

SECTION 8. ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-542-6-21>

IMPROVING THE EFFICIENCY OF ATMOSPHERIC AIR MONITORING THROUGH THE INTRODUCTION OF INDICATIVE METHODS FOR THE ANALYSIS OF FINE PARTICLES

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНДИКАТИВНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ ЧАСТИНОК

Varlamov Ye. M.

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher,
Head of the Environmental
monitoring means sector
Ukrainian Scientific Research
Institute of Ecological Problems
Kharkiv, Ukraine*

Варламов Є. М.

*кандидат технічних наук, старший
науковий співробітник,
завідувач сектору засобів
моніторингу довкілля
Український науково дослідний
інститут екологічних проблем
м. Харків, Україна*

Lebodkin Ie. O.

*Postgraduate Student
Ukrainian Scientific Research
Institute of Ecological Problems
Kharkiv, Ukraine*

Лебодкін Є. О.

*аспірант
Український науково дослідний
інститут екологічних проблем
м. Харків, Україна*

Наявність важких металів у складі дрібнодисперсних частинок розміром до 10 мікрон ($ТЧ_{10}$) значно посилює їхній токсичний вплив особливо на здоров'я людини навіть при низьких концентраціях. Зокрема, у містах з високим рівнем урбанізації і промисловим виробництвом, проблема перевищення гранично допустимих концентрацій $ТЧ_{10}$ та металів стає системною. Важливим аспектом є те, що ці частинки можуть переноситися вітром на значні відстані, забруднюючи великі території, що ускладнює контроль і вимагає ефективних методів моніторингу та є важливим для оцінки якості атмосферного повітря.

Визначення концентрації металів у фракції твердих частинок ТЧ10 в Україні здійснюється відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» [1, с. 9].

Головною метою дослідження є аналіз шляхів удосконалення моніторингу атмосферного повітря шляхом впровадження програмно-алгоритмічних методів обробки даних оптичного аналізу, що дозволить збільшити точність дешевих сенсорних станцій та зробити екологічний моніторинг доступнішим.

Референтні методи дозволяють точно визначати вміст металів у фракції ТЧ₁₀, але крім точності важливим є часовий період визначення концентрацій це тривалий процес, що може займати від 2 до 5 діб залежно від методики аналізу, також проблемами є висока вартість обладнання, обмеження територіального покриття. Ще одна проблема – локальні джерела забруднення, які можуть створювати високі концентрації ТЧ₁₀ у певних районах, але залишатися поза увагою через велику відстань до референтної станції. Це стосується як промислових викидів, так і транспортного забруднення, яке часто носить точковий характер.

Оперативність вимірювань є критично важливою, оскільки концентрації ТЧ₁₀ можуть змінюватися щогодини залежно від викидів транспорту, промислових процесів та погодних умов. Затримка в отриманні даних означає неможливість своєчасного інформування населення та прийняття заходів для зниження впливу забруднення.

Сучасні індикативні методи моніторингу на основі оптичних технологій дають можливість отримувати дані в режимі реального часу. Проте ці методи мають свої недоліки, зокрема, похибки вимірювань та необхідність додаткового калібрування. Саме тому важливо знаходити баланс між швидкістю та точністю моніторингу.

Переваги індикативних методів:

- Низька вартість обладнання (100 – 5 000 євро за сенсор);
- Висока щільність розміщення – можливість встановлення сотень сенсорів по місту. (В Україні почали створювати розгалужену мережу індикативних постів спостереження);
- Миттєве оновлення даних у реальному часі.

В Україні через обмежені ресурси актуальною стає задача поєднання референтних методів з індикативними, що дозволить отримувати точніші дані при мінімальних фінансових витратах.

Однак у реалізації такої задачі існують деякі проблеми, так індикативні сенсори не можуть розрізнити склад ТЧ₁₀ – вони визначають лише загальну масову концентрацію, а це означає, що для аналізу вмісту свинцю, кадмію, арсену або літію [1, с. 9, 2, с. 19]

потрібні лабораторні дослідження або програмно алгоритмічні методи пов'язані з довгостроковим спостереженням за вмістом металів в загальному складі ТЧ₁₀, їх кореляцію з референтними методами за цей же інтервал часу, залежність від умов навколишнього середовища, пори року, регіону і т.п.

Таким чином, для підвищення ефективності моніторингу потрібен комплексний підхід, розширення використання сенсорних технологій і необхідно розробляти алгоритми коригування даних та машинного навчання для підвищення точності результатів. Щоб забезпечити більшу точність вимірювань, необхідно систематично порівнювати дані сенсорів із референтними станціями та коригувати їх за допомогою математичних моделей.

Шляхи підвищення ефективності моніторингу за допомогою оптичних методів аналізу

Індикативні сенсори, що працюють на основі оптичних методів (лазерне розсіювання, абсорбція світла), демонструють високу чутливість, але їхні результати залежать від погодних умов, вологості та інших забруднювачів у повітрі. Для підвищення надійності необхідно застосовувати алгоритми, які дозволяють автоматично коригувати похибки вимірювань.

Розвиток технологій оптичного аналізу відкриває нові можливості для вдосконалення системи моніторингу ТЧ₁₀ та вмісту важких металів у повітрі. Завдяки широкій мережі індикативних датчиків та використанню програмно-алгоритмічних методів обробки даних, можна значно зменшити похибки вимірювань, підвищити оперативність отримання результатів і зробити моніторинг доступнішим.

Основними напрямками підвищення ефективності моніторингу атмосферного повітря є вдосконалення алгоритмів аналізу даних, кореляція сенсорних вимірювань із референтними методами, застосування машинного навчання для корекції похибок та створення системи моніторингу в режимі реального часу.

Авторами розглядалась можливість застосування деяких методів корекції та кореляції даних, таких як:

- використання фільтрів Калмана для зменшення шумів та аномальних відхилень;
- динамічне коригування даних з урахуванням температури, вологості та концентрації інших газів (наприклад, NO₂, O₃);
- глобальне калібрування: періодичне оновлення коефіцієнтів корекції на основі історичних даних із референтних станцій;
- локальна корекція: урахування специфічних особливостей кожного регіону (наприклад, промислові зони можуть мати унікальні профілі забруднення);

- створення регресивних моделей, що дозволяють знаходити залежності між показниками сенсорів та еталонними вимірами.

Таким чином динамічне коригування вимірювань дозволяє значно підвищити точність моніторингу атмосферного повітря. Використання моделей корекції допомагає:

- зменшити вплив шумів і похибок через погодні фактори;
- отримувати більш реальні значення концентрацій металів у ТЧ₁₀;
- оперативно адаптувати дані для правильного прогнозування забруднення.

Для повноцінного використання цього потенціалу необхідно:

- Оптимізувати мережу розміщення індикаторних сенсорів;
- застосовувати мобільні сенсорні станції, що можуть швидко змінювати місце розташування залежно від ситуації.
- створити автоматизовану платформу збору та аналізу даних;
- реалізувати інтеграцію сенсорів у єдину систему, яка передаватиме дані до централізованої бази у реальному часі;
- використовувати інтерактивні карти забруднення, доступні для органів влади та громадськості.

Такі методи є ключовими для екологічного моніторингу, що дозволить використовувати сенсори не лише для загальної оцінки рівня забруднення, а й для детального аналізу змін концентрацій у часі та своєчасного реагування на зміну якості повітря.

Література:

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 14.08.19 № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/343-99-%D0%BF>
2. 2008/50/EC: Directive of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. URL: http://eurlex.europa.eu/Result.do?RechType=RECH_celex&lang=en&code=32008L0050 (accessed on 22 August 2019).