

## ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЗА ДАНИМИ НЕДЕРЖАВНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ

Луцький національний технічний університет

### *Анотація*

*Проаналізовано можливості та особливості використання в Україні даних про якість повітря, отримуваних від громадських систем моніторингу та супутникових систем дистанційного зондування.*

**Ключові слова:** атмосферне повітря, забруднення повітря, моніторинг, недержавні мережі моніторингу, супутникові дистанційні дані

### *Abstract*

*Possibilities and peculiarities of using in Ukraine data on air quality obtained from public monitoring networks and satellite remote sensing systems are analyzed.*

**Keywords:** atmospheric air, monitoring, air pollution, non-government monitoring networks, satellite remote data.

### Вступ

Стан атмосферного повітря у сучасних містах часто є незадовільним та може суттєво впливати на здоров'я та якість життя населення. Очевидною є необхідність постійного контролю вмісту основних забруднюючих речовин. Разом з тим, існуюча державна система моніторингу повітря у багатьох випадках не задовольняє актуальні запити громадськості. Прийнята у 2019р. Постанова КМУ [4] окреслила новий Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря, який повинен значною мірою вдосконалити існуючу систему. Однак практична реалізація цього документа просувається не швидко та з помітними труднощами. В той же час з'являються нові, неофіційні джерела даних про стан атмосферного повітря, що охоплюють новостворені мережі громадського моніторингу, дані спеціалізованих супутників [1-3], розрахункові онлайн-моделі та ін.. Це дає можливість отримувати більше доступної інформації про якість повітря у різних населених пунктах, в т.ч. не охоплених офіційними постами спостережень. Але отримані таким чином дані дуже різноманітні та не завжди можуть бути репрезентативними. Тому ми спробували проаналізувати та порівняти основні можливості, особливості та обмеження при їх використанні.

### Результати дослідження

Одним з новітніх методів моніторингу стану повітря є оцінка вмісту забруднюючих речовин за допомогою спеціалізованих супутникових знімачів. Зараз працює кілька місій від NASA, ESA, JAXA по дистанційному вимірюванню вмісту в атмосфері цілого ряду поллютантів, в т.ч. оксидів карбону, нітрогену, сульфуру.

Найбільші масиви таких даних на сьогодні надаються супутником Sentinel-5P від місії Copernicus Європейського космічного агентства. За ними можна оцінити, зокрема, вміст діоксиду азоту, діоксиду сірки, монооксиду вуглецю, озону, формальдегіду, метану, аерозолів. Для нашої території результати надаються двічі на день, з інтервалом у 1,2-2 години. Але використання цих даних має суттєві обмеження:

- через хмарність значні території не охоплені вимірами;
- вміст поллютантів вимірюється у всьому стовпі (колоні) атмосферного повітря, що знаходиться під супутником, без співвіднесення до конкретного вертикального шару;
- відповідно одиниця вимірювань (моль на квадратний метр) не може бути співставлена із наземними даними через переведення у звичні одиниці концентрацій (ppm, мг/м<sup>3</sup>);
- роздільна здатність знімків становить 7\*3,5 км, (рис.1), чого надто мало для оцінки відмінностей

у забрудненні окремих мікрорайонів міст.

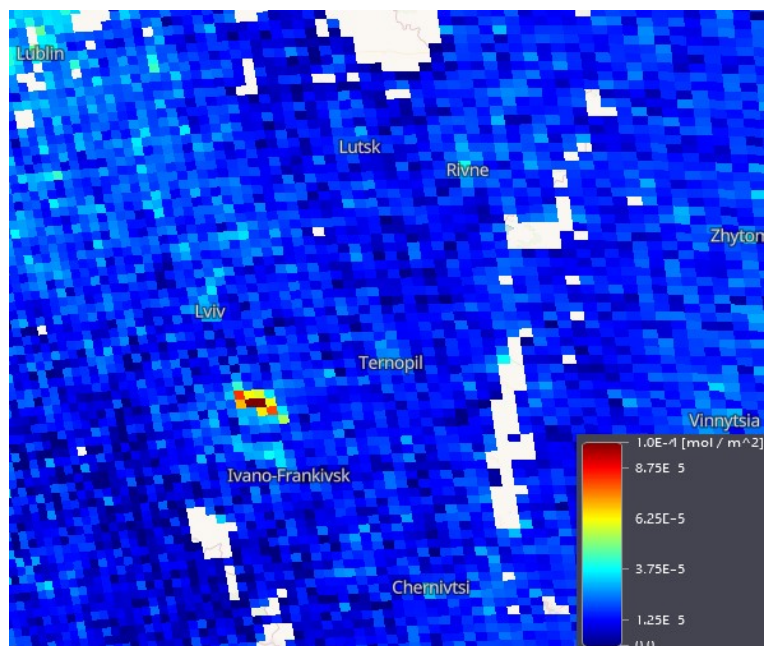


Рис.1. Приклад відображення просторового розподілу вмісту  $\text{NO}_2$  у повітрі за даними Sentinel-5P (від 24.06.2021)

На рис.1 (приклад по частині території Західної України) бачимо мозаїку знімка Sentinel-5P, що складається з великих окремих пікселів. Можна простежити смугу низьких значень вмісту  $\text{NO}_2$  вздовж Карпат, незначні локальні підвищення у містах Рівному, Львові, Тернополі, Вінниці, Чернівцях, а також одну ділянку високих значень на півночі Івано-Франківщини (очевидно, навколо Бурштинської ТЕЦ). За такими даними можна відслідковувати ареал та динаміку поширення забруднень від потужних джерел, але важко виявити локальні відмінності. І хоч зараз опубліковано ряд робіт з налагодження та удосконалення системи оцінки стану повітря за даними Sentinel-5P, із можливістю деталізації на рівні міст [3, 5], проблеми валідності та співставності таких даних лишаються.

Мережі громадського моніторингу стану повітря, що базуються на об'єднанні в одну мережу приватно встановлених сенсорів, також мають свої переваги й недоліки. В Україні вони розвиваються віднедавна, фактично з 2018 року. Найвідомішими системами онлайн-моніторингу стану повітря є SaveEcoBot та EcoCity, ЛУН-Місто, КП «Екомоніторинг» Дніпропетровської обласної ради, Air-KyivSmartCity (остання зараз призупинена). Також є окремі сенсори від міжнародних мереж (LuftDaten, WeatherUnderground тощо). На сьогодні найбільша кількість станцій моніторингу повітря в Україні – в мережі EcoCity, найповніша карта стану повітря – на сервісі SaveEcoBot (він об'єднує фактично всі відомі станції, що вивантажують дані про забруднення в онлайн режимі). На основі аналізу даних цих мереж, власного досвіду встановлення та функціонування однієї з станцій моніторингу та перевірки показів інструментальними вимірюваннями, можемо виділити такі особливості:

- розрізненість мереж дає більше даних та більшу незалежність, але часто не дозволяє ці дані об'єднувати в один масив і адекватно порівнювати;

- у різних станцій (в т.ч. і в межах однієї мережі) різні набори сенсорів – від типових давачів  $\text{PM}_{2,5}$  і  $\text{PM}_{10}$  разом з термогігрометром (є практично у всіх, хоч і різних моделей та виробників) до складних комплексів із вимірюванням  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , ультрафіолетового випромінювання та радіаційного фону;

- точність результатів дуже відрізняється. Метеопоказники та дрібнодисперсні аерозолі переважно вимірюються добре, значення співставні з результатами паралельних вимірювань. Натомість вміст аміаку, оксидів сірки, вуглецю та азоту у станціях з дешевшими сенсорами іноді відображався невірно;

- більшість сенсорів недовговічні, із заявленим строком служби 1-2 роки. Їм потрібне також регулярне чищення та калібрування (чого, звичайно, більшість власників не роблять);

- станції моніторингу встановлюються в дуже різних умовах, на різних висотах (де зручно власни-

кам), у місцях із впливом різних додаткових природних і антропогенних факторів. Це, знову ж таки, накладає обмеження на повноцінне використання цих даних;

- у приватних власників станцій буває можливість програмно змінювати (калібрувати) вимірювані значення, при цьому можливе як покращення точності показів, так і свідоме або ж помилкове внесення суттєвих похибок. Тому іноді у громадськості виникають сумніви в достовірності таких даних (приклад на рис.2)

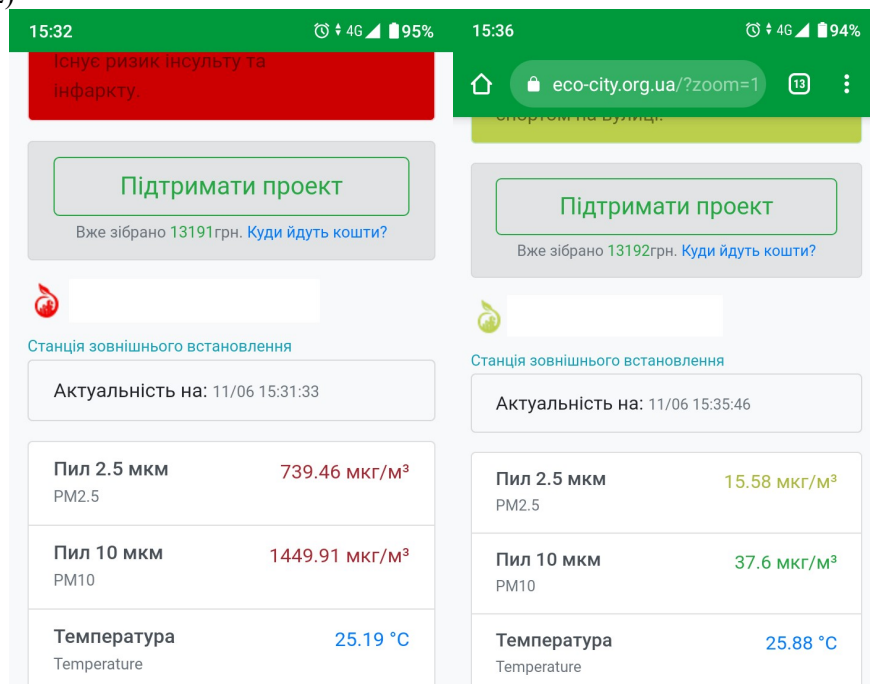


Рис.2. Приклад відображення швидкої зміни концентрації забрудників за даними однієї з станцій громадського моніторингу (у період помітного задимлення приземного повітря викидами сусіднього заводу).

Існує також ряд сервісів, які намагаються поєднати супутникові дані моніторингу із наземними шляхом математичного та картографічного моделювання. Це, наприклад, Windy, BreezoMeter, Ventusky (перші 2 навіть мають офіційні договори з CAMS Copernicus) та ін. Вони надають яскраві карти-візуалізації покомпонентних забруднень, які при поєднанні з вбудованими метеоанімаціями дають гарне уявлення про поширення полутангів. Разом з тим, як і у випадку з безпосередніми супутниковими вимірюваннями, фонові значення концентрацій переважно відображаються коректно, а локальні екстремуми в містах часто не проявляються.

## Висновки

Стрімкий розвиток недержавних мереж моніторингу значно розширює можливості оцінки стану повітря та доступу громадськості до її результатів. Разом з тим, кожна з них має ряд своїх недоліків та обмежень, які необхідно обов'язково враховувати у наукових та науково-практичних дослідженнях. Як правило, дані супутникових знімів та найвідоміших онлайн-моделей добре відтворюють особливості стану повітря у регіональному масштабі, але мало придатні для оцінки локальних відмінностей в межах невеликих міст. А мережам станцій громадського моніторингу не вистачає, в першу чергу, довіри до точності вимірювань, а також уніфікації обладнання та протоколів роботи. Тому при проведенні досліджень стану повітря доцільно використовувати та поєднувати як офіційні результати моніторингу на державних постах стаціонарних спостережень, так і дані громадських та супутникових мереж, верифікуючи їх додатковими інструментальними вимірюваннями та математико-статистичною обробкою.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Довгий, С. О., Терлецька, К. В., & Бабійчук, С. М. (2020). Кліматична освіта в Малій академії наук України. *Наукові записки Малої академії наук України*, (2 (18)), 3-13.

2. Забруднення повітря в Україні з космосу (2020). За ред.: Ян Лабохи, М.Сорока. Прага-Київ : ARNIKA, 2020. 38 с.

3. Савенець, М. В., Осадчий, В. І., & Орещенко, А. В. (2021). Моніторинг якості атмосферного повітря над територією України з деталізацією для міст за даними супутника Sentinel-5P. *Вісник Національної академії наук України*, (3), 50-58.

4. Постанова КМУ № 827 (2019). Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-p>.

5. Savenets, M., Dvoretzka, I., & Nadtochii, L. (2019). Current state of atmospheric air pollution in Ukraine based on Sentinel-5P satellite data. *Visnyk of VN Karazin Kharkiv National University. Ser. Geology. Geography. Ecology*, 51, 221-223.

**Федонюк Микола Ананійович** – канд. геогр. наук, доцент кафедри екології та агрономії, Луцький національний технічний університет, Луцьк. e-mail: [m.fedoniuk@lntu.edu.ua](mailto:m.fedoniuk@lntu.edu.ua)

**Соніч Іван Іванович** – здобувач вищої освіти II (магістерського) рівня спеціальності 101-Екологія, Луцький національний технічний університет

**Федонюк Віталіна Володимирівна** – канд. геогр. наук, доцент кафедри екології та агрономії, Луцький національний технічний університет, Луцьк,

**Fedoniuk Mykola A.** – PhD (Geography), Assistant Professor of Department of Ecology and Agronomy, Lutsk National Technical University, Lutsk.

**Sonich Ivan** – master's student of the specialty 101-Ecology, Lutsk National Technical University, Lutsk.

**Fedoniuk Vitalina V.** – PhD (Geography), Assistant Professor of Department of Ecology and Agronomy, Lutsk National Technical University, Lutsk.