

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ENVIRONMENTAL SAFETY

УДК 504.067

Olena Voloshkina¹, Dr, Professor of Department of Labour and Environment Protection
ORCID ID 0000-0002-3671-4449 *e-mail*: e.voloshki@gmail.com

Tetyana Shabliy², PhD, Associate Professor of Department
ORCID ID 0000-0003-3114-3728 *e-mail*: t_shabliy@hotmail.com

Volodymyr Trofimovich¹, PhD, Professor of Department of Labour and Environment Protection
ORCID ID 0000-0001-5449-4120 *e-mail*: v.trofimovich@gmail.com

Volodymyr Efimenko³, PhD, Director Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv
ORCID ID 0000-0003-4167-4952 *e-mail*: efim@knu.ua

Artem Goncharenko¹, graduate student
ORCID ID 0000-0001-5647-1360 *e-mail*: hosting.pat@gmail.com

Olena Zhukova¹, PhD, Associate Professor of the of Labour and Environment Protection
ORCID ID 0000-0003-0662-9996 *e-mail*: elenazykova21@gmail.com

¹ Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

² Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine

³ Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

INFLUENCE OF GLOBAL CLIMATE CHANGE ON AIR POLLUTION IN URBANIZED AREAS AND SPREAD OF COVID-19 MORBIDITY

***Abstract.** The purpose of this paper is to confirm for the conditions of Ukraine the hypothesis of a number of foreign authors on the relationship between the presence of air pollution by aerosol particles in urban areas and the number of patients with COVID-19. On the example of the main large cities of Ukraine the analysis between temperature factors, dust pollution of the atmospheric phenomena and processes of distribution of morbidity of the population on COVID-19 is made. The linear dependences in the logical coordinates between nature are obtained due to the confirmation of the cases of morbidity and the index of aerosol pollution of the atmospheric air of urban areas by solid private particles PM_{2.5} (AQIPM_{2.5}). The correlation coefficients of the obtained dependences are in the range of 0.65–0.91. These data suggest the possibility of unification of data for the country for different climatic zones to assess and predict the incidence of population depending on air pollution in urban areas and climatic conditions, and may be promising in the future to find ways to reduce the impact of aerosols in the air on the human body and the purpose of finer cleaning in production processes and air exchange technologies in*

modern buildings and structures. According to the authors, there is a need for further research on the impact of humidity and the impact of the percentage distribution of natural and anthropogenic aerosols in the air of urban areas. Such studies will further make more accurate predictions about the impact of air pollution on human health in the context of global climate change.

Key words: *global climate change; air pollution; COVID-19; urban areas; morbidity*

**О.С. Волошкіна¹, Т.П. Шаблій², В.В. Трофімович¹, В.М. Єфіменко³,
А.В. Гончаренко¹, О.Г. Жукова¹**

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

² Одеський національний медичний університет, м. Одеса, Україна

³ Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

ВПЛИВ ГЛОБАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ТА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЗАХВОРЮВАНОСТІ НАСЕЛЕННЯ НА COVID-19

***Анотація.** Метою роботи є підтвердження для умов України гіпотези низки закордонних авторів щодо взаємозв'язку між наявністю забруднення атмосферного повітря аерозольними частками на урбанізованих територіях та кількістю захворілих на COVID-19. На прикладі основних великих міст України зроблено аналіз взаємозв'язку між температурними факторами, пиловим забрудненням атмосфери та процесами розповсюдження захворюваності населення на COVID-19. Отримані лінійні залежності в логарифмічних координатах між приростом кількості підтверджених випадків захворюваності та індексом аерозольного забруднення атмосферного повітря урбанізованих територій твердими частками PM_{2,5} (AQIPM_{2,5}). Коефіцієнти кореляції отриманих залежностей знаходяться в межах 0,65–0,91. Ці дані свідчать про можливість уніфікації даних для території країни для різних природно-кліматичних зон щодо оцінювання та прогнозування захворюваності населення в залежності від забруднення атмосферного повітря урбанізованих територій та кліматичних умов, а також можуть бути перспективними в подальшому для пошуку шляхів зменшення впливу аерозолів в повітрі на організм людини та призначення більш тонкої очистки у виробничих процесах та технологіях повітрообміну у сучасних будівлях та спорудах.*

***Ключові слова:** глобальні зміни клімату; забруднення повітря; COVID-19; урбанізовані території; захворюваність*

DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2021.3.5-15>

Вступ

Останнім часом в роботах вітчизняних та закордонних авторів досить ретельно розглянуто взаємозв'язок між забрудненням атмосферного повітря та глобальними кліматичними змінами [1, 2, 3 та ін.]. Окрім точних математичних моделей [4–6], в більшості цих робіт встановлено залежності між забрудненням компонентами CO, NO_x, CO₂, СНОН (як первинні, так і вторинні забруднення внаслідок фотохімічних перетворень в атмосферному повітрі) та кліматичними умовами міського середовища. Представлені в цих роботах багаторічні статистичні тренди побудовані на основі даних моніторингових багаторічних спостережень. Так, на прикладі ряду міст України було встановлено, що дані залежності можуть бути апроксимовані за допомогою

тригонометричної функції або поліноміальних рядів (в розрізі багаторічної динаміки) [7].

Забруднення атмосферного повітря міського середовища є однією з причин розповсюдження хвороб серед населення.

На основі даних теоретичних досліджень в роботі [8] представлено розрахунок екологічного ризику для здоров'я населення (як канцерогенні, так і неканцерогенні значення) від забруднення атмосферного повітря молекулами формальдегіду внаслідок фотохімічних перетворень в повітрі при сталих умовах атмосфери, підвищених температурних умовах, сонячній прямій та розсіяній радіації в літні місяці року.

Але що стосується забруднення атмосферного повітря урбанізованих територій аерозольними частками на фоні глобальних кліматичних змін, то ці дослідження на сьогоднішній день потребують додаткового вивчення з огляду на наявність залежності між забрудненням аерозольними частками від 0,1 до 0,01 мкм атмосферного повітря великих міст, кліматичними умовами місцевості (температура, вологість) та процесами розповсюдження захворюваності на COVID-19. Тверді частки діаметром менш як 2,5 мкм в атмосфері міста є значним предиктором кількості підтверджених випадків COVID-19.

Постановка проблеми

Як відмічається в роботах закордонних авторів, очікувана кількість випадків захворюваності на COVID-19 зростає на 100% при збільшенні індексу забруднення атмосфери AQIPM_{2,5} на 20%. Так, в роботі [9] представлена оцінка потенційного зв'язку між забрудненням атмосферного повітря твердими частками (PM) та поширенням інфекції COVID-19 в Італії. У роботах [1, 10, 11], що також присвячені питанням дифузії вірусів серед людей, доведено на прикладі аналізу моніторингових даних, що підвищена частота зараження пов'язана з повітряними твердими частинками (PM). В даних роботах відмічено, що фракції PM_{2,5} та PM₁₀ можуть слугувати носієм для кількох хімічних та біологічних забруднювачів, включаючи віруси. Віруси можуть адсорбуватися шляхом коагуляції на твердих частинках, що складаються з твердих та/або рідких частинок та чий час життя в атмосфері становить години, дні або тижні. Інактивація вірусу залежить від певних параметрів навколишнього середовища: якщо, з одного боку, і висока температура, і сонячне випромінювання здатні прискорити швидкість інактивації, з іншого боку, висока відносна вологість може сприяти швидкості дифузії. В наведених наукових дослідженнях висвітлено взаємозв'язок між дифузією вірусів серед опроміненої популяції та твердими частинками. На думку авторів, розповсюдження COVID-19 залежить також від вологості повітря, як на відкритому просторі, так і в приміщеннях. Залежності між вологістю повітря та концентрацією забруднюючих речовин в повітрі на прикладі окремих забруднювачів представлені в роботі [12].

Гіпотезу, яку викладено в наведених роботах, було перевірено авторами для умов України на прикладі основних обласних міст. Беручи до уваги технології вимірювання забруднення атмосфери існуючими моніторинговими системами, зроблено припущення про вміст в атмосферному повітрі надзвичайно дрібних фракцій (менше ніж 0,1 мкм). Частки більше ніж 0,1 мкм ефективно затримуються природними органами захисту при диханні.

Дані моніторингових досліджень на прикладі окремих місяців 2020–2021 рр. було взято з даних системи міжнародних мереж автоматичних сонячних фотометрів AERONET та онлайн-системи ЛУН в містах України. При побудові залежностей між індексом якості повітря AQIPM_{2,5} та захворюваністю на COVID-19, кількість інфікованих оцінювалася з урахуванням 14-денного інкубаційного періоду [13].

Алгоритм досліджень може бути представлений наступним чином:

1) на підставі аналізу концентрації твердих часток в повітрі за даними моніторингових спостережень знаходимо кореляційну логарифмічну залежність між твердими частками в повітрі та приростом захворюваності населення міста на COVID-19 для конкретних метеорологічних умов (вологість та температура повітря) в різних природно-кліматичних зонах;

2) на підставі отриманих залежностей робимо припущення про вміст в атмосферному повітрі надзвичайно дрібних фракцій (менше ніж 0,1 мкм) у моніторингових даних для PM_{2,5}. Ця гіпотеза має значну вагу, тому що, як відомо, частки більше ніж 0,1 мкм ефективно затримуються природними органами захисту при диханні.

В подальших дослідженнях постає необхідність у визначенні залежностей між потраплянням аерозолів даних розмірів в організм людини внаслідок забрудненого повітря та визначенням шляхів впливу глобальних флуктуацій глобальних кліматичних змін на потрапляння в організм людини хвороботворних бактерій.

Основна частина

Як зазначалося вище, в даному дослідженні робилося припущення, що виміри зважених часток PM_{2,5} в повітрі містять також і аерозолі більш тонких фракцій, тому вважаємо за коректне скористатися вимірами даної фракції для побудови статистичних трендів між вимірними концентраціями, температурними умовами міста та вологістю повітря.

Для м. Києва залежності між концентраціями PM_{2,5} та температурними умовами в березні 2020 р. по окремих постах спостережень представлено на рис. 1 та 2.

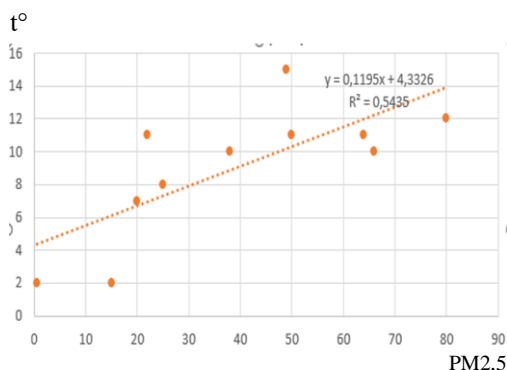


Рис. 1 – Залежність між концентраціями часток в атмосферному повітрі м. Києва за даними березня 2020 р. на вул. Попудренка

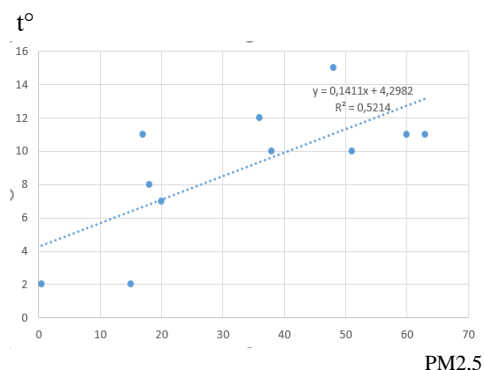


Рис. 2 – Залежність між концентраціями часток в атмосферному повітрі м. Києва за середньозваженими даними березня 2020 р. на вул. Тростянецька, Проспект Науки, Голосіївська, Артема

Представлені графіки на прикладі різних районів м. Києва підтверджують наявність взаємозв'язку між температурними показниками та аерозольним забрудненням фракціями PM_{2,5} атмосферного повітря. Проведені авторами дослідження показали, що подібні залежності найбільш точно описуються у поліноміальному вигляді. Аналогічні залежності з подібними коефіцієнтами кореляції були також отримані авторами і для інших місяців 2020–2021 років, а також графіки кореляції між вологістю повітря, температурними умовами та концентрацією забруднюючих речовин в повітрі на прикладі окремих компонентів.

Аналіз даних моніторингових спостережень з різних систем показав ймовірнісний характер розподілу аерозольних часток в повітрі, тому, згідно з дослідженнями професора О.І. Пирумова, інтегральні криві дисперсності аерозольних часток у ймовірно-логірифімічній системі координат мають вигляд прямої лінії.

На рис. 3 показано залежність між індексом атмосферного повітря у м. Києві AQIPM_{2,5} та даними приросту захворюваності на COVID-19: в поліноміальних координатах і логарифмічних координатах відповідно.

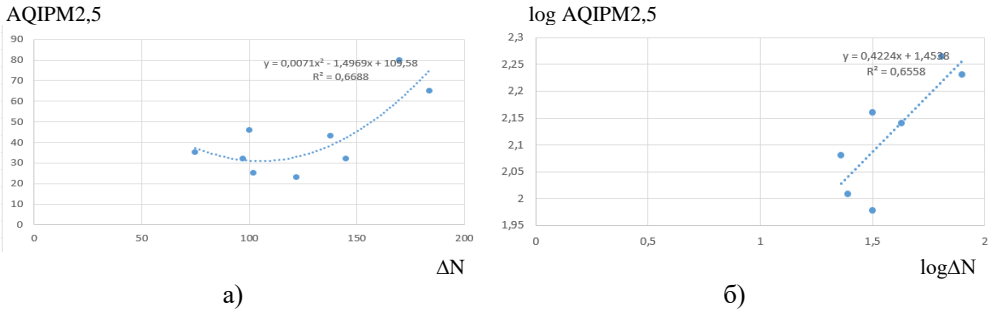


Рис. 3 – Залежність між індексом атмосферного повітря в м. Києві AQIPM_{2,5} та даними приросту захворюваності на COVID-19: а) в поліноміальних координатах; б) в логарифмічних координатах

Аналогічні залежності на рис. 4 представлені для травня – червня 2021 року по м. Одеса.

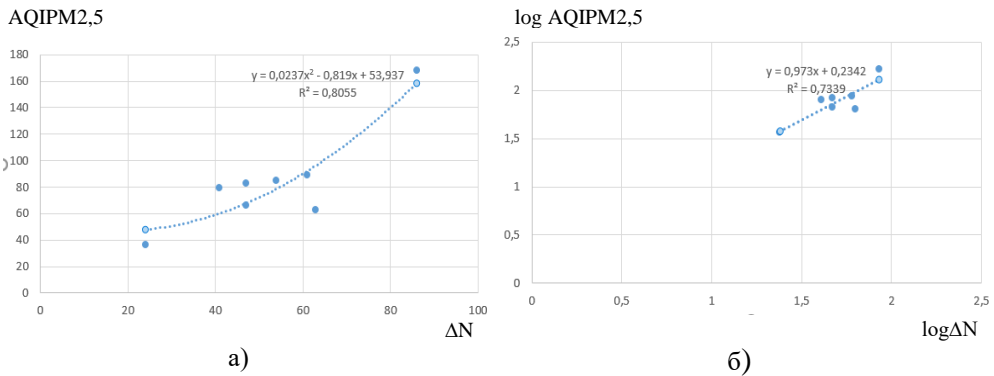


Рис. 4 – Залежність між індексом атмосферного повітря м. Одеса AQIPM_{2,5} та даними приросту захворюваності на COVID-19: а) в поліноміальних координатах; б) в логарифмічних координатах

На рис. 5–9 представлені аналогічні залежності для інших обласних міст.

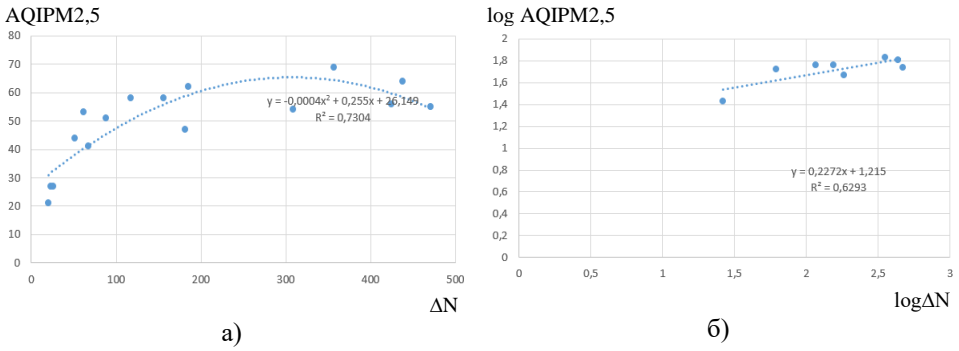


Рис. 5 – Залежність між індексом атмосферного повітря м. Рівне AQIPM2,5 та даними приросту захворюваності на COVID-19: а) в поліноміальних координатах; б) в логарифмічних координатах

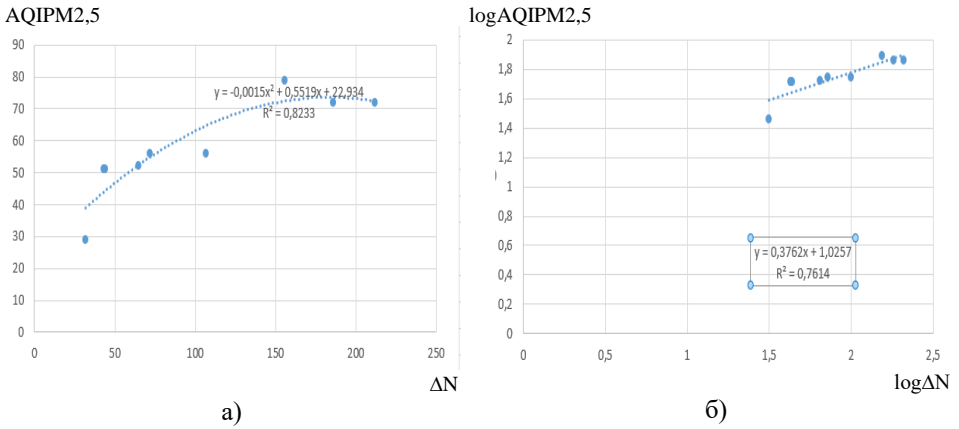


Рис. 6 – Залежність між індексом атмосферного повітря м. Миколаїв AQIPM2,5 та даними приросту захворюваності на COVID-19: а) в поліноміальних координатах; б) в логарифмічних координатах

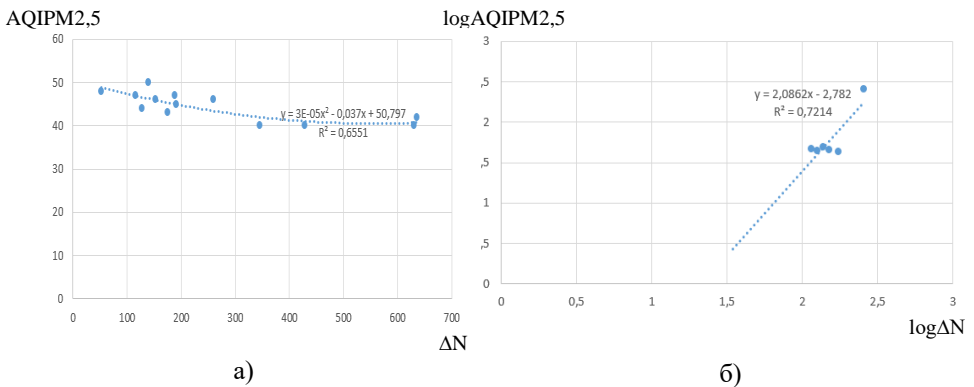


Рис. 7 – Залежність між індексом атмосферного повітря м. Харків AQIPM2,5 та даними приросту захворюваності на COVID-19: а) в поліноміальних координатах; б) в логарифмічних координатах

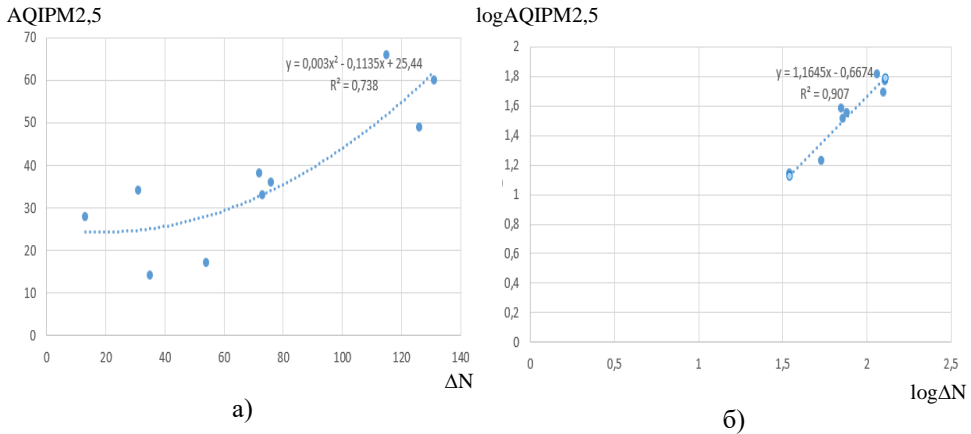


Рис. 8 – Залежність між індексом атмосферного повітря м. Івано-Франківськ AQIPM2,5 та даними приросту захворюваності на COVID-19: а) в поліноміальних координатах; б) в логарифмічних координатах

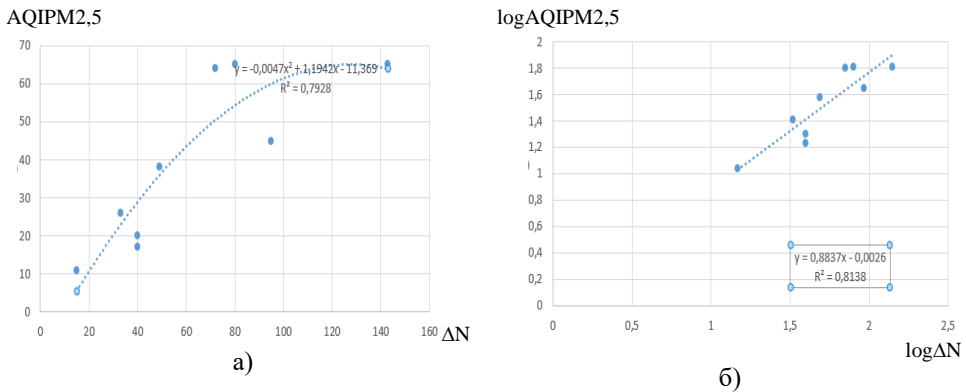


Рис. 9 – Залежність між індексом атмосферного повітря м. Кропивницький AQIPM2,5 та даними приросту захворюваності на COVID-19: а) в поліноміальних координатах; б) в логарифмічних координатах

Коефіцієнти кореляції отриманих залежностей знаходяться в межах 0,65–0,9.

В таблиці 1 представлено рівняння лінійної регресії $\log(\Delta N = \log(\text{AQIPM2,5}))$ та коефіцієнти кореляції для логарифмічних залежностей між індексами якості повітря AQIPM2,5 та приростом захворюваності населення на COVID-19 для міст, що розташовані в різних природно-кліматичних зонах.

Таблиця 1 – Коефіцієнти кореляції отриманих залежностей

№ п/п	Місто	Рівняння лінійної регресії $\log(\Delta N = \log(\text{AQIPM2,5}))$	Коефіцієнт кореляції
1	Київ	$y = 0,422x + 1,4538$	0,6558
2	Одеса	$y = 0,973x + 0,2342$	0,7339
3	Рівне	$y = -0,0004x^2 + 0,255x + 26,149$	0,7304
4	Миколаїв	$y = 0,3762x + 1,0257$	0,7614
5	Харків	$y = 2,0862x - 2,782$	0,7214
6	Івано-Франківськ	$y = 1,1645x - 0,6674$	0,907
7	Кропивницький	$y = 0,8837x - 0,0026$	0,8138

Дані таблиці свідчать про можливість уніфікації даних для території країни для різних природно-кліматичних зон з метою оцінювання та прогнозування захворюваності населення в залежності від забруднення атмосферного повітря урбанізованих територій та кліматичних умов місцевості.

Результати та дискусії

Дані результатів досліджень можуть бути використані при оцінці та прогнозуванні поширення інфекційних захворювань населення, яке підсилюється кліматичними умовами та забрудненістю тонкими частками аерозолів, оскільки віруси адсорбуються саме на ці частки.

Передбачається, що результати досліджень знайдуть широке практичне застосування в технологіях будівельної інженерії в питаннях поліпшення мікроклімату внутрішніх приміщень.

Слід також зазначити, що автори у своїх дослідженнях використовували період моніторингових спостережень за квітень – травень 2021 року (до початку масової вакцинації в Україні), що, на нашу думку, визначає «чистоту» моніторингових даних.

На думку авторів, існує потреба в подальших дослідженнях щодо впливу вологості повітря та впливу відсоткового розподілу природних та антропогенних аерозолів в атмосферному повітрі урбанізованих територій. Такі дослідження дозволять в подальшому робити більш точні прогнози щодо впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення в межах глобальних кліматичних змін.

Висновки

Проведені дослідження дають підставу зробити наступні висновки:

1. Для умов України підтверджено гіпотезу, висунуту в роботах низки закордонних авторів, щодо взаємозв'язку між наявністю забруднення атмосферного повітря аерозольними частками на урбанізованих територіях та кількістю захворівших на COVID-19.

2. На прикладі міського середовища низки великих міст України отримані кореляційні залежності, що мають лінійний характер та безпосередньо залежать від температурних умов навколишнього середовища.

3. Дані дослідження можуть бути перспективними в подальшому для пошуку шляхів зменшення впливу аерозолів в повітрі на організм людини, а також проведення (та призначення) більш тонкої очистки у виробничих процесах та технологіях повітрообміну у сучасних будівлях та спорудах.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Публікація підготовлена в рамках проекту «Багаторівнева місцева, національна та загальнодержавна освіта та навчання в галузі кліматичних

послуг, адаптації та пом'якшення наслідків зміни клімату 619285-EPP-1-2020-1-FI-EPPKA2-SVHE-JP». Підтримка Європейською комісією випуску цієї публікації не означає схвалення змісту, який відображає лише думки авторів, і Комісія не може нести відповідальність за будь-яке використання інформації, що міститься в ній.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Edoardo Conticini, Bruno Frediani, Dario Caro (2020). Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy? *Environmental Pollution*, Volume 261, June 2020, 114465. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114465>
2. Studies linking air pollution to the severity of COVID-19. – Access mode: <https://olickp.livejournal.com/73217.html>
3. Cienciewicki J. et al., 2007. Air Pollution and Respiratory Viral Infection. *Inhalation Toxicology* 19:14, 1135-1146. doi: <https://doi.org/10.1080/08958370701665434>
4. Sipakov R. Impact of Weather Factors on the Speed of the Reaction of Formaldehyde Formation Above Motorway Overpasses / Sipakov R., Trofimovich V., Voloshkina O., Berezniatskaya Y. // *Environmental Problems*, Volume 3, number 2, Lviv Politechnic National University, 2018 – P. 97–102.
5. Чугай А.В., Гусева К.Д., Кукуй Д.В. Забрудненість атмосферного повітря м. Одеса. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2012. № 1–2. С. 20–26.
6. Шевченко О.Г., Кульбіда М.І., Сніжко С.І., Щербуха Л.С., Данілова Н.О. (2014). Рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва формальдегідом. *Український гідрометеорологічний журнал*, Одеський державний екологічний університет, № 14, С. 2–22.
7. Трофімович В.В., Волошкіна О.С., Фандікова М.М., Клімова І.В., Журавська Н.С. (2012). Моніторинг атмосферного повітря. Проблеми моделювання і прогнозування. Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. пр. КНУБА, ІТГП НАНУ – Вип. 10. – С. 102–120.
8. Сіпаков Р.В. Оцінка ризику для здоров'я населення від викидів автомобільного транспорту у м. Києві. / Волошкіна О.С., Березницька Ю.О., Клімова І.В. // *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. Науково-технічний журнал, ІФНТУНГ МОНУ. – Івано-Франківськ – 2018. – Вип. 1(17). – С. 14–20. doi: <https://doi.org/10.32557/ext-10-2018-1>
9. Leonardo Setti et al., 2020. Evaluation of the potential relationship between Particulate Matter (PM) pollution and COVID-19 infection spread in Italy, http://www.simaonlus.it/wpsima/wp-content/uploads/2020/03/COVID_19_position-paper_ENG.pdf
10. Sedlmaier N. et al. (2009). Generation of avian influenza virus (AIV) contaminated fecal fine particulate matter (PM_{2.5}): Genome and infectivity detection and calculation of immission. *Veterinary Microbiology* 139:1-2. doi: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.05.005>
11. Despres V.R. et al. (2012). Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology* 64:1, 15598. doi: <https://doi.org/10.3402/tellusb.v64i0.15598>
12. Klimova I., Sipakov R. (2019) Influence of meteorological factors on the secondary contamination of atmospheric air by formaldehyde (on example of city of Kyiv). // *Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky, Kosice, (Slovakia)*. – Volume 7, No. 2/2019, pp. 75–86. doi: <https://doi.org/10.32557/issn.2640-9631/2019-1>
13. Coronavirus situation monitoring system. – Access mode: <https://covid19.rnbo.gov.ua/>

Стаття надійшла до редакції 13.05.2021 і прийнята до друку після рецензування 10.08.2021

REFERENCES

1. Conticini, E., Frediani, B., & Caro, D. (2020). Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy? *Environmental Pollution*, 261, June 2020, 114465. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114465>.
2. Studies linking air pollution to the severity of COVID-19. Retrieved from: <https://olig-pg.livejournal.com/73217.html>.
3. Ciencewicki, J. et al. (2007). Air Pollution and Respiratory Viral Infection. *Inhalation Toxicology*, 19:14, 1135-1146. DOI: <https://doi.org/10.1080/08958370701665434>
4. Sipakov, R., Trofimovich, V., Voloshkina, O., & Bereznitskaya, Y. (2018). Impact of Weather Factors on the Speed of the Reaction of Formaldehyde Formation Above Motorway Overpasses. *Environmental Problems*, 3(2), 97-102.
5. Chugai, A.V., Guseva, K.D., & Kukui, D.V. (2012). Atmospheric air pollution in Odessa. *Man and the environment. Problems of neoecology*, 1-2, 20-26 [in Ukrainian].
6. Shevchenko, O.G., Kulbida, M.I., Snizhko, S.I., Shcherbukha, L.S., & Danilova, N.O. (2014). The level of air pollution in the city of Kiev with formaldehyde. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 14, 2-22 [in Ukrainian].
7. Trofimovich, V.V., Voloshkina, O.S., Fandikova, M.M., Klimova, I.V., & Zhuravskaya, N.E. (2012). Atmospheric air monitoring. Problems of modeling and forecasting. *Ecological safety and nature resources*, 10, 102-120 [in Ukrainian].
8. Sipakov, R.V., Voloshkina, O.S., Bereznitskaya, Y.O., & Klimova, I.V. (2018). Risk assessment for public health from emissions from road transport in Kyiv. *Environmental security and balanced resource use. Scientific and Technical Journal*, 1(17), 14-20 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.32557/ext-10-2018-1>
9. Setti, L. et al. (2020). Evaluation of the potential relationship between Particulate Matter (PM) pollution and COVID-19 infection spread in Italy. Retrieved from: http://www.simaonlus.it/wpsima/wp-content/uploads/2020/03/COVID_19_position-paper_ENG.pdf
10. Sedlmaier, N. et al. (2009). Generation of avian influenza virus (AIV) contaminated fecal fine particulate matter (PM_{2.5}): Genome and infectivity detection and calculation of immission. *Veterinary Microbiology*, 139(1-2). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.05.005>
11. Despres, V.R. et al. (2012). Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 64(1), 15598. DOI: <https://doi.org/10.3402/tellusb.v64i0.15598>
12. Klimova, I., & Sipakov, R. (2019). Influence of meteorological factors on the secondary contamination of atmospheric air by formaldehyde (on example of city of Kyiv). *Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky, Kosice, (Slovakia)*, 7(2/2019), 75-86. DOI: <https://doi.org/10.32557/issn.2640-9631/2019-1>
13. Coronavirus situation monitoring system. Retrieved from: <https://covid19.mbo.gov.ua/>

The article was received 13.05.2021 and was accepted after revision 10.08.2021

Волошкіна Олена Семенівна

доктор технічних наук, професор кафедри охорони праці та навколишнього середовища Київського національного університету будівництва і архітектури
Адреса робоча: 03037, Україна, м. Київ, пр-т Повітрофлотський, 31
ORCID ID 0000-0002-3671-4449 **e-mail:** e.voloshki@gmail.com

Шаблій Тетяна Петрівна

кандидат медичних наук, доцент Одеського національного медичного університету
Адреса робоча: 65082, Україна, м. Одеса, провулок Валіховський, 2
ORCID ID 0000-0003-3114-3728 **e-mail:** t_shabliy@hotmail.com

Трофімович Володимир Володимирович

кандидат технічних наук, професор кафедри охорони праці та навколишнього середовища Київського національного університету будівництва і архітектури

Адреса робоча: 03037, Україна, м. Київ, пр-т Повітрофлотський, 31

ORCID ID 0000-0001-5449-4120 **e-mail:** v.trofimovich@gmail.com

Єфіменко Володимир Михайлович

кандидат фізико-математичних наук, директор Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Адреса робоча: 04053, Україна, м. Київ, вул. Обсерваторна, 3

ORCID ID 0000-0003-4167-4952 **e-mail:** efim@knu.ua

Гончаренко Артем Вадимович

аспірант спеціальності 101 «Екологія», кафедри охорони праці та навколишнього середовища Київського національного університету будівництва і архітектури

Адреса робоча: 03037, Україна, м. Київ, пр-т Повітрофлотський, 31

ORCID ID 0000-0001-5647-1360 **e-mail:** hosting.pat@gmail.com

Жукова Олена Григорівна

кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці та навколишнього середовища Київського національного університету будівництва і архітектури

Адреса робоча: 03037, Україна, м. Київ, пр-т Повітрофлотський, 31

ORCID ID 0000-0003-0662-9996 **e-mail:** elenazykova21@gmail.com