ЕКОЛОГІЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

УДК 502.175:502.3
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.5-68.15

СМАРТ-СИСТЕМА ЕКОЛОГО-РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Григор'єв К.В. (orcid.org/0000-0003-2804-2758),
Алексєєва А.О. (orcid.org/0000-0003-0345-8538),
Григор'єва Л.І. (orcid.org/0000-0001-9452-2982)
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 Десантників, 10, 54003, м. Миколаїв
ludmila.grygorieva@chmnu.edu.ua

У статті представлено результати виявлення особливостей формування забруднення атмосферного повітря агломерацій хімічними та радіонуклідними полютантами від стаціонарних, пересувних джерел та джерел радіаційного ризику під час воєнного стану. Дослідження виконувалися в урбоекосистемі Миколаївської міської агломерації. Обгрунтовано комплексний підхід до системи еколого-радіаційного моніторингу атмосферного повітря агломерацій з урахуванням екологічних (вміст хімічних полютантів) та радіаційних (ефективна доза опромінення) обмежень; застосування підходу дозволить повноцінно оцінювати стан атмосферного повітря та екологічні загрози під впливом стаціонарних, пересувних джерел та радіаційних ризиків під час воєнного стану. Визначено значущість впливу викидів полютантів транзитним вантажним автотранспортом, обгрунтувано обмеженість результативності радіаційного моніторингу при спостереженнях лише за потужністю ефективної дози. Представлено рекомендації щодо розширеного використання у системі державного моніторингу станцій індикативних вимірювань формальдегіду при умові іхнього калібрування за результатами вимірів на стаціонарних постах.

Представлено принципову схему створення смарт-системи екологічного моніторингу у населених пунктах, мешканці яких відчувають на собі вплив викидів стаціонарними джерелами, автотранспорту, в першу чергу, від транзитного багатотонажного транспорту, а також знаходяться в зоні ризику впливу радіонуклідних викидів. Це надасть можливість громадам і місцевому самоврядуванню громад, виробляти політику обмеження впливу інтенсивних транспортних потоків на населення та/або відшкодовувати завдану шкоду; оперативно реагувати на зміни раліонуклідного складу повітря. В результаті буде вирішуватися питання стійкості громади до небезпечних полютантів атмосферного повітря, в т.ч. під час екологічної загрози, спричиненої воєнними діями. *Ключові слова:* атмосферне повітря, моніторинг, екологічна безпека, радіонуклідні та хімічні полютанти, воєнні дії, екологічна і радіаційна загроза, потужність ефективної дози, забруднення повітря, пил, прогнозування, якість повітря.

Smart system for environmental and radiation monitoring of atmospheric air. Grygoriev K., Aleksieieva A., Grygorieva L.

This article presents the results of a study identifying the patterns of atmospheric air pollution in urban agglomerations caused by chemical and radionuclide pollutants from stationary and mobile sources, as well as sources of radiation risk, during martial law. The research was conducted in the urban ecosystem of the Mykolaiv metropolitan area. A comprehensive approach to the system of environmental and radiation monitoring of atmospheric air in urban areas has been justified, taking into account environmental (chemical pollutant content) and radiation (effective radiation dose) constraints. The application of this approach will allow for a comprehensive assessment of atmospheric air quality and environmental threats caused by stationary and mobile sources, as well as radiation risks during martial law. The significance of the impact of pollutant emissions from transit freight vehicles was determined, and the limited effectiveness of radiation monitoring when observations are based solely on effective dose rate was substantiated. Recommendations are presented regarding the expanded use of indicative formaldehyde measurement stations in the state monitoring system, provided they are calibrated based on measurements taken at fixed monitoring stations.

A conceptual framework is presented for creating a smart environmental monitoring system in populated areas whose residents are exposed to emissions from stationary sources and motor vehicles–primarily from heavy-duty transit vehicles–and who are also at risk of exposure to radionuclide emissions. This will enable communities and local governments to develop policies to limit the impact of heavy traffic on the population and/or compensate for the damage caused, as well as to respond promptly to changes in the radionuclide composition of the air. As a result, the issue of community resilience to hazardous air pollutants will be addressed, including during environmental threats caused by military operations. *Key words*: atmospheric air, monitoring, environmental safety, radionuclides and chemical pollutants, military operations, environmental and radiation threats, effective dose rate, air pollution, dust, forecasting, air quality.

© Григор'єв К.В., Алексєєва А.О., Григор'єва Л.І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Постановка проблеми. Ефективне й оперативне оцінювання стану атмосферного повітря давно складає одну з актуальних урбоекологічних проблем та одну з задач екологічного моніторингу. Ще до воєнних подій останніх років у промислових міських агломераціях України, через нарощування обсягів викидів, був порушений природний механізм самоочищення атмосфери, що призводило до глобальних змін. Повномасштабне російське вторгнення на територію України суттєво вплинуло на забруднення атмосферного повітря: з'явилися нові джерела викидів забруднюючих речовин, актуалізувалися питання радіаційного забруднення повітря.

При цьому воєнні дії не припинили рух України щодо впровадження регіональних програм стійкого розвитку громад і територій в межах одного з принципів сталого розвитку. Саме для підвищення стійкості міст і населених пунктів, які зазнають впливу від стаціонарних, пересувних джерел викидів атмосферних полютантів, та в яких у воєнні часи підвищується ймовірність викидів радіонуклідних полютантів з АЕС, постає питання підвищення рівня еколого-радіаційної безпеки атмосферного повітря агломерацій шляхом розширення результативності та інформативності системи його моніторингу.

Актуальність дослідження. Система екологічного моніторингу атмосферного повітря агломерацій у нашій державі потребує реконструкції і вдосконалення [1, 2, 9-11], щоб поєднати національні та світові підходи [6]. Російсько-українська війна актуалізувала питання вдосконалення також радіаційного моніторингу атмосферного повітря задля підвищення ефективності при оцінюванні радіаційно-екологічної ситуації. За час агресії рф проти України через постійні обстріли територій ракетами та безпілотними апаратами підвищилася увага до радіаційної безпеки на території України [2, 3, 7]. Науковці актуалізують питання транскордонного перенесення радіаційного впливу при ймовірніснних надзвичайних ситуаціях на АЕС, а також під час воєнних дій [3, 4]. Питання ефективності радіаційного моніторингу атмосферного повітря складають одну із цілей сталого розвитку – підвищення безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості міст і населених пунктів.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконувалися відповідно до наукових напрямів кафедри екології ЧНУ імені Петра Могили.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За час агресії рф проти України через постійні обстріли територій ракетами та безпілотними апаратами підвищилася увага до радіаційної безпеки на території України [2, 3, 7], і, особливо, поблизу АЕС. Науковці актуалізують питання транскордонного перенесення радіаційного впливу при ймовірнісних надзвичайних ситуаціях на АЕС, а також під час воєнних дій [4, 7]. Тому важливим є підвищення інформативності та результативності еколого-радіаційного моніторингу атмосферного повітря.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Стаття присвячена представленню смарт-системи еколого-радіаційного моніторингу атмосферного повітря агломерацій, які зазнають комплексного впливу викидів полютантів від стаціонарних, пересувних джерела викидів хімічних полютантів, а у воєнні часи підвищується ймовірність викидів радіонуклідних полютантів з розташованих поблизу атомних електростанцій.

Методологічне або загальнонаукове значення. У роботі представлено результати комплексного підходу до оцінювання стану атмосферного повітря у міській агломерації (на прикладі м. Миколаєва) за хімічними та радіонуклідними полютантами. Вибір цієї агломерації обґрунтований її географічним положенням і існуванням, через останнє, інтенсивних автотранспортних потоків не лише громадського автотранспорту, а й вантажного (зернова логістика, інші види логістики до морських портів). В основі розрахунку валових викидів автотранспортом лежить відома затверджена методика [5]. Вихідними даними виступали дані про кількість та вид автотранспорту та фактичний об'єм спожитого палива. Ці дані нами, для громадського автотранспорту, взято з офіційних джерел відповідних комунальних підприємств «Миколаївпастранс». Для обліку вантажного транзитного автотранспорту ми використали два методи. Перший (натурного дослідження): проведено підрахунки вантажівок на трьох основних автотрасах: Н-24 (Благовіщенське – Миколаїв), Н-11 (Дніпро – Кривий Ріг – Миколаїв), Н-14 (Олександрівка – Кропивницький – Миколаїв). Другий метод: взято у розрахунок об'єм вантажу зерна, який перевалено у морському порту – це 15 млн. тон у 2021 р., та враховуючи середню вантажопідйомність зерновоза у 25-30 тон. За обома методами отримано величину, в середньому, 1000 вантажівок на добу, що й було взято у подальші розрахунки. Дослідження за вмістом полютантів в атмосферному повітрі базувалися на поєднанні результатів наземних спостережень на постах державної системи моніторингу за 2015-2025 рр. з результатами власних досліджень за допомогою станцій індикативних вимірювань. На постах державної системи моніторингу – це точки 1 – 4 на рисунку 1, місця розміщення станцій індикативних вимірювань – це точки 5 – 8 на рисунку 1. Експериментальні вимірювання потужності дози гамма-випромінювання виконувалися за допомогою дозиметра МКС-05 ТЕРРА, дозиметра-спектрометра Radiocode-103. Вимірювання здійснювалися на рівні не нижче 1 м від поверхні землі, два-три рази на тиждень, у т.5, т.6.

Для врахування відмінностей між системами екологічного моніторингу у країнах ЄС та в Україні в дисертаційному дослідженні приділено увагу спостереженням пилового забруднення як в загальній

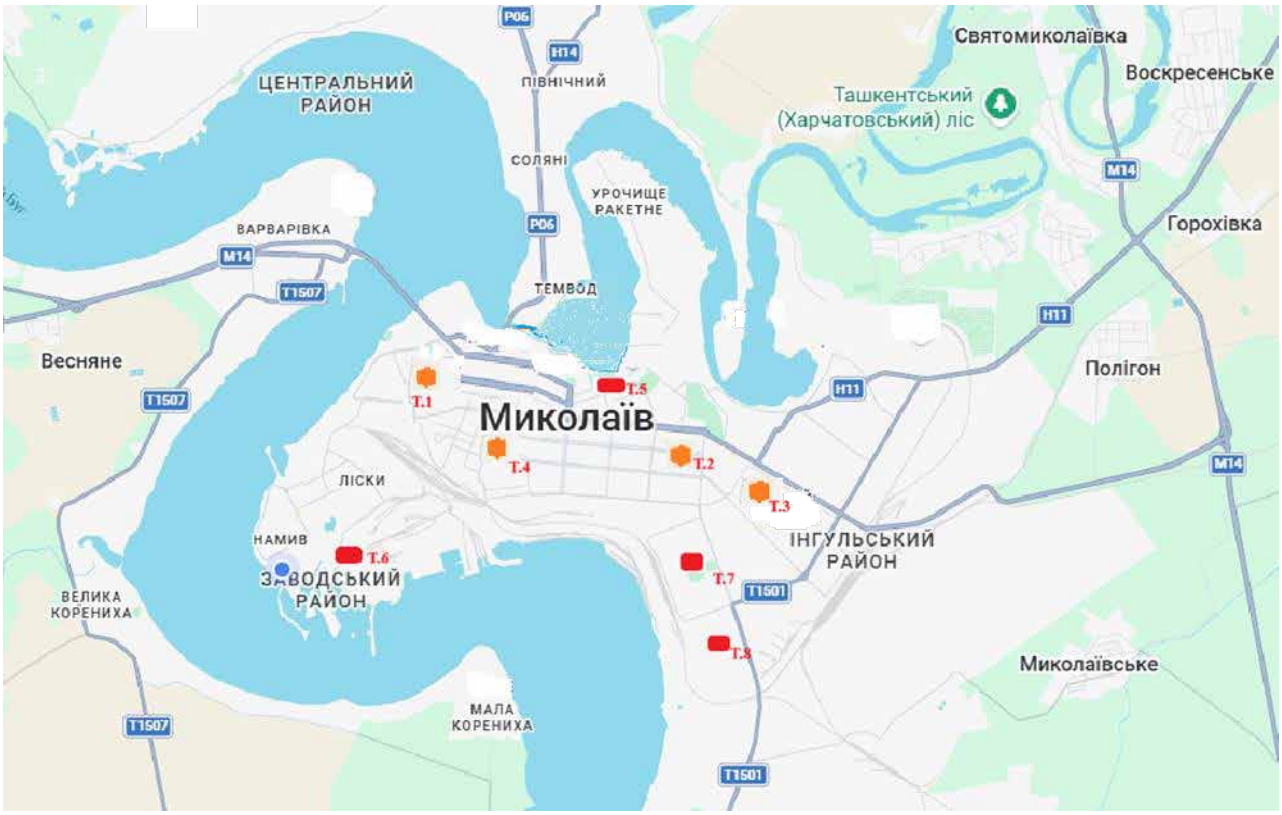


Рис. 1. Схема точок спостереження: 1) на стаціонарних постах державної системи моніторингу: т.1 – вул. Обсерваторна, 1, т.2 – вул.Погранична – пр. Богоявленський, т.3 – вул.7-а Повздовжня, 12 (промислова зона), т.4 – площа Суднобудівників; 2) на постах станцій індикативних вимірювань: т.5 – вул. 68 Десантників, 10; т.6 – вул. Лазурна, 5; т.7 – пр. Центральний, 28; т.8 – вул. Космонавтів, 5

фракції, так і в дрібнодисперсних фракціях (PM2,5; PM10). Через те, що в Україні у міських агломераціях високим є рівень вмісту у повітрі формальдегіду, приділено увагу дослідженню вмісту формальдегіду у повітрі урбанізованих центрів міських агломерацій.

У роботі представлено отримані методологічні прийоми, які дозволяють розширити інформативність існуючого моніторингу стану атмосферного повітря: 1) за умови калібрування станцій індикативних вимірювань за результатами вимірів на стаціонарних постах можливе широке їх використання для моніторингу вмісту формальдегіду у місцях скупчення автотранспорту; 2) використання визначеного значення потужності ефективної дози, яке корелює з граничним вмістом йоду-131 у повітря дозволяє прискорити прийняття рішень щодо початку відбору й радіометрії проб атмосферного повітря у випадку загострення радіаційної ситуації.

Основний матеріал дослідження.

Аналіз даних Головного управління статистики у Миколаївській області щодо викидів атмосферних полютантів стаціонарними джерелами у 2023-24 рр. [8] свідчив, що основні об'єми викидів атмосферних полютантів зі стаціонарних джерел приходяться на підприємства газотранспортної системи та на комунальні підприємства теплоенергетики: у м. Миколаєві це «Миколаївоблтеплоенерго». Валовий викид хімічних полютантів стаціонарними джерелами викиду за даними 2024 р. у Миколаївській агломерації склав 1432 тон. У загальному обсязі викидів атмосферних полютантів стаціонарними джерелами викиди пилу складали 29-45%, оксиду вуглецю 35-41%, діоксиду азоту 14-25%. З 2022 р. об'єм викидів знизився більше, ніж у два рази, у м. Миколаєві зниження відбулося з 3 до 1 тон.

На рисунку 1 відображено результати розрахунку викидів атмосферних полютантів від різних джерел: стаціонарних і пересувних: громадського та транзитного транспорту. За результатами розрахунку валового викиду хімічних полютантів від транзитного вантажного транспорту у м. Миколаєві маємо, що у м. Миколаєві додатковий викид атмосферних полютантів становив від 16 до 48% для різних полютантів. Додатковий викид летких органічних речовин (формальдегіду) становив 28% (рис. 2).

Спостереження за вмістом полютантів в атмосферному повітрі дозволив визначити розмах варіювання концентрацій твердих частинок пилу PM2,5, який становив від 3 до 13 мкг/м^3, а часточок PM10 – від 12 до 40 мкг/м^3. Визначено наявність перевищення гранично-допустимої середньодобової

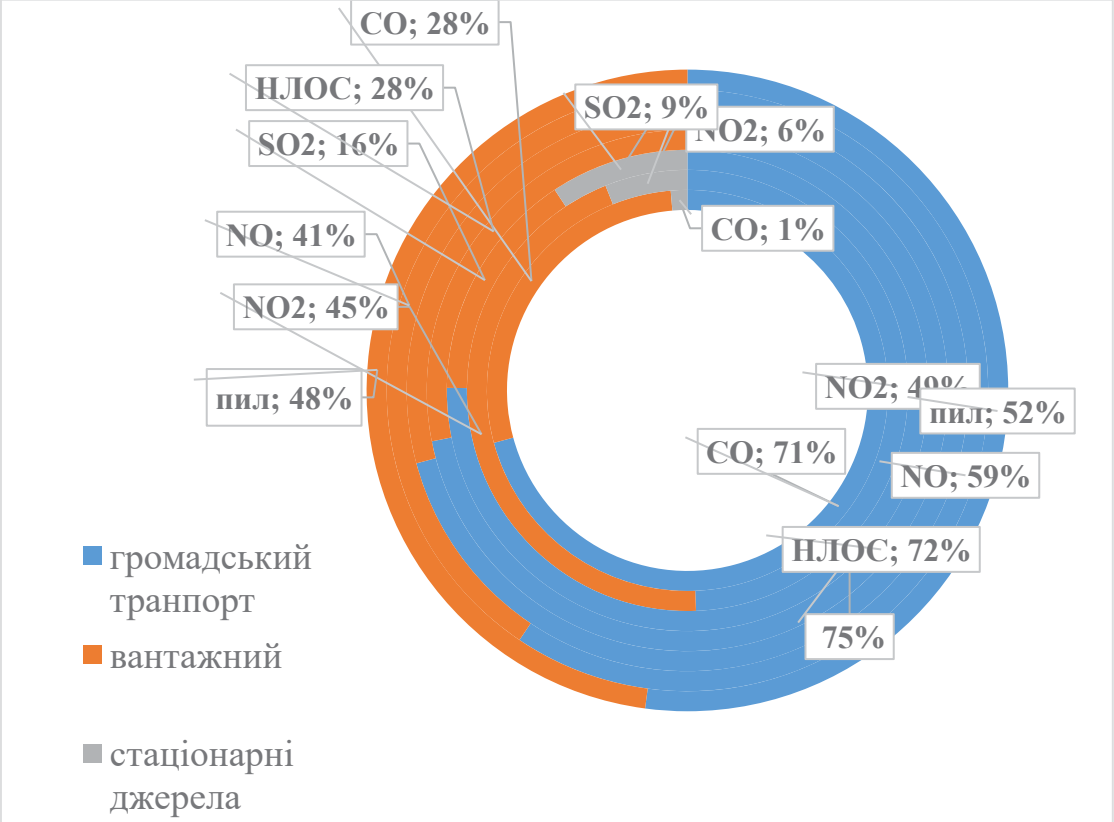


Рис. 2. Кругові діаграми об'ємів викидів полютантів (CO, NO_2, $S0_2$) громадським транспортом, вантажним транспортом та стаціонарними джерелами викидів у м. Миколаєві

концентрації максимальними величинами. Ці максимальні величини стійко фіксувалися у двох точках – точках інтенсивного руху вантажного транспорту: т.2 – вул. Погранична – пр. Богоявленський; т.3 – вул. 12 Лінія – 7-а Повздовжня (промислова зона). Визначено, що середньомісячний рівень формальдегіду в атмосферному просторі м. Миколаєва у період 2015-2025 рр. коливався у межах 0,021–0,081 мг/м^3. Спостереження на станціях індикативних вимірюваннях у довоєнні роки дозволили простежити чітку тенденцію до зростання рівнів формальдегіду у літньо-осінні місяці – періоду інтенсивних потоків транзитного вантажного транспорту (рис. 3).

Для Миколаївської міської агломерації показано, що у повітряному просторі наявне хронічне перевищення гранично-допустимих концентрацій небезпечних полютантів: формальдегід, фтористий водень, двоокис азоту, вуглекислий газ, бензапірен, пил. Особлива велика кратність перевищення нормативів характерна для формальдегіду, основним чинником чого виступає автотранспорт. У воєнні роки забруднення атмосферного повітря, пов'язаного з викидами вантажним автотранспортом, також було високим, адже через місто курсували воєнні машини. При таких масштабах курсуючих вантажівок кількість полютантів, які викидаються у повітря на рік на кожні 10 км транзиту, складає: за чадним газом – більше 17,5 тон; за двоокисом азоту – близько 2 тон; за неметановими леткими органічними сполуками (в т.ч. формальдегід) – біля 5 тон. Транзитні траси проходять безпосередньо через населені пункти (міста: Нова Одеса, Вознесенськ, Південноукраїнськ, Первомайськ, Баштанка, Новий Буг, Казанка тощо та ряд селищних населених пунктів), які не забезпечені, як в європейських країнах, захисними бар'єрами. В результаті атмосферні полютанти насичують повітря та потрапляють до легенів мешканців, осідають на сільськогосподарських землях тощо. Через те, що для станцій індикативних вимірювань характерно відсутність точності результатів, проведено паралельні одночасні вимірювання вмісту формальдегіду на станціях індикативних вимірювань та на стаціонарних постах 2, 4 державної системи моніторингу у м. Миколаєві у листопаді – січні 2021 р. Результати відображено на рисунку 4. Порівняльним методом з фіксованими вимірюваннями визначено поправочний коефіцієнт (0,66) для однієї станції індикативних вимірювань Oxygen Air Fresh Max. Це дозволило внести рекомендацію щодо можливості широкомасштабного використання цих станцій у державній системі моніторингу, після калібрування їх за фіксованими вимірюваннями.

Установлено, що у період воєнних дій у 2022-24 рр. потужність ефективної дози атмосферного повітря

 ISSN: 2306-9716 (Print), ISSN: 2664-6110 (Online)

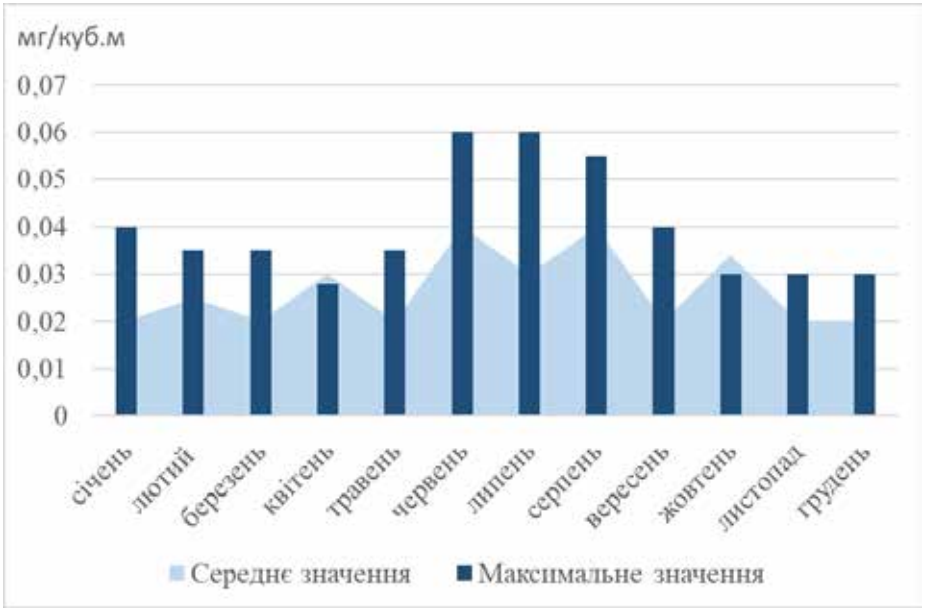


Рис. 3. Середньомісячна (типова) динаміка вмісту CH20 за результатами вимірювань на станціях індикативних вимірювань Oxygen Air Fresh Max, Save Eco Sensor у точці 5 рисунку 1

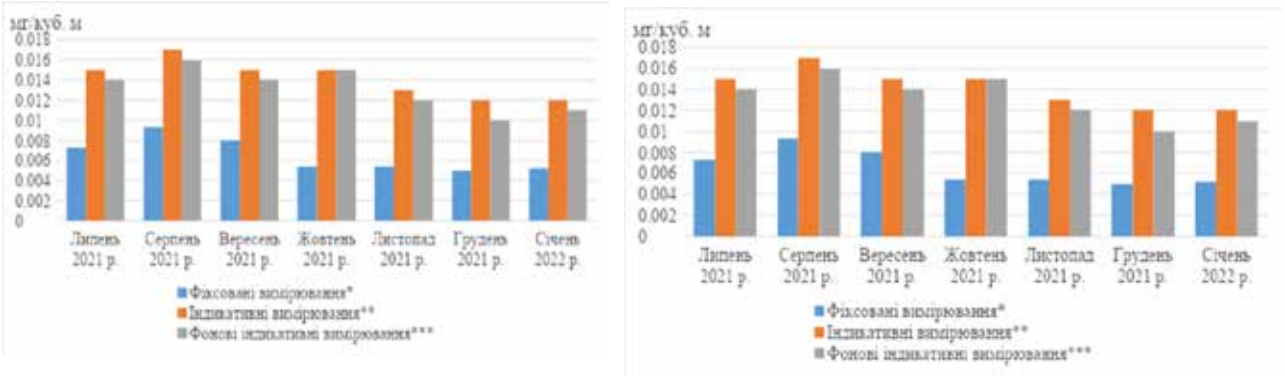


Рис. 4. Порівняння середніх (А) та максимальних значень (Б) між фіксованими (лабораторія Гідрометцентру) вимірюваннями та індикативними вимірюваннями (станції станціями Oxygen Air Fresh) вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі м. Миколаєва за липень 2021 р. – січень 2022 р.

у м. Миколаєві складала рівні 0,12 мкЗв/год, тобто не виходила за межі коливань природного радіаційного фону. З метою розширення можливостей системи радіаційного моніторингу атмосферного повітря проаналізовано архівні матеріали радіоекологічних досліджень у м. Миколаєві у квітні-травні 1986 р. За цими матеріали визначено кореляційну залежність між вмістом йоду-131 у повітрі та величиною потужності ефективної дози. Визначено, що гранично-допустима концентрація радіойоду у повітрі (7,3 Бк/куб.м) досягається при ефективній дозі у повітрі 2,5мкЗв/год (рис. 5). Це дозволило нам внести пропозицію, щоб вимірювання потужності ефективної дози доповнити індикацією контрольного рівня 2,5 мкзВ/год – починаючи з якого потрібно розпочинати аспіраційний відбір проб повітря, адже йод-131 одним з перших викидається при аварії на АЕС.

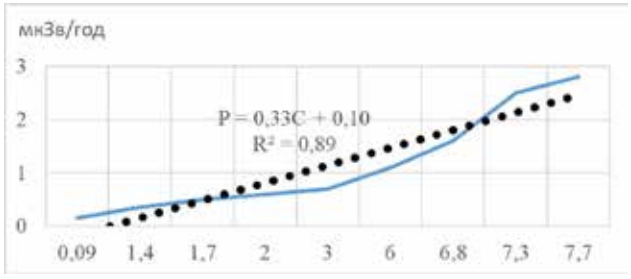


Рис. 5. Взаємозв'язок між вмістом ^{131}I у повітрі м. Миколаєва та рівнем потужності ефективної дози

Ці отримані результати дозволили нам зробити висновок, що існує комплексна проблема щодо екологічної безпеки атмосферного повітря таких агломерацій і представити Smart-систему моніто-

рингу атмосферного повітря, яка дозволяє в постійному он-лайн режимі здійснювати спостереження за: 1) вмістом дрібнодисперсних частинок PM10 і PM2,5, формальдегіду, за потужністю ефективної дози (для окремих населених пунктів), 2) підвищити екологічну стійкість агломерацій та приймати місцевою громадою обгрунтовані рішення для захисту атмосферного повітря.

Smart-система представляє собою розміщення станцій індикативних вимірювань (станцій Save-Dnipro, станцій Eco-city тощо) у кожному населеному пункті (перед в'їздом та після) з під'єднанням станцій до онлайн-платформ SaveEcoBot, EcoCity, IQAir.

Для створення Smart-системи (рис. 6):

1. станції індикативних вимірювань формальдегіду калібруються відповідно до лабораторних вимірів вмісту CH_20 у повітрі,

2. станції індикативних вимірювань потужності ефективної дози калібруються відповідно до гранично-допустимого рівня ^{131}I у повітрі відкритої місцевості;

3. станції індикативних вимірювань розміщуються перед в'їздом у населений пункт та у населеному пункті в районі світлофора (де найбільший викид у повітря атмосферних полютантів);

4. для оперативного реагування на радіаційну загрозу: можливе під'єднання до станцій пробовідбірників атмосферного повітря з автоматичним включенням при перевищенні граничного значення потужності ефективної дози, можливе розміщення пробовідбірників опадів з атмосфери;

5. у територіальних громадах фокусується центр спостережень, доступ до електронних карт, а також можливе додаткове розташування відбору проб опадів з атмосфери та пробовідбірника опадів з атмосфери.

Розгортання у населених пунктах, які розташовані вздовж транспортних магістралей Миколаївщини, станцій Smart-системи дозволятиме кожному мешканцю:

1) в постійному онлайн режимі (на смартфонах, компьютерах) отримувати інформацію про рівні діоксиду азоту, чадного газу, формальдегіду, дрібнодисперсних частинок PM10 і PM2,5, потужності ефективної дози (в окремих пунктах) в атмосферному повітрі населених пунктів;

2) спостерігати про стан атмосферного повітря в населеному пункті на світовій карті моніторингу атмосферного повітря (типу eco-city.org.ua);

3) спостерігати за рівнем потужності ефективної дози опромінення;

Це надасть можливість громадам і місцевому самоврядуванню населених пунктів, через які проходять інтенсивні транспортні потоки, виробляти політику обмеження впливу цих потоків на населення та/або відшкожування завданої шкоди (наприклад, через введення екологічного податку на проїзд тощо). В умовах воєнної загрози викиду радіонуклідіних полютантів з АЕС це дозволятиме швидко орієнтуватися у радіонуклідному складі атмосферного повітря та в оперативному введенні відповідних превентивних заходів.

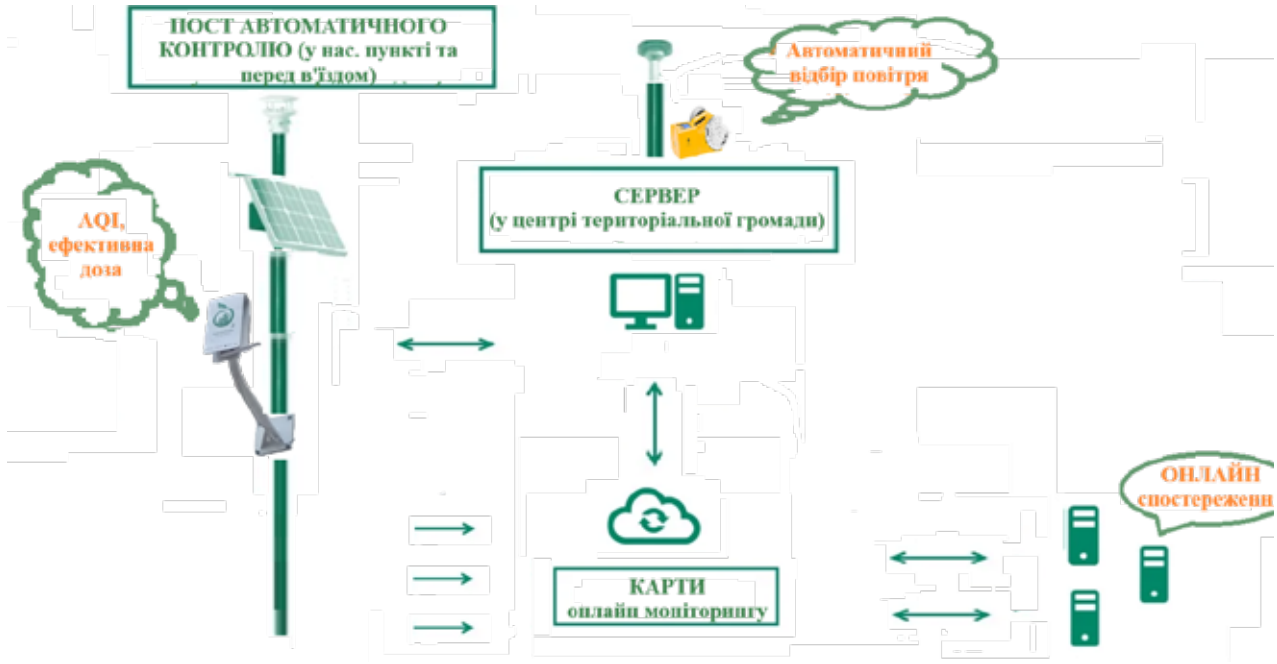


Рис. 6. Принципова схема Smart-системи еколого-радіаційного моніторингу атмосферного повітря у населених пунктах агломерацій, які зазнають комплексного впливу вантажного автотранспортного потоку та перебувають у зоні радіаційного ризику

ISSN: 2306-9716 (Print), ISSN: 2664-6110 (Online)

В результаті буде вирішуватися питання стійкості громади до небезпечних полютантів оточуючого середовища, в т.ч. під час воєнної екологічної загрози.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

1. Обгрунтовано комплексний підхід до системи еколого-радіаційного моніторингу атмосферного повітря агломерацій з урахуванням екологічних (вміст хімічних полютантів) та радіаційних (ефективна доза опромінення) обмежень; застосування підходу дозволить повноцінно оцінювати стан атмосферного повітря та екологічні загрози під впливом стаціонарних, пересувних джерел та радіаційних ризиків під час воєнного стану.

2. Розширено уявлення про формування забруднення атмосферного повітря полютантами у міських агломераціях під впливом викидів полютантів стаціонарними джерелами та пересувними джерелами транзитних вантажних транспортних потоків.

3. Представлено принципову схему створення смарт-системи екологічного моніторингу у населених пунктах, мешканці яких відчувають на собі вплив викидів стаціонарними джерелами, автотранспорту, в першу чергу, від транзитного багатотонажного транс-порту, а також знаходяться в зоні ризику впливу радіонуклідних викидів. Ця система базується на: 1) використанні станцій індикативних вимірювань, для яких визначено поправочний коефіцієнт для формальдегіду (CH_20), 2) використанні граничного значення потужності ефективної дози для початку аспіраційного відбору проб повітря при аварійному викиді радіонуклідів, 3) розміщенні пристроїв відбору проб повітря та опадів з атмосфери, 4) використанні відомих онлайн-платформ екологічного моніторингу. Система дозволить вирішувати питання стійкості громади до небезпечних полютантів атмосферного повітря, в т.ч. під час екологічної загрози, спричиненої воєнними діями.

Перспективи використання результатів дослідження.

Результати досліджень будуть апробовані та верифіковані на рівні інших агломерацій. Результати досліджень використовуються в органах місцевого самоврядування Миколаївської міської ради.

Література

1. Бахарєв В. С. Комплексна система екологічного моніторингу атмосферного повітря урбосистем : дис. … д-ра техн. наук : 21.06.01 / Кременчуцький нац. ун-т ім. М. Остроградського. Кременчук, 2018. 402 с.
2. Вітько В. Брудна бомба на ЗАЕС. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення* : зб. наук. статей XVIII м/н науково-практичної конференції (м. Харків, 15–16 вересня 2022 р.). Харків, 2022. С. 92–99.
3. Григор'єв К., Григор'єва Л. Радіоактивні опади в атмосфері та їх радіоекологічний моніторинг у контексті військових дій. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 12. С. 344–352.
4. Динаміка викидів та скидів радіонуклідів у природне середовище зони спостереження Південноукраїнської АЕС / В. А. Прилипко, М. М. Морозова, Ю. Ю. Озерова та ін. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2023. Вип. 28. С. 158–175.
5. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів : Наказ Держ. комітету статистики України від 13.11.2008 № 452. URL: https://ips.ligazakon.net/document/FIN42578 (дата звернення: 12.07.2026).
6. Семененко Ю. М., Коваленко С. І. Зелені технології в транспорті: екологічні аспекти. *Екологічний вісник*. 2019. № 2. С. 31–35.
7. Стан забруднення атмосферного повітря в Україні напередодні повномасштабного російського вторгнення / М. В. Савенець, І. В. Дворецька, Т. В. Козленко та ін. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2023. № 31. С. 69–87.
8. Статистичні дані Головного управління статистики у Миколаївській області: вебсайт. URL: https://ecolog.mk.gov.ua/store/files/1726742763.pdf (дата звернення: 11.07.2026).
9. Степанчук І. М. Автомобільний транспорт і екологічні проблеми міст. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2019. № 6. С. 88–93.
10. Стратегія адаптації до зміни клімату для Миколаївської області: Посилення спроможності регіональних та місцевих органів влади для впровадження та застосування законодавства ЄС у сферах захисту навколишнього середовища, протидії кліматичним змінам та розвитку інфраструктурних проєктів. Миколаїв, 2024. 77 с.
11. Ткачук О. П., Вергеліс В. І. Екологічна ефективність громадського моніторингу атмосферного повітря в Україні. *Екологічні науки*. 2020. Т. 1(58). С. 225–232.

Дата першого надходження статті до видання: 17.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 09.11.2026