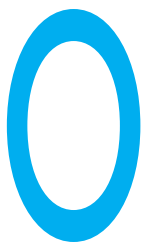


STUDY OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION WITH PARTICULATE MATTERS (PM₁₀ AND PM_{2,5}) IN KYIV

Turos O., Maremukha T., Petrosian A., Brezitska N.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЗВАЖЕНИМИ ЧАСТИНКАМИ ПИЛУ (PM₁₀ ТА PM_{2,5}) У м. КИЄВІ



**ТУРОС О.І.,
МАРЕМУХА Т.П.,
ПЕТРОСІАН А.А.,
БРЕЗИЦЬКА Н.В.**

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзеєва НАМН України», м. Київ

УДК 614.7 (477-25)

<https://doi.org/10.32402/dovkil2018.04.036>

Ключові слова:
атмосферне повітря, моніторинг, PM₁₀, PM_{2,5}.

однією з найактуальніших і невирішених проблем сьогодення є проблема забруднення повітря зваженими частинками пилу (PM₁₀ та PM_{2,5}), які можуть міститися в атмосферному повітрі протягом багатьох днів, тижнів та переноситися на великі відстані, перетинаючи кордони держав. Високі концентрації PM₁₀ та PM_{2,5} у повітрі є причиною трьох мільйонів випадків передчасної смерті у світі щорічно за рахунок серцево-судинної, дихальної патології та онкологічних захворювань [1].

Нині немає доказів того, що існує безпечний рівень впливу або порогове значення для PM₁₀ та PM_{2,5}, нижче якого не виникатимуть негативні наслідки для здоров'я. Понад 80% населення європейського регіону живуть у містах, де концентрації PM перевищують рівні, зазначені у «Рекомендаціях ВООЗ за якість повітря». Забруднення зваженими частинками пилу призводить до хвороб, скорочуючи тривалість життя у середньому по Європі майже на 9 місяців. Зважаючи на те, що навіть за відносно низьких концентрацій вплив забруднення повітря на здоров'я є значним, необхідне ефективне управління якістю повітря, щоб до-

могтися рівнів, зазначених у «Рекомендаціях ВООЗ за якість повітря» і звести до мінімуму небезпеку для здоров'я [2].

Наразі екологічна ситуація в Україні залишається вкрай складною. Основним завданням здійснення природоохоронної політики є забезпечення благополуччя і здоров'я людини. Необхідність втручання в управління якістю довкілля виникає у тому випадку, коли фактичний рівень її забруднення не є прийнятним для суспільства. Однак, на жаль, оцінити і регламентувати наслідки впливу зважених частинок пилу в Україні нині неможливо. По-перше, PM₁₀ та PM_{2,5} не увійшли до програми обов'язкового моніторингу якості атмосферного повітря. По-друге, у країні відсутні нормативи для PM₁₀ та PM_{2,5} в атмосферному повітрі.

Основним законодавчим актом, що регулює моніторинг якості повітря в ЄС, є Директива 2008/50/ЄС «Про якість атмосферного повітря і про більш чисте повітря для Європи», яка встановлює стандарти якості атмосферного повітря, у тому числі і для PM₁₀ та PM_{2,5} [3]. Зважаючи на те, що з вересня 2017 року набула чинності Угода про Асоціацію між Україною, з

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВЗВЕШЕННЫМИ ЧАСТИЦАМИ ПЫЛИ (PM₁₀ И PM_{2,5}) В г. КИЕВЕ

Турос Е.И., Маремуха Т.П., Петросян А.А., Брезицкая Н.В.

ГУ «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева НАМН Украины», г. Киев

Цель работы – гигиеническая оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами пыли (PM₁₀ и PM_{2,5}) в г. Киеве.

Материалы и методы. Инструментальные измерения концентраций PM₁₀ и PM_{2,5} в атмосферном воздухе проводились с января по сентябрь 2018 года. Стационарный пункт мониторинга за взвешенными частицами расположен по адресу: г. Киев, ул. Попудренко, 50 и оборудован анализаторами APDA-371 (HORIBA), которые обеспечивают автоматическое непрерывное измерение концентраций с часовым осреднением данных. Полученные данные были обработаны с помощью программного пакета Statistica, результаты сопоставлены с предельными значениями, рекомендованными ВОЗ и Директивой 2008/50/ЕС.

Результаты. Анализ данных, полученных в 2018 году (январь-сентябрь), позволил сделать вывод, что уровни загрязнения атмосферного воздуха PM₁₀ и PM_{2,5} в г. Киеве превышают предельные значения, рекомендованные ВОЗ и Директивой 2008/50/ЕС. Средние концентрации PM₁₀ определялись на уровне (36 ± 0,4) мг/м³, PM_{2,5} – (21 ± 0,2) мг/м³. Количество дней с превышением среднесуточной концентрации составило для PM₁₀ 43 дня (19%), для PM_{2,5} – 61 день (25%). Максимальные среднемесячные концентрации PM_{2,5} наблюдались во время отопительного сезона (с января по март) и определялись на уровне 26-27 мг/м³.

По результатам корреляционного анализа выявлена достоверная корреляционная связь между концентрациями PM_{2,5} и PM₁₀ (r = 0,79, p < 0,005); PM_{2,5} = 0,66 x PM₁₀. Полученные результаты указывают на необходимость установления в Украине нормативов для PM₁₀ и PM_{2,5} и включения взвешенных частиц пыли в программу обязательного мониторинга качества атмосферного воздуха.

Ключевые слова: атмосферный воздух, мониторинг, PM₁₀, PM_{2,5}.

© Турос О.І., Маремуха Т.П., Петросян А.А., Брезицька Н.В. СТАТТЯ, 2018.

однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії та їхніми державами-членами, з іншої сторони, Україна повинна імплементувати низку міжнародних документів, серед яких і Директива 2008/50/ЄС [4].

Метою даної роботи було визначення та аналіз отриманих концентрацій PM_{10} та $PM_{2,5}$ в атмосферному повітрі у районі розміщення стаціонарного пункту спостереження.

Матеріали та методи. Стаціонарний пункт моніторингу PM_{10} та $PM_{2,5}$ (на базі ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О.М. Марзєєва Національної академії медичних наук України») обладнаний за адресою: м. Київ, вул. Попудренка, 50. Точка відбору відповідає вимозі репрезентативності за територією розміщення: спостережний пункт віддалений від локальних джерел забруднення (у тому числі від проїжджої частини вулиці) і розташовується у місцях, вільних від аеродинамічних збурень, створюваних стінами, тощо [5].

Дослідження проводилося з січня по вересень 2018 року. Інструментальні виміри рівнів концентрацій PM_{10} та $PM_{2,5}$ в атмосферному повітрі здійснювалися за допомогою аналізаторів APDA-371 (HORIBA), які автоматично визначають концентрацію зважених в атмосфері твердих частинок пилу, використовуючи відомий метод ослаблення бета-випромінювання [5]. Стаціонарний спостережний пункт моніторингу забезпечує автоматичне безперервне вимірювання концентрацій PM_{10} та $PM_{2,5}$ з одногодинним осередненням даних.

Одночасно фіксувалися метеорологічні параметри атмосферного повітря (швидкість і напрям вітру, температура, вологість, тиск повітря) з використанням метеорологічного сенсора WS-600. Статистична обробка результатів вимірювань проаналізована за допомогою інструментів програмного пакета STATISTICA.

Результати досліджень. У зв'язку з відсутністю у законодавстві України нормативних критеріїв оцінки безпеки зважених частинок пилу отри-



ГІГІЕНА АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

мані результати були зіставлені з граничними значеннями, рекомендованими ВООЗ та Директивою 2008/50/ЄС [1, 3, 6].

Для оцінки якості атмосферного повітря використовувалися такі показники, як середньодобові, середньомісячні концентрації PM_{10} та $PM_{2,5}$, кількість днів з перевищенням середньодобових концентрацій зважених частинок пилу.

Кількість днів з перевищенням середньодобової концентрації склало для PM_{10} 43 дні (19%), для $PM_{2,5}$ – 61 день (25%), що суттєво перевищує рівні, рекомендовані Директивою 2008/50/ЄС та ВООЗ. Найбільша кількість днів з

перевищенням середньодобової концентрації $PM_{2,5}$ спостерігалась у січні – 14 днів (max 35-153 mg/m^3), у лютому – 11 днів (max 34-95 mg/m^3), у березні – 17 днів (max 36-153 mg/m^3), у вересні – 11 днів (max 51-82 mg/m^3). Графічне відображення результатів вимірювань за усім масивом даних надано на рисунках 1 і 2.

Як бачимо з таблиці 1, максимальна кількість днів з перевищенням середньодобової концентрації PM_{10} була зафіксована у квітні – 10 днів (max 117-320 mg/m^3) та у вересні – 14 днів (max 69-175 mg/m^3).

Міжсезонна мінливість аерозольного забруднення атмосферного повітря PM_{10} та $PM_{2,5}$

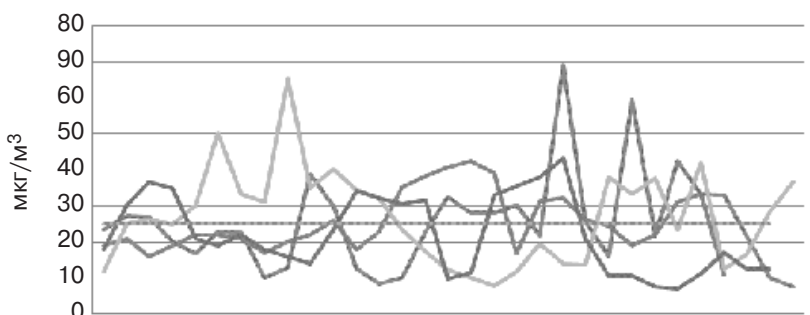
Таблиця 1

Порівняння концентрацій PM_{10} та $PM_{2,5}$ з граничними значеннями, рекомендованими ВООЗ і Директивою 2008/50/ЄС

Речовина	Період осереднення	Концентрація, mg/m^3		
		Директива 2008/50/ЄС	ВООЗ	Отримані дані (min-max)
PM_{10}	24 години	50 (не повинна перевищувати 35 днів/рік)	50	6-119 (перевищувала 43 дні/233 дні)
$PM_{2,5}$	24 години	-	25 (не повинна перевищувати 3-х днів/рік)	7-69 (перевищувала 61 день/240 днів)

Рисунок 1

Середньодобові концентрації $PM_{2,5}$ в атмосферному повітрі



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

— січень — лютий — березень — вересень — граничне значення

відображена у таблиці 2, де представлено середні за місяць концентрації зважених частинок пилу.

Найбільші середньомісячні концентрації PM_{10} визначались у квітні – 50 $мг/м^3$ та вересні – 47 $мг/м^3$. Збільшення PM_{10} в

Рисунок 2



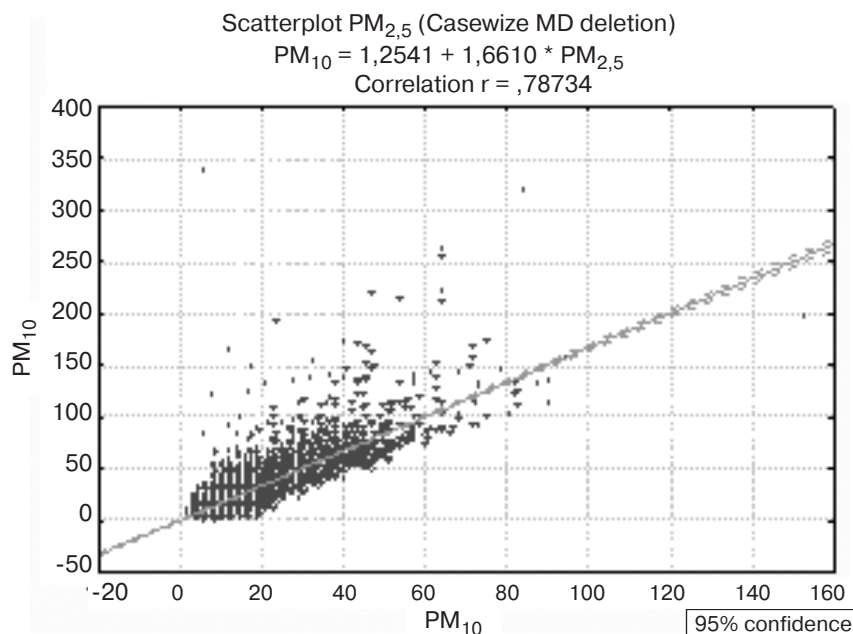
Таблиця 2

Середньомісячні концентрації $PM_{2,5}$ та PM_{10} в атмосферному повітрі

Місяць року	Концентрація, $мг/м^3$					
	PM_{10}			$PM_{2,5}$		
	max	$M \pm m$	min	max	$M \pm m$	min
Січень	94	$31 \pm 0,7$	6	153	$26 \pm 0,6$	3
Лютий	158	$40 \pm 1,0$	7	95	$26 \pm 0,5$	2
Березень	199	$34 \pm 1,2$	6	153	$27 \pm 0,6$	5
Квітень	320	$50 \pm 1,4$	3	65	$18 \pm 0,5$	3
Травень	318	$37 \pm 1,0$	3	85	$18 \pm 0,4$	2
Червень	337	$27 \pm 0,7$	3	41	$15 \pm 0,2$	4
Липень	192	$24 \pm 0,6$	1	37	$16 \pm 0,2$	3
Серпень	220	$32 \pm 0,7$	1	50	$18 \pm 0,3$	2
Вересень	175	$47 \pm 1,1$	4	82	$22 \pm 0,6$	4

Рисунок 3

Кореляційний зв'язок між $PM_{2,5}$ та PM_{10} за усім масивом даних



атмосферному повітрі відбувалось у квітні після сходу снігового покриву та тривало до появи рослинності. У вересні високі концентрації були пов'язані з застійними явищами у приземному шарі атмосфери та з переважанням тривалого періоду без опадів. Перевищення рекомендованих граничних значень $PM_{2,5}$ спостерігалось під час опалювального сезону – з січня по березень (середні концентрації 26-27 $мг/м^3$). У період з квітня по серпень забруднення атмосферного повітря $PM_{2,5}$ фіксувалося на рівні 15-18 $мг/м^3$.

Середні концентрації зважених частинок пилу, розраховані з січня по вересень 2018 року, показали, що PM_{10} перебуває на рівні ($36 \pm 0,4$) $мг/м^3$ (у діапазоні 1-337 $мг/м^3$), $PM_{2,5}$ – ($21 \pm 0,2$) $мг/м^3$ (у діапазоні 2-153 $мг/м^3$). Результати аналізу даних говорять про те, що рівні забруднення зваженими частинками пилу визначаються на досить небезпечному рівні. Згідно з рекомендаціями ВООЗ середньорічні концентрації PM_{10} та $PM_{2,5}$ не мають перевищувати 20 $мг/м^3$ та 10 $мг/м^3$ відповідно [3, 6].

За результатами кореляційного аналізу виявлено достовірний кореляційний зв'язок між концентраціями $PM_{2,5}$ та PM_{10} ($r = 0,79$, $p < 0,005$). Графічне відображення результатів аналізу за усім масивом даних надано на рисунку 3.

Співвідношення між концентраціями $PM_{2,5}$ та PM_{10} , що були отримані одночасно протягом 9 місяців, становило $0,66 \pm 0,004$, що не суперечить даним літератури. На більшості територій Європи $PM_{2,5}$ становить 50-70% PM_{10} .

Висновки

1. Результати аналізу даних (січень-вересень 2018 року) дозволили зробити висновок, що рівні забруднення атмосферного повітря PM_{10} та $PM_{2,5}$ у м. Києві перевищують граничні значення рекомендовані ВООЗ або Директивою 2008/50/ЄС:

□ середні концентрації PM_{10} визначаються на рівні ($36 \pm 0,4$) $мг/м^3$, $PM_{2,5}$ – ($21 \pm 0,2$) $мг/м^3$;

□ кількість днів з перевищенням середньодобової концентрації складо для PM_{10} – 43 дні

STUDY OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION
WITH PARTICULATE MATTERS
(PM₁₀ AND PM_{2,5}) IN KYIV

**Turos O., Maremukha T., Petrosian A.,
Brezitska N.**

*State Institution «O.M. Marzieiev Institute for Public
Health, NAMSU», Kyiv, Ukraine*

Objective: We performed a hygienic assessment of the air pollution level with dust particulate matters (PM₁₀ and PM_{2,5}) in Kyiv.

Materials and methods: Instrumental measurements of PM₁₀ and PM_{2,5} concentrations in the atmospheric air were carried out from January to September 2018. The stationary monitoring station for suspended particles is located at the address: 50 Popudrenko str., Kyiv and equipped with APDA-371 (HORIBA) analyzers which provide automatic continuous measurement of concentrations with hourly averaging of data. The obtained findings were processed with the help of the software package Statistica, the results were compared with the maximum values recommended by WHO and Directive 2008/50/EC.

Results and conclusions: Analysis of data, obtained in 2018 (January – September), allowed to draw a conclusion that the levels of air pollution with PM₁₀ and PM_{2,5} in Kyiv exceeded the maximum ones, recommended by WHO or Directive 2008/50/EC. Average concentrations of PM₁₀ were at the level of (36 ± 0.4) mg/m³, PM_{2,5} – (21 ± 0.2) mg/m³; the number of days with an excess of the average daily concentration for PM₁₀ was 43 days (19%), for PM_{2,5} – 61 days (25%) Maximum monthly concentrations of PM_{2,5} were observed during the heating season – from January to March and were at the level of 26-27 mg/m³. According to the results of the correlation analysis, a significant correlation was found between the concentrations of PM_{2,5} and PM₁₀ ($r = 0.79$, $p < 0.005$); $PM_{2,5} = 0.66 \times PM_{10}$. The obtained results indicate the need to establish standards for PM₁₀ and PM_{2,5} in Ukraine and to include the dust particulate matters into the mandatory monitoring program of atmospheric air quality.

Keywords: air, monitoring, PM₁₀, PM_{2,5}.

(19%), для PM_{2,5} – 61 день (25%);

□ максимальні середньомісячні концентрації PM_{2,5} спостерігалися під час опалювального сезону (з січня по березень) і визначалися на рівні 26-27 мкг/м³; PM₁₀ у квітні – 50 мкг/м³ та вересні – 47 мкг/м³.

2. За результатами кореляційного аналізу виявлено достовірний кореляційний зв'язок між концентраціями PM_{2,5} та PM₁₀ ($r = 0,79$, $p < 0,005$); $PM_{2,5} = 0,66 \times PM_{10}$.

3. Отримані результати вказують на необхідність встановлення в Україні нормативів для PM₁₀ та PM_{2,5} та включення зважених частинок пилу до програми обов'язкового моніторингу якості атмосферного повітря.

ЛІТЕРАТУРА

1. Health effects of particulate matter / WHO Regional Office for Europe. Copenhagen, 2013. 15 p.

2. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project : final technical report : WHO, 2013. URL : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1

3. Directive 2001/80/EC on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants. URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32001L0080>

4. Угода про Асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. URL : http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/984_011

5. Турос О.І., Маремуха Т.П., Кобзаренко І.В. Забруднення атмосферного повітря зваженими частинками пилу (ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5}) у Деснянському районі м. Києва. *Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К.*, 2017. Вип. 67. С. 32-33.

6. Air quality guidelines – global update 2005 / WHO Regional Office for Europe. Copenhagen, 2006. 484 p.

7. Assessment of the health impacts of exposure to PM_{2,5} at a European level. ETC/ACC Technical Paper 2009. URL : https://acm.eionet.europa.eu/docs/ETCACC_TP_2009_1_European_PM2.5_HIA.pdf

1. WHO Regional Office for Europe. Health Effects of Particulate Matter. Copenhagen ; 2013 : 15 p.

2. WHO Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution – REVIHAAP Project: Final Technical Report. WHO, 2013. URL : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-ersion.pdf?ua=1

3. Directive 2001/80/EC on the Limitation of Emissions of Certain Pollutants into the Air from Large Combustion Plants.

URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32001L0080>

4. Uhoda pro Asotsiatsiiu mizh Ukrainoiu, z odniiei storony, ta Yevropeiskym Soiuzom, Yevropeiskym spivtovarystvom z atomnoi enerhii i yikhnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoi storony [Agreement on Association between Ukraine, on the one part, and the European Community, the European Atomic Energy Community and their States-Members, on the other]. URL : http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/984_011 (in Ukrainian).

5. Turos O., Maremukha T., Kobzarenko I. Zabrudnennia atmosfernoho povitria zvažhenymy chastkamy pylu (PM₁₀, PM_{2,5}) u Desnianskomu raioni m. Kyieva [Ambient Particulate Matter (PM₁₀, PM_{2,5}) Air Pollution in Desnianskyi District in Kyiv]. In : *Hihiiena naselenykh mists [Hygiene of the Settlements]*. Kyiv ; 2017 ; 67 : 32-33 (in Ukrainian).

6. WHO Regional Office for Europe. Air Quality Guidelines – Global Update 2005. Copenhagen ; 2006 : 484 p.

7. Assessment of the Health Impacts of Exposure to PM_{2,5} at a European Level. ETC/ACC Technical Paper 2009. URL : https://acm.eionet.europa.eu/docs/ETCACC_TP_2009_1_European_PM2.5_HIA.pdf

Надійшла до редакції 10.11.2018