцінюються в 8 мільярдів доларів США, або від 3 до 4% валового світового продукту. Забруднення повітря найбільше впливає на тих, хто є найбільш вразливими. За оцінками, у 2021 році смертей 40 000 дітей віком до п’яти років були безпосередньо пов’язані із забрудненням повітря PM2,5. І в цей вік відбувся спалах COVID-19, тому дослідники виявили, що вплив $PM_{2,5}$ підвищує ризик зараження вірусу від більш серйозних симптомів при інфікуванні, включаючи смерть [16].

Щорічний звіт IQAir про якість повітря у світі збирає та порівнює мільйони вимірювань PM2,5 зроблені в тисячах місць по всьому світу. Дані збираються протягом року від комбінації регулятивних і нерегульованих наземних моніторів якості повітря. Хоча у багатьох регіонах світу все ще немає доступу до загальнодоступної інформації про якість повітря.

Хоча звіт про якість повітря у світі за 2020 рік включав дані з 4745 місць у 106 країнах та регіонів, охоплення звіту за 2021 рік розширено до 6475 місць у 117 країнах, територіях та регіонах. Частково це пов’язано зі збільшенням

кількості недорогих датчиків якості повітря, встановлених некомерційними організаціями, урядами та громадськими вченими. Підвищена кількість PM2,5 станцій допомагає створити точнішу картину гіперлокальної якості повітря та глобальної якості повітря [17].

1.3. Вплив забрудненого повітря на здоров’я людей

Забруднення повітря є важливим чинником здоров'я. Численні епідеміологічні дослідження знайшли зв'язок між забрудненням повітря та широким спектром шкідливих впливів на здоров'я населення в цілому; наслідки варіювалися від незначних субклінічних до передчасної смерті. Деякі групи, наприклад люди похилого віку, діти, вагітні жінки та люди з хронічними захворюванням, таким як астма – можуть мати більший ризик, і можливо більш серйозні наслідки для здоров’я. Крім того, певні групи можуть бути в зоні ризику до більш високого рівня забруднення зовнішнього повітря, наприклад, люди, які проживають поблизу інтенсивних транспортних магістралей або ті, хто займається певною професією або інші соціально-економічні групи [18].

Забруднення атмосферного повітря, як правило, є а складною сумішшю. Отже, несприятливий вплив на здоров'я, який спостерігався в епідеміологічних дослідженнях і приписувався до окремого забруднювача повітря може фактично бути через забруднюючу суміш. Часто забруднювачі повітря такі, як завислі частинки, сажа, озон (O_3), діоксид азоту (NO_2), оксиди азоту (NO_x), діоксид сірки (SO_2), вуглець, чадний газ, важкі метали – можуть утворювати забруднювачу повітря суміш. Це питання особливо актуальне щодо впливу на здоров'я завислих речовин ($PM_{2,5}$). $PM_{2,5}$походить від первинних викидів (наприклад, сажа з джерела горіння, морська сіль і ґрунт від вітрової ерозії) і утворення вторинних частинок в атмосфері. $PM_{2,5}$ можна охарактеризувати в перерахунку на масову концентрацію частинки розміром менше 2,5 мкм.

Небезпеку для здоров'я можна визначити як джерело ризику для здоров'я або добробуту людини. А оцінка ризику для здоров'я є науковою оцінкою

потенційного несприятливого стану здоров'я внаслідок впливу на людину особливої небезпеки. Оцінка впливу на здоров’я може бути кількісною або якісною і оцінює кількість забрудненого повітря, тобто концентрації забруднюючих речовин, тривалість контакту (експозиції) з цільовою групою населення та наскільки шкідливий є концентрація для здоров'я людини, тобто пов'язані з цим ризики для здоров'я населення. Дані про вплив на населення забруднювачів повітря зазвичай надходять з мережі моніторингу місцевої або національної установи [19].

Основні забруднювальні речовини та їх вплив на здоров'я:

1. Дрібні частки (PM2.5 та PM10). Дрібні частки (PM2.5 – діаметром до 2,5 мкм і PM10 – діаметром до 10 мкм) можуть проникати в легені і навіть потрапляти в кровотік, викликаючи серйозні проблеми зі здоров'ям. Вони здатні викликати хронічні захворювання легень (бронхіт, астму), порушення серцево-судинної системи, підвищений ризик інсульту, серцевих нападів та розвитку раку легень. Довготривале вплив – збільшення частоти респіраторних захворювань, зокрема у дітей та літніх людей.

2. Оксиди азоту (NO_2). Оксиди азоту, зокрема діоксид азоту (NO_2), сприяють подразненню дихальних шляхів і можуть погіршувати функцію легень. Вони також є основними компонентами, які спричиняють утворення озону та кислотних дощів. Довготривалий вплив – підвищення ризику розвитку хронічних захворювань дихальних шляхів, алергічних реакцій, а також погіршення серцево-судинного здоров'я.

3. Оксид вуглецю (CO). Оксид вуглецю є токсичним газом, який при високих концентраціях може викликати отруєння. Він зв'язується з гемоглобіном в крові, знижуючи здатність крові транспортувати кисень до органів і тканин. Короткостроковий вплив – головний біль, запаморочення, нудота, зниження витривалості, порушення концентрації уваги. Довготривалий вплив – порушення роботи серця, розвиток серцево-судинних захворювань.

4. Діоксид сірки (SO_2). Діоксид сірки є ще однією шкідливою речовиною, яка може викликати серйозні проблеми з диханням. Впливає на слизові

оболонки дихальних шляхів, викликаючи кашель, подразнення, астму та бронхіт. Довготривалий вплив – хронічні захворювання легень, зокрема обструктивні захворювання, збільшення ризику розвитку пневмонії.

5. Леткі органічні сполуки (VOCs). Леткі органічні сполуки, що утворюються в результаті діяльності промисловості, транспорту та використання побутових хімічних засобів, можуть спричиняти різноманітні проблеми зі здоров'ям, включаючи алергії, подразнення дихальних шляхів, а також негативно впливати на центральну нервову систему. Короткостроковий вплив – алергічні реакції, головний біль, запаморочення. Довготривалий вплив – ризик розвитку раку, зниження функції нервової системи, порушення гормонального балансу [20].

Вразливі групи населення:

1. Діти. Їхній організм більш чутливий до забруднення повітря, оскільки їхні дихальні шляхи та імунна система ще не повністю розвинені.

2. Літні люди. Вони частіше страждають від хронічних захворювань, і забруднене повітря може значно погіршити їхній стан.

3. Люди з хронічними захворюваннями (астма, серцево-судинні захворювання). Забруднення повітря може погіршити симптоми цих захворювань і привести до ускладнень [21].

Отже, забруднене повітря є серйозною загрозою для здоров'я людини. Постійний вплив забруднювальних речовин може призвести до розвитку різних захворювань, збільшення кількості хронічних хвороб та погіршення загального стану здоров'я населення. Важливим кроком у боротьбі з забрудненням є як зниження викидів шкідливих речовин, так і підвищення обізнаності громадськості щодо ризиків і шляхів захисту.

РОЗДІЛ 2
УМОВИ, ОБ’ЄКТ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Кліматичні та погодні умови території проведення досліджень

Умань – місто обласного підпорядкування, адміністративний центр Уманського району Черкаської області, розташоване в центральній частині України. Це одне з найстаріших міст країни, з багатою історією, культурною спадщиною та важливим економічним потенціалом. Місто розташоване в помірно континентальній кліматичній зоні, з м'якими зимами і теплим літом. Має багатий природний потенціал, включаючи зелені зони, парки та природні резервати.

Умань відома своєю культурною спадщиною, серед якої особливо виділяється дендропарк «Софіївка», створений в кінці XVIII століття за наказом польського магната Станіслава Потоцького. Це одне з найбільших і найкрасивіших парків Європи, яке привертає туристів зі всього світу. Окрім того, місто має численні архітектурні пам'ятки, храми, музеї та культурні об'єкти, що робить його привабливим для туристів.

Економіка Умані має аграрно-промислову орієнтацію. Місто є важливим центром для сільськогосподарського виробництва, зокрема вирощуванням зернових, овочів і фруктів. Тут розвинена переробка сільськогосподарської продукції, а також харчова та легка промисловість. В останні роки в Умані спостерігається розвиток малого та середнього бізнесу, а також туризму.

Умань має добре розвинену транспортну інфраструктуру, зокрема автовокзал, залізничну станцію, а також зручне розташування на важливих автомобільних шляхах, що з'єднують місто з іншими регіонами України. Це робить Умань важливим транспортним вузлом для пасажирських та вантажних перевезень.

Кліматичні умови міста Умань у 2024 році відповідали загальним характеристикам помірно континентального клімату з м'якою зимою та теплим

літом. Однак, за даними Черкаського обласного центру з гідрометеорології, до кінця 2024 року спостерігалася стабільно спокійна погода з середньодобовою температурою близько 0 °C, що було на 2–3 °C тепліше за кліматичні норми.

У січні 2024 року спостерігалися періоди з невеликим мокрим снігом та снігом. Температурні показники вночі становили 5–10 °C морозу, вдень 2–7 °C морозу. Проте вже 6 січня, на Водохреща, спостерігалася відлига до 2 °C тепла, що перешкоджало формуванню міцного льодового покриву на водоймах. Загалом, кліматичні умови Умані в 2024 році були теплішими за звичайні кліматичні показники.

Черкаси – обласний центр Черкаської області, розташований в центральній частині України на березі річки Дніпро. Місто є важливим економічним, культурним та адміністративним центром регіону з багатою історією, розвитком інфраструктури та великим потенціалом для подальшого зростання.

Черкаси є важливим економічним центром Центральної України. Місто має розвинену промисловість, включаючи машинобудування, хімічну та харчову промисловість. Черкаси також відомі як важливий центр сільськогосподарського виробництва, зокрема вирощування зернових культур, соняшнику та інших сільськогосподарських культур. Останніми роками в Черкасах спостерігається зростання малого та середнього бізнесу, а також активний розвиток сфери послуг. Черкаси мають добре розвинену транспортну інфраструктуру. Місто з'єднане з іншими регіонами України завдяки розвинутих автомобільних та залізничних шляхах.

Черкаси знаходяться на південно-східному заході від Києва, на березі Дніпра, що надає місту стратегічного значення як транспортного вузла. Місто має помірно континентальний клімат з холодними зимами і теплими, інколи спекотними літами. Середньорічна температура коливається від +8°C до +10°C. Черкаси оточені зеленими зонами та природними територіями, що створює сприятливі умови для життя.

У 2024 році кліматичні та погодні умови Черкас зазнали значних

відхилень від середніх багаторічних показників, що відобразилося на температурних режимах та кількості опадів. У січні спостерігалася тепла погода з частими відлигами, що є характерним для помірно континентального клімату Черкас. У квітні середня температура повітря перевищила кліматичну норму на 3°C, що зробило його найтеплішим за останні 30 років. Липень місяць відзначався рекордною спекою та сухістю, що є найвищими показниками за всю історію метеорологічних спостережень. Середньомісячна температура листопада становила 2,9°C, що на 0,2°C вище норми. Загальна кількість опадів склала 37–55 мм, що відповідало 100–140% кліматичної норми. Загалом, 2024 рік у Черкасах теж характеризувався аномально високими температурами, особливо в літній період, а також варіаціями в кількості опадів, що могло вплинути на екологічну ситуацію та повсякденне життя мешканців міста.

2.2. Об’єкт дослідження

Об'єктом дослідження є атмосферне повітря міст Черкаської області (м. Умань та м. Черкаси). Атмосферне повітря міст забруднюється різними речовинами, які можуть негативно впливати на здоров'я людей та навколишнє середовище. Основними забруднювачами є:

1. Оксид вуглецю (CO) є безбарвним газом без запаху, який утворюється внаслідок неповного згоряння вуглецевих матеріалів. Основні джерела утворення такого газу – це діяльність автотранспорту, робота промислових підприємств та спалювання твердих відходів. Чадний газ здатен перешкоджати транспортуванню кисню в середині організму, що призводить до його отруєння.
2. Діоксид сірки (SO_2) є газом, що має різкий запах і виділяється при згоранні палива, що містить сірку. SO_2 викликає подразнення дихальних шляхів та утвореня кислотних дощів.

3. Оксиди азоту (NO_x) – це газоподібні сполуки азоту, які утворюються при згорянні палива. Вони спричиняють утворення смогів, кислотних дощів та викликають респіраторні захворювання.

4. Леткі органічні сполуки – це вуглеводні, які здатні випаровуватись при транспортуванні та зберіганні нафтопродуктів. Ці сполуки викликають симптоми інтоксикації: головний біль, нудоту тощо.

5. Частки пилу (PM_{10} та $PM_{2.5}$) – це мікроскопічні тверді частинки, що зависають в повітрі. Вони здатні проникати глибоко в легені і викликати респіраторні та серцеві захворювання [22].

2.3. Методика проведення досліджень

Методика досліджень для вимірювання концентрації забруднюючих речовин, таких як завислі речовини, діоксид сірки (SO_2), оксид вуглецю (CO) та діоксид азоту (NO_2) в атмосферному повітрі, включає кілька етапів, що забезпечують точність і надійність результатів. Ось основні методи, що застосовуються для кожного з цих забруднювачів:

1. Завислі речовини – це частинки, що перебувають у повітрі і мають різний розмір. Вони можуть бути виміряні за допомогою методу гравіметрії (фільтрація і зважування): повітря проходить через фільтр певного типу, який збирає частинки, після цього фільтр зважується до і після збору частинок для визначення маси завислих речовин.

2. Діоксид сірки (SO_2) – є одним з основних забруднювачів атмосфери, особливо в промислових районах. Вимірюється методом флуоресценції: діоксид сірки поглинає ультрафіолетове випромінювання та випромінює світло в результаті флуоресценції. Інтенсивність флуоресценції пропорційна концентрації діоксиду сірки в повітрі.

3. Оксид вуглецю (CO) – є безбарвним і отруйним газом, який має великий вплив на здоров'я людини. Вимірюється методом недисперсійної

інфрачервоної абсорбції: оксид вуглецю поглинає інфрачервоні хвилі певної довжини. Вимірюючи поглинання світла, можна визначити концентрацію CO.

4. Діоксид азоту (NO_2) – це шкідливий газ, який є основним компонентом вихлопних газів від транспорту та промислових підприємств. Вимірюється методом хемілюмінесценції: діоксид азоту реагує з озоном, внаслідок чого виникає хемілюмінесценція (випромінювання світла) [23].

В місті Умань є стаціонарна станція моніторингу атмосферного повітря, яка знаходиться на вул. Садова. Вона входить до мережі станцій ГО Eco City. Результати моніторингу в цієї станції фіксуються на платформі Airnet (Air Quality Index [24].

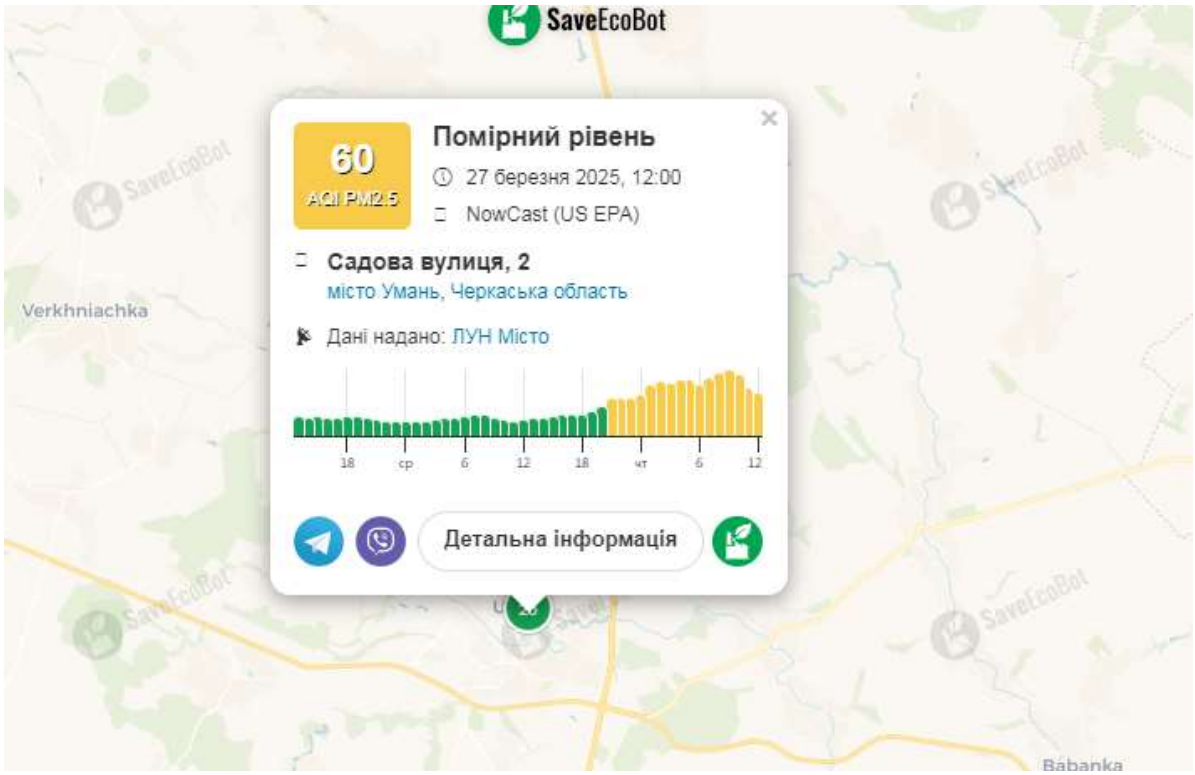


Рис. 2.1. Скрін з платформи Airnet (Air Quality Index) з інформацією про м. Умань

В місті Черкаси – чотири такі станції (вул. Козацька, вул. Благовісна, вул. А. Лупиноса, провул. Січовий) (рис. 2.2).

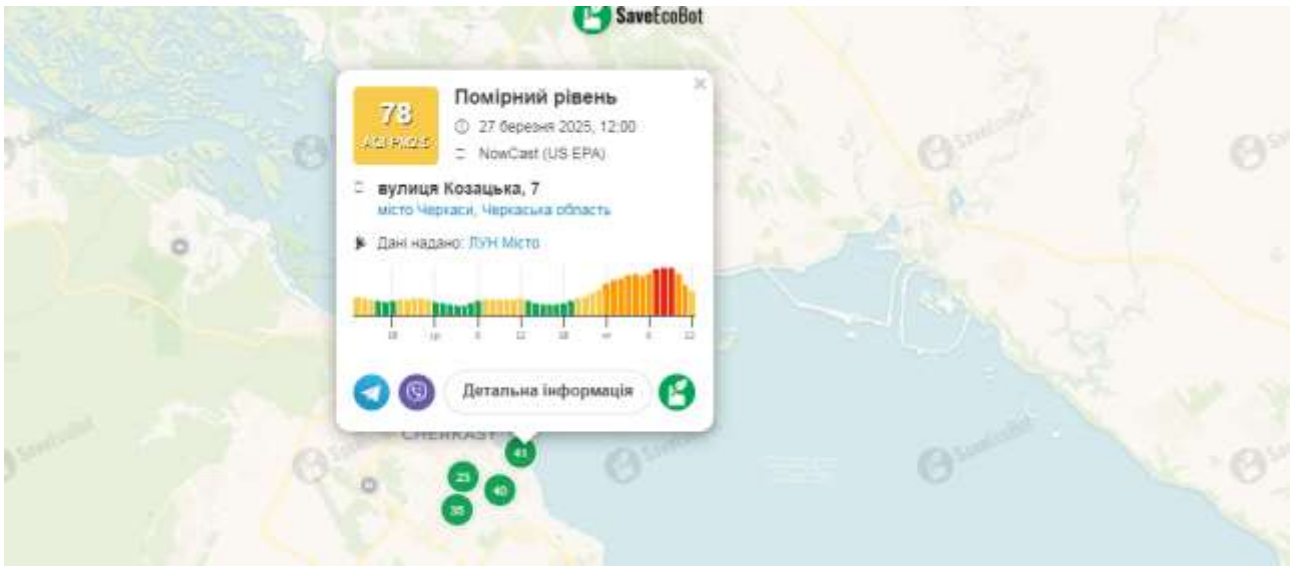


Рис. 2.2. Скрін з платформи Airnet (Air Quality Index) з інформацією про м. Черкаси

Типова класифікація якості повітря згідно AQI виглядає наступним чином:



0-50 – якість повітря задовільна;

51-100 – якість повітря помірна;

101-150 – якість повітря погана;

151-200 – якість повітря дуже погана;

201-300 – якість повітря надзвичайно погана;

300+ – якість повітря небезпечна.

РОЗДІЛ 3
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1. Оцінка джерел впливу на атмосферне повітря досліджуваних міст

Ідентифікація джерел впливу на атмосферне повітря є необхідною умовою для ефективного моніторингу та прийняття обґрунтованих рішень у сфері екологічної політики та управління.

Ідентифікація конкретних джерел забруднення є критично важливою для кількох основних аспектів:

1. Оцінка рівня забруднення. Зрозуміти, які джерела забруднюють атмосферу в певному регіоні, дозволяє точно оцінити рівень забруднення та розробити відповідні заходи для його зменшення.

2. Аналіз впливу на здоров'я. Забруднення повітря може спричиняти різноманітні захворювання, такі як хронічні захворювання органів дихання, серцево-судинні хвороби, алергії тощо. Ідентифікація джерел допомагає оцінити ризики для здоров'я населення, особливо для вразливих груп (діти, літні люди).

3. Розробка ефективних стратегій управління. Знання конкретних джерел забруднення дозволяє органам місцевої влади та екологічним службам розробляти ефективні стратегії для зменшення викидів, наприклад, через модернізацію транспорту, впровадження чистих технологій на промислових підприємствах, стимулювання використання екологічно чистих видів палива тощо.

4. Прогнозування та реагування на кризові ситуації. Ідентифікація джерел забруднення допомагає у прогнозуванні екологічних криз, таких як смоги або високі рівні забруднення внаслідок аварій чи стихійних лих, а також у швидкому реагуванні на них.

Таким чином, точна ідентифікація джерел впливу на атмосферне повітря є важливою умовою для забезпечення екологічної безпеки, підвищення якості життя мешканців міст і виконання міжнародних зобов'язань у сфері охорони навколишнього середовища. Вона є основою для розробки політики, спрямованої на покращення якості повітря та створення сталого і здорового міського середовища.

Таблиця 3.1 включає конкретні об'єкти, підприємства та установи міста Умань, які є джерелами впливу на атмосферне повітря, а також наслідки цього впливу. Для кожного джерела визначено тип забруднювальних речовин і зазначено можливі наслідки для довкілля та здоров'я населення.

Таблиця 3.1.

Перелік джерел впливу на атмосферне повітря м. Умань

Джерела впливу на атмосферне повітря	Тип забруднювальних речовин	Об'єкти, підприємства та установи	Потенційні наслідки для довкілля та здоров’я
Транспорт	NO_2, CO, $PM_{2.5}$, PM_{10}, O_3	Вулиці міста (вул. Шевченка, вул. Гагаріна, вул. Соборна),	Зниження якості повітря в центрі міста та біля основних транспортних шляхів. Підвищення рівня захворювань органів дихання, серцево-судинних хвороб. Погіршення здоров'я дітей та літніх людей через вплив дрібних часток ($PM_{2.5}$)
Промислові підприємства	SO_2, NO_2, CO, VOCs (леткі органічні сполуки)	ПРаТ «Технолог», ТДВ «Уманьпиво», АТ «Вітаміни»	Забруднення атмосферного повітря токсичними газами, що можуть викликати кислотні дощі. Погіршення стану екосистем, зокрема зниження біорізноманіття. Вплив на здоров’я людей (порушення дихальної системи, алергії).

Сільсько-господарська діяльність (пестициди, агрохімікати)	NO_3, NH_3, $PM_{2.5}$	Агрофірми: ТОВ «Агропрогрес», фермерські господарства в околицях міста Умань	Забруднення атмосферного повітря аміаком, що може спричиняти кислотні дощі. Вплив на здоров’я людей: порушення дихальної системи, отруєння пестицидами.
Котельні та ТЕЦ	SO_2, CO, NO_2, PM_{10}	Уманська ТЕЦ (комунальне підприємство)	Викиди сірки та азоту, що можуть призводити до утворення кислотних дощів. Погіршення якості повітря, що впливає на здоров'я населення, зокрема на органи дихання.
Будівельні роботи (пилові викиди)	PM_{10}, $PM_{2.5}$	Житлові та комерційні будівельні об'єкти на вулицях міста: вул. Джерельна, Захисників України, вул. Заводська	Збільшення концентрації дрібних часток пилу, що може призвести до проблем із диханням у населення. Погіршення видимості та загальне забруднення атмосферного повітря.
Туризм та рекреаційні зони	NO_2, CO, $PM_{2.5}$, O_3	Уманський дендропарк «Софіївка», туристичні зони в околицях міста	Локальні підвищення забруднення повітря в зонах активного туризму, особливо на вулицях з високою прохідністю. Вплив на здоров’я через забруднення повітря внаслідок великої кількості транспортних засобів.

Серед важливих джерел забруднення міста – транспорт (особливо в центрі міста та на основних вулицях), промислові підприємства (як хімічні, так і харчові), а також сільськогосподарська діяльність, що включає використання пестицидів та агрохімікатів. Крім того, важливим є вплив будівельних робіт та котелень.

В таблиці 3.2 наведена аналогічна інформація для м. Черкаси, із зазначенням можливих наслідків для довкілля та здоров'я населення.

Таблиця 3.2.

Перелік джерел впливу на атмосферне повітря м. Черкаси

Джерела впливу на атмосферне повітря	Тип забруднювальних речовин	Об'єкти, підприємства та установи	Потенційні наслідки для довкілля та здоров’я
Транспорт	NO_2, CO, $PM_{2.5}$, PM_{10}, O_3	Вулиці міста (вул. Шевченка, вул. Смілянська, вул. Благовісна)	Зниження якості повітря в центрі міста та біля основних транспортних шляхів. Підвищення рівня захворювань органів дихання, серцево-судинних хвороб.
Промислові підприємства	SO_2, NO_2, CO, VOCs (літкі органічні сполуки)	ПрАТ „Азот“, ТОВ „Юрія-ФАРМ“, ПрАТ „Черкаський шовковий комбінат“, Черкаський молокозавод	Забруднення атмосферного повітря токсичними газами, що можуть викликати кислотні дощі. Погіршення стану екосистем, зокрема зниження біорізноманіття. Вплив на здоров’я людей.
Сільсько-господарська діяльність (пестициди, агрохімікати)	NO_3, NH_3, $PM_{2.5}$	Агрофірми: ТОВ «Нива», фермерські господарства в околицях Черкас	Забруднення атмосферного повітря аміаком, що може спричиняти кислотні дощі. Вплив на здоров’я людей: порушення дихальної системи, отруєння пестицидами.
Котельні та ТЕЦ	SO_2, CO, NO_2, PM_{10}	Черкаська ТЕЦ, котельні на вулицях міста, підприємства ЖКГ	Викиди сірки та азоту, що можуть призводити до утворення кислотних дощів. Погіршення якості повітря, що впливає на здоров'я населення.
Будівельні роботи	PM_{10}, $PM_{2.5}$	Будівельні об'єкти на	Збільшення концентрації дрібних часток пилу, що

(пилові викиди)		вулицях: вул. Остромадська, вул. Героїв Дніпра.	може призвести до проблем із диханням у населення. Погіршення видимості та загальне забруднення атмосферного повітря.

3.2. Результати моніторингу атмосферного повітря досліджуваних міст

Нижче наведено таблицю, що містить результати моніторингу атмосферного повітря в досліджуваних містах. У таблиці 3.3 представлені дані щодо основних забруднювальних речовин, викиди яких фіксувалися на різних точках моніторингу. Результати дозволяють оцінити рівень забруднення повітря, визначити джерела забруднення та виявити потенційні ризики для здоров'я населення і стану довкілля в цих регіонах. Ці дані є основою для подальшого аналізу та розробки рекомендацій з покращення якості повітря в містах Умань та Черкаси.

Таблиця 3.3.

Результати моніторингу якості атмосферного повітря в місті Умань за 2024 рік (усереднені значення згідно інформації ДЗ "Уманська міська санітарно-епідеміологічна станція")

Домішки	Локація		Середньомісячні концентрації в місті
	ПСЗ №1 (вул. Незалежності)	ПСЗ №2 (вул. Шевченка)	
Завислі речовини	0,6	0,6	0,6
Діоксид сірки (мкг/м³)	0,6	0,6	0,6
Оксид вуглецю (мкг/м³)	0,0	0,1	0,0
Діоксид азоту (мкг/м³)	2,1	2,3	2,2

Дані, наведені в таблиці, свідчать про те, що забрудненість атмосферного повітря завислими речовинами та діоксидом сірки була однаковою на обох

постах спостережень. Вміст оксиду вуглецю та діоксиду азоту був дещо вищим на ПСЗ №2 (вул. Шевченко). Порівняно з даними за 2023 рік, рівень забруднення діоксидом азоту дещо підвищився, а завислими речовинами знизився; рівень діоксиду сірки залишився незмінним.

У таблиці 3.4. наведено результати моніторингу атмосферного повітря в місті Черкаси, що проводився протягом 2024 року на трьох різних локаціях. Спостереження здійснювались в центрі міста, промисловій зоні та парковій зоні, що дозволило охопити різні типи міського середовища для оцінки рівня забруднення атмосферного повітря.

Таблиця 3.4.

Результати моніторингу якості атмосферного повітря в місті Черкаси за 2024 рік (усереднені значення згідно інформації ДЗ "Черкаська міська санітарно-епідеміологічна станція")

Домішки	Локація			Середньомісячні концентрації в місті
	Центр міста (вул. Шевченка)	Промислова зона (вул. Гагаріна)	Паркова зона (вул. Б. Хмельницького)	
Діоксид азоту (мкг/м³)	30	45	20	31,7
Діоксид сірки (мкг/м³)	5	8	3	5,3
Окис вуглецю (мг/м³)	0,4	0,6	0,3	0,4
Озон (мкг/м³)	60	72	55	62,3

Згідно з даними таблиці, найвищі концентрації забруднювальних речовин зафіксовані в промисловій зоні (вул. Гагаріна), де спостерігається більш високий рівень діоксиду азоту та сірки, що вказує на вплив промислової діяльності на якість повітря. Натомість у парковій зоні (вул. Б. Хмельницького) рівень забруднень значно нижчий, що є характерним для більш зелених територій з меншим антропогенним навантаженням.

Результати цього моніторингу є важливими для розуміння стану атмосферного повітря в різних частинах міста та можуть бути використані для подальшого аналізу впливу забруднення на здоров'я мешканців та планування заходів щодо поліпшення екологічної ситуації в Черкасах.

3.3. Результати дослідження індексу якості повітря досліджуваних міст

Індекс якості повітря (ІЯП) є важливим показником, що відображає рівень забруднення атмосфери та вказує на потенційні ризики для здоров'я населення. Результати дослідження дозволяють оцінити рівень забруднення повітря в кожному з міст, визначити основні забруднювальні речовини та їх концентрації, а також класифікувати якість повітря за міжнародними стандартами (табл. 3.5).

Таблиця 3.5.

Індекс якості повітря (ІЯП) для міст Умань і Черкаси

Місто	Індекс якості повітря (ІЯП)	Основні забруднюючі речовини	Клас якості повітря	Коментарі
Умань	85	$PM_{2.5}$	Помірно забруднене	Перевищення концентрації $PM_{2.5}$ на окремих ділянках, високий рівень викидів транспорту.
Черкаси	92	PM_{10}	Помірно забруднене	Найвищі рівні забруднення за рахунок промислових підприємств та транспорту.

Індекс якості повітря (ІЯП) для обох міст свідчить про помірне забруднення, що вказує на наявність шкідливих для здоров'я речовин у атмосфері. Найвищі рівні забруднення пов'язані з викидами від транспорту та промислових підприємств. Особливу увагу слід приділити концентраціям

дрібних часток ($PM_{2.5}$ та PM_{10}), які можуть серйозно впливати на здоров'я, зокрема на органи дихання та серцево-судинну систему.

Ці результати підкреслюють необхідність розробки ефективних заходів для зниження рівня забруднення, таких як модернізація транспорту, впровадження екологічно чистих технологій на підприємствах, а також розширення програм моніторингу та екологічної освіти для населення.

ВИСНОВКИ

1. Серед важливих джерел забруднення досліджуваних міст – транспорт (особливо в центрі міста та на основних вулицях), промислові підприємства (як хімічні, так і харчові), а також сільськогосподарська діяльність, що включає використання пестицидів та агрохімікатів. Крім того, важливим є вплив будівельних робіт та котелень.

2. Забрудненість атмосферного повітря м. Умань завислими речовинами та діоксидом сірки була однаковою на обох постах спостережень. Вміст оксиду вуглецю та діоксиду азоту був дещо вищим на ПСЗ №2 (вул. Шевченко). Порівняно з даними за 2023 рік, рівень забруднення діоксидом азоту дещо підвищився, а завислими речовинами знизився; рівень діоксиду сірки залишився незмінним.

3. Найвищі концентрації забруднювальних речовин в м. Черкаси зафіксовані в промисловій зоні (вул. Гагаріна), де спостерігається більш високий рівень діоксиду азоту та сірки, що вказує на вплив промислової діяльності на якість повітря. Натомість у парковій зоні (вул. Б. Хмельницького) рівень забруднень значно нижчий, що є характерним для більш зелених територій з меншим антропогенним навантаженням

4. Індекс якості повітря (ІЯП) для обох міст свідчить про помірне забруднення, що вказує на наявність шкідливих для здоров'я речовин у атмосфері. Найвищі рівні забруднення пов'язані з викидами від транспорту та промислових підприємств. Особливу увагу слід приділити концентраціям дрібних часток ($PM_{2.5}$ та PM_{10}), які можуть серйозно впливати на здоров'я, зокрема на органи дихання та серцево-судинну систему.

ПРОПОЗИЦІЇ

Для покращення якості атмосферного повітря в м. Умань та м. Черкаси необхідно розробити комплексні заходи щодо зниження рівня забруднення, зокрема, через модернізацію транспортної інфраструктури, стимулювання використання екологічно чистого транспорту, а також посилення контролю за викидами від промислових підприємств. Особливу увагу слід приділити контролю за використанням пестицидів та агрохімікатів у сільському господарстві, що має значний вплив на атмосферу, а також регулюванню будівельних робіт і котелень.

Також важливо провести моніторинг рівня дрібних часток (PM2.5 та PM10) і створити програму для зменшення їх викидів, зокрема шляхом впровадження новітніх технологій очищення в промисловості та транспорті. Це дозволить знизити негативний вплив забруднення повітря на здоров'я населення, особливо в районах з високою концентрацією транспорту та промислових об'єктів. Окрім того, необхідно розвивати зелені зони, що допоможе знижувати рівень забруднення в містах та покращити загальний екологічний стан.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. OJL 152. 11.6.2008. p. 1–44.

2. The European environment — state and outlook 2020: knowledge for transition to a sustainable Europe. ULR: https://www.eea.europa.eu/soer/2020/

3. The 2024 World Air Quality Report. ULR: https://www.greenpeace.org/static/planet4-chile-stateless/2025/03/edf90b7a-2024_world_air_quality_report_vf.pdf

4. Михайлова О.Ю., Гордієнко М.В., Лазаренко Т.О. «Моніторинг якості повітря та його вплив на навколишнє середовище і здоров'я людини». *Екологія та природні ресурси*, 2018. №4 (32). С. 48–57.

5. Кузнецов В.П. Забруднення атмосферного повітря: причини, наслідки, методи вимірювання та зменшення. *Екологія України*, 2020. №3 (28). С. 112–121.

6. Power M.C., Adar S.D., Yanosky J.D. Exposure to air pollution as a potential contributor to cognitive function, cognitive decline, brain imaging, and dementia: A systematic review of epidemiologic research. *NeuroToxicology*, 2016. 56. P. 235–253.

7. Shaddick G., Thomas M. L. Half the World's Population are Exposed to increasing Air Pollution. *Climate and Atmospheric Science*, 2020. P. 1–5

8. Ioannis Manisalid. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public Health*, 2020. P. 1–13.

9. Adel Ghorani-Azam. Effects of Air Pollution on Human Health and Practical Measures for Prevention in Iran". *Journal of Research in Medical Sciences*, 2016. P. 1–12.

10. Гавриленко О.П. Сучасний стан та основні проблеми ресурсів атмосферного повітря в Україні. К.: Знання, 2008. 646с.

11. Боголюбов В. М., Клименко М. О., Мокін В. Б. Моніторинг довкілля:

підр. для студ. вищих навч. закладів. 2-ге вид., перероб. та доп. Вінниця: ВНТУ, 2010. 232 с.

12. Жиравецького Т.М., Кравченко О.В. Правова охорона атмосферного повітря практичні аспекти. Львів: ЕПЛ, 2011. 120с.

13. Клименко В.Г., Цигічко О.Ю. Забруднення атмосферного повітря: Методична розробка для студентів-географів. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010. 26 с.

14. Громова О. В. Аналіз моделей поширення речовин в атмосфері від стаціонарних джерел. *Наук. праці УкрНДГМІ*, 2004. № 253. С. 173-181.

15. Kunwar P. Singh, Shikha Gupta. Linear and nonlinear modelling approaches for urban Air Quality Prediction. *Science of the Total Environment*, 2022. 426. P. 244-255.

16. Panda B.K., Panda C.R. Estimation of ambient air quality status in Kalinga Nagar industrial complex in the district of Jajpur of Odisha. I*nternational Journal of Environmental Sciences*, 2023. Vol. 3. No 2. P. 767-775.

17. Radhika M. Patil, Dr. H. T. Dinde. A Literature Review on Prediction of Air Quality Index and Forecasting Ambient Air Pollutants using Machine Learning Algorithms. 2020. P. 1-5.

18. Посудін Ю. І. Моніторинг довкілля з основами метрології. Київ: 2012. 426 с.

19. Пузік В.К., Гловань Л.В. Сучасні методи моніторингу та захисту довкілля: навчальний посібник. Харків: ХНАУ, 2016. 168 с.

20. Aarthi P., Gayathri, N., Gomathi R. Air Quality Prediction Through Regression Model. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 2020. Vol 9. P. 923-928.

21. Fold N.R., Allison M.R., Wood B.C. An assessment of annualmortality attributable to ambient PM2.5 in Bangkok, Thailand. *International Journal of Environmental Research Public Health*, 2020. 17 (19). P. 72-98.

22. Tavella R.A., de Moura F.R., El Khouri Miraglia S.G. A new dawn for air quality in Brazil. *The Lancet Planetary Health*. 2024. 8(10). P. e717-e718.

23. Сніжко С.І., Шевченко О.Г. Урбометеорологічні аспекти забруднення атмосферного повітря великого міста. К.: Видавництво географічної літератури «Обрії», 2011. 297 с.

24. Worldwide Air Quality. AirNet Sensor Network. URL: https://aqicn.org/station/ (дата звернення 12.10.2024).

ДОДАТКИ