

## CHEMICAL CARCINOGENS IN THE ENVIRONMENT OF UKRAINE: RISK TO THE POPULATION, WAYS OF PREVENTION, IMPROVEMENT OF HYGIENIC REGULATION

Chernychenko I.O., Balenko N.V., Lytvychenko O.M., Babii V.F.,  
Kondratenko O.Ye., Hlavachek D.O.

### ХІМІЧНІ КАНЦЕРОГЕНИ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ УКРАЇНИ: РИЗИК ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ, ШЛЯХИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ, УДОСКОНАЛЕННЯ ГІГІЄНИЧНОГО РЕГЛАМЕНТУВАННЯ

# Н

**ЧЕРНИЧЕНКО І.О.,  
ЛИТВИЧЕНКО О.М.,  
БАБІЙ В.Ф.,  
КОНДРАТЕНКО О.Є.,  
ГЛАВАЧЕК Д.О.**

ДУ «Інститут  
громадського  
здоров'я  
ім. О.М. Марзєєва  
НАМН України»,  
вул. Гетьмана Павла  
Полуботка, 50  
Київ, 02094, Україна

Незважаючи на певні успіхи клінічної медицини у боротьбі з онкологічною захворюваністю та досягнення профілактичної медицини з попередження негативного впливу на населення канцерогенонебезпечних чинників та їхніх модифікаторів проблема боротьби з раком залишається однією з найбільш гострих і актуальних нині.

Як відомо, рак належить до числа трьох основних причин смерті в усіх країнах світу, причому за кількісними показниками поступається лише хворобам серцево-судинної системи [1, 2].

У резолюції 70 Всесвітньої асамблеї здоров'я ВООЗ

(2017) одним з пріоритетів у реалізації стратегії досягнення цілей сталого розвитку на період до 2030 року визначено профілактику і контроль захворювань на рак та окреслено комплекс необхідних заходів і шляхів їх вирішення державами-членами ВООЗ. У рамках ООН передбачено забезпечення здорового способу життя і покращання добробуту для всіх вікових груп населення, у тому числі зниження на третину смертності від неінфекційних хвороб, зокрема, суттєвого зменшення випадків захворювань і смертей від раку, особливо тих форм, що пов'язані з впливом небезпечних сполук, які забруднюють навколишнє середовище [3].

Вирішення цього питання у ДУ «Інститут громадського здоров'я

**ХІМІЧНІ КАНЦЕРОГЕНИ  
У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ  
УКРАЇНИ: РИЗИК ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ,  
ШЛЯХИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ,  
УДОСКОНАЛЕННЯ ГІГІЄНИЧНОГО  
РЕГЛАМЕНТУВАННЯ**

**Черниченко І.О., Баленко Н.В.,  
Литвиченко О.М., Бабій В.Ф.,  
Кондратенко О.Є., Главачек Д.О.**  
ДУ «Інститут громадського здоров'я  
ім. О.М. Марзєєва НАМН України»,  
Київ, Україна

**Мета роботи** полягала у визначенні канцерогенонебезпечних чинників у довкіллі та критеріїв оцінки їхньої небезпеки для населення у сучасних умовах (довоєнний період).

**Матеріали та методи дослідження:** звіти науково-дослідних робіт лабораторії гігієни канцерогенних факторів та наноматеріалів ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. Марзєєва НАМН України» та власні публікації за останні 5 років. Для

обробки матеріалів використовувалися бібліосемантичний, аналітичний, гігієнічний та медико-статистичний методи.

**Результати.** Аналіз проведених натурних та аналітичних досліджень засвідчив, що за останні 20-25 років на тлі зменшення промислових викидів суттєво зросли обсяги використання у сільськогосподарській діяльності засобів захисту рослин та рослинної продукції, а у побуті – продуктів побутової хімії, косметичних препаратів тощо, більшість з яких містить специфічні речовини – ендокринні руйнівники.

Показано, що з роками зростає інтенсивність темпів приросту захворювань на рак ендокринних органів (рак молочної, щитоподібної, передміхурової залози), тіла матки та яєчників. Отримані дані свідчать про тенденцію до омолодження онкологічних хвороб гормонозалежних органів.

Досліджено небезпеку забруднення атмосферного повітря у містах; проведено порівняльну оцінку канцерогенного та

імені О.М. Марзєєва НАМН України» за останні 5 років здійснювалося у таких напрямках:

□ пошук методичних підходів до прискороного виявлення канцерогенних властивостей хімічних речовин, які реєструються в оточенні людини;

□ визначення ролі хімічних засобів захисту рослин та рослинної продукції у формуванні захворюваності населення України на гормонозалежні форми раку;

□ вивчення характеру забруднення атмосферного повітря у містах з різними рівнями промислового розвитку та визначення канцерогенного ризику його впливу на здоров'я населення;

□ перегляд безпечності дії канцерогенних сполук на населення на рівні їхніх ГДК у повітряному середовищі (атмосферного повітря населених місць та повітря робочої зони) відповідно до вимог країн ЄС.

З урахуванням зазначеного **мета роботи** полягала у визначенні канцерогенонебезпечних чинни-

*неканцерогенного ризику для населення у високоіндустріалізованому місті з комплексом підприємств чорної металургії та міста, де відсутні специфічні джерела забруднень.*

*Зроблено висновок, що для вивчення екологічних питань щодо стану повітряного середовища достатньо використання гігієнічних показників – гранично допустимих концентрацій та сумарних показників забруднення, тоді як для оцінки впливу на здоров'я людей більш адекватним є використання показників ризику.*

*При цьому виникає питання відповідності вітчизняних гігієнічних (медико-санітарних) регламентів міжнародним показникам ризику. Особливо це стосується чинників з мутагенними та канцерогенними властивостями.*

*Проведений аналіз показників ризику для низки канцерогенних речовин, що входять до вітчизняних нормативно-методичних баз на рівні їхніх гранично допустимих концентрацій, засвідчив, що нормативи для атмосферного повітря за міжнародною класифікаційною шкалою*



## ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

ків у довіклі та критеріїв оцінки їхньої небезпеки для населення у сучасних умовах (довоєнний період).

**Матеріали та методи дослідження.** Для вирішення поставлених завдань було використано бібліосемантичний, аналітичний, медико-статистичний методи, що дають можливість характеризувати сучасний стан довікля і пов'язаного з цим рівня онкологічної захворюваності населення, а також оцінити якість та відповідність сучасним умовам гігієнічних стандартів.

Матеріалами дослідження були звіти науково-дослідних робіт лабораторії гігієни канцерогенних факторів та наноматеріалів ДУ «Інститут громадського здоров'я імені Марзєєва НАМН України» (№ держреєстра-

ції 0120U105428, № держреєстрації 0118U003701) та публікації лабораторії за останні 5 років.

**Результати.** Продовжуючи дослідження з пошуку канцерогенонебезпечних чинників, ми звернули увагу на зміну за останні 20-25 років інтенсивності та характеру забруднення довікля, побуту та умов життєдіяльності населення країни і, паралельно з цим, зміни у структурі онкологічної захворюваності.

Проведені у цей період натурні та аналітичні дослідження засвідчили, що на тлі зменшення промислових викидів суттєво зросли обсяги використання у сільськогосподарській діяльності засобів захисту рослин та рослинної продукції, а у побуті – продуктів побутової хімії,

*відповідають прийнятному ризику ( $1 \cdot 10^4$ ) лише 26% речовин, а для повітря робочої зони – 45% речовин.*

*Отже, більшість гігієнічних нормативів в атмосферному повітрі населених місць і у повітрі робочої зони, за міжнародними стандартами, не відповідає вимогам безпечності для населення і потребує перегляду з використанням міжнародних підходів і орієнтації на критерії ризику розвитку новоутворення за дії окремих сполук.*

**Висновки:** *реальне забруднення атмосферного повітря населених місць становить певну небезпеку для населення і потребує вжиття профілактичних заходів щодо його зменшення. Існуюча нині вітчизняна нормативна база допустимого вмісту канцерогенних речовин у повітряному середовищі (атмосферне повітря та повітря робочої зони) не відповідає вимогам країн ЄС та США.*

**Ключові слова:** *хімічні канцерогени, гігієнічний норматив, ризик для населення, гормонозалежні форми раку.*

косметичних препаратів тощо.

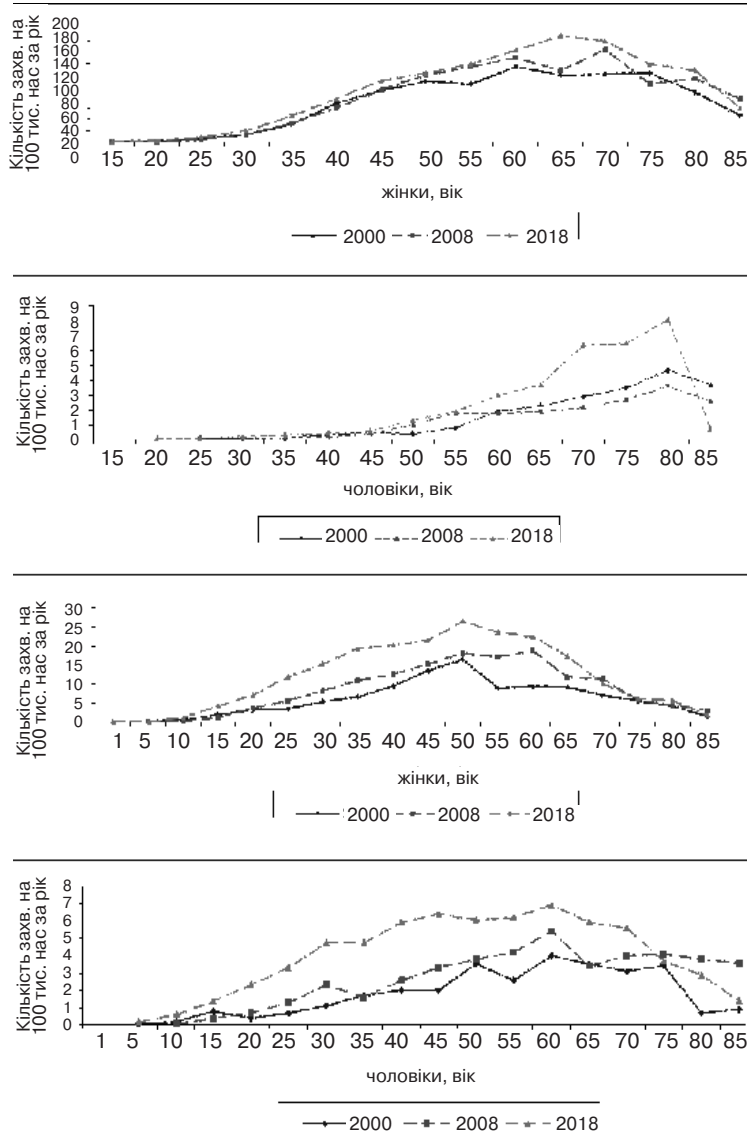
За оцінкою продовольчої та сільськогосподарської організації FAO при ООН, Україна є одним з найбільших споживачів пестицидів у світі (близько 100 тис. метричних тонн на рік). Пестициди імпортуються із Китаю та країн Європейського Союзу [4]. На 2022 рік в Україні зберігалось 8230 тонн застарілих пестицидів, які не можна використовувати, але й немає можливості їх переробки. Тобто така величезна маса

шкідливих речовин у вигляді пестицидів є постійним джерелом забруднення довкілля і негативного впливу на людину [5, 6].

Рослинництво домінує у сільськогосподарському секторі України, і на нього припадає 73% усієї сільськогосподарської продукції. Більшість зазначених чинників, які охоплюють сферу сільськогосподарської діяльності, побут та предмети особистої гігієни, містять специфічні речовини, які у світовій періодиці позначаються за

Рисунок

### Вікові особливості захворюваності жіночого та чоловічого населення України на рак молочної (а, б) та щитоподібної залоз (в, г)



свою біологічною спрямованістю як «ендокринні руйнівники». Наші дослідження, проведені з урахуванням зазначеного фактора, підтвердили передбачення, що найбільший рівень захворюваності на рак гормонозалежних органів (молочна, щитоподібна, передміхурова залози, а також тіло матки та яєчники) спостерігається в областях з переважно сільськогосподарською діяльністю і більш високим рівнем використання отрутохімікатів, косметичних препаратів та побутової хімії, причому у цих регіонах темпи приросту захворювань зростають. Зокрема, темпи зростання захворюваності у 2009-2018 роках характеризувалися достовірно вищим рівнем порівняно з 2000-2008 роками ( $t=3,41-4,99$ ;  $p<0,001$ ). Динаміка захворюваності на рак молочної залози серед жінок засвідчує зростання числа хворих від 20-річного віку, сягаючи піку у 65-70 років. Між тим у чоловіків інтенсивність зростання даної патології (хоча і на значно нижчому остаточному рівні) реєструється від 45-50 років з піком захворюваності у 75-80 років [7]. Аналогічну динаміку повікових змін частоти гормонозалежних форм раку виявлено і серед хворих на рак передміхурової залози, тіла матки та яєчників. Існує ще одна особливість. Порівняльна оцінка темпів зростання захворюваності свідчить, що у кожному з наступних періодів спостережень кумулятивна частота новоутворень визначається на більш високому рівні, а поява перших випадків раку для усіх локалізацій реєструвалась у більш ранньому віці (рис.). Загалом отримані результати свідчать про прискорення процесу розвитку новоутворень, тобто про

CHEMICAL CARCINOGENS  
IN THE ENVIRONMENT OF UKRAINE:  
RISK TO THE POPULATION, WAYS  
OF PREVENTION, IMPROVEMENT  
OF HYGIENIC REGULATION

**Chernychenko I.O., Balenko N.V.,  
Lytychenko O.M., Babii V.F.,  
Kondratenko O.Ye., Hlavachek D.O.**

*SI «O.M. Marzieiev Institute for Public  
Health, NAMS of Ukraine»,  
Hetman Pavlo Polubotok Street, 50,  
Kyiv, 02094, Ukraine*

**The purpose of this work** was to determine the carcinogen-hazardous factors in the environment and the criteria for assessing their danger to the population in modern conditions (pre-war period).

**Materials and methods of research:** reports of research works of the Laboratory of Hygiene of Carcinogenic Factors and Nanomaterials of the SI «O.M. Marzieiev Institute for Public Health, NAMS of Ukraine» and own publications over the past 5 years. Bibliosemantic, analytical, hygienic and medical-statistical methods were used to process the materials.

**Results.** The analysis of field and analytical studies has shown that over the past 20-25 years old, against the backdrop of a reduction in industrial emissions, the volume of use of plant protection products and plant products in agricultural activity has increased significantly, and in everyday life – household chemicals, cosmetics etc., most of which contain specific substances – endocrine disruptors.

It was shown that over the years, the rate of increase in the rate of cancer of the endocrine organs (cancer of the mammary, thyroid, prostate glands), uterine body and ovaries increases. The obtained data indicate a trend towards rejuvenation of oncological diseases of hormone-dependent organs. The danger of atmospheric air pollution in cities has been studied; a comparative assessment of carcinogenic and non-carcinogenic risk for the population in a highly

industrialized city with a complex of ferrous metallurgy enterprises and a city where there are no specific sources of pollution was carried out.

It was concluded that for study of environmental issues regarding the state of the air environment, it is sufficient to use hygienic indicators - maximum permissible concentrations and total pollution indicators, while for the assessment of the impact on human health, the use of risk indicators is more adequate.

This raises the question of the compliance of domestic hygienic (medical and sanitary) regulations with international risk indicators. This is especially true for factors with mutagenic and carcinogenic properties.

The analysis of risk indicators for a number of carcinogenic substances included in the domestic regulatory and methodological bases at the level of their maximum permissible concentrations proved that the standards for atmospheric air according to the international classification scale correspond to an acceptable risk ( $1 - 10^4$ ) for only 26% of substances, and for air of the working area – 45% of substances.

Consequently, most of the hygienic standards, both in the atmospheric air of populated areas and in the air of the working area, according to international standards, do not meet the safety requirements for the population and need to be revised using international approaches and focusing on the risk criteria for the development of neoplasms due to the action of individual compounds.

**Conclusions:** The real air pollution in populated areas poses a certain danger to the population and requires preventive measures to reduce it.

The currently existing national regulatory framework for the permissible content of carcinogenic substances in the air environment (atmospheric air and air of the working area) does not meet the requirements of the EU and the USA.

**Keywords:** chemical carcinogens, hygienic standards, risk to the population, hormone-dependent forms of cancer.

так зване «омолодження раку».

Важливо підкреслити узгодженість отриманих нами даних з роботами зарубіжних дослідників [8, 9], які шляхом епідеміологічних спостережень також підтверджують роль чинників довкілля у формуванні ендокринної патології.

Продовжуючи дослідження у цьому напрямку, ми цілеспрямовано проаналізували особливості забруд-

нення атмосферного повітря сучасних міст обласного рівня, які відрізнялися рівнем промислового розвитку. Відповідно до цього було зареєстровано різний характер забруднення повітря.

У місті Дніпро, на території якого функціонує низка потужних підприємств чорної металургії, коксохімії тощо, викиди яких входять до переліку канцерогено-небезпечних безпосеред-

ньо для людини, було ідентифіковано як пріоритетні забруднення такі канцерогенні сполуки: бенз(а)пірен, нітрозодиметиламін, формальдегід та важкі метали (кадмій, нікель, свинець, хром IV).

Водночас у місті Рівне, де відсутні підприємства важкої індустрії, але є спеціфічні промислові об'єкти (завод «Азот»), переважно реєструються токсичні речовини загальнопошкоджу-

вальної дії (пил, діоксид азоту та сірки, оксид вуглецю, фенол, формальдегід, фтористий водень, бенз(а)пірен та аміак).

Оцінюючи небезпеку виявленого забруднення атмосферного повітря у містах, ми виходили з того, що донині стан повітряного середовища оцінюється переважно з використанням гігієнічних показників – ГДК та сумарних показників забруднення. Можливо, для вивчення екологічних питань цього достатньо, і обґрунтовані критерії небезпеки є адекватними. Однак, на нашу думку, цього замало, коли йдеться про здоров'я людей і необхідність визначення ролі екологічного чинника у формуванні захворюваності населення. Для вирішення цього питання більш адекватними є показники неканцерогенного та канцерогенного ризику [10].

Як відомо, коефіцієнт небезпеки (HQ), який визначає індивідуальний допустимий рівень, не має бути вищим за одиницю. У нашій роботі всі ідентифіковані сполуки в атмосферному повітрі міста Дніпро характеризувалися більш високим коефіцієнтом, який, за

винятком бенз(а)пірену, визначався у межах 1,20-2,95, що за класифікаційною міжнародною шкалою є насторожувальним [10]. Для бенз(а)пірену HQ=6, що дорівнює високому рівню ризику. Отже, вміст усіх речовин перевищує допустимі рівні і потребує впровадження відповідних профілактичних заходів. Загалом сумарний рівень неканцерогенного ризику досліджуваних сполук в атмосферному повітрі Дніпра визначається індексом (HI) 18,75.

Індекс такого рівня дозволяє прогнозувати ймовірність ризику ураження різних систем та органів людини, серед яких привертає увагу небезпека для органів дихання (HI=9,21), вроджених вад розвитку (HI=6,76), нирок (HI=7,69) тощо. Особливу тривогу викликає ймовірність порушення функціональної діяльності імунної системи (HI=11,06), зміна якої може сприяти розвитку різноманітної патології, передусім онкологічної.

Розрахований канцерогенний ризик для більшості ідентифікованих у повітрі канцерогенних речовин визначався у межах, вищих за

допустимі, від  $7,6 \times 10^{-4}$  до  $1,4 \times 10^{-3}$ . Загальний ризик складав  $3,4 \times 10^{-3}$ . Найбільш небезпечними у цьому відношенні є нітрозаміни та хром VI, індивідуальний ризик впливу яких визначався як насторожувальний, тоді як канцерогенний ризик інших речовин – у межах допустимого. Проте, зважаючи, що канцерогени у переважній більшості є речовинами односпрямованої дії за впливом на окремі критичні органи та системи, більш об'єктивним критерієм є показник сумарного ризику, який визначався нами у місті Дніпро у 2015-2020 роках у межах 2,5-3,9 випадків раку на 1000 населення, або  $2,5-3,9 \times 10^{-3}$ , що свідчить про високу небезпеку забруднення атмосферного повітря для населення [11].

Щодо міста Рівне, то незважаючи на відсутність небезпечних канцерогенних сполук (окрім бенз(а)пірену) загальне забруднення атмосферного повітря характеризується небагато меншим індексом небезпеки (HI=15,5) [12]. Найбільша питома вага у формуванні неканцерогенного ризику належить пилу (HQ = 5,0) та аміаку (HQ=4,0), сут-

Таблиця 1

**Канцерогенний ризик гранично допустимих концентрацій речовин з доведеною небезпекою для людини (група 1) в атмосферному повітрі населених місць**

Сполука	ГДК атм. пов.	
	мг/м <sup>3</sup>	ризик
Бенз[а]пірен	0,000001	$1,1 \times 10^{-6}$
Бензол	0,1	$7,7 \times 10^{-4}$
1,3-бутадиєн	1,0	$3,0 \times 10^{-2}$
1,2-дихлорпропан	0,18	$1,9 \times 10^{-3}$
Етилену оксид	0,03	$3,0 \times 10^{-3}$
Кадмій	0,0003	$5,4 \times 10^{-4}$
Миш'як	0,003	$1,3 \times 10^{-2}$
Нікель	0,001	$2,4 \times 10^{-4}$
Сажа	0,05	$2,2 \times 10^{-4}$
Трихлоретилен	1,0	$1,8 \times 10^{-3}$
Формальдегід	0,003	$3,9 \times 10^{-5}$
Хром VI	0,0015	$1,8 \times 10^{-2}$

Таблиця 2

**Канцерогенний ризик гранично допустимих концентрацій сполук з ймовірною канцерогенною небезпекою для людини (група 2А) в атмосферному повітрі населених місць**

Сполука	ГДК атм. пов.	
	мг/м <sup>3</sup>	ризик
Анілін	0,03	$4,9 \times 10^{-5}$
Дибенз[а, h]антрацен	$5,0 \times 10^{-6}$	$4,4 \times 10^{-6}$
Дихлорметан (метиленхлорид)	8,8	$4,0 \times 10^{-3}$
Епіхлоргідрин	0,2	$2,4 \times 10^{-4}$
2-меркаптобензотіазол (каптакс)	0,12	$9,9 \times 10^{-4}$
N-нітрозодіетиламін	$15 \times 10^{-6}$	$6,4 \times 10^{-4}$
N-нітрозодиметиламін	$50 \times 10^{-6}$	$7,0 \times 10^{-4}$
Стирол	0,002	$1,1 \times 10^{-6}$
Тетрахлоретилен (перхлоретилен)	0,06	$3,4 \times 10^{-5}$
1,2,3-трихлорпропан	0,05	$1,1 \times 10^{-1}$

теву роль відіграють також формальдегід (HQ=1,5) та діоксид азоту (HQ=1,2). Щодо ураження людського організму, то найбільшу небезпеку існуюче забруднення чинить на дихальну систему (HQ=13,8) та вроджені вади розвитку (HQ=6,7).

Отже, якщо порівняти характер забруднення у досліджених нами містах, то мусимо визнати, що за критеріями ризику, незважаючи на різний характер забруднення атмосферного повітря, його якість потребує покращання.

Таким чином, порівняльна оцінка критеріальної значущості загально визначених донині гігієнічних нормативів та прийнятих у світовій практиці показників небезпеки (канцерогенних та неканцерогенних) засвідчили їхнє різне призначення. Для оцінки стану атмосферного повітря доцільно використовувати гігієнічні нормативи допустимого вмісту шкідливих речовин. Проте для визначення впливу шкідливих чинників атмосферного повітря на здоров'я населення, як це передбачено статтями 3 та 5 Закону України «Про си-

стему громадського здоров'я» № 2573-20 від 06.02.2022 (<https://zakon.rada.gov.ua/go/2573-20>) – показники ризиків (канцерогенних та неканцерогенних).

Виникає питання щодо відповідності вітчизняних гігієнічних (медико-санітарних) регламентів міжнародним показникам ризику. Особливо це стосується чинників з мутагенними та канцерогенними властивостями. Для з'ясування цього питання ми, як вже повідомлялося раніше [13], виокремили групу хімічних сполук з канцерогенними властивостями, гігієнічні стандарти яких увійшли до вітчизняних нормативних баз [14, 15].

За критерієм активності та ступенем доведеної їхньої небезпеки для людини 12 сполук для атмосферного повітря та 14 сполук для повітря робочої зони із загального переліку визначених нами речовин експертами Міжнародного Агентства з вивчення раку (МАВР) віднесено до групи 1 (речовини з доведеною небезпекою для людини), 10 та 15 сполук, відповідно – до групи 2А (ймовірно

канцерогенні для людини) та 22 і 25 сполук – до групи 2В (можливо канцерогенні для людини).

У цій роботі ми зосередилися на аналізі канцерогенних речовин лише двох перших груп – 1 та 2А. Проведений аналіз показників ризику речовин зазначених груп на рівні їхніх граничних допустимих концентрацій засвідчив, що нормативи для атмосферного повітря за міжнародною класифікаційною шкалою відповідають прийнятному ризику ( $1 \times 10^{-4}$ ) лише 26% речовин, а для повітря робочої зони – 45% речовин. Як свідчать дані таблиці 1 та 2, в яких представлено рівні канцерогенних ризиків для нормативів в атмосферному повітрі, у 1 групі безпечними є нормативи тільки для двох сполук (бенз(а)пірен та формальдегід), а для (2А) групи – 4 речовини (анілін, дибенз(а,h)антрацен, стирол та тетрахлоретилен). Для інших канцерогенів зазначених груп канцерогенний ризик коливається від  $7,7 \times 10^{-4}$  (бензол) до  $4,0 \times 10^{-3}$  (дихлорметан).

Не набагато краща ситуація для хімічних канцерогенів

Таблиця 3

**Канцерогенний ризик гранично допустимих концентрацій речовин із доведеною небезпекою для людини (група 1) у повітрі робочої зони**

Сполуки	ГДК роб.зони	
	мг/м <sup>3</sup>	ризик
Бенз[а]пірен	$150 \times 10^{-6}$	$1,7 \times 10^{-5}$
Бензол	5,0	$4,4 \times 10^{-3}$
Берилій	0,001	$2,5 \times 10^{-4}$
1,3-бутадієн	100	$3,1 \times 10^{-1}$
Вінілхлорид	1,0	$9,0 \times 10^{-4}$
1,2-дихлорпропан	10,0	$1,1 \times 10^{-2}$
Етилену оксид	1,0	$1,0 \times 10^{-2}$
Кадмій	0,01	$1,9 \times 10^{-3}$
Миш'як	0,01	$4,4 \times 10^{-3}$
Нікель	0,05	$1,2 \times 10^{-3}$
Пентахлорфенол	0,1	$5,3 \times 10^{-5}$
Трихлоретилен	2,0	$3,7 \times 10^{-4}$
Формальдегід	0,5	$6,0 \times 10^{-4}$
Хром VI	0,01	$1,2 \times 10^{-2}$

Таблиця 4

**Канцерогенний ризик гранично допустимих концентрацій сполук з ймовірною канцерогенною небезпекою для людини (група 2А) у повітрі робочої зони**

Сполуки	ГДК роб. зони	
	мг/м <sup>3</sup>	Ризик
Акриламід	0,2	$2,7 \times 10^{-2}$
Анілін	0,1	$1,7 \times 10^{-5}$
Ortho-анізидин (2-метоксианілін)	1,0	$4,1 \times 10^{-3}$
Бензил хлористий	0,5	$2,5 \times 10^{-3}$
Бензотрихлорид	0,2	$7,7 \times 10^{-2}$
Гідразин	0,1	$5,0 \times 10^{-2}$
Диметилсульфат	0,1	$1,0 \times 10^{-1}$
Дихлорметан (methylene chloride)	50	$2,4 \times 10^{-3}$
Епіхлоргідрин	1,0	$1,2 \times 10^{-4}$
2-Меркаптобензотіазол (каптакс)	1,0	$8,6 \times 10^{-4}$
N-нітрозодіетиламін	$150 \times 10^{-6}$	$6,6 \times 10^{-4}$
N-нітрозодиметиламін	$500 \times 10^{-6}$	$7,2 \times 10^{-4}$
Стирол	10,0	$6,0 \times 10^{-4}$
Тетрахлоретилен (перхлоретилен)	10,0	$6,0 \times 10^{-4}$
1,2,3-трихлорпропан	2,0	$4,1 \times 10^{-1}$

нів, віднормованих у повітрі робочої зони (табл. 3 і 4). Серед речовин першої групи безпечними можна вважати нормативи шести сполук з 14 (бенз(а)пірен, берилій, вінілхлорид, пентахлорфенол, трихлоретилен та формальдегід), канцерогенний ризик яких є нижчим за прийнятний –  $1 \times 10^{-3}$ .

Серед речовин групи 2A допустимий ризик є також для 6 речовин з 15 сполук. Тож більшість гігієнічних нормативів в атмосферному повітрі населених місць та у повітрі робочої зони за міжнародними стандартами не відповідають вимогам безпечності для населення і потребують перегляду.

Отже, виникає необхідність перегляду вітчизняної нормативно-методичної бази з використанням міжнародних підходів і орієнтації на критерії ризику розвитку новоутворення за дії окремих сполук.

#### **Висновки**

Реальне забруднення атмосферного повітря населених місць становить певну небезпеку для населення і потребує вжиття профілактичних заходів для його зменшення.

Існуюча нині вітчизняна нормативна база допустимого вмісту канцерогенних речовин у повітряному середовищі (атмосферне повітря та повітря робочої зони) не відповідає вимогам країн ЄС та США.

Для більшості віднормованих канцерогенних речовин ризик негативного впливу на здоров'я населення, що може проявлятися ураженням окремих органів та систем (неканцерогенний ризик) та числом ймовірного розвитку раку (канцерогенний ризик), не відповідає міжнародним нормам.

З метою підвищення ефективності вирішення

питань з визначення впливу забруднення повітряного середовища на здоров'я населення доцільно рекомендувати поширення використання методології оцінки ризиків розвитку тих чи інших ефектів.

#### **REFERENCES**

1. Wild C., Weiderpass E., Stewart B., editors. World cancer report: cancer research for cancer prevention. Lyon, France : International Agency for Research on Cancer; 2020 : 594 p.

2. IARC monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans. International Agency for Research on Cancer. Available from: <https://monographs.iarc.who.int/>

3. Madia F., Worth A., Whelan M., Corvi R. Carcinogenicity assessment: addressing the challenges of cancer and chemicals in the environment. Environment International. 2019 Jul ; 128 : 417-29. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.067>

4. The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine. United Nations Environment Programme EO/2466/NA. Nairobi, Kenya; 2022: 56 p.

5. [Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. National report on the state of the natural environment in Ukraine in 2020]; [cited 2023 Jul 18]. Available from: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/natsionalniodpovidi-pro-stanovkolyshnogo-pryrodnogoseredovyshha-v-ukrayini/> (Ukrainian).

6. [Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine (official website). Information on the environmental consequences of Russian aggression in Ukraine February 24 - March 14,

2022] [cited 2023 Jul 18]. Available from: <https://mepr.gov.ua/informatsiya-pro-naslidky-dlyadovkillya-vid-rosijskoyi-agresiyi-v-ukrayini-24-lyutogo-14-bereznaya-2022-roku-2/> (Ukrainian)

7. Chernyuchenko I., Lytvyuchenko O., Babii V., Tsybaliuk S., Kondratenko O., Hlavachek D. [Features of age-related changes and growth rates of the incidence of endocrine organs' cancer in the population of Ukraine]. Problems of Endocrine Pathology. 2022 Sep 15 ; 79 (3) : 53-8. <https://doi.org/10.21856/j-perp.2022.3.07> (Ukrainian)

8. Gibson D.A., Saunders P.T. Endocrine disruption of oestrogen action and female reproductive tract cancers. Endocrine-Related Cancer. 2013 Oct 25 ; 21 (2) : T. 13-31. <https://doi.org/10.1530/erc-13-0342>

9. Gore A.C., Chappell V.A., Fenton S.E., Flaws J.A., Nadal A., Prins G.S. et al. Executive summary to EDC-2: the endocrine society's second scientific statement on endocrine-disrupting chemicals. Endocrine Reviews. 2015 Dec 1 ; 36 (6) : 593-602. <https://doi.org/10.1210/er.2015-1093>

10. Ministry of Health of Ukraine [On the approval of methodological recommendations «Risk assessment for public health from atmospheric air pollution», Order No. 184, 2007 Apr 13] [cited 2023 Jul 18]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07> (Ukrainian).

11. Serdiuk A.M., Chernyuchenko I.O., Lytvyuchenko O.M., Babii V.F., Kondratenko O.Y., Hlavachek D.O. [Carcinogenic substances

in the atmospheric air of Dnipro city and risk to the population]. *Med. perspekt.* 2021 Mar 26 ;26(1):226-31. <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2021.1.228020> (Ukrainian).

12. Serdiuk A.M., Hushchuk I.V., Chernychenko I.O., Lytvychenko O.M. [Features of atmospheric air pollution in a non-industrial city: risk for the population]. *Med. perspekt.* 2019 Dec 26 ; 24 (4) : 154-9. <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2019.4.189609> (Ukrainian).

13. Chernychenko I.O., Lytvychenko O.M., Babii V.F., Harkavyi S.I., Balenko N.V., Kondratenko O.Y., Hlavachek D.O. [On the issue of revising the regulatory framework for chemical carcinogens in the air according to the risk criterion]. *Dovkillia ta zdorovia [Environment & Health]*. 2022 Jun ; 2 (103) : 42-8. <https://doi.org/10.32402/dovkil2022.02.042> (Ukrainian).

14. Ministry of Health of Ukraine [On the approval of hygienic regulations for the permissible content of chemical and biological substances in the atmospheric air of populated areas, Order No. 52, 2020 Jan 14]; [cited 2023 Jul 18]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text> (Ukrainian).

15. Ministry of Health of Ukraine [On the approval of hygienic regulations for the permissible content of chemical and biological substances in the air of the working area, Order No. 1596, 2020 Jul 14]; [cited 2023 Jul 18]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0741-20#Text> (Ukrainian).

Надійшло до редакції  
14.05.2023

УДК 614.876:616-058.81-008.  
9:577.164.17:575.1(477.41)

<https://doi.org/10.32402/dovkil2023.03.011>

## ГЕНЕТИЧНІ ПОЛІМОРФІЗМИ ФОЛАТНОГО ЦИКЛУ І ГІПЕРГОМОЦИСТЕЇНЕМІЯ У ДІТЕЙ ІЗ РАЙОНІВ, ЩО МЕЖУЮТЬ З ЧОРНОБИЛЬСЬКОЮ ЗОНОЮ ВІДЧУЖЕННЯ Бандажевський Ю.І., Дубова Н.Ф.

## GENETIC POLYMORPHISMS OF THE FOLATE CYCLE AND HYPERHOMOCYSTEINEMIA IN CHILDREN FROM AREAS BORDERING THE CHORNOBYL EXCLUSION ZONE

# H

**BANDAZHEVSKIY Yu.I.,  
DUBOVA N.F.**

Ecology and Health  
Coordination and  
Analytical Centre,  
Ivankiv, Ukraine

yperhomocysteinemia is an increased content in the blood, in excess of the established physiological level, of the sulfur-containing amino acid homocysteine ( $H_{cy}$ ), a metabolic product of the essential amino acid methionine (Met).

Elevated levels of  $H_{cy}$  in the blood are associated in adults with a number of serious diseases associated with impaired

ГЕНЕТИЧНІ ПОЛІМОРФІЗМИ ФОЛАТНОГО ЦИКЛУ  
І ГІПЕРГОМОЦИСТЕЇНЕМІЯ У ДІТЕЙ ІЗ РАЙОНІВ,  
ЩО МЕЖУЮТЬ З ЧОРНОБИЛЬСЬКОЮ ЗОНОЮ  
ВІДЧУЖЕННЯ

**Бандажевський Ю.І., Дубова Н.Ф.**

*Координаційний аналітичний центр  
«Екологія і здоров'я», Іванків, Україна*

**Мета дослідження:** встановлення зв'язку між поліморфізмами фолатного циклу та станом гіпергомоцистеїнемії у дітей, які проживають у районах, що межують з Чорнобильською зоною відчуження (ЧЗВ).

**Методи дослідження:** лабораторний, генетичний, математико-статистичний.

**Результати.** Визначено рівні гомоцистеїну ( $H_{cy}$ ) у крові, а також генетичні поліморфізми фолатного циклу (ФЦ) у 690 дітей (322 хлопчиків та 368 дівчаток) вком 8-17 років, які проживають поблизу ЧЗВ. Встановлено, що у 97,8% випадків діти мали генотипи з алелями ризику поліморфізмів ФЦ. Найчастіше зустрічалися поєднання двох та трьох поліморфних варіантів.

Питома вага випадків гіпергомоцистеїнемії реєструвалася у 62,5% обстежених дітей і не залежала, як правило, від числа поліморфізмів ФЦ з алелями ризику. У групах дітей, на відміну від їхніх матерів, був відсутній кореляційний зв'язок між концентрацією  $H_{cy}$  у крові та кількістю поліморфізмів ФЦ з алелями ризику.

Частота випадків гіпергомоцистеїнемії у хлопчиків була вірогідно вищою, ніж у дівчаток. Стан гіпергомоцистеїнемії виявлено у 40% випадків серед дітей за відсутності алелів ризику генетичних поліморфізмів ФЦ.

Генотипи з алельними варіантами одного поліморфізму ФЦ виявлено у 15% випадків. При цьому висока частота гіпергомоцистеїнемії реєструвалася у підгрупі з геноти-

© **Бандажевський Ю.І., Дубова Н.Ф.** СТАТТЯ, 2023.