

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПОВІТРЯ

Забруднення атмосферного повітря є однією з найгостріших екологічних проблем сучасних промислових міст. Інтенсивний розвиток промисловості, транспорту та енергетичного сектору призводить до зростання концентрацій шкідливих речовин, таких як PM_{2.5}, PM₁₀, CO, NO₂, SO₂, H₂S та інших токсичних газів. Особливо критичною ситуація є у великих промислових центрах, зокрема у Кривому Розі, де велика кількість металургійних підприємств і відкритих кар'єрів сприяє значному забрудненню атмосфери. При цьому традиційні методи моніторингу, які базуються на стаціонарних постах, мають суттєві обмеження, оскільки не дозволяють оцінити просторову неоднорідність забруднень, зокрема їх розподіл у вертикальному профілі.

Одним із найбільш перспективних методів оперативного контролю забруднення є використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у поєднанні з високоточними газоаналізаторами. Такі комплекси дають змогу швидко збирати дані на різних висотах, виявляти зони підвищеної концентрації забруднюючих речовин та створювати тривимірні карти розподілу забруднення повітря. У цьому дослідженні використано газоаналізатор Sniffer4D-Mini2, встановлений на безпілотник DJI Matrice 350 RTK, що дозволяє з високою точністю визначати рівні шкідливих речовин у реальному часі.

Експериментальні вимірювання проводилися у промислових районах Кривого Рогу на різних висотах, починаючи від 10 м і досягаючи 120 м. Це дозволило оцінити не лише горизонтальний, але й вертикальний розподіл забруднюючих речовин. Аналіз отриманих даних показав, що найвищі концентрації PM_{2.5}, NO₂ та SO₂ зафіксовані у безпосередній близькості до металургійних заводів та основних транспортних магістралей. У той же час, на висотах понад 80 м концентрації токсичних газів поступово знижувалися, що свідчить про розсіювання забруднень під дією атмосферних процесів.

Дані, отримані за допомогою комплексу Sniffer4D-Mini2 та DJI Matrice 350 RTK, порівнювалися з показниками стаціонарних моніторингових станцій. Виявлено, що використання БПЛА дозволяє отримати більш деталізовану та точну картину забруднення, оскільки охоплює ділянки, які не контролюються стаціонарними засобами. Зокрема, було виявлено, що у певних промислових зонах рівень PM_{2.5} може перевищувати допустимі норми у 3–4 рази в години пікового навантаження.

Важливою перевагою запропонованого підходу є можливість мобільного екологічного моніторингу, що дозволяє швидко реагувати на зміни у якості повітря та оперативно виявляти джерела забруднення. Крім того, застосування дронів дозволяє отримати дані у важкодоступних або небезпечних зонах, таких як кар'єри, зони промислових відходів або ділянки з інтенсивним рухом транспорту.

Аналіз отриманих результатів демонструє, що безпілотні системи моніторингу можуть стати ефективним інструментом для екологічного контролю промислових міст. Крім того, можливість інтеграції цих даних із GIS-системами та прогностичними моделями відкриває перспективи створення автоматизованих систем екологічного моніторингу, які здатні в режимі реального часу аналізувати стан атмосфери та передбачати динаміку забруднення.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення можливостей комплексу шляхом інтеграції нових сенсорів для вимірювання концентрації важких металів у повітрі, викидів летких органічних сполук та мікропластика. Крім того, перспективним напрямком є використання алгоритмів штучного інтелекту для аналізу великих обсягів екологічних даних та розробки систем раннього попередження про критичні рівні забруднення.

Список літератури

1. Noh D., Oh E. Chemical Detection Using Mobile Platforms and AI-Based Data Processing Technologies // *Journal of Sensor and Actuator Networks*. – 2025. – Vol. 14, №1. – Article №6. <https://www.mdpi.com/2224-2708/14/1/6>
2. Thakral I., Kumari S., Singh K. K. Drone-assisted air quality monitoring in urban areas // *AIP Conference Proceedings*. – 2025. – Vol. 3224. – №1. – C. 020002. <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/3224/1/020002/3335084>