

**А.М. Сердюк,
І.О. Черниченко,
О.М. Литвиченко,
В.Ф. Бабій,
О.Є. Кондратенко,
Д.О. Главачек**

КАНЦЕРОГЕННІ РЕЧОВИНИ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ м. ДНІПРО ТА РИЗИК ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»
вул. Попудренка, 50, Київ, 02094, Україна
(директор – академік НАМН України, проф. А.М. Сердюк)
SI «O.M. Marzиеiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»
Popudrenka str., 50, Kyiv, 02094, Ukraine
e-mail: olgarada@meta.ua

Цитування: *Медичні перспективи*. 2021. Т. 26, № 1. С. 226-231

Cited: *Medicni perspektivi*. 2021;26(1):226-231

Ключові слова: повітря, хімічне забруднення, ризик для здоров'я
Ключевые слова: воздух, химическое загрязнение, риск для здоров'я
Key words: air, chemical pollution, risk to the health

Реферат. Канцерогенные вещества в атмосферном воздухе г. Днепр и риск для населения. Сердюк А.М., Черниченко И.А., Литвиченко О.Н., Бабий В.Ф., Кондратенко Е.Е., Главачек Д.А. Цель работы - изучение динамических изменений риска для здоровья населения промышленного центра в соответствии с состоянием загрязнения атмосферного воздуха канцерогенными соединениями. Оценка состояния загрязнения атмосферного воздуха проводилась нами по ретроспективным данным результатов физико-химического анализа проб, отобранных в местах, привязанных к пунктам расположения стационарных постов государственного мониторинга. Определение концентраций идентифицированных веществ проводилось спектрально-люминесцентным и газохроматографическим методами. Концентрации тяжелых металлов определялись по данным Центральной геофизической обсерватории Министерства по чрезвычайным ситуациям. Расчет ингаляционной нагрузки химических канцерогенов и обусловленного ими риска (неканцерогенного и канцерогенного) проводился в соответствии с отечественными методическими рекомендациями. Дана оценка динамических изменений характера загрязнения атмосферного воздуха комплексом канцерогенных веществ, 5 из которых постоянно регистрируются на уровнях, превышающих гигиенические нормативы. При сравнении с референтными концентрациями все соединения характеризуются высокими коэффициентами опасности, указывающими на вероятность их влияния на иммунную систему организма, органы дыхания, пороки развития и т.п. Определен высокий индивидуальный канцерогенный риск влияния хрома VI и нитрозаминов. Суммарный канцерогенный риск для населения формируется на уровнях $2,5 - 3,9 \times 10^{-3}$ и квалифицируется как высокий, что требует разработки и внедрения профилактических мероприятий. На территории промышленного центра стабильно регистрируется высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха с повышенным канцерогенным и неканцерогенным риском.

Abstract. Carcinogenic substances in the atmospheric air of Dnipro city and risk to the population. Serdiuk A.M., Chernychenko I.O., Lytyvchenko O.M., Babii V.F., Kondratenko O.Ye., Hlavachek D.O. The objective – to study the dynamic changes for the health risk of the population of the industrial center in accordance with the state of atmospheric air pollution with carcinogenic compounds. The assessment of the state of atmospheric air pollution was carried out by us based on the results of physicochemical analysis of samples taken in places attached to the locations of stationary posts of state monitoring. The concentration of identified substances was determined by conventional methods: spectral-luminescent and gas chromatographic. Heavy metal concentrations were determined using data from the Central Geophysical Observatory of the Ministry of Emergency Situations. The calculation of the inhalation load of chemical carcinogens and the risks associated with them (non-carcinogenic and carcinogenic) was carried out in accordance with domestic guidelines. The assessment of dynamic changes in the nature of atmospheric air pollution with a complex of carcinogenic substances was made 5 of them are constantly recorded at levels exceeding hygienic standards. When compared with the reference concentrations, all compounds are characterized by high coefficients, indicating the likelihood of their effect on the body's immune system, respiratory organs, malformations, etc. A high individual carcinogenic risk of the effect of chromium VI and nitrosamines was determined. A total carcinogenic risk is formed at levels of $2.5 - 3.9 \times 10^{-3}$, which should be considered as high; this requires development and implementation of preventive measures. On the territory of the industrial center, a high level of air pollution with increased carcinogenic and non-carcinogenic risk is stably registered.

Небезпека забруднення атмосферного повітря для здоров'я населення вже ні в кого не викликає сумніву. Проте методи та критерії оцінки негативного впливу продовжують бути предметами дискусій у науковій літературі [6, 7, 8, 9]. До цього часу стан повітряного середовища переважно оцінюється з використанням гігієнічних показників – ГДК, сумарних показників забруднення тощо. І, можливо, для вирішення екологічних питань цього достатньо, а обґрунтовані критерії є адекватними.

Однак, на нашу думку, цього замало, коли мова йде про здоров'я людей і необхідність визначення ролі екологічного чинника у формуванні захворюваності населення. Для вирішення цього питання більш адекватними є показники ризику – канцерогенного та неканцерогенного [1, 5].

Мета роботи полягає у вивченні динамічних змін ризику для здоров'я населення промислового центру відповідно до стану забруднення повітряного середовища канцерогенними сполуками.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Спостереження за станом забруднення атмосферного повітря м. Дніпро, на території якого функціонує низка потужних підприємств (чорної

металургії, коксохімії, хімії тощо), викиди яких входять до переліку канцерогеннонебезпечних безпосередньо для людини [3], проводили шляхом ретроспективного аналізу власних досліджень та даних, отриманих у процесі моніторингу Центральною геофізичною обсерваторією Міністерства з надзвичайних ситуацій України.

Оцінку небезпеки та визначення ризиків для населення, зумовлених ідентифікованим забрудненням повітряного середовища міст, здійснювали за апробованими нами міжнародними методичними підходами [2, 4].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналізуючи отримані дані щодо стану забруднення атмосферного повітря м. Дніпро, можна виокремити ряд особливостей.

Перш за все слід зазначити стабільний характер вмісту в повітряному середовищі міста комплексу хімічних речовин з доведеними канцерогенними властивостями.

По-друге, кількісні параметри ідентифікованих сполук протягом майже двадцятирічного періоду спостережень відзначаються коливальним характером, що пов'язано з інтенсивністю промислового розвитку (табл. 1).

Таблиця 1

Середньодобові концентрації пріоритетних канцерогенних речовин в атмосферному повітрі м. Дніпро, мкг/м³

Сполуки	Роки спостережень						
	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018
БП	0,0036	0,0035	0,0052	0,0069	0,0061	0,0067	0,006
НДМА	0,048	0,057	0,061	0,063	0,069	0,058	0,054
НДЕА	0,019	0,021	0,024	0,024	0,025	0,026	0,026
Кадмій	0,029	0,040	0,055	0,051	0,060	0,059	0,059
Нікель	0,07	0,11	0,10	0,11	0,12	0,11	0,12
Свинець	0,270	0,350	0,290	0,290	0,340	0,350	0,380
Хром VI	0,072	0,126	0,115	0,110	0,130	0,120	0,120
ФА, мг/м ³	0,0049	0,0068	0,0063	0,0069	0,0080	0,0070	0,0080

У той же час, відзначаючи наявність у повітряному середовищі хімічних чинників та

порівнюючи їх вміст з ГДК, можна констатувати лише ступінь його забруднення, а питання

небезпеки для здоров'я залишаються відкритими. Відповіді на останнє можна отримати, порівнюючи визначені концентрації з показниками референтних концентрацій (RfC), які, на відміну від ГДК, обґрунтовувались уже з урахуванням впливу сполуки на людський організм. До того ж, розраховані коефіцієнти (HQ) та

індекси небезпеки (HI) характеризують неканцерогенний ризик як за індивідуальними, так і за сумарними показниками та дозволяють визначати і прогнозувати критичні органи та системи, де ймовірно можуть проявитись негативні ефекти (табл. 2).

Таблиця 2

Критеріальна оцінка забруднення атмосферного повітря м. Дніпро

Хімічні сполуки	Кратність перевищення ГДК				Кратність перевищення RfC, (HQ)					
	ГДК, мкг/м ³	рік спостережень				RfC, мкг/м ³	рік спостережень			
		2000	2006	2012	2018		2000	2006	2012	2018
БП	0,001	3,6	5,0	6,0	6,0	0,001	3,6	5,0	6,0	6,0
НДМА	0,050	0,96	1,22	1,38	1,08	0,050	0,96	1,22	1,38	1,08
НДЕА	0,015	1,26	1,6	1,66	1,7	0,015	1,26	1,6	1,66	1,7
Кадмій	0,3	0,09	0,18	0,20	0,19	0,02	1,45	2,75	3,0	2,95
Нікель	1,0	0,07	0,10	0,12	0,12	0,05	1,4	2,0	2,4	2,4
Свинець	0,3	0,9	0,96	1,13	1,27	0,5	0,54	0,58	0,68	0,76
Хром VI	1,5	0,048	0,07	0,086	0,08	0,1	0,72	1,1	1,3	1,2
Формальдегід	3,0	1,6	2,00	2,66	2,7	3,0	1,6	2,00	2,66	2,66
Σ		8,53	11,13	14,53	13,21		11,53	16,25	19,08	18,75

Аналіз рівня небезпеки, зумовленого забрудненням атмосферного повітря в м. Дніпро канцерогенними сполуками, можна проілюструвати на прикладі даних, отриманих за 2018 рік (табл. 3). Виходячи з того, що індекс небезпеки, який визначає допустимі рівні, не має бути вищим за «1», то, за даними таблиці 3, усі досліджувані речовини, за винятком свинцю, характеризуються завищеним показником HQ. Згідно з класифікаційною міжнародною шкалою, коефіцієнт небезпеки концентрації БП визначається як високий (HQ=6,0), решти сполук – насторожуючий (1,20-2,95), що потребує запровадження відповідних кожному рівню профілактичних заходів.

Загалом сумарний рівень неканцерогенного ризику досліджуваних сполук становить 18,75 і включає ризик ураження різних органів та

систем. Серед соматичних хвороб привертають увагу небезпека ймовірного ураження органів дихання (HI=9,21), підвищеного рівня вроджених вад розвитку (HI=6,76), нирок (HI=7,69) тощо. Але особливу тривогу викликає ймовірність порушення функціональної діяльності імунної системи (HI=11,06), зміни якої можуть сприяти розвитку різноманітної патології, і особливо онкологічної. Остання підтверджується показниками ймовірного канцерогенного ризику, зумовленого ідентифікованими сполуками (табл. 4).

Як видно з таблиці, питома вага окремих речовин у формуванні канцерогенного ризику є різною. Найбільш небезпечними є нітрозаміни та хром VI, індивідуальний ризик яких розглядається як насторожуючий; канцерогенний ризик інших речовин знаходиться в межах допустимого. Але зважаючи, що визначені канцерогенні



сполуки є в переважній більшості речовинами односпрямованої дії за впливом на окремі критичні органи та системи, більш об'єктивним критерієм оцінки є показник сумарного ризику. Сумарний канцерогенний ризик для населення

м. Дніпро за період спостережень знаходиться у межах 2,5 – 3,9 випадків раку на 1000 населення і розглядається за міжнародною класифікацією [2] як високий, що потребує розробки та впровадження запобіжних заходів.

Таблиця 3

Оцінка неканцерогенного ризику для населення м. Дніпро за рахунок забруднення атмосферного повітря

Хімічна сполука	Середньо-добові концентрації мкг/м ³	Референтні концентрації RfC, мкг/м ³	HQ	Критичні органи та системи	
БП	0,006	0,001	6,0	Імунна система, рак, вроджені вади розвитку	
НДМА+НДЕА	0,054+0,026	0,05+0,015	2,78	Нирки, печінка	
Кадмій	0,059	0,02	2,95	Нирки, рак, органи дихання, гормональна система	
Нікель	0,12	0,05	2,4	Кров, органи дихання, імунна система, ЦНС, рак	
Свинець	0,38	0,5	0,76	ЦНС, кров, вади розвитку, нирки, репродуктивна система	
Хром VI	0,12	0,1	1,20	Органи дихання, рак, печінка, нирки	
Формальдегід	0,008	0,003	2,66	Органи дихання, імунна система	
Сумарний ризик, HI	HI загальний	18,75		HI кров	3,16
	HI органи дихання	9,21		HI печінка	2,78
	HI імунна система	11,06		HI гормональна система	2,95
	HI вроджені вади розвитку	6,76		HI ЦНС	3,16
	HI нирки	7,69		HI репродуктивна система	0,76
	HI рак	12,55			

Отже, наведені дані свідчать про небезпеку для здоров'я населення м. Дніпро забруднення атмосферного повітря канцерогенними сполуками. До того ж, необхідно відзначити, що в реальних умовах ступінь небезпеки є дещо вищим, оскільки експозиційна доза хімічних канцерогенів за рахунок атмосферного повітря становить лише близько 20%, основне ж

інгалаційне навантаження складається в умовах житлових (55,0%) та громадських непромислових приміщень (28,0%) [1]. Але при цьому в усіх випадках первинною ланкою в ланцюгу формування інгалаційного навантаження хімічних канцерогенів на організм є забруднене атмосферне повітря, боротьба за очищення якого має бути пріоритетною для екологічних служб.

Характеристика канцерогенного ризику, зумовленого забрудненням атмосферного повітря м. Дніпро

Сполуки	Роки спостережень						
	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018
БП	$4,0 \times 10^{-6}$	$3,9 \times 10^{-6}$	$5,8 \times 10^{-6}$	$7,7 \times 10^{-6}$	$6,8 \times 10^{-6}$	$7,5 \times 10^{-6}$	$6,6 \times 10^{-6}$
НДМА	$6,7 \times 10^{-4}$	$7,9 \times 10^{-4}$	$8,5 \times 10^{-4}$	$8,8 \times 10^{-4}$	$9,7 \times 10^{-4}$	$8,1 \times 10^{-4}$	$7,6 \times 10^{-4}$
НДЕА	$8,2 \times 10^{-4}$	$9,0 \times 10^{-4}$	$10,3 \times 10^{-4}$	$10,3 \times 10^{-4}$	$10,7 \times 10^{-4}$	$11,1 \times 10^{-4}$	$9,9 \times 10^{-4}$
Кадмій	$5,2 \times 10^{-5}$	$7,2 \times 10^{-5}$	$9,9 \times 10^{-5}$	$11,0 \times 10^{-5}$	$10,8 \times 10^{-5}$	$10,6 \times 10^{-5}$	$10,6 \times 10^{-5}$
Нікель	$1,7 \times 10^{-5}$	$2,6 \times 10^{-5}$	$2,4 \times 10^{-5}$	$2,8 \times 10^{-5}$	$2,9 \times 10^{-5}$	$2,8 \times 10^{-5}$	$2,9 \times 10^{-5}$
Свинець	$3,2 \times 10^{-6}$	$4,2 \times 10^{-6}$	$3,5 \times 10^{-6}$	$3,5 \times 10^{-6}$	$4,1 \times 10^{-6}$	$4,2 \times 10^{-6}$	$4,6 \times 10^{-6}$
Хром VI	$8,6 \times 10^{-4}$	$15,1 \times 10^{-4}$	$13,8 \times 10^{-4}$	$13,2 \times 10^{-4}$	$15,6 \times 10^{-4}$	$14,4 \times 10^{-4}$	$14,4 \times 10^{-4}$
ФА, мг/м ³	$6,4 \times 10^{-5}$	$8,9 \times 10^{-5}$	$8,3 \times 10^{-5}$	$9,1 \times 10^{-5}$	$10,5 \times 10^{-5}$	$9,2 \times 10^{-5}$	$10,5 \times 10^{-5}$
Σ	$2,5 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-3}$	$3,5 \times 10^{-3}$	$3,5 \times 10^{-3}$	$3,9 \times 10^{-3}$	$3,6 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-3}$

ВИСНОВКИ

1. На території міста Дніпро стабільно реєструються високоактивні канцерогенні сполуки, пріоритетними з яких є поліциклічні ароматичні вуглеводні, нітрозаміни та важкі метали.

2. Найнебезпечнішими речовинами у процесі формування канцерогенного ризику для населення є хром VI та нітрозаміни, які є продуктами екзогенного синтезу з азотовмісних сполук, де провідну роль відіграють оксиди азоту.

3. Для контролю за станом забруднення атмосферного повітря рекомендується орієнтуватись на показники ГДК, а при визначенні небезпеки для здоров'я людей – на референтні концентрації та показники неканцерогенного та канцерогенного ризику.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Зінченко Н. А., Черниченко І. О., Литвиченко О. М., Швагер О. В. Деякі особливості формування канцерогенного ризику за умов забруднення повітряного середовища. *Довкілля та здоров'я*. 2013. Т. 4. С. 23-27.

2. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря: метод. рекомендації МР 2.2.12-142-2007: затв. Наказ МОЗ України від 13.04.07 р. № 184. Київ: МОЗ України, 2007. 40 с.

3. Перелік речовин, продуктів, виробничих процесів, побутових та природних факторів, канцерогенних для людини: ГН 1.1.2.123 – 2006 / МОЗ України. Київ, 2006. 17 с.

4. Сердюк А. М., Гушук І. В., Черниченко І. А., Литвиченко О. Н. Особливості загрязнення атмосферного повітря промислового міста: ризик для населення. *Медичні перспективи*. 2019. Т. 24, № 4. С. 154-159. DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2019.4.189609>

5. Черниченко І. О., Першегуба Я. В., Литвиченко О. М. Гігієнічна оцінка канцерогенного ризику при комплексному надходженні хімічних речовин до організму. *Довкілля та здоров'я*. 2010. № 2. С. 70-74

6. Environmental risk factors for cancer - review paper / A. M. Lewandowska et al. *Ann Agric Environ Med*. 2019. 22 Mar. (Vol. 26, No. 1). P. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.26444/aaem/94299>

7. Guilbert J. J. The world health report 2002 - reducing risks, promoting healthy life. *Educ Health (Abingdon)*. 2003. Jul. (Vol. 16, No. 2). P. 230. DOI: <https://doi.org/10.1080/1357628031000116808>

8. Madia F., Worth A., Whelan M., Corvi R. Carcinogenicity assessment: Addressing the challenges of cancer and chemicals in the environment. *Environ Int*. 2019. Jul. (Vol. 128). P. 417-29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.067>

9. Role of Emerging Environmental Risk Factors in Thyroid Cancer: A Brief Review / M. Fiore et al. *Int J Environ Res Public Health*. 2019. 2 Apr. (Vol. 16, No. 7). P. 1185. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16071185>

REFERENCES

1. Zinchenko NA, Chernychenko IO, Lytvychenko OM, Shvaha OV. [Some features of the formation of carcinogenic risk in conditions of air pollution]. *Dovkillia ta zdorovia*. 2013;4:23-27. Ukrainian.
2. [Methodical recommendations of MR 2.2.12-142-2007. Risk assessment for public health from air pollution: approved. Order of the Ministry of Health of Ukraine dated 13.04.07 N 184]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine; 2007. p. 40. Ukrainian. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07>.
3. [List of substances, products, production processes, household and natural factors that are carcinogenic to humans: GN 1.1.2.123 – 2006]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine; 2006. p. 17. Ukrainian.
4. Serdyuk AM, Guschuk IV, Chernichenko IA, Litvichenko ON. [Features of atmospheric air pollution in a non-industrial city: risk for the population]. *Medicni perspektivi*. 2019;4:154-9. Russian. doi: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2019.4.189609>
5. Chernychenko IO, Pershehuba YaV, Lytvychenko OM. [Hygienic assessment of carcinogenic risk in case of complex intake of chemicals into the body]. *Dovkillia ta zdorovia*. 2010;2:70-74. Ukrainian.
6. Lewandowska AM, Rudzki M, Rudzki S, Lewandowski T, Laskowska B. Environmental risk factors for cancer - review paper. *Ann Agric Environ Med*. 2019;26(1):1-7. doi: <https://doi.org/10.26444/aaem/94299>
7. Guilbert JJ. The world health report 2002 – reducing risks, promoting healthy life. *Educ Health (Abingdon)*. 2003 Jul;16(2):230. doi: <https://doi.org/10.1080/1357628031000116808>
8. Madia F, Worth A, Whelan M, Corvi R. Carcinogenicity assessment: Addressing the challenges of cancer and chemicals in the environment. *Environ Int*. 2019 Jul; 128:417-29. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.067>
9. Fiore M, Oliveri Conti G, Caltabiano R, Buffone A, Zuccarello P, Cormaci L, Cannizzaro MA, Ferrante M. Role of Emerging Environmental Risk Factors in Thyroid Cancer: A Brief Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Apr 2;16(7):1185. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph16071185>

Стаття надійшла до редакції
22.07.2020

