



УДК 614.7

## THE ROLE OF MONITORING SYSTEMS FOR THE ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC AIR QUALITY IN THE FORMATION OF A SAFE LIVING ENVIRONMENT

### РОЛЬ МОНИТОРИНГОВИХ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У ФОРМУВАННІ БЕЗПЕЧНОГО ЖИТТЄВОГО СЕРЕДОВИЩА

Nemchenko Y.V. / Немченко Ю.В.

с.р.н., ас., проф. / к.пед.н., доцент.

ORCID: 0000-0001-5081-3163

Kuchmenko O.M. / Кучменко О.М.

с.р.н. /к.пед.н..

ORCID: 0000-0001-5081-3163

Kompanets E.V. / Компанець Е. В.

с.агр.с., ас.п. проф./ к.с.-г.н., доцент.

ORCID: 0000-0002-2438-0066

Mykhailo Dragomanov State University of Ukraine, Kyiv, Pirogova, 9, 01601

Український державний університет ім. Михайла Драгоманова, Київ, Пирогова, 9, 01601

**Анотація.** В роботі розглядається проблема впливу якості атмосферного повітря на безпеку та здоров'я людини. Проаналізовано джерела та компоненти забруднення їх кількісні та якісні показники. Розглянуто загрози для здоров'я людини, які формуються під впливом найбільш поширених забруднювачів. Визначено, що проблема носить глобальний характер і потребує термінового вирішення. Проаналізовано міжнародні та національні підходи до вирішення проблеми. Зазначено, що важливу роль у об'єктивному моніторингу стану забруднення атмосферного повітря відіграють громадські ініціативи та індивідуальні пости спостереження за якістю атмосферного повітря, які об'єднані у регіональні мережі обміну даними та забезпечують в онлайн режимі інформування про появу загроз.

**Ключові слова:** якість атмосферного повітря, індекс якості повітря, забруднення повітря, моніторинг забруднення, громадський пост спостереження, відкриті мережі даних, екологічний чат-бот.

#### Вступ

Проблема безпеки людини була і залишається актуальною впродовж всього історичного процесу. Особливої гостроти та актуальності вона набула в умовах інтенсивного впровадження у повсякденне життя досягнень науки, техніки і технологій. Хижацьке використання природних ресурсів призвело до швидкого їх вичерпання, порушення стійкості екосистем окремих регіонів та глобальних кліматичних змін на планеті в цілому. Серед глобальних викликів цивілізації дослідники зосереджують свою увагу на проблемах якості життєвого середовища, нестачі енергетичних і матеріальних ресурсів, продуктів харчування і якісної питної води та проблему утилізації та переробки промислових та побутових відходів. Рівень безпеки людини в життєвому середовища напряду пов'язаний з місцем проживання, видом трудової діяльності, методами та технологіями, що застосовуються в процесі праці, ефективністю функціонування систем контролю за рівнем небезпек та захисту людини від впливу небезпечних факторів, застосуванням технологій, що сприяють нормалізації параметрів життєвого середовища у звичних та



загрозливих умовах.

Більшість природних ресурсів сьогодні комерціалізовані, що дозволило розбудувати різні системи моніторингу і контролю за ефективністю, якістю та безпекою їх споживання. Єдиним природним ресурсом, який залишається безкоштовним для споживання жителями планети залишається атмосферне повітря. Через велику рухливість повітряного «океану» над поверхнею Землі, якість атмосферного повітря має досить мінливий характер, оскільки забруднювачі можуть перебувати як безпосередньо біля вас так і за багато десятків чи навіть сотні кілометрів. Це обумовлює той факт, що ми споживаємо те повітря, яке нас оточує і не завжди маємо можливість впливати на його якість.

Поряд із глобальними змінами клімату, одним із глобальних компонентів впливу на здоров'я, безпеку та якість життя людини є атмосферне повітря, яке зазнає значного впливу викидів промислових та енергетичних об'єктів і транспорту. Серед забруднюючих речовин в значних кількостях фіксують викиди двоокису вуглецю, діоксид азоту, формальдегід, частки сажі різної форми і фракцій та ін.

За даними Всесвітньої організації здоров'я, у 2019 році 99% населення планети проживало в районах де рівень забруднення атмосферного повітря перевищував гранично допустимі значення, а рівень передчасної смертності з цієї причини (у 2016 р.) становив 9 мільйонів людей на планеті [1]. Забруднення атмосфери обумовлено потраплянням у повітряний простір хімічно-активних шкідливих газів та твердих часток різної форми і розміру. Джерелами надходження шкідливих домішок є автотранспорт, паливно-енергетичні та промислові підприємства, побутові забруднювачі. Серйозну небезпеку для здоров'я людини становлять як зважені тверді частинки (пил і сажа), так і біологічно активні гази (сполуки вуглецю, азоту, сірки і вуглеводнів та ін.). Усі вони формують складну суміш твердих і рідких органічних і неорганічних речовин.

Непрямим показником рівня забруднення атмосферного повітря прийнято вважати концентрацію твердих часток (пил) у повітрі. Атмосферний пил – це сукупність завислих в повітрі дрібних ( $1 - 2 \cdot 10^{-4}$  см) твердих частинок, здатних у безвітряну погоду осідати на поверхню Землі. Основна кількість пилу зосереджена у приземній частині атмосфери на висотах до 500 м. Джерелами пилу можуть бути як природні процеси (вивітрювання гірських порід, виверження вулканів), так і індустріальні (викиди двигунів автомобільного транспорту, паливно-енергетичних і промислових підприємств). Основними компонентами завислих частинок у повітрі є сульфати, нітрати, аміак, хлорид натрію, сажа, мінеральний пил та вода. Навіть низький рівень концентрації дрібних частинок в атмосферному повітрі негативно впливає на здоров'я людини. Високі ж – спричиняють захворювання або призводять до летальних випадків. Глибоко у легені проникають частинки з розміром меншим за 10 мікрон ( $\leq PM_{10}$ ). Більш згубний вплив на здоров'я чинять частки з розміром менше 2,5 мікрона ( $\leq PM_{2,5}$ ). Вони здатні долати *аерогематичний бар'єр* у легенях та потрапляють у кровоносну систему, а потім осідають у тканинах.



Накопичення твердих частинок в організмі посилює ризик розвитку серцево-судинних та респіраторних захворювань, та спричинює захворювання легень. Аналізуючи рівні забруднення атмосферного повітря окремо визначають вміст часток з розміром менше 2,5 мікрон ( $\leq \text{PM}_{2,5}$ ) і менше 10 ( $\leq \text{PM}_{10}$ ) мікрон.

Оскільки граничну величину безпечного рівня вмісту твердих часток у атмосферному повітрі встановити поки що не вдалося, сьогодні послуговуються рекомендованими граничними значеннями концентрації дрібнодисперсних зважених частинок ( $\text{PM}_{2,5}$ ) для середньодобового значення ( $15 \text{ мкг/м}^3$ ). [2] У Глобальних рекомендаціях ВООЗ [3] містяться також проміжні цільові показники концентрації частинок, досягнувши яких буде значно зменшено ризик захворіти на хронічні або гострі респіраторні захворювання.

Серйозну небезпеку для здоров'я людини становлять і біологічно активні гази, такі як озон ( $\text{O}_3$ ), двоокис азоту ( $\text{NO}_2$ ), двоокис сірки ( $\text{SO}_2$ ) та інші. Небезпечні концентрації цих речовин спостерігаються у промислових і міських районах.

Озон ( $\text{O}_3$ ) – це хімічний компонент природного походження, який присутній в атмосфері. Загрозу становить приземний шар озону, який змішуючись з іншими забруднюючими компонентами, за рахунок утворення вільних радикалів, починає більш агресивно впливати на організм людини. Це спричинює серцево-судинні захворювання, клітинне старіння та знижує рівень вироблення природного колагену і еластину. Дослідники зазначають, що рівень ушкодження дихальної системи під впливом озону залежить від концентрації, тривалості впливу, моделі взаємодії і вентиляції легень, та підвищує чутливість до респіраторних інфекцій.

Оксиди азоту ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_5$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$ ): викидається в атмосферу в основному діоксид азоту ( $\text{NO}_2$ ) – безбарвний отруйний газ, що не має запаху і дратівливо діє на органи дихання. Основними джерелами антропогенних викидів двоокису азоту в атмосферу є процеси горіння (системи опалення, теплова генерація, робота двигунів внутрішнього згорання). Особливо небезпечні оксиди азоту в містах, де вони взаємодіють з вихлопними газами автотранспорту і утворюють фотохімічний туман - *смог*. Присутність невеликої концентрації оксидів азоту у повітрі викликає легке покашлювання. Підвищення концентрації спричинює сильний кашель, блювоту, інколи головний біль. Довготривалий вплив двоокису азоту на організм людини викликає такі захворювання на бронхіт та астму. Тривале вдихання двоокису азоту погіршує роботу легень. Контактуючи з вологою поверхнею слизової оболонки, оксиди азоту утворюють кислоти  $\text{HNO}_3$  і  $\text{HNO}_2$ , які спричинюють набряк легень. Рекомендоване граничне значення концентрації двоокису азоту ( $\text{NO}_2$ ) рівне  $10 \text{ мкг/м}^3$ .

Діоксид сірки  $\text{SO}_2$  – безбарвний газ з гострим запахом. Навіть при малих концентраціях ( $20\text{-}30 \text{ мг/м}^3$ ) він створює неприємний смак в роті, подразнює слизові оболонки очей і дихальних шляхів. Рекомендованим середньодобовим граничним значенням концентрації діоксиду сірки є  $40 \text{ мкг/м}^3$ . У ВООЗ зазначають, що періоди підвищення забрудненості повітря діоксидом сірки, зростає кількість госпіталізацій та смертей пацієнтів з серцево-судинними



захворюваннями.

Діоксид сірки реагуючи з водою, утворює сірчисту кислоту – що є однією із основних причин випадіння кислотних дощів, зниження родючості ґрунтів, погіршення здоров'я населення.

*Вуглеводні* (пари бензину, метану та ін.) спричинюють подразнюючий або канцерогенний вплив на організм людини. Подразнюючі вуглеводні (альдегіди – сполуки вуглецю з воднем) впливають на центральну нервову систему (запаморочення...) і на слизові оболонки. Вдихання протягом 8 годин парів бензину в концентрації 600 мг/м<sup>3</sup> спричинюють виникнення головного болю, кашлю, неприємні відчуття в горлі.

Вуглеводні канцерогенної групи завдають більшої шкоди організму людини. Особливо шкідливим є бензопірен (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>), тривалий вплив якого на організм людини викликає подразнення слизових оболонок очей і дихальних шляхів, а у випадку підвищення концентрації відчувається головний біль, слабкість, втрата апетиту, безсоння.

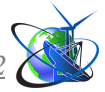
*Формальдегід* – це газоподібна речовина з різким та неприємним запахом. Формальдегід токсичний і внесений до списку отруйних канцерогенних речовин. Він негативно впливає на генетичні функції, дихальні шляхи, очі, шкіру, печінку, нирки, вражає центральну нервову систему. В атмосфері синтезується в результаті фотохімічного процесу під впливом ультрафіолетового випромінювання. Ця речовина є джерелом постійного природного фонового забруднення. Найбільша концентрація формальдегідів спостерігається у повітрі промислових регіонів, де розташовані металургійні та хімічні підприємства, виробництва з виготовлення меблів, полімерів та будівельних матеріалів.

*Сполуки свинцю* до організму людини потрапляють з повітрям. У великих містах вміст свинцю в атмосфері досягає 5 – 38 мг/м<sup>3</sup>, що перевищує природний фон в 10 000 разів. Головним забруднювачем виступає автотранспорт. Сполуки свинцю порушують процеси синтезу гемоглобіну, спричинюють захворювання дихальних шляхів, сечостатевої системи, нервової системи. Особливо небезпечні сполуки свинцю для дітей дошкільного віку.

Отже, забруднення атмосферного повітря — це не регіональна, не локальна, а глобальна проблема, яка потребує негайного вирішення. Важливим міжнародним документом в галузі охорони атмосферного повітря стала Конвенція про транскордонне забруднення атмосферного повітря на великі відстані (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution — CLRTAP), розроблена під егідою Європейської економічної комісії ООН та підписана в м. Женеві (Швейцарія) 1979 року [4].

В Україні Конвенція набула чинності 16 березня 1983 року. Верховна Рада 16 жовтня 1992 року ввела в дію Закон України «Про охорону атмосферного повітря» в якому визнано, що атмосферне повітря є одним з основних життєво важливих елементів навколишнього природного середовища і визначає необхідним здійснювати роботу по збереженню та відновленню природного стану атмосферного повітря, що сприяє формуванню умов для життєдіяльності, забезпеченню екологічної безпеки та запобігає шкідливому впливу





атмосферного повітря на здоров'я людей та навколишнє природне середовище [5].

На державному рівні моніторинг якості атмосферного повітря здійснюється Українським гідрометеорологічним центром [6] у 53 містах і територіях. Для цього використовують 162 стаціонарних, 2 маршрутних пости спостереження та 2 станції транскордонного переносу повітря. Заміри виконуються за базовими показниками [7], а результати оприлюднюються з часовими затримками, що не дозволяє оперативно реагувати на критичні ситуації. Не зважаючи на те, що Україна приєдналась у червні 2020 року до міжнародної системи онлайн інформування про якість атмосферного повітря і перші дані від окремих модернізованих постів спостереження почали надходити в режимі реального часу, більшість регіональних постів продовжують використовувати застарілі технології і підходи.

Натомість громадські та природоохоронні активісти, дослідники, вчені і окремі аматори за власні та спонсорські кошти розробили та активно поширюють серед зацікавлених учасників природоохоронних рухів та окремих активістів недорогі системи автоматичного контролю якості повітря, які об'єднані в регіональні [8] і міжнародні [9, 10] мережі моніторингу якості повітря. Незалежні станції моніторингу якості атмосферного повітря виявляють непропорційний вплив шкідливих забруднювачів повітря серед уразливих і недостатньо досліджених регіонів. Прогалини в системі моніторингу якості повітря в місцях де прогнозувався низький рівень забруднення і відповідно не контролювався державними постами моніторингу, заповнюються незалежними станціями, які виявляють непропорційно великі рівні забруднення. Це підкреслює необхідність здійснювати моніторинг якості повітря на усіх територіях та місцевостях. Як зазначає у своїй доповіді Френк Хаммес, (глобальний генеральний директор IQAir): «У 2022 році більше половини даних про якість атмосферного повітря у світі отримано завдяки зусиллям громадських постів моніторингу» [10].

Інформатизація всіх сфер життя, створює умови для практичного використання досягнень сучасних інформаційних технологій для накопичення, здійснення комплексного аналізу результатів спостережень, встановлення причинно-наслідкових зв'язків між явищами та процесами, забезпечує високий ступінь доступності та відкритості до природоохоронної інформації. Участь громадян у процесі моніторингу якості повітря, підвищує рівень обізнаності населення, формує соціальні зміни, активізуючи спільні зусилля громади для покращення якості повітря. Очікувати коли уряди почнуть надійно контролювати якість атмосферного повітря немає часу через критичність ситуації. Моніторинг якості повітря громадськими організаціями та активістами забезпечує прозорість, достовірність та оперативність отримання даних, що дозволяє покращують якість повітря.

Найбільшим агрегатором відкритих даних про забруднення атмосферного повітря і Україні є проект SeveEcoBot, який на інформаційному ресурсі у відкритому доступі зберігає інформацію про забруднювачів атмосферного повітря, інструменти захисту довкілля і забезпечує інтерактивне інформування



громадян через соціальні мережі та чат-боти про рівні забруднення атмосферного повітря та середовища загалом [7].

Насамкінець, зауважимо, що формування загальнодоступних Інтернет-ресурсів, які поєднують дані про забруднення, забруднювачів та інструменти захисту довкілля, надають дані в реальному часі про якість атмосферного повітря та інші екологічно важливі параметри життєвого середовища дозволяє в режимі реального часу отримувати достовірні дані з альтернативних джерел спостереження, виявляти порушення екологічних, покращувати якість атмосферного повітря в регіонах, країні в цілому шляхом підвищення рівня екологічної обізнаності громадян за рахунок надання безкоштовного та легкого доступу до показників індексу якості повітря та інших публічних природоохоронних даних.

### **Висновки**

Якість життєвого середовища в сучасних умовах розглядається як один з цивілізаційних викликів, який потребує негайного вирішення. Забруднення атмосферного повітря внаслідок глобального впливу на жителів планети впливає на рівень безпеки та якість здоров'я кожного. Під час дослідження встановлено, що головними забруднювачами атмосферного повітря є автотранспорт, гірничо-видобувачі, промислові та енергетичні виробництва. Непрямим показником рівня забрудненості повітря прийнято вважати концентрацію твердих частинок у повітрі. Кількісну оцінку рівня забруднення здійснюють на основі індексу якості повітря. Глобальні рекомендації ВООЗ визначають рівень запиленості за граничними значеннями концентрації дрібнодисперсних зважених частинок розміром менше 2,5 та 10 мікрон. Повільність, а в окремих випадках заангажованість, офіційних учасників моніторингу якості атмосферного повітря, спотворює частину даних і не фіксує порушення екологічного законодавства. Сучасні ІТ технології дозволяють громадським активістам та організаціям розбудовувати альтернативні системи моніторингу якості атмосферного повітря, забезпечувати відкритість даних про результати спостережень та виявляти непропорційний вплив забруднювачів повітря серед уразливих і недостатньо досліджених регіонів.

Отже, розбудова глобальних інформаційних систем дозволяє об'єднати дані отримані на офіційних, громадських та приватних постах спостережень. Це дозволяє збільшити кількість постів спостереження та збільшити площу дослідження, достовірність отриманих даних, оперативність реагування на потенційні загрози забруднення, що в загальному підсумку сприяє підвищенню відповідальності «забруднювачів» за порушення екологічного законодавства та покращенню якості атмосферного повітря.

Інформаційні мережі дозволяють в онлайн режимі інформувати населення про появу потенційних загроз, що знижує рівень негативного впливу на населення.

### **Література:**

1. Якість атмосферного повітря та здоров'я. Офіційний сайт Всесвітньої організації охорони здоров'я. Електронний ресурс Адреса доступу:



(URL:<https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/AQT400-Configuration-Guide-in-English-M212059EN-B.pdf>)

2. «Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць», затверджених т.в.о. головного державного санітарного лікаря України 03.03.2015 р. Електронний ресурс/ Адреса доступу: (URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=81980](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=81980))

3. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Електронний ресурс Адреса доступу: <https://resources.relabhs.org/uk/resource/who-global-air-quality-guidelines-uk/>

4. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Електронний ресурс / Адреса доступу: (URL: <https://www.state.gov/key-topics-office-of-environmental-quality-and-transboundary-issues/convention-on-long-range-transboundary-air-pollution/>)

5. Закон України Про охорону атмосферного повітря Електронний ресурс. Адреса доступу: (URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text>)

6. Український гідрометеорологічний центр Електронний ресурс. Адреса доступу: (URL: <https://www.meteo.gov.ua/>)

7. Що таке індекс якості повітря? Електронний ресурс. Адреса доступу: <https://nubip.edu.ua/node/80156>

8. Об'єднана мережа моніторингу якості повітря Електронний ресурс. Адреса доступу: <https://www.saveecobot.com/>

9. Забруднення повітря у світі: Індекс якості повітря в реальному часі Електронний ресурс. Адреса доступу: <https://waqi.info/uk/>

10. World Air Quality Air. Електронний ресурс. Адреса доступу: <https://www.iqair.com/newsroom/world-air-quality-report-press-release-2022>

11. Об'єднана мережа моніторингу якості атмосферного повітря. Електронний ресурс. Адреса доступу: <https://www.ecochtbot.com>

***Abstract.** The work examines the problem of the influence of atmospheric air quality on human safety and health. Sources and components of pollution and their quantitative and qualitative indicators were analyzed. Threats to human health that are formed under the influence of the most common pollutants are considered. It was determined that the problem is global and requires an urgent solution. International and national approaches to solving the problem are analyzed. It is noted that an important role in the objective monitoring of atmospheric air pollution is played by public initiatives and individual air quality monitoring posts, which are united in regional data exchange networks and provide online information about the emergence of threats.*

***Key words:** ambient air quality, air quality index, air pollution, pollution monitoring, public observation post, open data networks, EcoChatBot.*

Стаття надіслана: 13.06.2023 г.

© Немченко Ю.В., Кучменко О.М., Компанець Е.В.