

нальної безпеки: монографія. К. : вид-во НАДУ, 2009. 296 с.

6. Dicker R., Gathany N., Anderson P., Segal B., Smith S., Thompson Ph. Principles of Epidemiology : 2-nd Edition. Self-Study Course 3030-G CDC / US Department of Health & Human Services, 12/92. Available at : <http://pubhealth.spb.ru/EpidD/>

7. Yabroff K.R., Bradley C.J., Mariotto A.B., Brown L.M., Feuer E.J. Estimates and Projections of Value of Life Lost From Cancer Deaths in the United States. *J Natl Cancer Inst.* 2008. № 100 (24). P. 1755-1762.

8. Brown D.W. Economic Value of Disability-adjusted Life Years Lost to Violence: Estimates for WHO Member States. *Rev Panam Salud Publica.* 2008. № 24 (3). P. 203-209.

REFERENCES

1. Uriad zbilshyv rozmir pensii simiam zahyblykh na Maidani do 8,5 tys. грн. [Government Increased a Size of Pensions for the Families of the Dead on the Maidan up to 8.5 thousand UAH. Available at: http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article?art_id=247891261 (in Ukrainian).

2. Bykov A.A. O metodologii ekonomicheskoi otsenki zhizni srednestatisticheskogo cheloveka (poiasnitelnaia zapiska) [On the Methodology of Economic Assessment of the Life of Average Man (Explanatory Note)]. Available at: www.dex.ru/riskjournal/2007/2007_4_2/178-191.pdf (in Russian).

3. Nifantova R.V., Shypitsyna S.Ye. *Ekonomika regiona.* 2012 ; 3 : 289-294 (in Russian).

4. Karabchuk T.S., Nikitina M.V., Remezko V.P. and Soboleva N.E. *Ekonomicheskaya sotsiologiya.* 2014 ; 15 (1) : 89-106 (in Russian).

5. Rynhach N.O. Hromadske zdorovia v Ukraini yak chynnyk natsionalnoi bezpeky: monohrafiia [Public Health in Ukraine as a Factor of National Safety: Monograph]. Kyiv ; 2009 : 296 p. (in Ukrainian).

6. Dicker R., Gathany N., Anderson P., Segal B., Smith S. and Thompson Ph. Principles of Epidemiology : 2-nd Edition. Self-Study Course 3030-G CDC / US Department of Health & Human Services, 12/92. Available at : <http://pubhealth.spb.ru/EpidD/> 7. Yabroff K.R., Bradley C.J., Mariotto A.B., Brown L.M. and Feuer E.J. *J. Natl. Cancer Inst.* 2008 ; 100 (24) : 1755-1762.

8. Brown D. W. *Rev Panam Salud Publica.* 2008 ; 24 (3) : 203-209.

Надійшла до редакції 09.01.2017

ASSESSMENT OF TRAFFIC-RELATED HUMAN HEALTH RISKS IN DARNYTSKYI AND DNIPROVSKYI DISTRICTS OF KYIV CITY

Ananieva O.V.

ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ, ЗУМОВЛЕНОГО ВИКИДАМИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ, НА ТЕРИТОРІЇ ДАРНИЦЬКОГО ТА ДНІПРОВСЬКОГО РАЙОНІВ М. КИЄВА

3

АНАНЬЄВА О.В.

ДУ „Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМНУ”, м. Київ

УДК 614.71:504.06:616-084

Ключові слова: оцінка ризику, експозиція, автомобільний транспорт, забруднення повітря, органи дихання.

а даними Організації Об'єднаних Націй, станом на 2050 рік майже 70% населення планети житиме у містах [1]. Стрімкі темпи глобалізації несуть суспільству нові позитивні зміни, задовольняючи потреби у доступі до товарів та послуг, соціальних благ і комунікації. Водночас такі аспекти міського життя, як підвищені рівні забруднення довкілля, обмежений доступ до зелених зон, малорухливий спосіб життя стають причиною зростання

ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННОГО ВЫБРОСАМИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА, НА ТЕРРИТОРИИ ДАРНИЦКОГО И ДНЕПРОВСКОГО РАЙОНОВ г. КИЕВА

Ананьева О.В.

ГУ "Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева Национальной академии медицинских наук Украины"

Целью исследования была оценка риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха выбросами автомобильного транспорта на территории Дарницкого и Днепроовского районов г. Киева.

Материалы и методы. Для оценки экспозиции, формирующейся за счет выбросов автотранспортных потоков на территории исследования, и расчета соответствующих уровней риска для здоровья была использована методология оценки риска для здоровья населения, рекомендованная к использованию Агентством США по охране окружающей среды. Для расчета усредненных концентраций (1-, 24-часовых и годовых) была использована модель расчета рассеивания концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе ISC-AERMOD View v.8.8.9. Расчет загрязнения проведен для 28 автодорог и 6 перекрестков. В работе использованы методы наблюдения и учета по структуре, интенсивности и особенностям движения транспортных потоков, методы статистической обработки данных и методы пространственного анализа данных (ArcMap v. 10.1, Esri).

Результаты. Выполнен расчет рассеивания усредненных концентраций углерода оксида, оксидов азота (в перерасчете на NO₂), серы диоксида, неметановых углеводородов, взвешенных частиц PM₁₀ и формальдегида в 952 рецепторных точках с шагом 250 м, равномерно расположенных на территории исследования. На основании полученных уровней экспозиции рассчитаны показатели неканцерогенного риска (коэффициенты опасности HQ) для острого и хронического ингаляционного воздействия, а также суммарный неканцерогенный риск (HI). При условии острого воздействия определено превышение допустимого уровня (HQ≥1) только для PM₁₀ в районе Дарницкой площади (HQ=1,2) и проспекта Соборности (HQ=1,4). Для условий хронического воздействия установлено превышение допустимого уровня коэффициентов опасности (HQ≥1) для оксидов азота (в перерасчете на NO₂) – HQ от 1,26E-02 до 2,07E+00; неметановых углеводородов – HQ от 1,58E-02 до 3,18E+00; PM₁₀ – HQ от 5,53E-03 до 1,27E+00. Для остальных веществ коэффициенты опасности при хроническом воздействии были на допустимом уровне (HQ<1), а риск для здоровья – минимальным. Суммарный неканцерогенный риск (HI) для условий хронического воздействия определен в диапазоне от 4,04E-02 до 5,43E+00, что свидетельствует о возможности возрастания частоты негативных реакций со стороны органов дыхания в 1,5-5,4 раза.

Ключевые слова: оценка риска, экспозиция, автомобильный транспорт, загрязнение воздуха, органы дыхания.

© Ананьева О.В. СТАТТЯ, 2017.

ASSESSMENT OF TRAFFIC-RELATED HUMAN HEALTH RISKS IN DARNYTSKYI AND DNIPROVSKYI DISTRICTS OF KYIV CITY

Ananieva O. V.

State Institution "O. M. Marzeiev Institute for Public Health, National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv

Objective. We assessed the human health risks formed by traffic-related air pollution on the territory of Darnytskyi and Dniprovskyi districts in Kyiv city.

Materials and methods. We used human health risk assessment methodology approved by the USA Environmental Protection Agency for the assessment of the human exposure to motor vehicles emissions and calculation of the corresponding human health risks. Air pollution dispersion model ISC-AERMOD View v.8.8.9 was applied to obtain averaged (1-, 24-hour and annual) pollutants' concentrations formed by 28 motorways and 6 crossroads within study area. We used the methods of observation and recording of the vehicle fleet intensity, composition, and road situation. Research outputs were processed with statistical tools and methods of geospatial analysis (ArcMap v.10.1, Esri).

Results. Averaged concentrations of carbon monox-

ide, nitrogen oxides (based on NO_2), sulfur dioxide, non-methane hydrocarbons, particular matter PM_{10} , and formaldehyde were calculated for 952 receptors with point increment of 250 meters. Based on exposure estimates, non-carcinogenic risks (hazard quotients HQ) for acute and chronic exposures were calculated. Additionally, total chronic hazard for inhalation exposure pathway (hazard index HI) was estimated. Under acute exposure we revealed an excess of the allowable level ($\text{HQ} \geq 1$) only for PM_{10} in Darnytska Square ($\text{HQ}=1.2$) and Sobornosti Ave. ($\text{HQ}=1.4$). Chronic non-carcinogenic risks were above recommended levels ($\text{HQ} \geq 1$) for nitrogen oxides (based on NO_2) – HQ ranging from $1.26\text{E}-02$ to $2.07\text{E}+00$; non-methane hydrocarbons – HQ from $1.58\text{E}-02$ to $3.18\text{E}+00$; PM_{10} – HQ from $5.53\text{E}-03$ to $1.27\text{E}+00$. At chronic exposure the hazard quotients for other pollutants were at the acceptable level ($\text{HQ} < 1$) and a health risk was minimum. A total non-carcinogenic risk for chronic exposure (HI) was determined in a range from $4.04\text{E}-02$ to $5.43\text{E}+00$, this indicates a possibility of 1.5-5.4 fold increase of the frequency of negative reactions in respiratory system.

Keywords: risk assessment, exposure, traffic, air pollution, respiratory system.

рівнів неінфекційної захворюваності та передчасної смертності серед міських мешканців. Доведено, що на сьогоднішній день забруднення атмосферного повітря є одним з визначальних факторів здоров'я у міському середовищі [2]. Нещодавні оцінки Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) свідчать, що у 2012 році майже 3,7 млн. випадків передчасних смертей були спричинені забрудненням атмосферного повітря, а 9 з 10 міських мешканців жили у містах, де рівні забруднення атмосферного повітря не відповідають рекомендованим рівням, визначеним ВООЗ [3]. В Україні, за оцінками ВООЗ, у 2012 році 54 507 випадків додаткових смертей через захворювання органів дихання та серцево-судинної системи були спричинені забрудненням атмосферного повітря [3]. Водночас постійні тенденції розвитку та зростання міст ведуть до хаотичної розбудови транспортної системи без урахування принципів сталого розвитку, зеленого транспорту та потенційних впливів на здоров'я населення, збільшуючи частку забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами двигунів внутрішнього згорання. За останніми оцінками, майже 80% забруднення атмосферного повітря у м. Києві зумовлено викидами автомобільного транспорту [4]. Зважаючи на

той факт, що від 30% до 50% мешканців великих міст проживають у радіусі 50-100 м від основних автодоріг та у радіусі 500 м від магістральних вулиць, на які припадає основний потік транспортних засобів [5], хімічні речовини, що надходять до атмосферного повітря з викидами автомобільного транспорту, формують такі рівні ризику для здоров'я населення, які у поєднанні з іншими факторами призводять до зростання неінфекційної захворюваності та смертності, особливо серед чутливих груп.

Метою представлено дослідження було оцінити ризику для здоров'я населення, зумовлені забрудненням атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту у Дарницькому та Дніпровському районах м. Києва.

Матеріали та методи дослідження. Оцінка експозиційного навантаження, що формується викидами автомобільного транспорту, та розрахунок відповідних рівнів ризику для здоров'я населення проводилися для двох районів міста Києва — Дарницького та Дніпровського, які відзначаються високою щільністю житлової забудови і розгалуженою мережею автодоріг з інтенсивними транспортними потоками. Розрахунок ризиків виконано відповідно до процедури оцінки ризику (Human Health Risk Assessment), яка є рекомендованою Агентством США з охоро-

рони довкілля і ВООЗ [6], та алгоритму реалізації методології, розробленої лабораторією якості повітря ДУ "Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзеєва НАМНУ". Рівні забруднення атмосферного повітря вуглецю оксидом, азоту оксидом (у перерахунку на NO_2 – далі азоту діоксид), сірки діоксидом, неметановими вуглеводнями, зваженими частинками діаметром ≤ 10 мкм (PM_{10}) та формальдегідом, обумовлені викидами автомобільного транспорту на території дослідження, отримано шляхом моделювання розсіювання концентрацій забруднюючих речовин за допомогою моделі ISC-AERMOD View v.8.8.9 (Lakes Environmental; ліцензія ISCAY000 2896). ISC-AERMOD View, регуляторна модель Агентства США з охорони довкілля, широко використовується для розрахунку розсіювання концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосферного повітря і прогнозу якості повітряного середовища [6]. Попередні публікації автора наводять результати валідації та можливості застосування зазначеної моделі для задач дослідження.

Розрахунок розсіювання концентрацій досліджуваних забруднюючих речовин виконано для 28 ділянок автодоріг та 6 перехресть. Інформацію щодо інтенсивності і структури транспортних потоків, фізичних параметрів автодоріг та перехресть, особливостей регулю-

вання руху отримано під час натурних вимірювань рівнів забруднення повітря у районі автодоріг, що виконувалися автором у 2012 і 2014 роках. У якості вхідної інформації для програми розрахунку було використано такі дані: пара-

метри джерел викидів; величини викидів забруднюючих речовин (г/с); набір даних метеорологічних спостережень для м. Києва (погодинні спостереження для метеостанції 33345); набір топографічних даних (дані SRTM N50E30, електрон-

ний архів Геологічної служби США). Досліджувані 28 ділянок автодоріг було внесено до відповідного модулю програми у вигляді джерел викиду лінійного типу. Включені до розрахунку 6 перехресть було задано у вигляді неорганізованих джерел викидів. Координати, довжина та ширина джерел викидів визначалися за цифровою картою території дослідження, підготовленою на основі супутникового знімка високої роздільної здатності для м. Київ (придбано у компанії ТОВ «Твіс-Інфо»). Розрахунок величин викидів забруднюючих речовин (г/с) було виконано згідно з відповідними методиками: «Методика определения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга» (Санкт-Петербург, 2012) та «Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов» (Москва, 2008). Географічна прив'язка та обробка супутникових даних здійснювалася за допомогою інструментів ArcMap (v.10.1; Esri). За допомогою моделі ISC-AERMOD View v.8.8.9 було розраховано усереднені 1-, 24-годинні та річні концентрації вуглецю оксиду, азоту діоксиду, сірки діоксиду, неметанових вуглеводнів, зважених частинок (PM₁₀) і формальдегіду у 952 рецепторних точках з кроком 250 м, рівномірно розташованих на території дослідження.

Для речовин, що не чинять канцерогенний вплив, оцінка ризику проводилася на основі розрахунку коефіцієнта небезпеки (HQ), який є співвідношенням між величиною експозиції та безпечним рівнем впливу (референтна концентрація) [6]. При HQ, що дорівнює 1 або меншому, ризик виникнення шкідливих ефектів у здоров'ї людини відсутній [6]. Зі збільшенням HQ ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає. Коефіцієнт небезпеки розраховувався окремо для умов короткострокового (гострого) та тривалого (хронічного) впливу забруднюючих речовин. Для характеристики ризику розвитку неканцерогенних ефектів за комплексного впливу

Таблиця 1
Описова статистика концентрацій забруднюючих речовин у розрахункових точках

Забруднююча речовина / період усереднення	Концентрація, мг/м ³		
	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє значення
Вуглецю оксид			
1 година	2,28E-02	2,10E+00	1,19E-01
24 години	1,37E-02	1,33E+00	7,43E-02
Рік	2,77E-03	4,95E-01	2,17E-02
Оксиди азоту (у перерахунку на NO ₂)			
1 година	4,10E-03	3,52E-01	2,14E-02
24 години	2,48E-03	2,23E-01	1,34E-02
Рік	5,03E-04	8,28E-02	3,92E-03
Сірки діоксид			
1 година	9,55E-05	1,23E-02	6,99E-04
24 години	4,23E-05	7,70E-03	4,34E-04
Рік	1,31E-05	2,80E-03	1,40E-04
Неметанові вуглеводні			
1 година	8,72E-03	1,01E+00	4,30E-02
24 години	5,39E-03	6,28E-01	2,66E-02
Рік	1,12E-03	2,25E-01	7,74E-03
Зважені частинки PM ₁₀			
1 година	8,98E-04	1,07E-01	4,64E-03
24 години	5,44E-04	6,80E-02	2,90E-03
Рік	1,11E-04	2,54E-02	8,48E-04
Формальдегід			
1 година	1,24E-04	6,67E-03	6,42E-04
24 години	7,87E-05	4,17E-03	4,02E-04
Рік	1,61E-05	1,47E-03	1,17E-04

Таблиця 2

Коефіцієнти небезпеки для характеристики неканцерогенного ризику, зумовленого викидами автомобільного транспорту

Забруднююча речовина	Гострий вплив (HQ)			Хронічний вплив (HQ)		
	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean
Вуглецю оксид	-	-	-	9,25E-04	1,65E-01	7,23E-03
Оксиди азоту*	-	-	-	1,26E-02	2,07E+00	9,80E-02
Сірки діоксид	3,38E-04	6,16E-02	3,47E-03	2,62E-04	5,59E-02	2,80E-03
Неметанові вуглеводні	-	-	-	1,58E-02	3,18E+00	1,09E-01
Формальдегід	1,64E-03	8,68E-02	8,38E-03	5,35E-03	4,91E-01	3,90E-02
Зважені частинки PM ₁₀	1,09E-02	1,36E+00	5,80E-02	5,53E-03	1,27E+00	4,24E-02
Сумарний неканцерогенний ризик (HI)				4,04E-02	5,43E+00	2,98E-01

Примітка: * – у перерахунку на NO₂.

ву забруднюючих речовин (сумарний неканцерогенний ризик) було розраховано індекс небезпеки (HI) [6]. Оцінка канцерогенного ризику не проводилася, оскільки концентрації формальдегіду, якому притаманний канцерогенний ефект, перебували на мінімальному рівні. Карти зон підвищеного неканцерогенного ризику за окремими забруднювачами, а також для умов комплексного впливу побудовано за допомогою інструментів ArcMap (v.10.1; Esri). Статистичну обробку даних виконано у програмі SigmaPlot (SigmaPlot (v.12.0; Systat Software Inc.).

Результати досліджень.

Розрахунок розсіювання усереднених 1-, 24-годинних та річних концентрацій вуглецю оксиду, азоту діоксиду, сірки діоксиду, неметанових вуглеводнів, зважених частинок PM_{10} та формальдегіду, які формують експозиційне навантаження на здоров'я населення, що живе у зонах впливу досліджуваних автодоріг та перехресть, проведено у 952 рецепторних точках, рівномірно розташованих на території Дарницького та Дніпровського районів м. Києва з урахуванням впливу метеорологічних факторів та рельєфу території. У таблиці 1 наведено описову статистику за результатами розрахунків.

На основі розрахованих рівнів експозиції було встановлено характеристики неканцерогенного ризику у 952 рецепторних точках від забруднення атмосферного повітря викидами досліджуваних речовин, що надходять до атмосферного повітря з викидами автомобільного транспорту у двох районах м. Києва. Для усіх зазначених речовин було оцінено рівні неканцерогенного ризику за умов гострого та хронічного інгаляційного надходження та розраховано відповідні коефіцієнти небезпеки (HQ). У таблиці 2 наведено діапазон значень (мінімальне, максимальне та середнє значення) коефіцієнтів небезпеки для кожної речовини за умов гострого (на рівні усередненої 24-годинної концентрації) та хронічного (на рівні усередненої річної концентрації) впливів для інгаляційного шляху надходження, а також сумарний неканцерогенний ризик.

На основі розрахованих коефіцієнтів небезпеки, за умов гострого впливу, перевищення допустимого рівня ($HQ \geq 1$) встановлено лише для зважених частинок PM_{10} у районі Дарницької площі ($HQ=1,2$) та проспекту Соборності ($HQ=1,4$). На рисунку 1а представлено карту неканцерогенного ризику за гострого інгаляційного впливу, зумовленого викидами зважених частинок PM_{10} для заданої території дослідження. Для інших забруднюючих речовин перевищень допустимого рівня коефіцієнтів небезпеки не виявлено, отже ризик для здоров'я експонованого населення був мінімальним ($HQ < 1$).

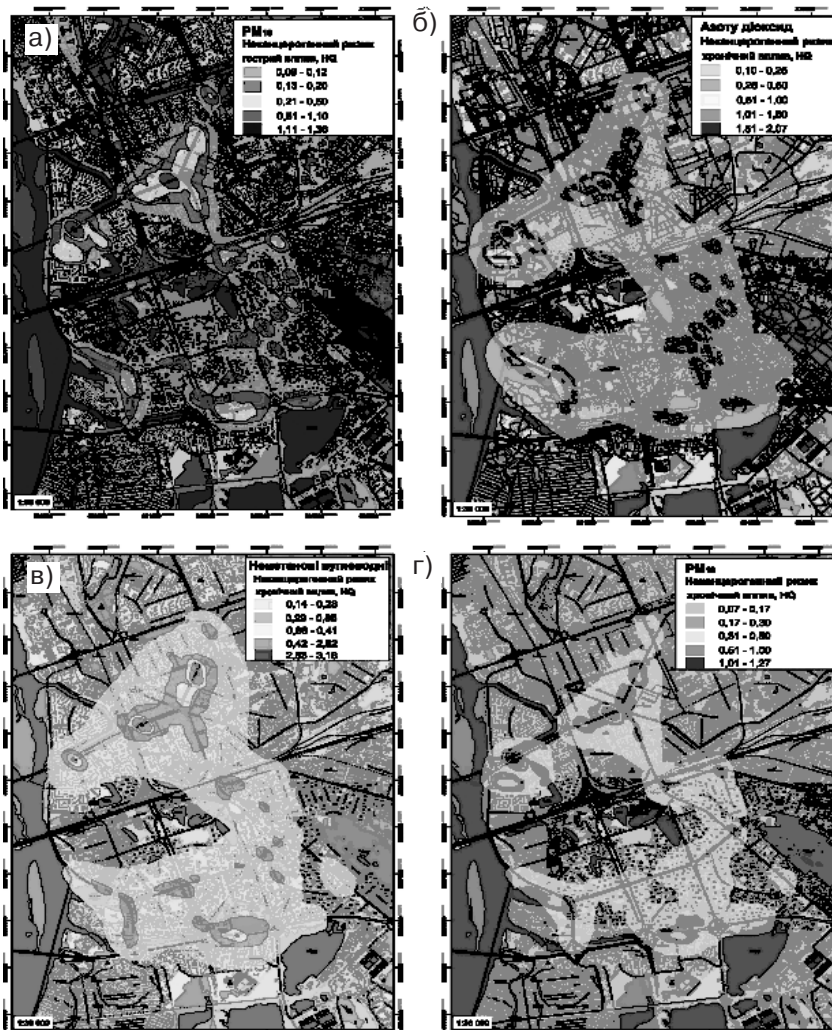
При аналізі рівнів забруднення атмосферного повітря викидами автомобільних транспортних засобів за умов хронічного впливу встановлено перевищення допустимого значення

коефіцієнта небезпеки ($HQ \geq 1$) для азоту діоксиду – HQ у діапазоні від $1,26E-02$ до $2,07E+00$; неметанових вуглеводнів – HQ у межах від $1,58E-02$ до $3,18E+00$; зважених частинок PM_{10} – HQ у діапазоні від $5,53E-03$ до $1,27E+00$. Для вуглецю оксиду, сірки діоксиду та формальдегіду значення коефіцієнтів небезпеки за умови хронічного впливу визначалися на допустимому рівні $HQ < 1$, отже ризик для здоров'я населення був мінімальним.

На рисунку 1б представлено карту неканцерогенного ризику за хронічного інгаляційного впливу, зумовленого викидами азоту діоксиду для заданої території дослідження. Перевищення коефіцієнтів небезпеки встановлено для району Дарницької площі ($HQ=1,7$), проспекту Соборності, проспекту П. Тичини ($HQ=1,1$ 2,07)

Рисунок 1

Неканцерогенний ризик за умови гострого інгаляційного впливу PM_{10} (а), хронічного інгаляційного впливу азоту діоксиду (б), хронічного інгаляційного впливу неметанових вуглеводнів (в), хронічного інгаляційного впливу PM_{10} (г)



та вул. Дніпровська набережна у районі перехрестя з вул. Г. Ахматової (HQ=1,1).

Перевищення коефіцієнтів небезпеки для неметанових вуглеводнів (рис. 1в) встановлено для проспекту М. Бажана на відрізок від станції метро Позняки до станції метро Харківська (HQ=1,0-1,5), проспекту Соборності (HQ=1,7-3,2), проспекту Ю. Гагаріна та перехрестя проспекту Ю. Гагаріна та бульвару Верховної Ради (HQ=1,3-2,4), району Дарницької площі (HQ=1,7), проспекту Соборності і проспекту П. Тичини (HQ=1,1-2,07), вул. Дніпровська набережна у районі перехрестя з вул. Г. Ахматової (HQ=1,1).

На рисунку 1г представлено карту неканцерогенного ризику за хронічного інгалаційного впливу, зумовленого викидами зважених частинок PM_{10} для території дослідження.

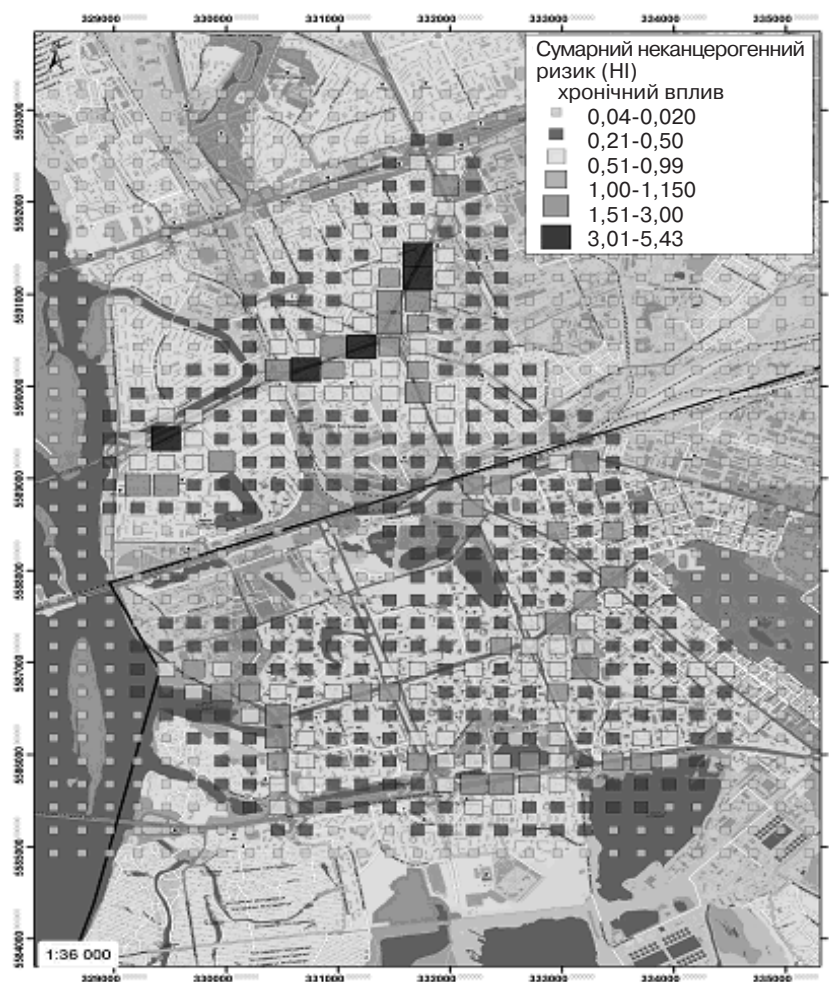
Перевищення коефіцієнтів небезпеки відзначено у районі Дарницької площі (HQ=1,1) та проспекту Соборності (HQ=1,3).

Зважаючи на комплексний характер інгалаційного впливу на організм людини забруднюючих речовин, що надходять до атмосферного повітря з викидами автомобільного транспорту, а також односторонність їхньої дії щодо критичних систем та органів на основі отриманих коефіцієнтів небезпеки для кожної з досліджуваних забруднюючих речовин за умови хронічного впливу, було оцінено сумарний неканцерогенний ризик у вигляді індексу небезпеки (HI) [6] (табл. 1). На рисунку 2 наведено карту сумарного неканцерогенного ризику за умови хронічного інгалаційного впливу для рівнів забруднення, що формуються у заданих 952 точках дослідження на території Дарницького та Дніпровського районів м. Києва викидами автомобільного транспорту.

Значення індексу небезпеки (HI) для території дослідження визначалися у діапазоні від $4,04E-02$ до $5,43E+00$ з перевищеннями допустимого рівня у

Рисунок 2

Сумарний неканцерогенний ризик за умов хронічного інгалаційного впливу



таких точках: проспект Соборності (HI=1,5-5,4); проспект П. Тичини (HI=1,6-2,0); район Дарницької площі (HI=1,4-3,8); проспект Ю. Гагаріна (HI=1,0-3,7); перехрестя Ю. Гагаріна — бульвар Верховної Ради (HI=3,0); перехрестя вул. Привокзальна — Харківське шосе — вул. Тепловозна (HI=1,1-1,2); перехрестя вул. Привокзальна — вул. Бориспільська (HI=0,62-1,65); перехрестя вул. Харківське шосе — вул. Тростянецька (HI=1,2-1,6); вул. Ревуцького, перехрестя вул. Тростянецька — вул. Ревуцького — вул. Г. Ахматової (HI=0,89-1,1); проспект М. Бажана (HI=1,0-2,6 з найвищими значеннями на відрізок між станцією метро Позняки та станцією метро Харківська HI=1,4-2,6); вул. Дніпровська набережна (HI=1,0-1,7), район перехрестя вул. Дніпровська набережна — вул. Г. Ахматової (HI=2,1); перехрестя проспект П. Григоренка — вул. Г. Ахматової (HI=0,7-1,2).

Зважаючи на той факт, що з представлених у даному дослідженні забруднюючих речовин канцерогенний ефект характерний лише для формальдегіду, концентрації якого визначалися на відносно невисокому рівні, оцінка канцерогенного ризику не проводилася.

Отримані значення коефіцієнтів небезпеки за умов гострого та хронічного інгалаційного впливів, а також сумарного індексу небезпеки (рис. 2) свідчать про формування зон підвищеного неканцерогенного ризику, зумовленого викидами автомобільного транспорту на території дослідження, передусім за рахунок викидів азоту діоксиду, неметанових вуглеводнів та зважених частинок PM_{10} . Якщо коефіцієнт небезпеки розрахований для певної забруднюючої речовини перевищує одиницю, то прийнято вважати, що ймовірність розвитку негативних проявів з боку здоров'я експонованої людини зростає пропорційно значенню HQ [6]. Зважаючи на зазначене, у зонах, що характеризуються підвищеними рівнями неканцерогенного ризику на даній території дослідження, існує ймовірність зростання частоти негативних проявів з боку органів дихання в 1,5-5,4 рази. У роботах останніх років показано наявність статистично значимої залежності між

захворюваністю на астму, хворобами дихальних шляхів та проживанням чи тривалим перебуванням поблизу автомобільних доріг [5, 7, 8]. Окрім того, доведено, що тривала систематична експозиція навіть невисокими рівнями забруднення призводить до виникнення захворювань верхніх дихальних шляхів, нападів кашлю, інтенсивного виділення мокротиння та зростання частоти захворюваності на астму, зокрема серед дитячого населення [7, 8]. В окремих роботах встановлено, що у дітей, які проживають на територіях поблизу крупних автомагістралей, у 1,5-2 рази частіше, ніж у середньому реєструються захворювання глибоких відділів органів дихання (бронхіт, пневмонія, а також хронічні захворювання аденоїдів та мигдалин, хронічний фарингіт, назофарингіт і синусит) [8].

Таким чином, наведені результати свідчать, що автомобільний транспорт як джерело забруднення атмосферного повітря зумовлює досить високі рівні експозиції населення такими забруднювачами, як вуглецю оксид, оксиди азоту (у перерахунку на NO_2), сірки діоксид, неметанові вуглеводні, зважені частинки PM_{10} та формальдегід на території Дарницького та Дніпровського районів м. Києва, що призводить до підвищення неканцерогенного ризику для здоров'я та потенційного зростання негативних проявів з боку респіраторної системи організму, особливо серед чутливих груп.

Висновки

1. Визначено рівні неканцерогенного ризику (HQ) за умов гострого та хронічного інгаляційних впливів вуглецю оксиду, оксидів азоту (у перерахунку на NO_2), сірки діоксиду, неметанових вуглеводнів, зважених частинок PM_{10} та формальдегіду для здоров'я населення, експонованого забрудненням атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту.
2. Встановлено перевищення допустимого рівня коефіцієнта небезпеки ($\text{HQ} \geq 1$) за умов гострого впливу для зважених частинок PM_{10} ($\text{HQ} = 1,2-1,4$). Для інших речовин перевищення допустимого рівня коефіцієнта небезпеки за умов гострого впливу відсутні, а ризик для здоров'я населення був

мінімальним ($\text{HQ} < 1$).

3. Виявлено перевищення допустимого рівня коефіцієнта небезпеки ($\text{HQ} \geq 1$) за умов хронічного впливу оксидів азоту (у перерахунку на NO_2) ($\text{HQ} = 1,0-2,1$), неметанових вуглеводнів ($\text{HQ} = 1,0-3,2$), зважених частинок PM_{10} ($\text{HQ} = 1,1-1,3$). Для вуглецю оксиду, сірки діоксиду та формальдегіду неканцерогенний ризик для здоров'я населення за умови хронічного впливу був мінімальним ($\text{HQ} < 1$).

4. Розраховано сумарний неканцерогенний ризик (HI) для випадку хронічного впливу. Значення індексу небезпеки (HI) для території дослідження визначалися у діапазоні від $4,04\text{E}-02$ до $5,43\text{E}+00$, що свідчить про формування зон підвищеного неканцерогенного ризику, зумовленого викидами автомобільного транспорту на території дослідження, передусім за рахунок викидів оксидів азоту (у перерахунку на NO_2), неметанових вуглеводнів та зважених частинок PM_{10} ; встановлено ймовірність зростання частоти негативних проявів з боку органів дихання в 1,5-5,4 рази, особливо серед чутливих груп.

ЛІТЕРАТУРА

1. United Nations. World Urbanization Prospects. The 2014 Revision, Highlights. URL: <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf> (дата звернення: 2.02.2017).
2. World Health Assembly 68.8. (2015). Health and the environment: addressing the health impact of air pollution. URL: http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA68/A68_ACONF2Rev1-en.pdf (дата звернення: 2.02.2017).
3. WHO. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. URL: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250141/1/9789241511353-eng.pdf?ua=1> (дата звернення: 30.01.2017).
4. Статистичний щорічник України. 2014 / Державна служба статистики України. URL: https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/2015/zb/10/zb_2014_ukr.zip (дата звернення: 30.01.2017).
5. Jerret M., Arain M.A., Kanaroglou P. et al. Modelling the intra-urban variability of ambient traffic pollution in Toronto, Canada. *J. Toxicol. Environ. Health A*. 2007. Vol. 70 (3-4). P. 200-212.

6. U. S. Environmental Protection Agency. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities. 2005. URL: https://epa-prgs.ornl.gov/radionuclides/2005_HHRAP.pdf (дата звернення: 3.02.2017).

7. Zhang K., Batterman S. Air pollution and health risks due to vehicle traffic. *Sci. Total Environ*. 2013. Vol. 15. P. 307-316.

8. Spira-Cohen A., Chen L.C., Kendall M. et al. Personal exposures to traffic-related air pollution and acute respiratory health among Bronx school-children with asthma. *Environ. Health Perspect*. 2011. Vol. 119. P. 559-565.

REFERENCES

1. United Nations. World Urbanization Prospects. The 2014 Revision, Highlights. Available: <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf> [Accessed 2 February 2017].
2. World Health Assembly 68.8. 2015. Health and the Environment: Addressing the Health Impact of Air Pollution. Available: http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA68/A68_ACONF2Rev1-en.pdf [Accessed 2 February 2017].
3. WHO. Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease. Available: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250141/1/9789241511353-eng.pdf?ua=1> [Accessed 30 January 2017].
4. Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy. 2014 [Statistical Yearbook of Ukraine. 2014]. Available at : https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/2015/zb/10/zb_2014_ukr.zip [Accessed 30 January 2017] (in Ukrainian).
5. Jerret M., Arain M.A., Kanaroglou P., Beckerman B., Crouse D., Gilbert N.L. et al. *J. Toxicol. Environ. Health A*. 2007; 70 (3-4) : 200-212.
6. U. S. Environmental Protection Agency. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities. 2005. URL: https://epa-prgs.ornl.gov/radionuclides/2005_HHRAP.pdf (Accessed: 3.02.2017).
7. Zhang K., Batterman S. *Sci. Total Environ*. 2013; 15 : 307-316.
8. Spira-Cohen A., Chen L.C., Kendall M., Lall R., Thurston G.D. *Environ. Health Perspect*. 2011; 119; 559-565.

Надійшла до редакції 20.12.2016