

ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ГРОМАДСЬКОГО МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ

Ткачук О.П., Вергеліс В.І.

Вінницький національний аграрний університет

вул. Сонячна, 3, 21008, м. Вінниця

tkachukop@ukr.net

Представлено види станцій громадського моніторингу атмосферного повітря та організації-оператори обладнання. Визначено перелік забруднюючих речовин, які можуть фіксувати станції громадського моніторингу атмосферного повітря. Візуалізовано карти та формат видачі інформації щодо моніторингу атмосферного повітря станціями. Співставлено вимоги Постанови Кабінету Міністрів № 827, Директив 2008/50/ЄС та 107/2004/ЄС щодо можливої адаптації до їх вимог моніторингових спостережень станцій громадського моніторингу атмосферного повітря. Визначено роль та місце таких станцій у державній системі моніторингу атмосферного повітря. Обґрунтовано можливість інтеграції результатів моніторингу атмосферного повітря станціями громадського моніторингу у загальнодержавну систему. Встановлено ризики, які можуть виникати при експлуатації станцій громадського моніторингу атмосферного повітря та можливість виникнення внаслідок них похибок вимірювання.

На сьогодні станції громадського моніторингу атмосферного повітря є важливим джерелом розширення, уточнення та оперативності інформації щодо стану атмосфери. Їх простота у конструкції та у монтажі, бюджетність, розвинена мережа дозволяє оцінювати стан повітря практично будь-де, де є інтернет. Достатня точність таких засобів вимірювання може повністю забезпечувати індикативний рівень моніторингу атмосферного повітря. Але станції громадського моніторингу мають залишатися додатковим джерелом екологічної інформації для уточнення, отримання оперативних даних щодо стану повітря та прийняття перших рішень саме жителями. Основним і найбільш точним джерелом інформації щодо стану атмосферного повітря мають залишатися державні стаціонарні пости моніторингу, що забезпечують фіксований рівень спостережень з обов'язковим розширенням мережі їх функціонування та оновленням технічного забезпечення. Перспективними напрямками використання екологічної інформації, одержаної з станцій громадського моніторингу атмосферного повітря є її інтеграція у загальнодержавну систему моніторингу довкілля. *Ключові слова:* атмосферне повітря, громадський моніторинг, характеристики, адаптація, проблеми, ризики.

Environmental efficiency of public monitoring of atmospheric air in Ukraine. Tkachuk O., Vergelis V.

Types of public atmospheric air monitoring stations and equipment operator organizations are presented. A list of pollutants that can be recorded by public air monitoring stations has been determined. Maps and the format of issuing information on atmospheric air monitoring by stations are visualized. The requirements of the Resolution of the Cabinet of Ministers No. 827, Directives 2008/50/EC and 107/2004/EC regarding the possible adaptation to their requirements of monitoring observations of public atmospheric air monitoring stations are compared. The role and place of such stations in the state atmospheric air monitoring system is defined. The possibility of integrating the results of atmospheric air monitoring by public monitoring stations into the national system is substantiated. The risks that may arise during the operation of public atmospheric air monitoring stations and the possibility of measurement errors as a result of them have been established.

Today, public atmospheric air monitoring stations are an important source of expansion, clarification, and efficiency of information on the state of the atmosphere. Their simplicity in design and installation, cost-effectiveness, developed network allows you to assess the state of the air almost anywhere there is an Internet connection. Sufficient accuracy of such measuring devices can fully provide an indicative level of atmospheric air monitoring. But public monitoring stations should remain an additional source of environmental information for clarification, obtaining operational data on the state of the air and making the first decisions by the residents themselves. The main and most accurate source of information on the state of the atmospheric air should remain the state stationary monitoring posts, which provide a fixed level of observations with the mandatory expansion of the network of their operation and updating of technical support. Prospective directions for the use of environmental information obtained from public air monitoring stations are its integration into the national environmental monitoring system. *Key words:* atmospheric air, public monitoring, characteristics, adaptation, problems, risks.

Постановка проблеми. З 2021 року моніторинг атмосферного повітря в Україні проводиться відповідно до Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 року № 827. Відповідно до «Порядку...» моніторинг атмосферного повітря здійснюють такі суб'єкти: Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів, Міністерство охो-

рони здоров'я, Державна служба з надзвичайних ситуацій (ДСНС), Державне агентство зони відчуження, обласні держадміністрації, виконавчі органи міських рад [1].

Існуюча мережа державних постів спостереження за станом атмосферного повітря переважно включає стаціонарні пости типу Пост-2, підпорядковані Українському гідрометеорологічному центру ДСНС. Вони охоплюють лише обласні центри та

промислово-розвинені міста, а їх кількість не дозволяє об'єктивно оцінити стан атмосферного повітря в просторовому форматі як великих міст, так і невеликих населених пунктів і тим більше сіл [2].

Актуальність дослідження. Вже давно стало зрозуміло, що мережа стаціонарних постів моніторингу атмосферного повітря не в змозі забезпечити масштабність спостережень. Об'єктивність і точність проведених спостережень стаціонарними постами моніторингу атмосферного повітря не викликає сумніву. Проте їх недостатня кількість через значні фінансові затрати на закупівлю відповідного обладнання, сертифікацію та атестацію не дозволяють розширити їх мережу. Стаціонарні пости спостережень характеризують якість повітря у місці їх розміщення та у час відбору проб. Тому актуальним питанням є пошук альтернативних шляхів отримання інформації щодо стану атмосферного повітря в різних місцях, які віддалені від стаціонарних постів спостереження за станом атмосферного повітря [3].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Повне впровадження та адаптація Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря, що затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 827 вимагає значного розширення мережі спостережень за станом атмосферного повітря та вільного доступу до інформації щодо якості атмосферного повітря. Це не тільки дозволить визначати якість повітря щодо його впливу на стан здоров'я населення, але й зобов'яже промислові підприємства, що здійснюють забруднення атмосферного повітря, встановлювати очисне обладнання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Принцип моніторингу повітря в ЄС базується на безперервних просторових спостереженнях. Відбір проб повітря по всій країні є недоцільним. ЄС використовує такі методи оцінки якості повітря: фіксовані вимірювання шляхом відбору проб, індикаторні вимірювання та моделювання [4].

Стаціонарні вимірювання передбачають відбір проб повітря, подібно до роботи стаціонарних постів спостереження в Україні. Це найбільш точне вимірювання якості повітря. Індикативні вимірювання відповідають вимогам до якості даних, але є менш суворими, ніж стаціонарні вимірювання. Моделювання – це непряма оцінка концентрацій забруднюючих речовин, що враховує фактори, які впливають на концентрацію забруднюючих речовин. Останні два методи менш точні, але дешевші і можуть охоплювати всю територію держави [5].

Вибір методу вимірювання залежить від фактичної концентрації забруднюючих речовин. Якщо концентрація забруднювачів у повітрі висока, використовуються точні стаціонарні вимірювання. Якщо концентрація забруднюючих речовин низька, вико-

ристовуються індикативні методи та моделювання для наближення до фактичних даних [6].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Неможливість суттєвого розширення фіксованої мережі моніторингу атмосферного повітря в Україні вимагає розширення мережі індикативних вимірювань та системи моделювання. Громадськими організаціями за підтримки Євросоюзу уже впродовж кількох років реалізується програма створення мережі громадського моніторингу атмосферного повітря. Проте такі системи моніторингу атмосферного повітря в Україні не урегульовані. Невідомо, як вони співвідносяться із результатами фіксованої мережі стаціонарних постів спостереження за станом атмосферного повітря. Це вимагає обґрунтування їх функціонування.

Новизна. Дано характеристику системам громадського моніторингу атмосферного повітря, які функціонують у місті Вінниці. Представлено можливі шляхи інтеграції інформації, яка надходить з мережі громадських систем моніторингу атмосферного повітря у загальнодержавну систему.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослідження проводилося на основі інформації, що розміщена в наукових джерелах, офіційних сайтах громадських організацій SaveDnipro [7] і Ecosity [8]. Також висвітлено практичний досвід із використання станції громадського моніторингу атмосферного повітря, встановленої у Вінницькому національному аграрному університеті.

Виклад основного матеріалу. Сьогодні громадський моніторинг атмосферного повітря – це сучасні інструменти моніторингу та оцінки якості повітря, які встановлюються мешканцями населеного пункту, громадськими організаціями, закладами незалежно від держави. Порівняно з державним моніторингом повітря, ці пости надають оперативну інформацію про якість повітря та достовірні дані про кілька ключових забруднювачів у режимі реального часу [9].

Деякі виробники станцій громадського моніторингу інформують громадськість про рівень забруднення повітря та вказують на онлайн-картах, чи безпечно виходити на вулицю вразливим групам населення. Це переважно невеликі пристрої, які зазвичай монтуються на зовнішній стороні вікна і підключаються до розетки. Пости передають інформацію про якість повітря в мережу через Wi-Fi. Інформація, доступна будь-якому користувачеві, автоматично відображається на онлайн-карті [10] (рис. 1, 2).

Громадський моніторинг повітря – це мережа станцій, встановлених місцевими жителями у своїх будинках, офісах, школах, інших громадських будівлях тощо. Мережа станцій громадського моніторингу дозволяє краще оцінити якість повітря в районі, де вони встановлені [11].



1)

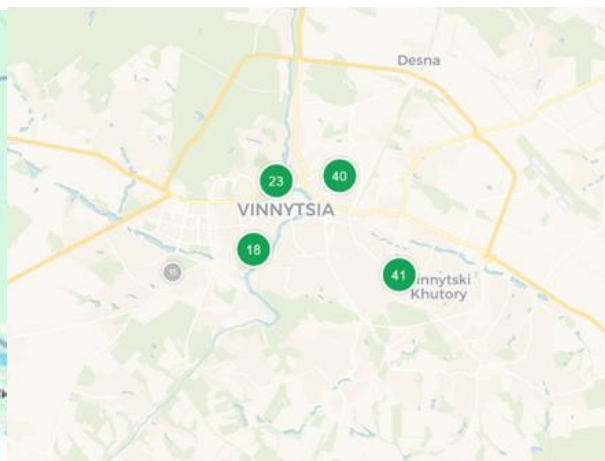


2)

Рис. 1. Станція громадського моніторингу атмосферного повітря SaveEcoSensor (1) і Ecocity (2)



1)



2)

Рис. 2. Онлай-карти якості атмосферного повітря станцій громадського моніторингу Ecocity (1) та SaveDnipro (2)

Громадські станції моніторингу атмосферного повітря вимірюють основні забруднювачі: дрібнодисперсний пил (PM₁₀ і PM_{2,5}), оксид вуглецю (CO), оксиди азоту (NO₂), аміак (NH₃) та озон (O₃). Однак перелік забруднюючих речовин, що контролюються, може від-

різнятися залежно від станції. Зокрема, такі пристрої можуть вимірювати специфічні для регіону забруднювачі, такі як формальдегід, радіацію та інші [12].

Зокрема онлайн інформація щодо якості атмосферного повітря з станцій громадського моніторингу

EcoCity містить інформацію щодо концентрації пилу, основних газів атмосфери, інших токсичних газів, радіаційного фону та метеопараметрів із відображенням інформаційної оцінки щодо загального стану повітря (рис. 3).

Станції громадського моніторингу повітря SaveDnipro висвітлюють інформацію щодо вмісту пилу, радіаційного фону, метеопараметрів та розраховують індекс якості повітря AQI. Також є можливість переглядати динаміку забруднення за попередні 48 год у графічному форматі двох видів з можливістю активного пошуку (рис. 4).

Відповідно до вимог Постанови Кабінету Міністрів № 827 згідно з Директивами 2008/50/ЄС

та 107/2004/ЄС, якість повітря повинна оцінюватися за такими показниками: тверді частинки (PM_{2,5} та PM₁₀), приземний озон (O₃), діоксид азоту (NO₂) та діоксид сірки (SO₂). Ці показники відстежуються з 2017 року для розрахунку Європейського індексу якості повітря. Це дозволяє контролювати якість повітря в режимі реального часу завдяки протоколам передачі даних у реальному часі. Важливо також, що дані можуть оновлюватися кожні шість годин (або частіше) і що можна побачити тенденції вмісту речовин за останні 48 годин [13].

При переведенні оновленої державної системи моніторингу атмосферного повітря у режим онлайн видачі одержаної інформації, можлива інтеграція

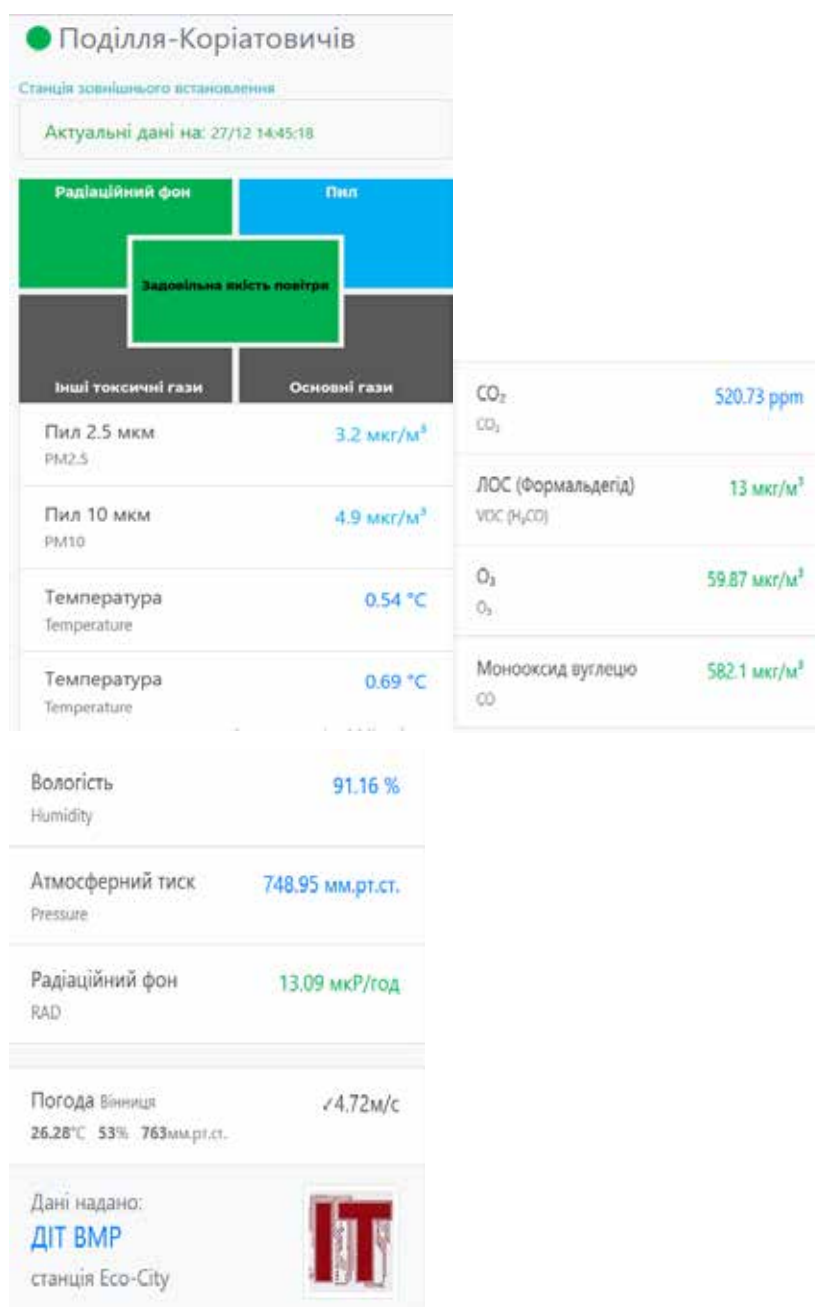


Рис. 3. Інформація з станцій громадського моніторингу атмосферного повітря EcoCity

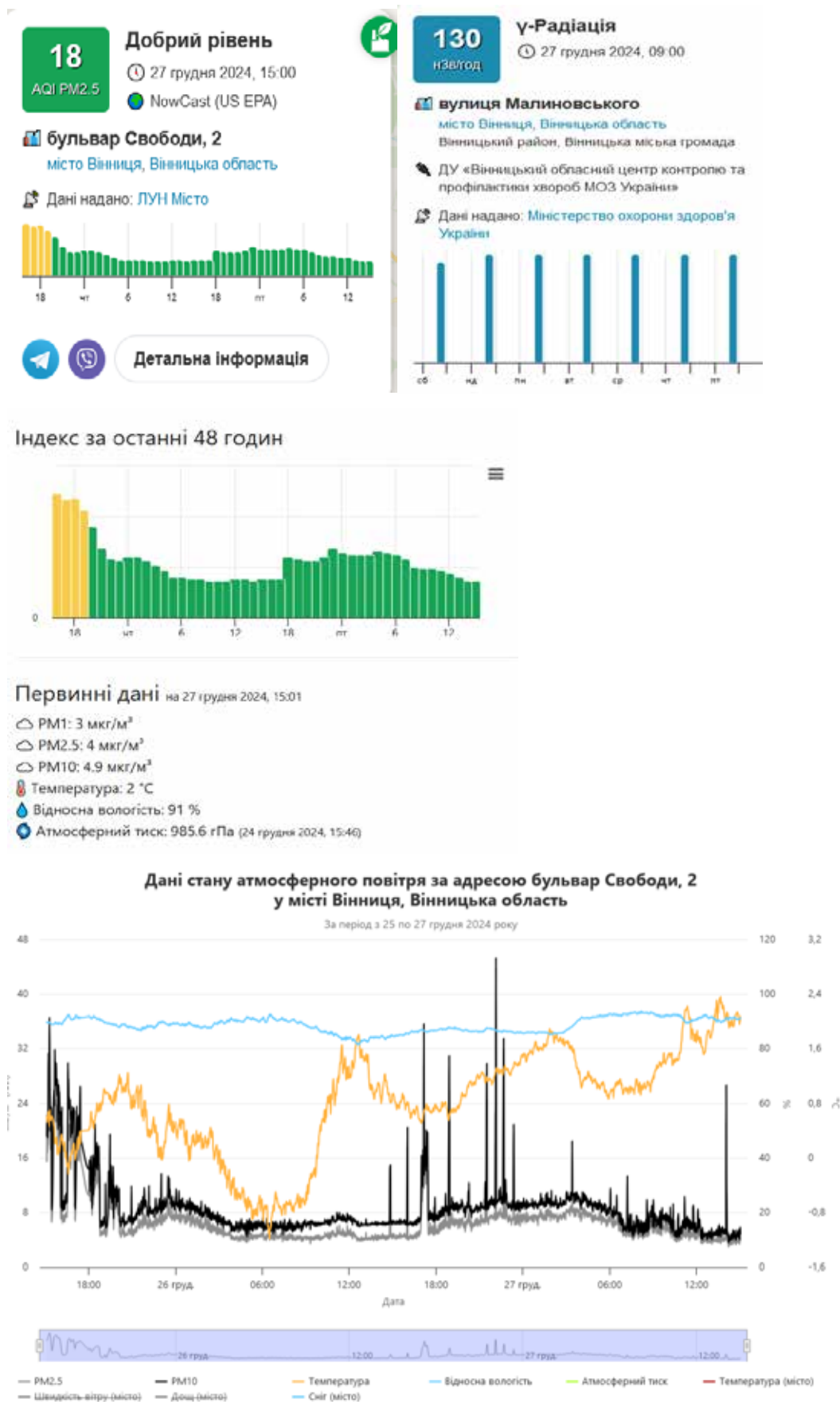


Рис. 4. Інформація з станцій громадського моніторингу атмосферного повітря SaveDnipro

існуючих громадських мереж моніторингу атмосферного повітря. Це суттєво розширить охоплення території, підвищить якість спостережень та дозволить відслідковувати тренди.

Державні пости системи моніторингу атмосферного повітря належать до мережі фіксованих спостережень. Вони мають державну сертифікацію вимірювальних приладів та є джерелами офіційної інформації для використання державними контролюючими органами та ведення позовної діяльності щодо забруднювачів.

Комплексні компактні станції громадського моніторингу атмосферного повітря здійснюють індикативні вимірювання якості повітря. Основним призначенням такого засобу вимірювання є інформування користувачів про стан повітря. А відповідно до Директиви 2008/50/ЄС про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи, застосування додаткових методів оцінки якості повітря сприятиме зменшенню необхідної мінімальної кількості фіксованих пунктів відбору проб [10].

Індикативні станції повинні використовуватися разом з мобільними сертифікованими лабораторіями для реагування на систематичні перевищення фонових концентрацій та виявлення джерел забруднення. Статус пересувної сертифікованої лабораторії повинен дозволяти отримувати офіційні результати вимірювань та перевіряти інформацію з індикативної станції.

Оскільки станції громадського моніторингу повітря відносно недорогі, їх можна використовувати в набагато більшій кількості, ніж стаціонарні пости моніторингу, забезпечуючи додаткове джерело інформації, що охоплює більшу територію. Це зменшує фінансове та ресурсне навантаження на місцеві органи влади, які є основними суб'єктами моніторингу.

Відповідно до Європейської Директиви 2008/50/ЄС про якість повітря та чисте повітря, «індикативне вимірювання» – це вимірювання, яке відповідає вимогам до якості даних, які є менш суворими, ніж фіксовані вимірювання.

Режими роботи та діапазони вимірювань датчиків, що використовуються на громадських станціях моніторингу якості повітря, сумісні з цілями цього інструменту оцінки якості повітря. У Директиві 2008/50/ЄС зазначено, що стаціонарні вимірювання на стаціонарних станціях моніторингу можуть бути доповнені методами моделювання та індикативними

вимірюваннями, які забезпечують отримання адекватної інформації про просторово-часовий розподіл забруднюючих речовин та якість повітря. Водночас, методи індикативних вимірювань з використанням громадських станцій моніторингу є більш надійними, ніж методи моделювання, що базується на масивах даних за останні роки, усереднених і розрахованих за допомогою комп'ютерних методів [12].

Існують застороги зростання похибок вимірювання концентрації пилу у повітрі станціями громадського моніторингу в умовах туману. Це пояснюється використанням у станціях для виявлення пилу лазерних променів, які просвітлюють повітря. В умовах туману лазер гірше просвітлює повітря і фіксує туман, як пил. Це збільшувало фіксовані показники концентрації пилу. Проте більшість сучасних станцій громадського моніторингу на сьогодні мають додаткове обладнання, що усуває дану проблему. Це дозволяє говорити про точність вимірювання показників якості повітря станціями громадського моніторингу у 70–90% порівняно із державними фіксованими станціями моніторингу атмосферного повітря [13].

Головні висновки. Отже, на сьогодні станції громадського моніторингу атмосферного повітря є важливим джерелом розширення, уточнення та оперативності інформації щодо стану атмосфери. Їх простота у конструкції та у монтажі, бюджетність, розвинена мережа дозволяє оцінювати стан повітря практично будь-де, де є інтернет. Достатня точність таких засобів вимірювання може повністю забезпечувати індикативний рівень моніторингу атмосферного повітря. Але станції громадського моніторингу мають залишатися додатковим джерелом екологічної інформації для уточнення, отримання оперативних даних щодо стану повітря та прийняття перших рішень саме жителями. Основним і найбільш точним джерелом інформації щодо стану атмосферного повітря мають залишатися державні стаціонарні пости моніторингу, що забезпечують фіксований рівень спостережень з обов'язковим розширенням мережі їх функціонування та оновленням технічного забезпечення.

Перспективи використання результатів дослідження. Перспективними напрямками використання екологічної інформації, одержаної з станцій громадського моніторингу атмосферного повітря є її інтеграція у загальнодержавну систему моніторингу довкілля.

Література

- Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря. Постанова КМУ від 14 серпня 2019 р. № 827Київ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text> (дата звернення 3.02.2024).
- Про державну систему моніторингу довкілля: Постанова КМУ від 30 березня 1998 року № 391. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF> (дата звернення 3.02.2024).
- Ткачук О.П., Мазур О.В. Проблеми адаптації системи моніторингу атмосферного повітря в Україні до вимог Європейського Союзу. Екологічні науки. 2024. Т. 1. № 1 (52). С. 65-70.
- Кольцов М., Шевченко Л. Моніторинг якості атмосферного повітря: український та міжнародний досвід. Аналітична записка. Київ: ГО «Фундація «Відкрите Суспільство», 2018. 13 с.

5. Мокін В.Б., Дзюняк Д.Ю., Бондалетов К.О., Олійник В.В. Метод і технологія моніторингу стану атмосферного повітря за допомогою універсальної інформаційно-вимірювальної системи з використанням мобільних пристроїв. *Наукові праці ВНТУ*. 2015. № 4.
6. Максютя Н.С. Удосконалення моніторингу атмосферного повітря агломерацій (на прикладі м. Полтава): дис. д-ра філософії: 183. Нац. ун-т «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка». Полтава. 2020. 240 с.
7. Якість повітря в Україні онлайн: карта моніторингу. SaveEcoBot. URL: <https://www.saveecobot.com/maps> (дата звернення 28.12.2024).
8. Есо-City. Громадський моніторинг стану якості повітря. URL: <https://eco-city.org.ua/> (дата звернення 28.12.2024).
9. Чугай А.В., Лавров Т.В. Громадський моніторинг як інструмент оцінки стану повітряного басейну в регіонах України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2022. № 30. С. 81-86.
10. Екоclub. Громадський моніторинг повітря: що це та для чого потрібен. URL: https://ecoclubrivne.org/public_monitoring/ (дата звернення 28.12.2024).
11. Технічна підтримка громадського моніторингу повітря: від кількості до якості. URL: <https://cleanair.org.ua/5802/techpidtrymka/> (дата звернення 28.12.2024).
12. Відповіді на гострі питання про громадський моніторинг. URL: <https://cleanair.org.ua/5813/faq/> (дата звернення 28.12.2024).
13. Громадський моніторинг якості повітря: переваги та процедура інтеграції в існуючу моніторингову систему. URL: <https://ecolog-ua.com/news/gromadskyu-monitoryng-yakosti-povitrya-perevagy-ta-procedura-integraciyi-v-isnuyuchu> (дата звернення 28.12.2024).