

МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ВИКИДАМИ ТВЕРДИХ МІКРОЧАСТИНОК

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі проаналізовано еволюцію світових підходів до управління якістю повітря: від контролю загально-го пилу до цілеспрямованого нормування дрібнодисперсних фракцій (PM10, PM2.5). Виявлено ключові нормативні колізії вітчизняної системи екологічного менеджменту, зокрема орієнтацію на застарілі ГДК недиференційованого пилу та гострий дефіцит методик вимірювань для мікрочастинок. Обґрунтовано критичну необхідність комплексної адаптації української дозвільної системи до європейських стандартів (зокрема, Директиви 2008/50/ЄС) для створення достовірних кадастрів емісії та ефективного управління екологічною безпекою міст.

Ключові слова: технології захисту навколишнього середовища, екологічна безпека, управління якістю повітря, тверді мікрочастинки (PM10, PM2.5), екологічне нормування, загальний пил, гранично допустимі концентрації (ГДК), оцінка експозиції, плани поліпшення якості повітря.

Abstract

The paper analyzes the evolution of global air quality management approaches: from controlling total suspended particles to the targeted regulation of fine fractions (PM10, PM2.5). Key regulatory contradictions in the national environmental management system are identified, particularly the reliance on outdated MPCs for undifferentiated dust and an acute shortage of measurement techniques for microparticles. The critical need for a comprehensive adaptation of the Ukrainian permitting system to European standards (specifically, Directive 2008/50/EC) is substantiated to enable reliable emission inventories and effective urban ecological safety management.

Keywords: environmental protection technologies, ecological safety, air quality management, particulate matter (PM10, PM2.5), environmental regulation, total suspended particles (TSP), maximum permissible concentrations (MPC), exposure assessment, air quality improvement plans.

Вступ

Якість атмосферного повітря сьогодні є одним із головних індикаторів екологічної безпеки урбанізованих територій. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), забруднене повітря щороку стає причиною мільйонів передчасних смертей, причому лєвова частка цих випадків пов'язана саме з впливом дрібнодисперсних твердих частинок (Particulate Matter — PM). Довгий час у світовій практиці, і в Україні зокрема, основним критерієм забруднення вважався так званий «загальний пил» (Total Suspended Particles — TSP). Цей підхід передбачав контроль валової маси всіх твердих домішок без розрізнення їхнього розміру чи хімічного складу. Проте сучасна наука довела, що такий метод є недостатньо інформативним, а іноді й помилковим з точки зору оцінки реальної загрози [1-8].

Результати дослідження

Для формування ефективної стратегії управління якістю повітря критично важливо розуміти природу об'єкта управління. Тверді мікрочастинки не є окремою хімічною речовиною; це складна гетерогенна суміш твердих і рідких частинок органічного та неорганічного походження. З управлінської точки зору принциповим є поділ аерозолів за генезисом на первинні та вторинні.

Урбанізовані території характеризуються високою часткою саме вторинних аерозолів, що робить традиційні методи пилоочищення недостатніми: управління забрудненням PM2.5 вимагає одночасного контролю емісії газоподібних прекурсорів. Ключова небезпека полягає у дисперсності: частинки фракції PM10 (менше 10 мкм) осідають переважно у верхніх дихальних шляхах, тоді як фракція PM2.5 здатна долати альвеолярно-капілярний бар'єр і потрапляти безпосередньо в кровоносну систе-

му. Крім того, експоненційне зростання питомої площі поверхні при зменшенні розміру робить РМ2.5 ідеальним сорбентом для високотоксичних сполук — важких металів та поліциклічних ароматичних вуглеводнів.

Розвинені країни відмовилися від боротьби з пилом «взагалі» і перейшли до цілеспрямованого управління емісією конкретних дрібнодисперсних фракцій. З'ясувалося, що системи очистки ефективно вловлювали великі важкі частинки, але пропускали дрібні фракції, які є найбільш токсичними. Традиційна система нормування, орієнтована переважно на жорсткі гранично допустимі концентрації (ГДК) короткочасної дії, виявилася недостатньою.

Оскільки мікрочастинки мають здатність накопичуватися в організмі, критично важливим фактором небезпеки є не лише разовий сплеск концентрації пилу, а й тривалість постійного фонового впливу (експозиція). Сучасні європейські стратегії, зокрема Директива 2008/50/ЄС, запровадили дворівневу архітектуру нормування: вона поєднує середньодобові граничні величини для запобігання гострим впливам з середньорічними лімітами та цільовими показниками зменшення хронічної експозиції населення. Це зумовило перехід до розробки довгострокових Планів поліпшення якості повітря (Air Quality Plans).

Вітчизняна система управління якістю атмосферного повітря наразі спирається на застарілу санітарно-гігієнічну модель. Головним об'єктом контролю у дозвільній системі досі виступає показник «речовини у вигляді суспендованих твердих частинок» (недиференційований пил), що суперечить сучасним світовим підходам.

У рамках євроінтеграційних зобов'язань Україна прийняла Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря (Постанова КМУ № 827), який формально запровадив обов'язок розробляти Плани поліпшення якості повітря [9-12]. Проте на практиці виник управлінський парадокс: спроба накласти сучасні європейські інструменти на застарілу вітчизняну метричну базу.

Висновки

Ефективність впровадження сучасних європейських управлінських інструментів в Україні наразі повністю нівелюється застарілим нормативним базисом. Чинна дозвільна система та відсутність методик виконання вимірювань для РМ-фракцій унеможливають ідентифікацію реальних джерел забруднення в містах.

Для подолання цієї колізії Україні необхідна комплексна синхронізація екологічного законодавства на всіх рівнях: від контролю викидів підприємств до муніципального управління фоновими концентраціями. Пріоритетним напрямком є адаптація методологічних підходів до інструментального моніторингу емісії мікрочастинок та впровадження сучасних систем математичного моделювання їх просторового розсіювання. Це дозволить перейти до ефективного управління якістю повітря задля реального зниження шкідливих викидів, що є базовою умовою забезпечення екологічної безпеки держави.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization.
2. European Environment Agency. (2023). Air quality in Europe 2023. EEA Report No 10/2023. Publications Office of the European Union.
3. Pope III, C. A., & Dockery, D. W. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(6), 709-742.
4. Brunekreef, B., & Holgate, S. T. (2002). Air pollution and health. *The Lancet*, 360(9341), 1233-1242.
5. Dominici, F., Greenstone, M., & Sunstein, C. R. (2014). Particulate matter matters. *Science*, 344(6181), 257-259.
6. Волошина О. Б., Бугерук В. В., Абрагамович О. О., Дукова О. Р., Лисий І. С. Кліматичні зміни, забруднення повітря й артеріальна гіпертензія: шляхи профілактики. *Український кардіологічний журнал*. 2025. № 4. С. 59-66. DOI: <http://doi.org/10.31928/2664-4479-2025.4.5966>
7. Волкова Ю. В. Дрібнодисперсний пил як фактор ризику для здоров'я населення м. Запоріжжя. Екологічні та гігієнічні проблеми сфери життєдіяльності людини : матеріали наук.-практ. конф. (15 берез. 2023 р.). 2023. URL: <http://ir.librarynmu.com/handle/123456789/7089>

8. Гринчишин Н. М. Якість атмосферного повітря за вмістом твердих мікрочастинок (PM 2,5) у містах України в умовах карантину та воєнного стану. Вісник ЛДУБЖД. 2023. № 27. С. 6–15. DOI: <https://doi.org/10.32447/20784643.27.2023.01>

9. Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря : постанова Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 № 827. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text>

10. Про затвердження Порядку розроблення та затвердження планів поліпшення якості атмосферного повітря : наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 01.08.2022 № 268. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1071-22#n15>

11. Про затвердження Порядку розроблення та затвердження короткострокових планів дій : наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 01.08.2022 № 267. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1086-22#n15>

12. Про затвердження Порядку інформування населення про якість повітря за основними показниками з використанням індексу якості повітря в Україні : наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 24.03.2025 № 590. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0536-25#n14>.

Гончарук Вадим Станіславович — аспірант кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vadym.honcharuk@gmail.com.

Петрук Василь Григорович — д.т.н., професор, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: petrukvg@gmail.com.

Кватернюк Сергій Михайлович — д.т.н., професор, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kvaternuk@vntu.edu.ua.

Honcharuk Vadym Stanislavovich — Post-Graduate Student of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vadym.honcharuk@gmail.com.

Petruk Vasyl Grygorovych — D.Sc., Professor, Professor of Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: petrukvg@gmail.com.

Kvaterniuk Serhii Mykhailovych — D.Sc., Professor, Professor of Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kvaternuk@vntu.edu.ua.