



УДК 614.72-02:613.954].084:519.25

**HYGIENIC ASSESSMENT OF THE IMPACT OF AROMATIC  
HYDROCARBONS AND FORMALDEHYDE ON THE HEALTH OF  
CHILDREN****ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ АРОМАТИЧНИХ ВУГЛЕВОДНІВ ТА  
ФОРМАЛЬДЕГІДУ НА СТАН ЗДОРОВ'Я ДІТЕЙ****Rublevska N.I./Рублевська Н.І.***d.m.s., prof./д.м.н., проф.***Stepanov S.V./Степанов С.В.***Phd /доктор філософії**Дніпровський державний медичний університет,**м. Дніпро, вул. Володимира Вернадського, 9, 49047**Dnipro State Medical University, Dnipro, Volodymyra Vernadskogo str., 9, 49047***Gayday L.V./Гайдай Л.В.****Sincha O.P./Синча О.П.***Separate structural subdivision "Dnipro District Department" of the Dnipropetrovsk Regional  
Center for Disease Control and Prevention of the Ministry of Health of Ukraine,**Dnipro, str. Shcherbanya, 6, 49067**Відокремлений структурний підрозділ "Дніпровський районний відділ" Дніпропетровського  
обласного центру контролю та профілактики хвороб МОЗ України,**м. Дніпро, вул. Щербаня, 6, 49067***Zhuravel S.P./Журавель С.П.***State enterprise "Scientific Production Association" Pavlograd Chemical Plant, Pavlograd, str.**Zavodska, 44, 51402**Державне підприємство «Науково виробниче об'єднання «Павлоградський хімічний завод»,**м. Павлоград, вул. Заводська, 44, 51402***Rublevska A.D./Рублевська А.Д.**

**Анотація:** в роботі надано гігієнічну оцінку вмісту специфічних забруднювачів, таких як фенол, формальдегід, бензол, ксилол, толуол у атмосферному повітрі промислових міст України (Дніпро, Кривий Ріг, Кам'янське) та їх можливого комбінованому модифікуючому впливу на стан здоров'я дитячого населення, що проживає на цих територіях, обґрунтовано підходи щодо попередження негативних змін у стані здоров'я дітей- мешканців індустріального регіону, які зазнають впливу ароматичних вуглеводнів та формальдегіду.

**Ключові слова.** Викиди хімічних речовин до атмосферного повітря; формальдегід; ароматичні вуглеводні; аерогенне навантаження; захворюваність дитячого населення; канцерогенні та неканцерогенні ризики; моніторинг; епідеміологічний нагляд; неінфекційні хвороби.

**Вступ.**

Результати багаторічних досліджень свідчать, що в промислових містах України існує стабільне забруднення атмосферного повітря шкідливими хімічними речовинами, які становлять небезпеку для навколишнього природного середовища та здоров'я людини [1-3].

Найбільшу небезпеку забруднення атмосфери завдає здоров'ю дітей, що зумовлено віковими закономірностями їх зростання та розвитку, які спричиняють більшу легкість адсорбції хімічних речовин і менш ефективну біотрансформацію екотоксикантів, та їх значну акумуляцію та чутливість в організмі [4-5].



Значна увага науковців приділяється вивченню впливу та розробки заходів щодо зниження концентрацій оксиду вуглецю, зважених часток та озону в атмосферному повітрі, однак у атмосферному повітрі індустриальних міст має місце підвищений вміст специфічних забруднювачів таких як формальдегід, фенол та ароматичні вуглеводні, які володіють канцерогенними, алергенними, подразнювальними властивостями, що обумовило визначення напрямку та мети проведеного дослідження. Робота виконана у рамках ініціативної науково-дослідної роботи Дніпровського державного медичного університету «Гігієнічна оцінка впливу природних та техногенних факторів на стан здоров'я населення», № держреєстрації 0118U004729, 2019-2022 рр.

Мета роботи - на підставі гігієнічної оцінки впливу ароматичних вуглеводнів та формальдегіду на стан здоров'я дитячого населення удосконалити систему заходів щодо зниження негативного впливу забрудненого атмосферного повітря на стан здоров'я дітей-мешканців індустриального регіону.

### **Основний текст.**

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря у досліджуваних містах Дніпро, Кам'янське, Кривий Ріг є стаціонарні джерела викидів від промислових підприємств. Найбільша частка забруднення у м. Дніпро припадає на підприємство енергетичного комплексу - 71% ( $p < 0,05$ ), у Кривому Розі - 79% ( $p < 0,05$ ) припадає на підприємство металургійного комплексу. Подібна ситуація складається і в м. Кам'янське, де обсяг викидів металургійного комбінату становить 94% ( $p < 0,05$ ) всіх промислових викидів забруднюючих речовин до атмосферного повітря. Обсяг викидів від стаціонарних джерел забруднення у досліджуваних містах коливається в межах 69,06 (23,13) - 323,02 (27,13) М (SD) тис. тон на рік з найвищим рівнем у м. Кривий Ріг (323,02 (27,13) тис. тон на рік), де обсяг промислових викидів що статистично значуще у 3,5-5,5 рази вище, ніж у містах Дніпро та Кам'янське та у 2700 разів вище порівняно з контрольним містом Новомосковськ ( $p < 0,001$ ).

У середньому за 2013-2018 рр. найвищий обсяг викидів специфічних забруднювачів до атмосферного повітря від стаціонарних джерел забруднення виявлено у м. Кривий Ріг 16,00 (95% ДІ 8,53-23,47) тис. т. рік, що статистично значуще у 4,53 рази вище, ніж у м. Дніпро (3,53 (95% ДІ 0,64-6,42) тис. тон на рік), у 6,13 вище, ніж у м. Кам'янське (2,61 (95% ДІ 1,55-3,68) тис. тон на рік) та у 997,3 рази вище, ніж у м. Новомосковськ 0,02 (95% ДІ 0,007-0,025) тис. тон на рік ( $p < 0,001$ ).

Проведені дослідження вмісту фенолу, формальдегіду, бензолу, ксилолу, толуолу у атмосферному повітрі міст (Дніпро, Кам'янське, Кривий Ріг) та міста порівняння (Новомосковськ) за період 2013-2018 роки встановили, у м. Дніпро спостерігалось протягом усього періоду спостереження перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК) середньорічного вмісту фенолу у 1,33-1,66 разів ( $p < 0,001$ ). Така ж ситуація була характерна і в м. Кам'янське, де перевищення середньорічних концентрацій фенолу склали 2,17-2,67 ГДК ( $p < 0,001$ ) з тенденцією до підвищення (з відносною стабільністю концентрацій). У той же час у м. Кривий Ріг, на відміну від інших промислових міст, середньорічні



концентрації фенолу виявились статистично значуще нижчими за ГДК протягом усього періоду спостереження ( $p < 0,001$ ), але в окремі сезони (літньо-осінній період) спостерігається наближення середньомісячних концентрацій фенолу до рівня ГДК. Середньорічні концентрації формальдегіду у атмосферному повітрі всіх досліджуваних міст реєструвалися вище ГДК протягом усього періоду спостереження у 2-8 разів ( $p < 0,001$ ). Слід відмітити стійку тенденцію підвищення рівнів формальдегіду у атмосферному повітрі міст Дніпро, Кам'янське, Кривий Ріг у 1,5-2 рази ( $p < 0,001$ ) протягом періоду 2013-2018 рр.

Зареєстровані концентрації ароматичних вуглеводнів (АВ) у атмосферному повітрі всіх досліджуваних міст знаходилися в межах ГДК м.р. за середньорічними показниками. Однак у 2017-2018 роках зафіксовано разові перевищення ГДК м.р. у 2-2,85 разів для бензолу, ксилолу та толуолу у м. Кам'янське ( $p < 0,001$ ). За період спостереження спостерігається тенденція до підвищення у 1,1-4 рази вмісту ароматичних вуглеводнів у атмосферному повітрі промислових міст ( $p < 0,05$ ). У контрольному місті Новомосковськ рівень АВ, фенолу та формальдегіду знаходився на рівні чутливості методу досліджень протягом 2013-2018 років.

За результатами дослідження у м. Кам'янське встановлено кореляційний зв'язок між забрудненням атмосферного повітря АВ та обсягами викидів специфічних речовин до атмосферного повітря, коефіцієнт кореляції становлять - для бензолу  $r = 0,63$ ;  $p < 0,001$ , ксилолу  $r = 0,73$ ;  $p < 0,001$ , толуолу  $r = 0,64$ ;  $p < 0,001$ , фенолу -  $0,57$ ;  $p < 0,001$ , що свідчить про їх надходження до атмосферного повітря від стаціонарних джерел забруднення.

Для виявлення закономірностей впливу цих специфічних забруднюючих речовин атмосферного повітря досліджуваних міст на стан здоров'я дітей- мешканців промислових міст нами було проведено аналіз рівня захворюваності дитячого населення за період спостереження. За результатом аналізу виявлено, що у м. Дніпро рівень загальної дитячої захворюваності в середньому за досліджуваний період склав 15228,1 (95 % ДІ 15018,81-15 437,39) на 10 тис. дітей, у Кривому Розі - 15949,57 (95 % ДІ 15476,35-16422,79), Кам'янському - 18349,7 (95 % ДІ 18122,52-18576,88), що у 1,04-1,5 рази ( $p < 0,05$ ) вище, ніж в цілому серед міського дитячого населення Дніпропетровський області та у 1,14-1,37 разів вищий, ніж у м. Новомосковськ ( $p < 0,05$ ). Темп росту загальної захворюваності дитячого населення у м. Дніпро склав +5,3%, м. Кривий Ріг - +11,0%, м. Кам'янське - +0,6% за період 2013-2018 роки.

При порівнянні структури дитячої захворюваності у досліджуваних містах встановлено, що у середньому за період спостереження найвищий рівень захворюваності дитячого населення приходить на хвороби дихальної системи. І становить у м. Кам'янське 12799,9 (95% ДІ 11890,19-13709,61) на 10 тис. дітей, у м. Кривий Ріг - (11668,0 (95% ДІ 11245,36-12090,64)), у м. Дніпро - (10360,2 (95% ДІ 9912,7-10807,7)), що у 1,13-1,39 разів вище, ніж у м. Новомосковськ - (9208,23 (95% ДІ 8942,88-9473,58)) ( $p < 0,001$ ). При аналізі рівня захворюваності дитячого населення хворобами центральної нервової системи (ЦНС) найвищий рівень встановлено у м. Дніпро (363,4 (95% ДІ 322,9-



403,8)) на 10 тис. дит. насел. та м. Кам'янське (321,1 (95% ДІ 287,66-354,54)). Встановлено, що цей показник у 1,69-1,70 рази статистично значуще вищий, ніж у м. Новомосковськ (215,2 (95% ДІ 201,27-229,06) на 10 тис. дит. насел. ( $p < 0,001$ ). Рівень дитячої захворюваності хворобами серцево-судинної системи (ХСК) у м. Дніпро в середньому за досліджуваний період знаходився на рівні (102,8 (95% ДІ 92,7-112,9) на 10 тис. дит. насел.), у м. Кривий Ріг - (52,4 (95% ДІ 46,15-58,65)) на 10 тис. дит. насел., у м. Кам'янське - 65,9 (95% ДІ 57,46-74,27) на 10 тис. дит. насел.), що в 2,25 - 4,43 рази вищий, ніж у м. Новомосковськ (23,2 (95% ДІ 15,95-30,42) на 10 тис. дит. насел. ( $p < 0,001$ ). Онкологічна захворюваність у дитячого населення досліджуваних міст у середньому за 2013-2018 роки складала у м. Кам'янське - 74,9 (95% ДІ 53,05-96,65) на 10 тис. дит. насел., що в 2,35 рази вище, ніж у Новомосковську - 31,9 (95% ДІ 26,04-37,79) на 10 тис. дит. насел. ( $p < 0,05$ ).

Розрахований індивідуальний канцерогенний ризик при аерогенному надходженні бензолу до організму у всіх досліджуваних містах, згідно з критеріями ВООЗ, відноситься до високого (De Manifestis) - не прийнятний для виробничих умов і населення. В таких умовах, за рекомендаціями ВООЗ, необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику. Індивідуальний канцерогенний ризик при надходженні формальдегіду знаходиться в межах  $10^{-3}$  -  $10^{-4}$ , за критеріями ВООЗ і відноситься до середнього - припустимого для виробничих умов, але не припустимого для населення. Популяційний канцерогенний ризик для міст Дніпро, Кривий Ріг, Кам'янське від аерогенного надходження бензолу склав 1864-4980 додаткових випадків на рак та 133-136 додаткових випадків на рак від інгаляційного надходження формальдегіду відповідно, у когорті 1 млн. осіб.

Розрахунок та вивчення сумарного неканцерогенного ризику встановило найвищий ризик у м. Кам'янське НІ заг.=5,84, у м. Дніпро НІ заг.=5,1, а у Кривому Розі - НІ заг.=4,15. У досліджуваних містах встановлено не прийнятний неканцерогенний ризик для органів дихання, ЦНС, імунної системи. Окремо у м. Кам'янське відзначається неприйнятний неканцерогенний ризик для серцево-судинної системи. Припустимі неканцерогенні ризики від надходження фенолу, формальдегіду та ароматичних вуглеводнів встановлено для системи крові та розвитку.

Для вивчення комбінованого модифікуючого ефекту досліджуваних забруднювачів атмосферного повітря нами розраховані середньорічні рівні аерогенного навантаження (АН) на дітей у досліджуваних містах, які склали: середньорічне АН фенолу: у м. Дніпро 1,82 (95% ДІ 1,61-2,02) мг/кг-рік, у м. Кривий Ріг 1,01 (95% ДІ 0,93-1,10) мг/кг-рік, у м. Кам'янське 3,77 (95% ДІ 2,65-4,90), у м. Новомосковськ 0,58 мг/кг-рік. Середньорічне АН формальдегіду - у м. Дніпро 7,51 (95% ДІ 6,78-8,23) мг/кг-рік, у м. Кривий Ріг - 5,71 (95% ДІ 4,83-6,59) мг/кг-рік, у м. Кам'янське - 5,59 (95% ДІ 5,06-6,11), у м. Новомосковськ - 0,58 мг/кг-рік.

Середньорічне АН бензолу у м. Дніпро - 35-,13 (95% ДІ 304,45-401,80) мг/кг-рік, у м. Кривий Ріг - 291,85 (95% ДІ 264,75-318,96) мг/кг-рік, у м. Кам'янське - 272,44 (95% ДІ 76,64-468,23), у м. Новомосковськ - 10,51 мг/кг-



рік. Середньорічне АН толуолу у м. Дніпро - 149,95 (95% ДІ 116,66-183,25) мг/кг-рік, у м. Кривий Ріг - 136,75 (95% ДІ 122,68-150,83) мг/кг-рік, у м. Кам'янське - 104,56 (95% ДІ 49,07-160,05), у м. Новомосковськ - 2,58 мг/кг-рік. Середньорічне АН ксилолу у м. Дніпро - 40,77 (95% ДІ 34,22-47,32) мг/кг-рік, у м. Кривий Ріг - 39,58 (95% ДІ 35,89-43,26) мг/кг-рік, у м. Кам'янське - 31,54 (95% ДІ 23,72-39,35), у м. Новомосковськ - 1,64 мг/кг-рік. Найнижче АН усіма досліджуваними хімічними речовинами зазнає дитяче населення міста порівняння Новомосковська ( $p < 0,001$ ).

Встановлено прямий сильний кореляційний зв'язок між сумарним АН досліджуваних забруднюючих речовин, з урахуванням комбінованим модифікуючого впливу на органи-мішені, та рівнем загальної захворюваності дитячого населення -  $r=0,53$ ,  $t=2,9$  ( $p < 0,05$ ).

За результатами регресійного аналізу запропонована лінійна регресійна модель прогнозування рівня загальної дитячої захворюваності в залежності від сумарного середньорічного аерогенного надходження АВ та фенолу. Так із збільшенням загального аерогенного навантаження специфічними забруднювачами на 1 мг/кг-рік, рівень загальної дитячої захворюваності підвищується в середньому на 11,095 випадків на 10 тис. дитячого населення. У роботі запропоновані єдині підходи до системи моніторингу за якістю атмосферного повітря та модель епідеміологічного нагляду за неінфекційними хворобами, пов'язаними з впливом факторів навколишнього середовища, з оцінкою канцерогенних та неканцерогенних ризиків для вчасного реагування та впровадження необхідних профілактичних заходів.

### **Висновки.**

У роботі розглянуто комбінований модифікуючий вплив на стан здоров'я дитячого населення ароматичних вуглеводнів та формальдегіду. Надано гігієнічну оцінку вмісту специфічних забруднювачів, таких як фенол, формальдегід, бензол, ксилол, толуол у атмосферному повітрі промислових міст України (Дніпро, Кривий Ріг, Кам'янське), обґрунтовано підходи щодо попередження негативних змін у стані здоров'я дітей- мешканців індустріального регіону, які зазнають впливу ароматичних вуглеводнів та формальдегіду. Розроблена модель епідеміологічного нагляду за неінфекційними хворобами, пов'язаними з впливом факторів навколишнього середовища, з оцінкою канцерогенних та неканцерогенних ризиків для вчасного реагування та впровадження необхідних профілактичних заходів.

### **Література:**

1. Рублевська Н., Степанов С., Мороз Т. Гігієнічна оцінка надходження ксенобіотиків до організму дітей з атмосферним повітрям промислових міст. Український журнал медицини, біології та спорту. 2018; (5):191-3.
2. Рублевська Н.І., Степанов С.В., Зуб М.Ю., Курбатова Н.О. Гігієнічна оцінка динаміки забруднення атмосферного повітря фенолом та формальдегідом в промислових містах. Modern engineering and innovative technologies. 2018; 5:46-53. DOI: 10.30890/2567-5273.2018-05-02-057
3. Rublevskaya N.I., Stepanov S.V. The effect of aerogenic intake of phenol and



formaldehyde on the formation of children's health. Int Scien Periodical J Almanahul SWorld. 2020; 4:79-85.

4. Степанов С., Рублевська Н., Зуб М. Обґрунтування необхідності переходу на ризик орієнтовану систему оцінювання впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення на підставі оцінки рівня бензолу в атмосферному повітрі міста Кам'янське. Клінічна та профілактична медицина. 2021; 2(16):70-6. DOI: 10.31612/2616-4868

5. Рублевська Н.І., Степанов С.В. Обґрунтування регіональної програми моніторингу за якістю атмосферного повітря у Дніпропетровській області. Український журнал медицини, біології та спорту. 2021; 6(3):31.

**Abstract:** the paper provides a hygienic assessment of the content of specific pollutants, such as phenol, formaldehyde, benzene, xylene, toluene in the atmospheric air of industrial cities of Ukraine (Dnipro, Kryvyi Rih, Kamianske) and their possible combined modifying effect on the health of children. who lives in these territories, approaches to the prevention of negative changes in the health of children living in the industrial region, who are exposed to aromatic hydrocarbons and formaldehyde, are substantiated.

**Keywords.** Emissions of chemicals into the atmosphere; formaldehyde; aromatic hydrocarbons; aerogenic load; morbidity of the child population; carcinogenic and non-carcinogenic risks; monitoring; epidemiological surveillance; non-communicable diseases.

*Науковий керівник: д.м.н., проф. Рублевська Н.І.*

Стаття відправлена: 19.12.2022 р.

@ Рублевська Н.І.