

І. В. Васильківський
Д. В. Зелінський

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОГО АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ВІННИЦІ

Вінницький національний технічний університет

У статті описано діючу державну систему державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря України. Дана система моніторингу спрямована на забезпечення екологічно чистого атмосферного повітря. У місті Вінниці, до складу цієї системи входить лабораторія спостережень за забрудненням атмосферного повітря Вінницького обласного центру з гідрометеорології, яка здійснює постійний лабораторний контроль стану забруднення атмосферного повітря у місті Вінниці на двох стаціонарних постах спостереження забруднення. Існуюча мережа ПСЗ не дає в повному обсязі оцінку стану забруднення атмосферного повітря, через невисоку частоту вимірювань в ручному режимі. З 2023 року у Вінниці були встановлені і почали функціонувати станції моніторингу повітря EcoCity. Дані станції моніторингу повітря дозволяють мешканцям міста стежити за змінами якості повітря у місті в реальному часі та підтримувати свідоме ставлення до екологічних проблем. В роботі проаналізовано роботу системи моніторингу викидів забруднюючих речовин у місті Вінниці. Запропоновано першочергові заходи для забезпечення доступного та екологічно чистого середовища для мешканців міста Вінниці.

Ключові слова: забруднення атмосфери, моніторинг атмосферного повітря, автотранспорт, відпрацьовані гази, аерозолі.

Вступ

Беззаперечним, природним ресурсом №1 для людини в біосфері, є атмосферне повітря. Але атмосферне повітря є також необхідним виробничим ресурсом для транспорту, теплоенергетики, промисловості та інших видів діяльності людини.

Найпоширенішими шкідливими газовими забруднювачами атмосферного повітря, які викидаються транспортом, промисловістю і теплоенергетикою є: SO₂, SO₃, H₂S, NH₃, CO, CO₂, оксиди Нітрогену, бензапірен, сполуки Хлору, Флуору, вуглеводні. Серед промислових аерозолів – зустрічається вугільний пил, зола, сульфати та сульфідні металів (Феруму (Fe), Плюмбуму (Pb), Купруму (Cu), Цинку (Zn) тощо), кремнезему, хлоридів, сполуки Кальцію (Ca), Натрію (Na), Фосфору (P). У викидах містяться також пари основних кислот (HCl, H₂SO₄, HNO₃), ртуті, феноли. В міру збільшення абсолютних кількостей забруднюючих речовин в атмосфері можливості розсіювання викидів для більшості міст і густонаселених районів України практично вичерпані. Здатність атмосфери до самоочищення, яке відбувається за рахунок протікання фізико-хімічних процесів між компонентами забруднювачів і компонентами самої атмосфери обмежується, особливо зі збільшенням масштабів її забруднення. Оскільки виробнича діяльність викликає погіршення природного атмосферного середовища, суспільство зобов'язане взяти на себе турботу щодо відновлення його властивостей та охорони від подальшої деградації. Забезпечення екологічно чистого атмосферного повітря є однією з найбільш актуальних проблем в сучасному технологічному суспільстві, оскільки науково-технічний прогрес та розширення виробництва і транспорту пов'язане зі зростанням негативних антропогенних впливів на атмосферу.

Захист атмосферного повітря є однією з найбільш актуальних проблем в сучасному технологічному суспільстві, оскільки науково-технічний прогрес і розширення виробництва пов'язане зі зростанням негативних антропогенних впливів на атмосферу [1].

Постановка проблеми

Відпрацьовані гази (ВГ) двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) являють собою гетерогенну дисперсну систему, до складу якої входить суміш газів, пари, краплин рідин і дисперсних твердих часток. Всього ВГ містять близько 280 компонентів, серед яких можна виділити ті, що містяться в повітряному середовищі: азот N₂ і кисень O₂, продукти повного згоряння палива (двоокис вуглецю CO₂ і водяну пару H₂O), речовини, що утворюються в результаті термічного синтезу ВГ із повітрям при високих температурах (оксиди азоту N_xO_y, продукти неповного згоряння палива (монооксид вуглецю CO, вуглеводні C_xH_y, дисперсні тверді частинки, основним компонентом яких є сажа), а також оксиди сірки, альдегіди, продукти конденсації і полімеризації. Крім продуктів згоряння палива у ВГ присутні продукти згоряння мастила і речовини, що утворюються із присадок до палива і оливи. У незначних кількостях (1-2%) ВГ містять водень H₂ і інертні гази - Ar та ін [2].

Тому, головною метою даної роботи є пошук оптимальної системи екологічного моніторингу атмосферних забруднень Вінниці для виявлення реального рівня забруднення і прийняття своєчасних управлінських рішень.

Основна частина

В регіонах України діє Програма державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря, яка є довгоочікуваним кроком у реалізації державної політики в галузі охорони атмосферного повітря.

Державний моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря здійснюється з метою забезпечення збирання, оброблення, збереження та проведення аналізу інформації про якість атмосферного повітря, оцінювання та прогнозування її змін і ступеня небезпечності, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі охорони атмосферного повітря, у сфері охорони навколишнього природного середовища, а також інформування населення про якість атмосферного повітря, вплив його забруднення на здоров'я та життєдіяльність населення.

На основі даних та інформації, отриманої в результаті здійснення моніторингу атмосферного повітря, визначається рівень забруднення атмосферного повітря на певній території за певний проміжок часу, відповідність стану атмосферного повітря вимогам якості повітря; здійснюється контроль та оцінка впливу на якість повітря заходів, спрямованих на обмеження викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, оцінка впливу забруднення атмосферного повітря на навколишнє природне середовище, здоров'я та життєдіяльність населення.

Атмосферне повітря надзвичайно динамічний об'єкт і рівень його забруднення змінюється доволі швидко, пропорційно швидкості руху повітряних мас. Тому, для якісного екологічного моніторингу атмосферного повітря потрібні системи здатні проводити вимірювання і відображати отримані результати в режимі реального часу. Результати вимірювання концентрації забруднюючих речовин у атмосферному повітрі, отримані із інтервалом часу - година і більше, є застарілими і неактуальними. Висвітлювати застарілі дані забруднення, без вказування часу вимірювання, означає - поширювати завідомо недостовірну інформацію серед населення. Як показують численні дослідження атмосферного повітря, біля транспортних магістралей із великим потоком автотранспорту, концентрація забруднюючих речовин постійно змінюється пропорційно виду і кількості автотранспорту, швидкості руху і метеумов.

У Вінниці регулярно проводиться моніторинг стану атмосферного повітря. Спостереження здійснюються на стаціонарних постах, розташованих у різних районах міста. Контроль забруднення повітря у місті Вінниці здійснює лабораторія спостережень за забрудненням повітря міста Вінниці Вінницького обласного центру з гідрометеорології (ЦГМ) [3].

Щомісяця аналізується вміст понад десятка шкідливих речовин. До основних домішок, що контролюються, належать завислі речовини, діоксид сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю та інші.

Показники порівнюються з гранично-допустимими концентраціями, аби оцінити рівень забруднення та потенційну загрозу для здоров'я населення. Такий моніторинг допомагає контролювати стан довкілля та своєчасно реагувати на зміни, що можуть вплинути на здоров'я мешканців.

Фахівці лабораторії спостережень за забрудненням атмосфери Вінницького ЦГМ зазначають, що загальна ситуація з якістю повітря в місті є стабільною, однак випадки перевищення допустимих рівнів окремих речовин свідчать про необхідність подальших спостережень та екологічного реагування.

Спеціалістами лабораторії спостережень за забрудненням атмосферного повітря Вінницького обласного центру з гідрометеорології здійснюється постійний лабораторний контроль стану забруднення атмосферного повітря у місті Вінниця на двох стаціонарних постах спостереження забруднення (ПСЗ) (рисунок 1): Пост №1 розташований на вулиці Київська, 25; Пост №2 – на Немирівському шосе, 29 [3].

У повітрі визначається 15 забруднювальних домішок, з них основні - завислі речовини, діоксид сірки, оксид вуглецю та діоксид азоту і специфічні - фтористий водень, аміак, формальдегід та вісім важких металів (залізо, кадмій, манган, мідь, нікель, свинець, хром, цинк).

Оцінка стану забруднення атмосферного повітря проводиться шляхом порівняння з відповідними гранично допустимими концентраціями (ГДК) речовин у повітрі населених міст (таблиця 1).

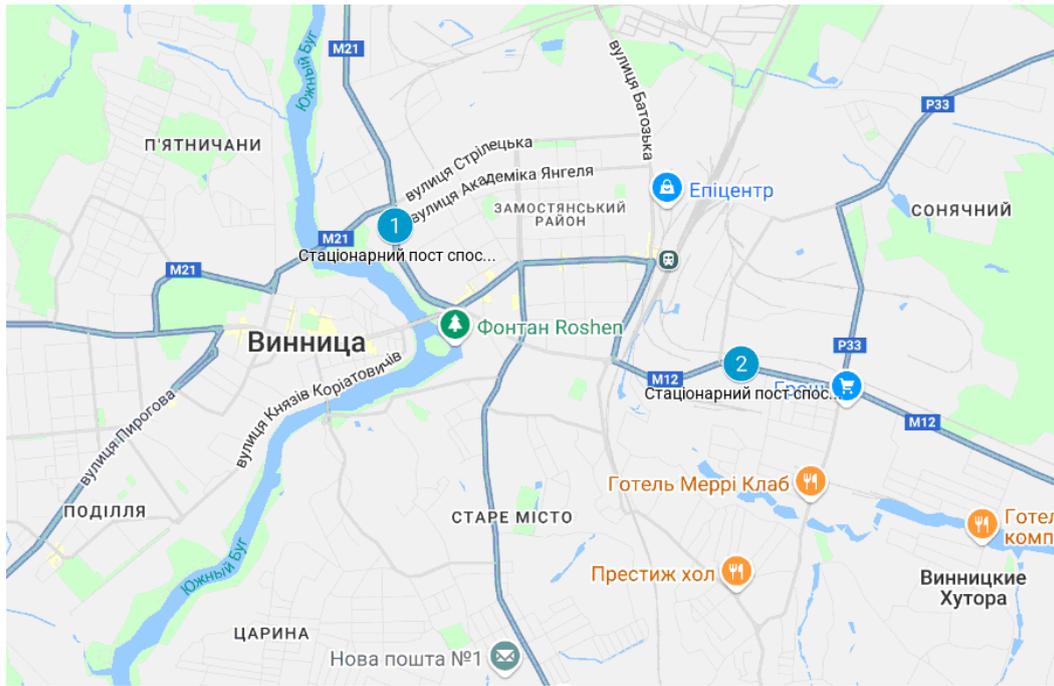


Рисунок 1 – Розташування постів спостереження забруднення ПСЗ №1 і ПСЗ №2 у місті Вінниці

Таблиця 1

Середні концентрації забруднювальних речовин в повітрі міста Вінниці в кратності до гранично-допустимих концентрацій (ГДК)

Дата	Завислі речовини	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Фтористий водень	Аміак	Формальдегід
24.05.2025	0.2	0.0	0.2	1.3	1.9	0.6	6.8
23.05.2025	0.0	0.0	0.2	1.8	0.7	0.4	0.0
22.05.2025	0.0	0.0	0.2	2.0	0.1	0.0	0.0
21.05.2025	0.0	0.0	0.2	2.0	2.4	0.0	0.7
20.05.2025	0.0	0.0	0.2	1.6	0.9	0.1	0.0
19.05.2025	0.0	0.0	0.2	1.7	0.4	0.3	3.3
17.05.2025	0.0	0.0	0.2	1.2		1.5	0.0
16.05.2025	0.0	0.0	0.2	2.0	0.4	0.1	0.0
15.05.2025	1.0	0.0	0.2	1.7	1.1	0.1	0.0
14.05.2025	0.0	0.0	0.3	1.4	2.6	0.1	1.4

Пости спостереження забруднення (ПСЗ) державного моніторингу атмосферного повітря розташовані безпосередньо біля самих завантажених автомагістралей міста Вінниці. Однак, існуюча мережа ПСЗ не дає в повному обсязі оцінити стан забруднення атмосферного повітря, через невисоку частоту вимірювань в ручному режимі.

У місті Вінниця, як і в багатьох інших містах України, стан якості повітря стає все актуальнішою проблемою для місцевого населення. Міський голова Вінниці Сергій Моргунов ініціює впровадження нових технологій та ініціатив задля забезпечення доступного та екологічно чистого середовища для мешканців міста.

Так, для створення прозорого моніторингу стану якості повітря у Вінниці діє мережа станцій, що відстежує цей показник. Зокрема, у березні 2024 року міська рада Вінниці отримала від міжнародних партнерів ще дві станції моніторингу повітря EcoCity (рисунок 2) [4].

Сергій Московко, заступник начальника відділу інформатизації департаменту інформаційних технологій Вінницької міської ради, розповів, що місто Вінниця підтримує сучасні екологічні тенденції, які сьогодні є в Європі та світі. Зокрема, міська рада зобов'язалася працювати відповідно до Європейського Зеленого курсу, тому всі сфери діяльності у місті мають його дотримуватись [4-6].

Одним із таких кроків є встановлення станції моніторингу повітря EcoCity (рисунок 3) за інформаційним табло на фасаді будівлі міської ради. Всі дані зі станції відображаються на табло

(рисунок 5), яке розмістили на вході до Вінницької міської ради. Це дозволяє мешканцям міста стежити за змінами якості повітря у місті в реальному часі та підтримувати свідоме ставлення до екологічних проблем.



Рисунок 2 - Дві станції моніторингу повітря ЕсоСіті (фото/Вінницька міська рада) [4]



Рисунок 3 - Станція моніторингу повітря ЕсоСіті на фасаді будівлі ВМР (фото/архів С. Московко) [4]. Відстає до вулиці Соборної близько 100 метрів.



Рисунок 4 – Розташування сенсорів станції моніторингу атмосферного повітря біля проїзної частини дороги

Заступник начальника відділу інформатизації департаменту інформаційних технологій Вінницької міської ради Сергій Московко наголошує на важливості такої ініціативи: «В нашому місті вже чимало станцій моніторингу повітря. На сьогодні знімаємо показники локально тільки з нашої станції моніторингу (яка на будівлі ВМР) і виводимо їх раз у 20 хвилин. Поки що це пілотний проект. Надалі плануємо розширити цю можливість, оновлюючи показники кожні 30 секунд або 1 хвилину. При цьому будемо підтягувати дані з інших станцій, розташованих в різних районах міста» [4-6].

Таке рішення надає можливість активно долучати мешканців міста до розв'язання проблеми забруднення повітря та допомагає громадськості бути більш освіченою щодо стану довкілля, додає пан Сергій. Однак, важливим є не лише збір та відображення даних, а і їхня актуальність та наскільки їм можна довіряти [4].

«ЕкоСіті впровадив унікальну версію станції моніторингу, що міряє радіаційний фон, а також інші параметри якості повітря, такі як монооксид вуглецю, PM_{2,5} та PM₁₀, вологість, атмосферний тиск та температура. Такі станції роблять наш моніторинг ще повнішим, об'єктивним та оперативним в разі перевищень шкідливих речовин у повітря, зокрема радіаційної та хімічної небезпеки», – зауважує Сергій Московко [4].

Прозорість та доступність даних, на думку представників Вінницької міської ради, є ключовими аспектами, щоб забезпечити містян якісним моніторингом стану повітря та, в разі небезпеки, оперативно сповістити населення про потенційну загрозу. Саме тому ініціативи, спрямовані на розвиток та вдосконалення системи моніторингу, відіграють важливу роль у створенні здорового та безпечного середовища для мешканців міста [4].



Рисунок 5 - Інформаційне табло на фасаді Вінницької міської ради (фото/архів С. Московко) [4]

«Всі показники з усіх станцій моніторингу повітря збираються дані кожні 15 хвилин протягом доби. А тижневі звіти публікуються для громадськості на Порталі відкритих даних ВМР. Хочу наголосити ще раз, що будь-хто у реальному часі може перевірити рівень забруднення повітря у своєму районі або використати показники з Порталу, проаналізувати, опрацювати їх. Це сприяє залученню громадськості до процесу моніторингу та створює передумови для подальшого розвитку цього напрямку», – зазначає заступник начальника відділу інформатизації Сергій Московко [4].

Оскільки дані відображаються в реальному часі (оновлення раз на 20 хвилин), люди зможуть корегувати свої плани залежно від стану якості повітря, наприклад, в разі перевищення показників шкідливих речовин зачинити вікна, обмежити перебування на вулиці тощо.

Візуалізацію статистичних даних показників стану якості атмосферного повітря можна переглянути на Порталі відкритих даних Вінницької міської територіальної громади. Публікація даних екомоніторингу стану атмосферного повітря вивантажується щотижня [4].

19 червня 2023 року відбувся офіційний запуск проєкту моніторингу якості повітря у Вінниці від ЛУН Місто AIR спільно з представниками міської ради [5]. ЛУН Місто AIR — українська громадська система моніторингу якості повітря, створена з метою покращити екологічну ситуацію в Україні.

Аналогічні станції вже успішно працюють у 8 містах: Києві, Львові, Одесі, Чернівцях, Хмельницькому, Тернополі, Івано-Франківську, Ужгороді. В червні 2023 року мережа розширилась ще на три міста: Вінниця, Луцьк, Рівне. Проєкт розробили команди української IT-компанії ЛУН та Факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем КНУ ім. Шевченка.

Наразі у Вінниці встановлені 7 станцій, вони щосекунди аналізують якість повітря за вікном. Станції вимірюють небезпечні для здоров'я наддрібні частинки: концентрацію PM1, PM2.5, PM10.

Показники у реальному часі виводяться на карту, у Telegram- та Viber-боти. Сервіси ЛУН Місто AIR доступні з телефону та комп'ютера [5].

AQI (Air Quality Index) – індекс якості повітря, розроблений Агенцією з охорони довкілля США і використовується у багатьох країнах світу. Чим більше значення AQI, тим вищий рівень забруднення повітря і негативніший вплив на здоров'я. Результати визначення індексу якості повітря та концентрація аерозолів PM1, PM2,5 і PM10 у повітрі Вінниці представлені на рисунку 6. Рівні якості повітря AQI визначають по таблиці 2 [5, 6].

Із приведених даних станцій моніторингу забруднення атмосферного повітря Вінниці: станція №90 (рисунок 6а); станція №256 (рисунок 16); станція №281 (рисунок 6в); станція №315 (рисунок 6г);

впливає, що у місцях розташування стаціонарних станцій №90, №256, №281 і №315, індекс якості повітря відповідає високому рівню якості повітря (таблиця 2).

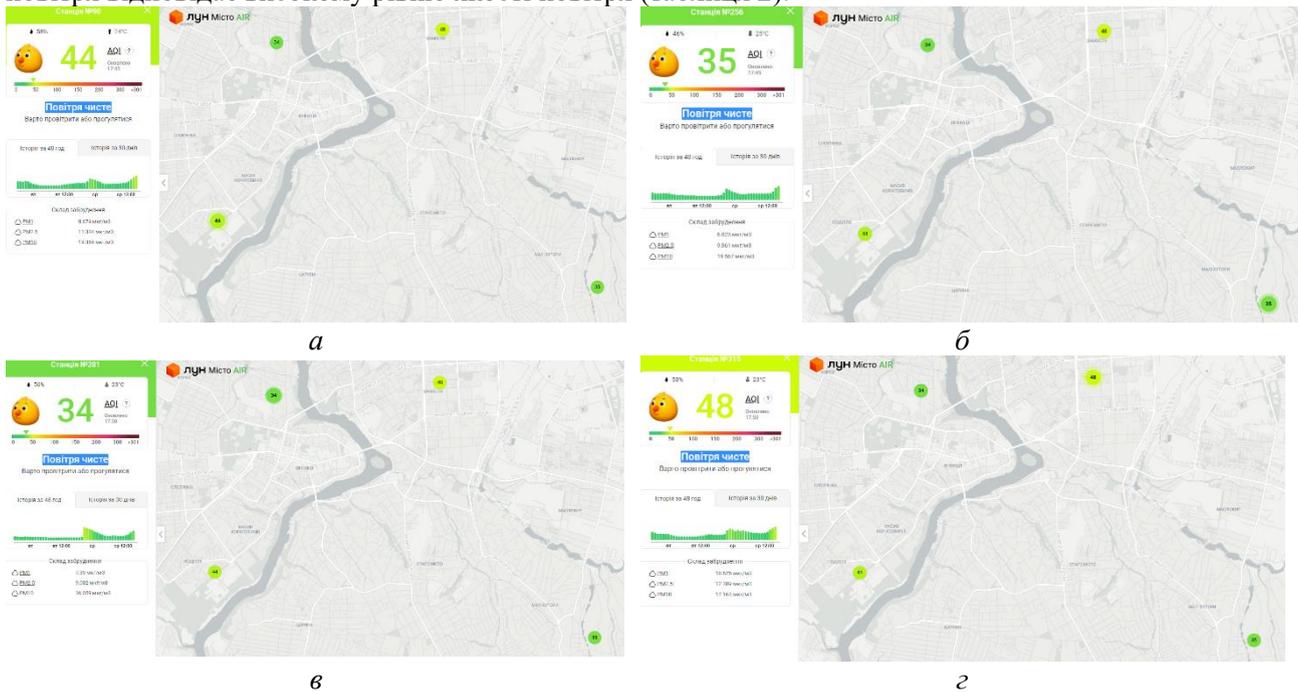


Рисунок 6 – Індекс якості повітря та концентрація аерозолів PM1, PM2,5 і PM10 у повітрі Вінниці [5].

Таблиця 2

Рівні якості повітря AQI

1-50	Повітря чисте. Можна провітрювати, активно проводити час просто неба.
51-100	Повітря прийнятне. Не варто хвилюватися, це нормальний показник.
101-150	Повітря нездорове для чутливих людей. Якщо маєте серцеві чи легеневі захворювання, варто обмежити активності на вулиці. Це ж стосується дітей.
151-200	Повітря нездорове. Варто відмовитися від прогулянки та припинити провітрювання квартири.
201-300	Повітря дуже нездорове. Закривайте вікна та за можливості увімкніть очищувач повітря.
від 301	Повітря небезпечне. Побережіть себе, увімкнувши очищувач чи зволожувач повітря.

В Україні вміст PM10, PM2,5 і PM1 у атмосферному повітрі населених місць не нормується, тому рівень забруднення атмосферного повітря аерозолями PM1, PM2,5 і PM10 оцінити складно.

Однак, як видно з мапи (рисунок 6), всі задіяні станції спостереження розташовані далеко від основних джерел забруднення повітря: транспортних магістралей і промислових об’єктів міста Вінниці.

Отже, робити висновок про чисте повітря на всій території міста Вінниці є некоректним.

Висновки

- Для забезпечення доступного та екологічно чистого атмосферного повітря для мешканців міста Вінниці потрібно здійснити низку першочергових заходів:
 - збільшити кількість станції моніторингу повітря і розмістити їх безпосередньо біля основних промислових об’єктів і автомагістралей міста Вінниці, де відбувається найбільший транспортний потік, на висоті органів дихання людини 1,5-2,0 м, як це показано на рисунку 4;
 - обов’язково розмістити станції моніторингу повітря на зупинках громадського транспорту, де спостерігається найбільша кількість пасажирів, по вулицях: Соборна, Театральна, Хмельницьке шосе, Київська, Келецька, проспект Коцюбинського, Привокзальна, Пирогова, Брацлавська, Немирівське шосе, Замостянська та інші;
 - на основі зібраних даних станції моніторингу повітря створити детальну мапу забруднення приземного шару атмосферного повітря Вінниці, яка буде оновлюватись в режимі реального часу;

- для зменшення забруднення атмосферного повітря центру міста Вінниці, виділи в центральній частині міста Вінниці зону руху виключно електротранспорту, громадського і індивідуального, наприклад по вулиці Соборній;
- зобов'язати приватних перевізників і комунальні підприємства міста Вінниці використовувати транспортні засоби обладнані каталізаторами та система вловлювання викидів;
- розділити і оптимізувати транспортні потоки та розробити нові маршрути руху міського електро- і автотранспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 1. Захист атмосфери: підручник / Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В., Крусір Г.В., Клименко М.О., Сакалова Г.В. – Херсон: Олді-плюс, 2019. – 432 с.
- [2] Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т. 5. Екологізація ДВЗ / За ред. проф. А. П. Марченка та засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова.— Харків: Прапор, 2004.— 360 с.
- [3] <https://meteo.vn.ua/activity/pollution/>
- [4] <https://cleanair.org.ua/12471/monitoring-yakosti-povitya-v-misti-vinnuchya/>
- [5] <https://lun.ua/misto/about-air-vinnytsia>
- [6] Васильківський І. В., Зелінський Д. В. Забезпечення доступного та екологічно чистого середовища для мешканців міста Вінниці / Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025) <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/viewFile/25659/21305>

REFERENCES

- [1] Tekhnolohii zakhystu navkolyshnoho seredovyshcha. Ch. 1. Zakhyst atmosfery: pidruchnyk / Petruk V.H., Vasylykivskiy I.V., Petruk R.V., Krusir H.V., Klymenko M.O., Sakalova H.V. – Kherson: Oldi-plus, 2019. – 432 s.
- [2] Dvyhuny vnutrishnoho zghoriannia: Serii pidruchnykiv u 6 tomakh. T. 5. Ekolohizatsiia DVZ / Za red. prof. A. P. Marchenka ta zasl. diiacha nauky Ukrainy prof. A. F. Shekhovtsova.— Kharkiv: Prapor, 2004.— 360 s.
- [3] <https://meteo.vn.ua/activity/pollution/>
- [4] <https://cleanair.org.ua/12471/monitoring-yakosti-povitya-v-misti-vinnuchya/>
- [5] <https://lun.ua/misto/about-air-vinnytsia>
- [6] Vasylykivskiy I. V., Zelinskyy D. V. Zabezpechennia dostupnoho ta ekolohichno chystoho seredovyshcha dlia meshkantsiv mista Vinnytsi / Molod v nauksi: doslidzhennia, problemy, perspektyvy (MN-2025) <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/viewFile/25659/21305>

Васильківський Ігор Володимирович - к.т.н, доцент кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля. Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: vasilkvskij@vntu.edu.ua ORCID 0000-0002-1514-6569.

Зелінський Дмитро Вячеславович - аспірант кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля. Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: dizelinskiy@gmail.com.

**I. Vasylykivsky
D. Zelinsky**

ENSURING ECOLOGICALLY CLEAN ATMOSPHERIC AIR IN THE CITY OF VINNYTSIA

Vinnytsia National Technical University

The article describes the current state monitoring system in the field of air protection in Ukraine. This monitoring system is aimed at ensuring environmentally friendly air. In the city of Vinnytsia, this system includes the laboratory for monitoring atmospheric air pollution of the Vinnytsia Regional Center for Hydrometeorology, which carries out constant laboratory monitoring of the state of atmospheric air pollution in the city of Vinnytsia at two stationary pollution monitoring posts. The existing network of PSZ does not provide a full assessment of the state of atmospheric air pollution, due to the low frequency of measurements in manual mode. Since 2023, EcoCity air monitoring stations have been installed and started operating in Vinnytsia. These air monitoring stations allow city residents to monitor changes in air quality in the city in real time and maintain a conscious attitude to environmental problems. The work analyzes the operation of the pollutant emission monitoring system in the city of Vinnytsia. Priority measures are proposed to ensure an accessible and environmentally friendly environment for residents of the city of Vinnytsia.

Keywords: atmospheric pollution, atmospheric air monitoring, motor vehicles, exhaust gases, aerosols.

Vasylykivskiy Igor V. – Ph.D. Docent of department of ecology, chemistry and environmental protection technologies. Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, Ukraine. email: vasilkvskij@vntu.edu.ua ORCID 0000-0002-1514-6569.

Zelinsky Dmytro V. – postgraduate of department of ecology, chemistry and environmental protection technologies. Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, Ukraine. email: dizelinskiy@gmail.com.