

DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2026.01.096

## ДОСЛІДЖЕННЯ НЕОДНОРІДНОСТІ ДАНИХ АНАЛІЗУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

Федоренко О.Д.<sup>1</sup> [ORCID], Клим В. Ю.<sup>2</sup> [ORCID]

<sup>1</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, аспірант, Україна

<sup>2</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,  
канд. наук, доц., Україна

**Анотація.** У роботі досліджуються часові ряди даних моніторингу атмосферного повітря, отриманих з трьох автоматизованих станцій серії «Ефір 1» у містах Дніпро, Павлоград та Нікополь за період 2017–2025 рр. Основну увагу приділено виявленню та аналізу неоднорідностей, спричинених деградацією сенсорної бази внаслідок завершення строку їх експлуатації. Застосування статистичних методів дозволяє відокремити інструментальні похибки від реальних змін концентрацій забруднювальних речовин ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , пил) з урахуванням метеорологічних параметрів. Результати дослідження сприятимуть підвищенню достовірності екологічного контролю та коректній інтерпретації багаторічних даних в умовах техногенного навантаження.

**Ключові слова:** неоднорідність даних, моніторинг повітря, знос сенсорів, інструментальна похибка, достовірність вимірювань, забруднення.

В умовах зростання техногенного навантаження на довкілля особливого значення набувають достовірність та репрезентативність даних моніторингу атмосферного повітря. Ефективність екологічного контролю та прогнозування якості повітря безпосередньо залежить від однорідності та зіставності вимірювань, отриманих з різних спостережних платформ. У зв'язку із завершенням строку служби чутливих елементів газоаналізаторів (сенсорів), актуальності набуває оцінка неоднорідностей, що виникають у рядах даних, які можуть бути помилково інтерпретовані як реальні зміни концентрацій забруднювальних речовин.

Базою для цього дослідження є дані трьох автоматизованих стаціонарних станцій аналізу якості повітря серії «Ефір 1», що належать КП «Центр екологічного моніторингу» Дніпропетровської обласної ради. Станції, введені в промислову експлуатацію у грудні 2017 року, розташовані у трьох промислових центрах регіону: «Ефір 1.1» у м. Дніпро (вул. Набережна Перемоги,

106а), «Ефір 1.2» у м. Павлоград (вул. Соборна, 95) та «Ефір 1.3» у м. Нікополь (вул. Електрометалургів, 3) рис.1.

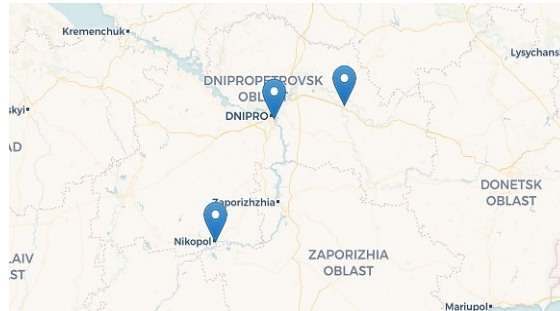


Рисунок 1 – Розташування стаціонарних станцій в промислових центрах регіонів

Кожна станція оснащена сертифікованими газоаналізаторами «АСМ-3.D» (модифікації для  $SO_2/NO_2/CO$  та  $H_2S/O_3$ ) та вимірювачем масової концентрації аерозольних частинок «APCM». Окрім концентрацій забруднювальних речовин ( $NO_2$ ,  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $O_3$ ,  $H_2S$ , пил), в автоматизованому режимі фіксуються метеорологічні параметри: температура, вологість, тиск, швидкість та напрямок вітру, сонячна радіація, а також тип та інтенсивність опадів.

Спочатку реєстрація даних велася кожні дві хвилини, а з вересня 2019 року частоту було збільшено до однієї хвилини, що сформувало обширну базу для аналізу з 2017 року. Враховуючи знос сенсорів, особливий інтерес становить вивчення неоднорідності часових рядів, щоб відокремити інструментальні похибки від реальної динаміки забруднення повітря.

Для досягнення поставленої мети — виявлення та аналізу неоднорідностей у показниках якості повітря, застосовано комплексний підхід до статистичної обробки часових рядів. Світовий досвід використання сенсорних технологій для моніторингу повітря свідчить про критичну важливість контролю отриманих даних, особливо в умовах тривалої експлуатації обладнання [1, 3]. Враховуючи значний обсяг даних та технічні особливості експлуатації обладнання (наближення до граничного терміну служби сенсорів), першочерговим завданням стало попереднє опрацювання масивів та їхня первинна верифікація. Як зазначають дослідники, проблема деградації сенсорів з часом є однією з головних викликів при створенні мережевого моніторингу [4, 5].

На першому етапі дослідження виконано порівняльну оцінку статистичних характеристик вибірок. Аналіз проводився як у межах кожної окремої станції (для виявлення внутрішніх викидів показників у часі), так і в міжстанційному розрізі (для оцінки просторової варіабельності забруднення). Такий підхід дозволяє допомогти ідентифікувати ділянки часових рядів, де поведінка показників CO перестає корелювати з очікуваними фізичними закономірностями та метеоумовами.

Для кількісної оцінки неоднорідностей застосовано методи описової статистики та кореляційного аналізу. Зокрема, виконано якісний аналіз динаміки змін середніх значень, дисперсії та наявності екстремальних викидів. На основі отриманих результатів проведено групування виявлених неоднорідностей за ймовірними причинами їх виникнення: інструментальні похибки, пов'язані з деградацією сенсорів, та реальні зміни екологічної ситуації, зумовлені техногенною активністю. Аналогічний підхід до класифікації джерел неоднорідності пропонується в роботі [1].

Запропонований у роботі методичний підхід до аналізу дозволяє не лише констатувати наявність неоднорідностей, але й математично скоригувати «зіпсовані» ділянки даних. Виявлення закономірностей у зміні похибок відкриває перспективу для часткового відновлення ретроспективних даних, що суттєво підвищує інформаційну цінність багаторічного архіву спостережень.

### **Висновки**

Проведено комплексний статистичний аналіз часових рядів концентрацій оксиду вуглецю (CO), отриманих з трьох автоматизованих станцій моніторингу повітря за період 2017–2025р. Дослідження неоднорідностей даних є критично важливим етапом верифікації результатів моніторингу, особливо в умовах тривалої експлуатації сенсорного обладнання [3, 5]. Застосована методика дає змогу розрізняти зміни, спричинені деградацією датчиків від реальних коливань рівня забруднення атмосферного повітря.

Врахування метеорологічних параметрів при аналізі неоднорідностей підвищує достовірність інтерпретації даних та дозволяє мінімізувати хибні висновки про погіршення або покращення екологічної ситуації, що

підтверджується висновками інших дослідників [2, 4]. Подальші дослідження доцільно спрямувати на автоматизацію процесів виявлення неоднорідностей та розробку методів калібрування даних в умовах зносу сенсорної бази.

#### **ЛІТЕРАТУРА / REFERENCE**

1. Karagulian, F., et al. Review of the performance of low-cost sensors for air quality monitoring. *Atmosphere*. 2019, 10(9), 506. DOI: 10.3390/atmos10090506
2. Rai, A. C., et al. End-user perspective of low-cost sensors for outdoor air pollution monitoring. *Science of the Total Environment*, 2017, 607, 691-705. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.06.266
3. Lewis, A., & Edwards, P. Validate personal air-pollution sensors. *Nature*, 2016, 535(7610), 29-31. DOI: 10.1038/535029a
4. Morawska, L., et al. Applications of low-cost sensing technologies for air quality monitoring and exposure assessment: How far have they gone? *Environment International*, 2018, 116, 286-299. DOI: 10.1016/j.envint.2018.04.018
5. deSouza, P., et al. An analysis of degradation in low-cost particulate matter sensors. *Environmental Science: Atmospheres*, 2023, 3(3), 521-536. DOI: 10.1039/D2EA00142J

#### **RESEARCH ON THE HETEROGENEITY OF AIR QUALITY ANALYSIS DATA**

Oleksii Fedorenko, Klym Viktoriia

**Abstract.** *The paper examines time series of atmospheric air monitoring data obtained from three automated stations of the “Efir 1” series in the cities of Dnipro, Pavlohrad, and Nikopol for the period 2017–2025. The main focus is on identifying and analyzing irregularities caused by the degradation of the sensor base due to the end of their service life. The application of statistical methods allows for the separation of instrumental errors from actual changes in pollutant concentrations (NO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, particulate matter) while accounting for meteorological parameters. The results of the study will contribute to improving the reliability of environmental monitoring and the correct interpretation of long-term data under conditions of anthropogenic load.*

**Keywords:** *data heterogeneity, air monitoring, sensor wear, instrumental error, measurement reliability, pollution.*