

**DEVELOPMENT OF AUTOMATED SYSTEM
OF STATISTICAL ANALYSIS OF RESEARCH RESULTS OF AIR**

S.V. Kapranov, D.V. Tarabtsev

In Alchevsk city sanitary-epidemiological station (Alchevsk Municipal Branch of State Institution «Lugansk regional Laboratory Center of State Sanitary and Epidemiological Service of Ukraine») developed and introduced into practice the automated system of processing the results of air investigations. Prepared for this purpose the computer program «Air-2» allows using standard statistical methods to calculate air quality indices for different periods of time.

Proposed introduction single centralized automated system of statistical processing of the results of air in the PC laboratory studies of all the sanitary-epidemiological institutions of Ukraine.

УДК 614.71

**ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ
ЗВАЖЕНИМИ ЧАСТКАМИ ПИЛУ (ЗЧ₁₀ и ЗЧ_{2,5})
У ДЕСНЯНСЬКОМУ РАЙОНІ М. КИЄВА**

*Турос О.І., Маремуха Т.П., Кобзаренко І.В., Петросян А.А.,
Михіна Л.І., Брезіцька Н.В., Давіденко Г.М., Харченко К.О.
ДУ „Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва
Національної академії медичних наук України”, м. Київ*

Актуальність. Вплив навколишнього природного середовища на здоров'я людини є незаперечним фактом. За даними Європейського бюро ВООЗ у країнах Європи та Центральної Азії як мінімум 1,4 млн. дострокових смертей у рік можуть бути віднесені на рахунок екологічних ризикових факторів [1]. При цьому найбільш значимим окремо взятим фактором ризику є забруднення атмосферного повітря транспортом, промисловими підприємствами та виробництвом енергії [2,3].

Одним із значущих показників якості атмосферного повітря в міському середовищі є вміст у ньому зважених часток (ЗЧ). Під ЗЧ розуміють забруднюючу повітря субстанцію, яка складається з суміші твердих і рідких частинок, що знаходяться в підвішеному стані в повітрі. Ці ЗЧ розрізняються за розміром, складом і походженням. Вони можуть або безпосередньо викидатися в атмосферне повітря (первинні), або утворюватися в атмосфері з таких газоподібних прекурсорів, як діоксид сірки, оксиди азоту, аміак і неметанові леткі органічні сполуки (вторинні). Зва-

жені частинки самі по собі і в комбінації з іншими забруднюючими речовинами представляють дуже серйозну загрозу для здоров'я людини. Особливу небезпеку для здоров'я становлять ЗЧ з аеродинамічним діаметром частинок менше 10 мкм – ЗЧ₁₀ та менше 2,5 мкм – ЗЧ_{2,5}, тому що вони здатні проникати у торакальний відділ дихальної системи [4].

Моніторингові та епідеміологічні дослідження, які були проведені в багатьох країнах світу, доводять, що численні ефекти для здоров'я, в т.ч. захворювання та смерть від респіраторної (хронічна обструктивна хвороба легень, хронічні бронхіти, емфіземи, бронхіальна астма, рак легень) та серцево-судинної патології (ішемічні інсульти та інші цереброваскулярні захворювання), спричиняються саме забрудненням атмосферного повітря ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5}. В жовтні 2013 р. Міжнародне агентство з вивчення раку включило комбінацію забруднення повітря і зважених речовин в список канцерогенних факторів (група 1) [5].

Вплив ЗЧ на здоров'я людини може бути як короткочасний (протягом годин або днів), так і довготривалий (протягом місяців або років) [6]. Є достатні докази впливу короткочасної експозиції ЗЧ₁₀ на дихальну систему, однак з точки зору смертності (і особливо смертності в результаті довготривалої експозиції) більш значущим фактором ризику, ніж груба фракція ЗЧ₁₀ (частки з діаметром в межах 2,5-10 мкм), є ЗЧ_{2,5}. За наявними оцінками, при збільшенні концентрації ЗЧ₁₀ на 10 мкг/м³ добова смертність від усіх причин зростає на 0,2-0,6% [7,8]. В умовах хронічної експозиції ЗЧ_{2,5} кожне підвищення концентрації ЗЧ_{2,5} на 10 мкг/м³ пов'язане зі зростанням довготривалого ризику кардіопульмональної смертності на 6-13% [9,10]. В глобальному масштабі на рахунок впливу ЗЧ відносять приблизно 3% випадків смерті від кардіопульмонарної патології і 5% випадків смерті від раку легень. В Європейському регіоні ВООЗ ця частка в різних субрегіонах становить, відповідно, від 1% до 3% і від 2% до 5% [11]. Тягар хвороб, обумовлений забрудненням атмосферного повітря, може бути ще вище. Згідно з розрахунками на частку забруднення атмосферного повітря, що виражається у річній концентрації ЗЧ_{2,5}, припадає 3,1 млн. випадків смертей на рік та близько 3,1% числа втрачених років здорового життя у всьому світі [12]. В країнах Європейського регіону ВООЗ вплив ЗЧ_{2,5} зменшує очікувану тривалість життя населення в середньому приблизно на 8,6 міс [4].

Особливо уразливими перед забрудненням повітря дрібнодисперсним пилом є діти, адже вони вдихають більше повітря в співвідношенні зі своєю вагою, ніж дорослі, і проводять більше часу на вулиці. У той же час, їх імунна і ферментна системи ще не сформувалися остаточно, а дихальні шляхи знаходяться в процесі росту. Вищесказане підтверджується міжнародним науковим співтовариством (проекти REVINAAP; HRAPIEE, ВООЗ, 2013, 2014 року) і доводить негативний вплив ЗЧ_{2,5} на розвиток легень у дітей, що нерідко викликає хронічні хвороби легень. Пошкодження легень, викликане впливом забрудненого повітря в ранні роки життя, знижує максимальний рівень функціонування легень в майбутньому [13].

Наразі в Україні гігієнічні нормативи ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5} відсутні. Пости моніторингу гідрометслужби України не автоматизовані та не диференціюють пил за дисперсністю. Оцінка інгаляційного впливу ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5} в Україні на здоров'я населення не проводилась.

Метою нашого дослідження було визначення рівня забруднення атмосферного ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5} в Деснянському районі м. Києва.

Організація та методи досліджень. Стаціонарний спостережний пункт моніторингу ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5} (на базі ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва Національної академії медичних наук України») обладнаний за адресом м. Київ, вул. Попудренка, 50. Точка відбору відповідає вимозі репрезентативності по території розміщення: спостережний пункт віддалений від локальних джерел забруднення (в тому числі, від безпосередньої близькості до проїжджої частини вулиці) і розташовується в місцях, вільних від аеродинамічних збурень, створюваних стінами і т.п.

Дослідження проводилося з червня по жовтень 2017 року. Інструментальні виміри рівнів концентрацій ЗЧ_{2,5} і ЗЧ₁₀ в атмосферному повітрі здійснювались за допомогою аналізатору APDA-371 (HORIBA), який автоматично визначає концентрацію зважених в атмосфері твердих частинок (в мг/м³ або мкг/м³), використовуючи відомий метод ослаблення бета-випромінювання. Щогодини постійний пучок електронів від невеликого джерела бета-випромінювання на основі вуглецю-14 пропускається через чистий стрічковий фільтр. Інтенсивність бета-випромінювання, яке пройшло через фільтр, визначається чутливим сцинтиляційним детектором і зберігається в пам'яті аналізатора як опорний сигнал. Потім аналізатор APDA-371 автоматично переміщує стрічковий фільтр до пробовідбірної насадки, після чого насос прокачує через фільтр відомий обсяг повітря (стандартний – 16,7 л/хв.), що містить пил. Щогодини забруднений фільтр знову розміщується між джерелом бета-випромінювання і детектором, який реєструє ослаблення бета-випромінювання через його поглинання частинками пилу на фільтрі. За ступенем ослаблення інтенсивності бета-

випромінювання прилад розраховує масу пилу на фільтрі. Стандартний діапазон виміру аналізатору APDA-371 становить 0-1,000 мг/м³ або 0-1000 мкг/м³. Одночасно фіксувалися метеорологічні параметри атмосферного повітря (швидкість і напрям вітру, температура, вологість, тиск повітря) з використанням метеорологічного сенсора WS-600. Вимірювання проводились на висоті 2 м від горизонтальної поверхні даху існуючої станції моніторингу з установкою вертикального прямого повітрязбірника з захистом від атмосферних опадів.

Стаціонарний спостережний пункт моніторингу забезпечує автоматичне безперервне вимірювання концентрацій ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5} з одногодинним осередненням і передачею даних в режимі on line. Це дало можливість оцінити отримані результати і зіставити їх з гігієнічними нормативами, рекомендованими ВООЗ при 24-годинному часі усереднення [4,14]. Статистична обробка ре-

зультатів вимірювань проаналізована за допомогою інструментів пакета статистичної обробки даних STATISTICA 7.0.

Результати дослідження та їх обговорень. З огляду на те, що вміст ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5} у загальному пилу в Україні не регламентується, отриманні концентрації були порівняні з критеріями оцінки якості повітря, що рекомендовані ВООЗ: для ЗЧ₁₀ середньорічна концентрація дорівнює 20 мкг/м³, середньодобова – 50 мкг/м³; для ЗЧ_{2,5} середньорічна концентрація дорівнює 10 мкг/м³, середньодобова – 25 мкг/м³.

На основі даних натурних досліджень встановлено рівні забруднення атмосферного повітря у Деснянському районі м. Києва ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5} протягом 5 місяців (червень-жовтень) 2017 р. За даними гігієнічної оцінки в окремі дні виявлено перевищення середньодобових нормативів ВООЗ для обох речовин.

Таблиця 1. Перевищення середньодобових концентрацій ЗЧ₁₀, мкг/м³.

Дата, 2017 р.	M±m	Медіана	min	max	Критерій оцінки ВООЗ
19.08.	65±6,1	63	31	134	50 мкг/м ³
04.09.	59±6,5	56	14	129	
10.09.	94±12,7	79	23	252	
11.09.	64±6,1	58	34	149	
12.09.	74±9,6	57	27	182	
17.09.	66±6,3	65	23	161	
21.09.	52±7,3	52	13	135	
22.09.	57±4,8	55	23	102	
23.09.	52±4,0	41	27	84	
03.10.	71±6,9	56	39	178	
18.10.	55±2,1	51	42	77	
19.10.	75±5,1	68	29	133	

Таблиця 2. Перевищення середньодобових концентрацій ЗЧ_{2,5}, мкг/м³.

Дата, 2017 р.	M±m	Медіана	min	max	Критерій оцінки ВООЗ
02.08.	29±2,5	24	13	48	25 мкг/м ³
13.08.	29±3,8	24	15	101	
19.08.	31±3,4	27	10	87	
12.09.	31±3,8	25	11	96	
17.09.	28±2,1	26	16	58	
23.09.	26±1,1	24	19	38	

Як видно з таблиці 1, перевищення середньодобових концентрацій $Z\text{Ч}_{10}$ спостерігалось: 1 раз у серпні, 8 разів у вересні та 3 рази у жовтні; $Z\text{Ч}_{2,5}$ – 3 рази у серпні та вересні. Максимальне забруднення атмосферного повітря $Z\text{Ч}_{10}$ визначалось 10 вересня і

було на рівні $94 \pm 12,7$ мкг/м³ (у діапазоні від 23 до 252 мкг/м³); $Z\text{Ч}_{2,5}$ – 19 серпня та 12 вересня: $31 \pm 3,4$ (у діапазоні від 10 до 87 мкг/м³) та $31 \pm 3,8$ (у діапазоні від 11 до 96 мкг/м³), відповідно (рис. 1 та рис. 2).

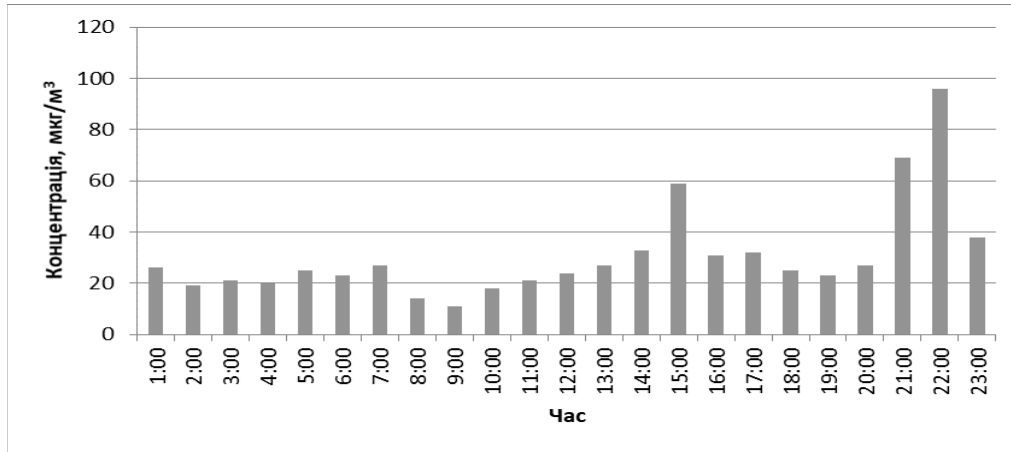


Рисунок 1. Концентрації $Z\text{Ч}_{10}$ в атмосферному повітрі Деснянського району м. Києва 10 вересня 2017 р.

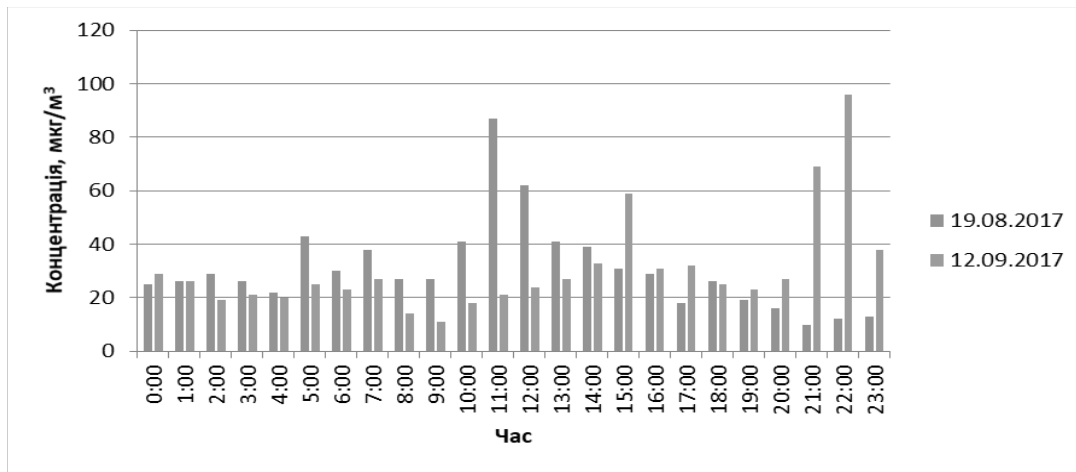


Рисунок 2. Концентрації $Z\text{Ч}_{2,5}$ в атмосферному повітрі Деснянського району м. Києва 19 серпня та 12 вересня 2017 р.

Результати аналізу даних (навіть за неповний рік) дозволили зробити висновок, що існує проблема забруднення атмосферного повітря $Z\text{Ч}$ у Деснянському районі м. Києва. Згідно з Директивою 2008/50/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 21.05.2008 р. про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи не допускається перевищення рівня 50 мкг/м³ для $Z\text{Ч}_{10}$ більше ніж 35 разів протягом календарного року. Разом з тим, в 12 з 153 вимірю-

вань середньодобових концентрацій визначені перевищення рекомендованих нормативів.

Також нами були усередненні концентрації, отриманні протягом місяця. Як видно з рис. 3, мінімальне забруднення атмосферного повітря $Z\text{Ч}_{10}$ та $Z\text{Ч}_{2,5}$ спостерігалось, відповідно: у липні ($22 \pm 0,7$ мкг/м³) та червні ($11 \pm 1,8$ мкг/м³), максимальне – у вересні ($37 \pm 1,1$ мкг/м³) та жовтні ($21 \pm 0,7$ мкг/м³).

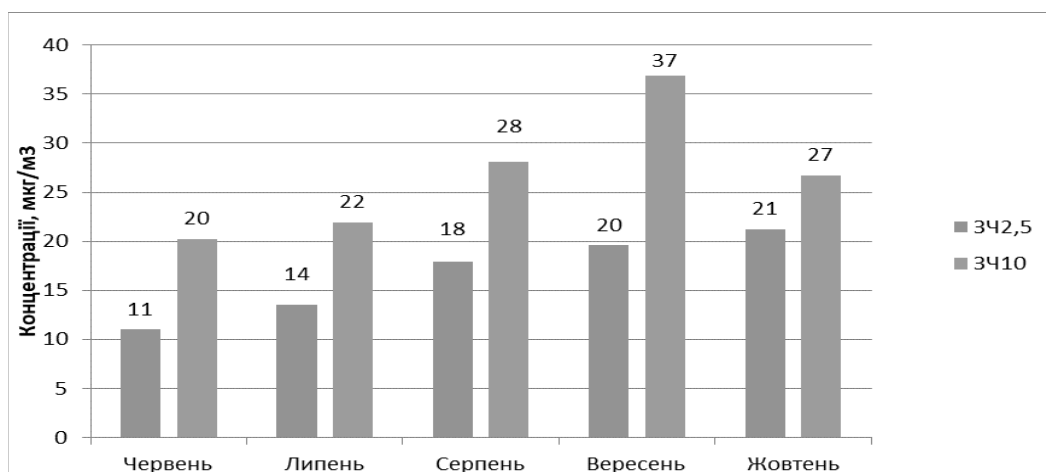


Рисунок 3. Середньомісячні концентрації ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5} в атмосферному повітрі Деснянського району м. Києва.

Отриманні середньомісячні концентрації ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5} в подальшому дадуть нам змогу розрахувати середньорічні концентрації даних речовин, що, в свою чергу, дозволить оцінити експозицію населення, що

проживає у Деснянському районі м. Києва, по відношенню до забруднення атмосферного повітря ЗЧ та допомогти місцевим органам влади розробити програми, спрямовані на покращення якості повітря.

Висновки

1. За допомогою стаціонарного спостережного пункту моніторингу протягом 5 місяців (червень-жовтень) 2017 р. визначено середньодобові концентрації ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5} в атмосферного повітря Деснянського району м. Києва.

2. Під час проведення дослідження (153 доби) виявлено перевищення рекомендованих ВООЗ допустимих рівнів середньодобових концентрацій: ЗЧ₁₀ – в 12 раз, ЗЧ_{2,5} – в 6 раз.

3. Мінімальне забруднення атмосферного повітря ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5} протягом місяця спостерігалось, відповідно, у липні ($22 \pm 0,7$ мкг/м³) та червні ($11 \pm 1,8$ мкг/м³), максимальне – у вересні ($37 \pm 1,1$ мкг/м³) та жовтні ($21 \pm 0,7$ мкг/м³).

4. Для правильної оцінки концентрацій ЗЧ (ЗЧ₁₀ і ЗЧ_{2,5}) та тенденції їх зміни в атмосферному повітрі не лише м. Києва, але й у інших містах України, необхідне впровадження і розширення моніторингових програм вимірювань з обов'язковим переглядом та затвердженням гігієнічних нормативів для ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5}, відповідно до рекомендацій і вимог ВООЗ, шляхом дотримання нормативних документів і директив (основні - 2008/50/ЄС, 2001/80/ЄС), необхідність виконання яких пов'язане з інтеграційними процесами вступу України в ЄС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Declaration of the Sixth Ministerial Conference on Environment and Health. Ostrava, Czech Republic, 13-15 June 2017. URL http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0007/341944/OstravaDeclaration_SIGNED.pdf?ua=1.
2. Качество атмосферного воздуха и здоровья. Информационный бюллетень, сентябрь 2016. URL : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/ru/>
3. Турос О.І., Ананьєва О.В., Петросян А.А. Вдосконалення підходів до кількісної оцінки забруднення атмосферного повітря викидами автомобільних транспортних засобів // Гігієна населених місць. Зб. наук. пр. К., 2014. Вип. 63. С. 22-31.
4. Health effects of particulate matter / WHO Regional Office for Europe. Copenhagen, 2013. 15 p.
5. Almost 600 000 deaths due to air pollution in Europe: new WHO global report, 2014. URL: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and->

- health/pages/news_news/2014/03/almost-600-000-deaths-due-to-air-pollution-in-europe-new-who-global-report.
6. Baumann, R., Krzyzanowski M., Чичерин С. Рамочный план организации мониторинга взвешенных веществ в атмосфере в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. Бонн: ВОЗ, Европейский центр по окружающей среде и охране здоровья, 2006. 52 с.
 7. Air quality guidelines: global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2006. URL: <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/air-quality-guidelines.-global-update-2005.-particulate-matter,-ozone,-nitrogen-dioxide-and-sulfur-dioxide>, accessed 28 October 2012).
 8. Samoli E., Peng. R., Katsouyanni K. Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from the APHENA Study // Environmental Health Perspectives. 2008. Vol. 116(11). P. 1480-1486.
 9. Beelen R., Hoek G., Brunekreef B. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR Study) // Environmental Health Perspectives. 2008. Vol. 116(2). P. 196-202.
 10. Krewski D., Jerrett M., Burnett R. Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society linking particulate air pollution and mortality. Boston, MA: Health Effects Institute, 2009 (HEI Research Report 140).
 11. Cohen A.J., Anderson R., Ostro B. Urban air pollution // Comparative quantification of health risks. Global and regional burden of disease attributable to selected major factors: Ezzati M et al., eds. Geneva: World Health Organization. 2004. Iss. 2(17). P. 1354-1433. URL: http://www.who.int/health info/ global_burden disease/cra/en/index.html, accessed 28 October 2012).
 12. Lim S.S., Vos T., Flaxman A.D. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010 // Lancet. 2012. Vol. 380. P. 2224-2260.
 13. The unpaid health bill. How coal power plants make us sick: A report from the Health and Environment Alliance. URL: http://www.env-health.org/IMG/pdf/heal_report_the_unpaid_health_bill_how_coal_power_plants_make_us_sick_final.pdf.
 14. Air quality guidelines – global update 2005 / WHO Regional Office for Europe. Copenhagen, 2006. 484 p.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА МЕЛКОДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ ПЫЛИ (PM₁₀ и PM_{2,5}) В ДЕСНЯНСКОМ РАЙОНЕ Г. КИЕВА

*Турос Е.И., Маремуха Т.П., Кобзаренко И.В., Петросян А.А.,
Михина Л.И., Брезицкая Н.В., Давиденко А.Н., Харченко Е.А.*

Влияние окружающей среды на здоровье человека является неоспоримым фактом. При этом наиболее значимым отдельно взятым фактором риска является загрязнение атмосферного воздуха транспортом, промышленными предприятиями и производством энергии. Особую опасность для здоровья населения представляют мелкодисперсные частицы пыли с аэродинамическим диаметром частиц менее 10 мкм – PM₁₀ и менее 2,5 мкм – PM_{2,5}. В Украине гигиенические нормативы PM₁₀ и PM_{2,5} отсутствуют, оценка ингаляционного воздействия на здоровье населения не проводится. Целью представленной работы было определение уровня загрязнения атмосферного PM₁₀ и PM_{2,5} в Деснянском районе г. Киева.

Исследование проводилось с июня по октябрь 2017 года. Инструментальные измерения уровней концентраций PM₁₀ и PM_{2,5} в атмосферном воздухе осуществлялись с помощью

анализатора APDA-371 (HORIBA), который обеспечивает автоматическое непрерывное измерение концентраций с часовым осреднением данных в режиме on-line.

В результате проведённых исследований были определены среднесуточные и средне-месячные концентрации PM_{10} и $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе Деснянского района г. Киева. В течение 5 месяцев выявлено превышение рекомендованных ВОЗ допустимых уровней среднесуточных концентраций: PM_{10} – 12 раз, PM_{10} и $PM_{2.5}$ – 6 раз.

AMBIENT PARTICULATE MATTER (PM_{10} AND $PM_{2.5}$) AIR POLLUTION IN DESNIANSKY DISTRICT IN KYIV

*O. Tuross, T. Maremukha, I. Kobzarenko, A. Petrosian,
L. Mykhina, N. Brezitska, A. Davidenko, K. Kharchenko*

The impact of the environment on human health is an undeniable fact. Ambient air pollution from transport, industrial enterprises, and energy industry is the biggest single risk factor. Particulate matter (PM) with the aerodynamic diameter of particles less than $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}) and less than $2.5\ \mu\text{m}$ ($PM_{2.5}$) pose a particular danger on public health. There is no standard for PM_{10} and $PM_{2.5}$ and assessment of inhalatory exposure for public health in Ukraine. The objective is to determine the level of ambient PM_{10} and $PM_{2.5}$ air pollution in Desniansky district in Kyiv.

The research took place from June to October 2017. Instrumental measurements of concentration levels of $PM_{2.5}$ and PM_{10} in ambient air was done using the ambient dust monitor APDA-371 (HORIBA), what provides automatic continuous measurements of concentrations with measurement cycle time- 1 hour and possibility of on-line data transmission.

Mean daily and monthly concentrations of PM_{10} and $PM_{2.5}$ in ambient air in Desniansky district in Kyiv were determined in the result of current research. The exceedances of WHO-recommended permissible levels of mean daily concentrations were detected during 5 months: PM_{10} -12 times, $PM_{2.5}$ -6 times.

Куратор розділу – д. мед. наук, професор Турос О.І.