

УДК 502:504.3.054:504.064.

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.34>**МОНІТОРИНГ РІВНЯ ПИЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ В М. УМАНЬ****Василенко О.В.** – к.с.-г.н.,

завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет садівництва

**Нікітіна О.В.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет садівництва

**Балабак О.А.** – д.с.-г.н.,

професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет садівництва

**Балабак А.В.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет садівництва

**Гнатюк Н.О.** – к.б.н.,

доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет садівництва

Через свій шкідливий вплив на здоров'я людини забруднення повітря є екологічною проблемою, що викликає серйозне занепокоєння. Велика щільність забудови міста разом із звантаженостю автотранспортом є причинами підвищених концентрацій забруднювачів повітря та, зокрема, пилу. Згідно моніторингу Air Quality Index проблема запилення повітря в м. Умань є актуальною. Особливо, це стосується пилу, розмір частинок якого 1 та 2,5.

Щоб пом'якшити проблему запилення атмосферного повітря у містах, пропонується використання міської рослинності як ефективного засобу зниження концентрації пилу у повітрі, так, як дерева (і рослинність загалом) мають здатність очищати повітря шляхом його осідання на листках. Об'єкти дослідження обирали на території різних еколого-фітоценотичних поясів: парках, скверах або двориках та вуличних насаджень. Досліджували пиленакотичення дерев двох видів роду *Tilia* L. – липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.) і липа широколиста (*Tilia platyphyllos* Scop.).

Результати досліджень вказують на те, що найменша кількість пилу природно затримується в парках. Виявлено, що осідання пилу в IV еколого-фітоценотичному поясі для рослин *Tilia platyphyllos* Scop. вище в 3 рази, а для *Tilia cordata* Mill. – в 4 рази порівняно з рослинами того ж виду, які ростуть в II еколого-фітоценотичному поясі.

Загалом, результати дослідження чітко свідчать про перевищення концентрації пилу в даній урбоecosистемі. Очевидно, що в комунікаційно-стрічкових ландшафтах міста, які є сусідніми до автодоріг (IV еколого-фітоценотичний пояс), виявлено максимальний рівень запилення.

Крім того, серед досліджуваних таксонів більше кількості пилу в IV еколого-фітоценотичному поясі затримує *Tilia platyphyllos* Scop., а *Tilia platyphyllos* Scop. – на 17% менше. Це пов'язано з наявністю/відсутністю опушення на листках, розміром листової пластинки та особливістю крони. Тому, доведено, що рослини, що формують листову поверхню більшої площі, більш перспективні для пилозатримання.

**Ключові слова:** урбоecosистема, пил, індекс якості повітря, міські зелені насадження, пило затримання.

**Vasylenko O.V., Nikitina O.V., Balabak O.A., Balabak A.V., Hnatyuk N.O. Monitoring of dust load level in Uman city**

Due to its harmful impact on human health, air pollution is an environmental issue of serious concern. The high density of urban development combined with heavy traffic congestion are causes of elevated concentrations of air pollutants, including dust. According to the Air Quality

*Index monitoring, air pollution from dust is a significant issue in Uman city. Particularly, this concerns dust particles with sizes of 1 and 2.5 micrometers.*

*To mitigate the issue of atmospheric dust pollution in cities, the utilization of urban vegetation is proposed as an effective means of reducing dust concentration in the air, as trees (and plants in general) have the ability to purify the air by trapping dust particles on their leaves. The study sites were selected within the territory of various eco-phytocenotic zones: parks, squares, courtyards, and street plantings. The study investigated dust accumulation on trees of two species of the genus *Tilia* L. – small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.) and large-leaved linden (*Tilia platyphyllos* Scop.).*

*The research results indicate that the least amount of dust is naturally trapped in parks. It was found that dust deposition in the IV eco-phytocenotic zone for plants of *Tilia platyphyllos* Scop. is 3 times higher, and for *Tilia cordata* Mill. – 4 times higher compared to plants of the same species growing in the II eco-phytocenotic zone.*

*Overall, the research results clearly indicate an excess of dust concentration in the studied urban ecosystem. It is evident that in linear communication landscapes of the city, adjacent to roads (IV eco-phytocenotic zone), the highest level of dust pollution has been detected.*

*Additionally, among the studied taxa, *Tilia platyphyllos* Scop. captures a greater amount of dust in the IV eco-phytocenotic zone, while *Tilia platyphyllos* Scop. captures 17% less. This is associated with the presence/absence of trichomes on the leaves, leaf size, and crown characteristics. Therefore, it has been proven that plants with a larger leaf surface area are more promising for dust retention.*

**Key words:** urban ecosystem, dust, air quality index, urban greenery, dust retention.

**Постановка проблеми.** За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), вплив забрудненого повітря пов'язаний із 4,2 мільйонами передчасних смертей у всьому світі щорічно [1]. Більшість цих передчасних смертей відбувається в містах, так, як у міських районах зараз проживає понад 50 % населення (понад 3,5 млрд. осіб). Прогнозується, що ця частка зросте до 70 % до 2050 року через триваючу урбанізацію [2].

Через свій шкідливий вплив на здоров'я людини забруднення повітря є екологічною проблемою, що викликає серйозне занепокоєння. Велика щільність забудови міста разом із завантаженістю автотранспортом є причинами підвищених концентрацій забруднювачів повітря та, зокрема, пилу.

Дорожній пил, збагачений токсичними елементами, поліциклічними ароматичними вуглеводнями, сажистим вуглецем тощо, є одним із найважливіших джерел надходження в атмосферу грубих, дрібних і наддисперсних часток, що особливо актуально для міст з високою щільністю дорожньої мережі та великими територіями під дорожнім покриттям [3]. У свою чергу, хімічний склад такого пилу визначається впливом широкого спектру антропогенних джерел, а також дефляцією та розмивом опадами придорожніх ґрунтів у літній період (особливо в умовах відносно сухого клімату), видуванням протижелезних агентів взимку і після танення снігу, перенесення частинок із зливовими стоками, осадження зважених частинок атмосфери та опадами. Однак у багатьох містах існує суттєва недостатність інформації про пилові навантаження, яка потрібна для прийняття екологічних управлінських рішень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Велика кількість наукових публікацій доводить значний інтерес дослідників до проблеми запилення повітря у містах. Області дослідження проблеми запиленості повітря від автотранспорту включали вивчення екосистем, що включають дороги різного типу та розміру в межах різних територій землекористування (комерційних, житлових, промислових, рекреаційних тощо) у мегаполісах [4, 5], великих та середніх містах [6, 7], промислових зонах [8], дорогах з твердим та ґрунтовим покриттям між містами та селищами [9].

Українські вчені, зокрема Слободянюк А. О. [10] у своїх дослідженнях вказують на те, що в Україні вивчення забруднення повітря різними фракціями пилу наразі знаходиться лише на початковій стадії. І, як правило, мова йде про вивчення повітря великих обласних міст України [11, 12]. Це актуалізує вивчення запилення атмосферного повітря з метою пошуку можливих шляхів для зниження концентрацій забруднюючих речовин до безпечних для довкілля значень.

**Постановка завдання.** Основна мета даних досліджень полягає в створенні основи для прийняття обґрунтованих рішень щодо покращення якості атмосферного повітря в м. Умань, забезпечення збереження здоров'я населення та розвитку регіону в умовах сталості та екологічної відповідальності. Для цього важливою частиною стратегії міського управління є систематичний процес моніторингу якості складових атмосфери. Таким чином, дослідження рівня запиленості повітря урбоєкосистеми є актуальним. Крім того, основним завданням даного дослідження є оцінка здатності міських дерев до пилезатримання.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Як і в багатьох містах із щільною житловою забудовою в м. Умань існують проблеми із забрудненням повітря. Ці проблеми пов'язані передусім із постійною зростаючою кількістю автомобілів.

В місті розміщена стаціонарна станція моніторингу за станом атмосферного повітря (вул. Садова). Дана станція входить до мережі станцій ГО Eco City. На сьогодні за кількістю станцій ця платформа є найбільшою мережею громадського моніторингу якості повітря в Україні [13]. Результати даного моніторингу фіксуються і на платформі Airnet проєкту World Air Index (Всесвітнього індексу якості повітря – Air Quality Index, China) [14]. AQI (Air Quality Index) – індекс якості повітря, що 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. Типова класифікація якості повітря згідно AQI виглядає наступним чином:

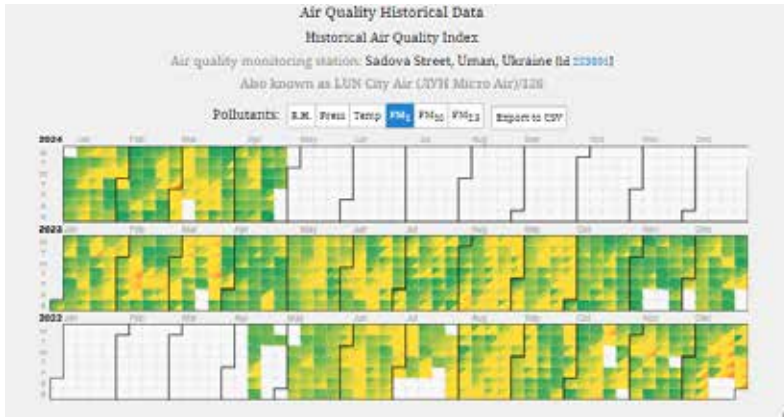


- 0–50: Якість повітря вважається задовільною;
- 51–100: Якість повітря прийнятна (помірна);
- 101–150: Якість повітря вважається поганою;
- 151–200: Якість повітря вважається нездоровою (дуже поганою);
- 201–300: Якість повітря вважається надзвичайною поганою;
- 300+: Якість повітря вважається небезпечною.

Отже, згідно результатів спостереження, висвітлених на платформі Airnet, рівень забруднення атмосферного повітря пилом в межах м. Умань представлений на рис. 1 (А, Б, В).

Частинки пилу поділяються на різні фракції залежно від їхніх розмірів. Частинки, розмір яких менший за 1 мікромметр (PM1), досягають альвеол та потім можуть потрапляти в кровоносну систему. Частинки з розміром близько 2,5 мікромметра (PM2,5) проникають глибше і можуть досягти легень під час дихання. Частинки з розміром до 10 мікромметрів (PM10) можуть затримуватися в носі та горлі. Вони є особливо небезпечними і здатні глибоко проникати в легені. Збільшення концентрації таких частинок у тілі людини корелює з підвищенням рівня смертності серед населення.

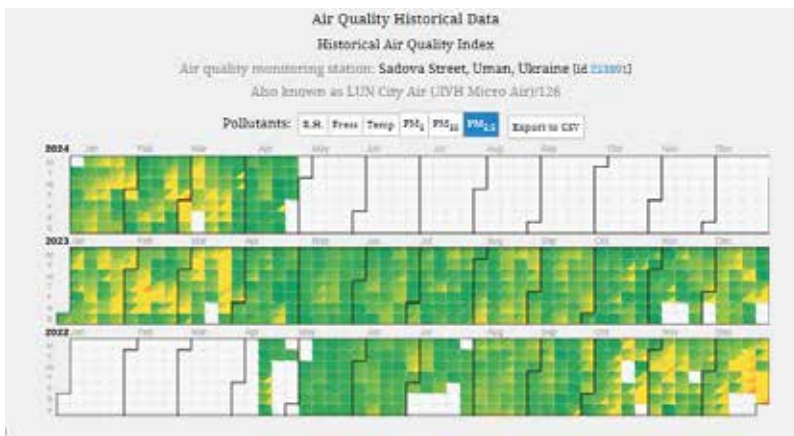
Згідно моніторингу індексу якості повітря проблема запилення повітря в м. Умань є актуальною. Особливо, це стосується пилу, розмір частинок якого 1 та 2,5.



А



Б



В

Рис. 1. Рівень забруднення атмосферного повітря пилом (Air Quality Index) в межах м. Умань (А – частинки пилу розміром до 1 мкм (PM1), Б – частинки пилу розміром до 10 мкм (PM10), В – частинки пилу розміром до 2,5 мкм (PM2,5))

Щоб пом'якшити проблему запилення атмосферного повітря у містах, часто пропонується використання міської рослинності як ефективного засобу зниження концентрації пилу в повітрі, так, як дерева (і рослинність загалом) мають здатність очищати повітря шляхом фільтрації забруднюючих речовин. Листя рослин поглинають газоподібні забруднюючі речовини, крім того, тверді частинки видаляються з повітря шляхом осідання на листках і гілках [15, 16].

Об'єкти дослідження обирали на території різних еколого-фітоценотичних поясів (ЕФП): парках (II ЕФП), скверах або двориках (III ЕФП) та вуличних насадженнях (IV ЕФП). Досліджували пиленакочичення дерев двох видів роду *Tilia L.* – липа серцелиста (*Tilia cordata Mill.*) і липа широколиста (*Tilia platyphyllos Scop.*). Результати пилезатримання деревами роду *Tilia* в різних еколого-фітоценотичних поясах м. Умань наведено на рисунку 2.

Результати досліджень вказують на те, що найменша кількість пилу природно затримується в парках (II ЕФП) у діапазоні від 0,028 до 0,044 мг/см<sup>2</sup>. Виявлено, що осідання пилу в IV ЕФП для рослин *Tilia platyphyllos Scop.* вище в 3 рази, а для *Tilia cordata Mill.* – в 4 рази порівняно з рослинами того ж виду, які ростуть в II еколого-фітоценотичному поясі.

Загалом, результати дослідження чітко свідчать про перевищення концентрації пилу в даній урбоєкосистемі. Очевидно, що в комунікаційно-стрічкових ландшафтах міста, які є сусідніми до автодоріг (IV еколого-фітоценотичний пояс), виявлено максимальний рівень запилення.

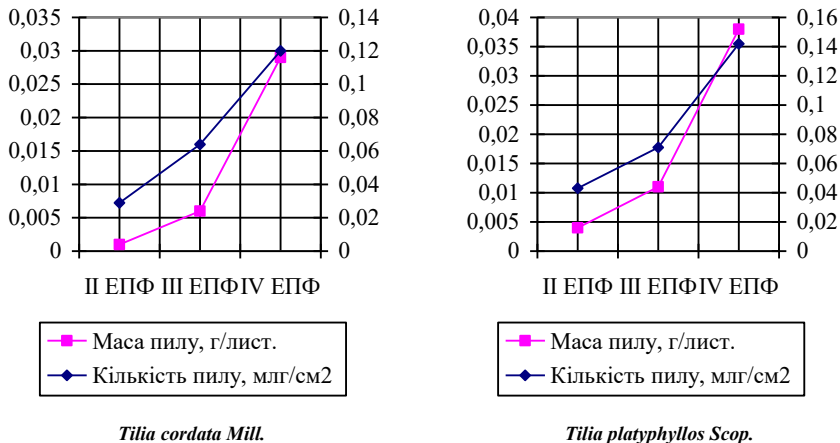


Рис. 2. Результати пилезатримання деревами двох видів роду *Tilia L.*, що ростуть в різних еколого-фітоценотичних поясах (ЕФП) в м. Умань

Крім того, серед досліджуваних таксонів більше кількості пилу в IV ЕФП затримує *Tilia platyphyllos Scop.*, а *Tilia cordata Mill.* – на 18% менше. Зазвичай це пов'язано з наявністю/відсутністю опушення на листках, розміром листової пластинки та особливістю крони.

**Висновки і пропозиції.** Загалом, результати дослідження чітко свідчать про перевищення концентрації пилу в даній урбоєкосистемі.

Видалення пилу з навколишнього повітря є однією з важливих екологічних функцій міських дерев. Використання зелених насаджень призводить до зменшення рівня запиленості повітря шляхом сповільнення руху забрудненого потоку

в зеленому масиві та відкладання пилу на поверхні листя. В результаті цього дослідження встановлено пилоутримувальну здатність листя таких видів, як *Tilia platyphyllos* Scop., а *Tilia platyphyllos* Scop. Доведено, що рослини, що формують листову поверхню більшої площі, більш перспективні для пилозатримання.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Air pollution. URL: [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_2](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_2)
2. Seto K. C., Guneralp B., and Hutyra L. R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, 2012. 109. P. 16083–16088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>.
3. Baidourela A., Zhayimu K. Patterns of dust retention by urban trees in oasis cities. *Nature Environment and Pollution Technology*, 2015. 14(1). P. 53–57.
4. Vanegas S., Trejos E.M., Aristizábal B.H., Pereira G.M., Hernández J.M., Murillo J.H., Ramírez O., Amato F., Silva L.F.O., Rojas N.Y., et al. Spatial Distribution and Chemical Composition of Road Dust in Two High-Altitude Latin American Cities. *Atmosphere*, 2021. 12. P. 1109.
5. Faisal M., Wu Z., Wang H., Hussain Z., Azam M.I. Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in the Urban Road Dust of Zhengzhou Metropolis, China. *Atmosphere*, 2021. 12. P. 1213.
6. Aguilar Y., Bautista F., Quintana P., Aguilar D., Trejo-Tzab R., Goguitchaichvili A., Chan-Te R. Color as a New Proxy Technique for the Identification of Road Dust Samples Contaminated with Potentially Toxic Elements: The Case of Mérida, Yucatán, México. *Atmosphere*, 2021. 12. P. 483.
7. Kim M.-S., Kim J.-Y., Park J., Yeon S.-H., Shin S., Choi J. Assessment of Pollution Sources and Contribution in Urban Dust Using Metal Concentrations and Multi-Isotope Ratios ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{207}/^{206}\text{Pb}$ ) in a Complex Industrial Port Area, Korea. *Atmosphere*, 2021. 12. P. 840.
8. Sun S., Zheng N., Wang S., Li Y., Hou S., Song X., Du S., An Q., Li P., Li X., et al. Source Analysis and Human Health Risk Assessment Based on Entropy Weight Method Modification of PM<sub>2.5</sub> Heavy Metal in an Industrial Area in the Northeast of China. *Atmosphere*, 2021. 12. P. 852.
9. Fitz D.R., Bumiller K. Characterization of PM<sub>10</sub> Emission Rates from Roadways in a Metropolitan Area Using the SCAMPER Mobile Monitoring Approach. *Atmosphere*, 2021. 12. P. 1332.
10. Слободянюк А. О., Гарсія Камачо Ернан Улліанодт, Сільва Рубіо Луїс Антоніо, Васильківський І. В. Дослідження аерозольного забруднення Вінниці. *Тези XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ*, Вінниця, 14-23 березня 2018 р., 2018. С. 5.
11. Бодак І. В., Дядечко К. В. Просторово-часова варіація забруднення атмосферного повітря м. Харків дрібнодисперсним пилом фракції PM<sub>2,5</sub>. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2020. Вип.33. С. 91–101.
12. Сніжко С.І., Шевченко О.Г. Урбометеорологічні аспекти забруднення атмосферного повітря великого міста. К.: Видавництво географічної літератури «Обрії», 2011. 297 с.
13. Сагайдак Д.А., Боголюбов В.М. Аналіз систем моніторингу атмосферного повітря в місті Києві. *Екологічні науки*, 2024. № 1(52), Том 1. С. 51–58.
14. Worldwide Air Quality. AirNet Sensor Network. URL: <https://aqicn.org/station/>
15. Beckett K.P., Freer-Smith P.H., Taylor G. Particulate pollution capture by urban trees: effect of species and windspeed. *Global Change Biology*. 2000. 6(8). P. 995–1003.
16. Freer-Smith P.H., Beckett K.P., Taylor G. Deposition velocities to *Sorbus aria*, *Acer campestre*, *Populus deltoides* X *trichocarpa* 'Beaupre', *Pinus nigra* and *X Cupressocyparis leylandii* for coarse, fine and ultra-fine particles in the urban environment. *Environmental Pollution*, 2005. 133 (1). P. 157–167.