

## ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА

УДК 504.064.4:66.097

DOI 10.31319/2519-2884.37.2020.27

БЄЛОКОНЬ К.В., к.т.н., доцент\*  
МАТУХНО О.В., к.т.н., доцент\*\*

\*Запорізький національний університет, м. Запоріжжя  
\*\*Національна металургійна академія України, м. Дніпро

### ОЦІНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ЗАПОРІЖЖЯ ФОРМАЛЬДЕГІДОМ

**Вступ.** Техногенне забруднення навколишнього середовища – один з найбільш впливових чинників, від якого залежить стан здоров'я населення. За ступенем хімічної небезпеки для людини забруднення атмосферного повітря залишається провідним фактором ризику. Між тим його рівень і характер залежить від особливостей промислового розвитку населеного пункту та різноманітності джерел забруднення.

Особливо гостро проблема забруднення атмосферного повітря відчувається в урбанізованих регіонах. Урбанізовані території є зонами ризику для здоров'я населення, оскільки атмосферне повітря цих територій містить підвищену кількість шкідливих домішок антропогенного походження. Сьогодні сумарний рівень забруднення повітря великих і середніх міст України у 2-4 рази перевищує гранично допустимий і є небезпечним для здоров'я населення. Саме тому оцінка сучасного рівня забруднення атмосферного повітря у нашій країні є надзвичайно актуальною проблемою [1].

Особливу увагу слід приділити таким домішкам, як завислі речовини (аерозолі, пил), оксид вуглецю (II), оксид азоту (IV) та формальдегід. Адже середні концентрації в атмосферному повітрі саме цих речовин останнім часом стрімко збільшуються.

У багатьох містах України в атмосферному повітрі селітебної зони спостерігаються значні концентрації формальдегіду (перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК) від 3,3 до 16,7 разів). Значне зростання вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі міст в останній період суттєво залежить від зміни метеорологічних умов. Порівняно з іншими домішками проявляється найчіткіша закономірність його сезонного ходу, яка характеризується збільшенням концентрації в літній період. Хід місячних концентрацій формальдегіду змінюється залежно від температури повітря та інтенсивності прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню.

Осереднене по всіх досліджених містах значення концентрацій формальдегіду в повітрі більше, ніж удвічі перевищує ГДК. У переважній більшості міст, в яких здійснюється моніторинг цієї домішки, навіть найнижчі із середніх концентрацій перевищують ГДК. Таких міст налічується 23. Для більшості міст характерним є перевищення ГДК у межах усього діапазону коливань концентрацій формальдегіду в повітрі. На основі величин перевищення ГДК середніми річними концентраціями формальдегіду усі міста України за рівнем забруднення даними речовинами можна розділити на групи (табл.1) [2].

Проаналізувавши дані табл.1, можна виділити міста, які за кратністю перевищення ГДК формальдегіду у період з 1998 по 2018 рр., доречно було б назвати відносно чистими (Тернопіль, Харків, Полтава, Алчевськ), міста, які можна назвати дуже забрудненими (Луганськ, Краматорськ, Миколаїв, Луцьк, Армянськ, Рубіжне, Северодонецьк, Слов'янськ Ужгород, Маріуполь, Кам'янське, Лисичанськ, Одеса), решту міст можна назвати забрудненими.

Таблиця 1 – Класифікація міст України за рівнем перевищення ГДК середніми річними концентраціями формальдегіду осередненими за багаторічний період

Кратність перевищення ГДК	< 1 ГДК (допустимий рівень забруднення)	1-2 ГДК (підвищений рівень забруднення)	2-3 ГДК (високий рівень забруднення)	3-6 ГДК (екстремально-високий рівень забруднення)
Міста України	Тернопіль Алчевськ Харків Полтава	Ізмаїл Керч Кропивницький Суми Хмельницький Запоріжжя Львів Чернівці Севастополь Київ Кременчук Сімферополь Вінниця	Макіївка Рівне Горлівка Херсон Кривий Ріг Донецьк Ялта Єнакієве Торецьк Черкаси Світловодськ Дніпро	Луганськ Краматорськ Миколаїв Луцьк Армянськ Рубіжне Севродонецьк Слов'янськ Ужгород Маріуполь Кам'янське Лисичанськ Одеса

**Постановка задачі.** Агентством із питань захисту навколишнього середовища США (U.S. EPA) формальдегід класифікується як ймовірний канцероген для людини. Канцерогенні речовини чинять значний негативний вплив на здоров'я, оскільки не мають порогу шкідливої дії, і незначна кількість молекул канцерогенної речовини може призвести до порушення стану здоров'я людини. У зв'язку з цим метою роботи було встановлення канцерогенного ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення атмосферного повітря викидами формальдегіду у місті з великим промисловим комплексом на прикладі м. Запоріжжя.

**Методика проведення досліджень.** При виконанні роботи було використано загальну процедуру методології оцінки ризику для здоров'я населення (Human Health Risk Assessment), розроблену та рекомендовану Агентством США з охорони довкілля [3]. Також використовували санітарно-гігієнічні (для оцінки забруднення атмосферного повітря формальдегідом), аналітичні (оцінка токсичності речовини), математичні (ймовірнісна оцінка для розрахунків рівнів ризику для здоров'я експонованого населення), статистичні, епідеміологічні (для вивчення стану захворюваності населення) методи дослідження. Статистична обробка результатів проводилась з використанням комп'ютеризованої програми Microsoft Excel.

**Результати роботи.** Для оцінки канцерогенного ризику для здоров'я населення в якості потенційного хімічного канцерогену розглядається речовина – формальдегід, який відноситься до 1 групи згідно класифікації Міжнародного агентства з вивчення раку (табл.2) та має фактор канцерогенного потенціалу  $SF = 0,046$  мг/кг на добу.

Запоріжжя – обласний центр, один з найбільших адміністративних, індустріальних і культурних центрів півдня України. Об'єктом дослідження було обрано Заводський та Вознесенівський райони м. Запоріжжя. У Заводському та Вознесенівському районах, порівняно з іншими районами міста, вищий рівень захворюваності. На першому місці стоять гострі захворювання органів дихання різної етіології, з кожним роком за словами медиків збільшується кількість хронічних захворювань, хвороби крові і систем кровообігу, серцево-судинної системи, рухового апарату, імунної системи. Тому виникає потреба в проведенні досліджень у визначенні зон найбільшого техногенного навантаження підприємств підвищеної небезпеки на стан здоров'я населення [4].

Таблиця 2 – Параметри токсичності формальдегіду

Назва речовини	CAS	ГДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ГДК <sub>с.д.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класифікація канцерогенів МАВР / ЕРА	RfC, мг/м <sup>3</sup> , вплив на органи і системи*	ARfC, мг/м <sup>3</sup> , вплив на органи і системи*
Формальдегід	50-00-0	0,035	0,003	2A/B1	0,003, ОД, ОЗ, ІС	0,048, ОД, ОЗ

*Примітка.\** ОД – вплив на органи дихання; ОЗ – вплив на органи зору; ІС – вплив на імунну систему, включаючи розвиток алергічних реакцій.

Характеристика сценарію і маршруту впливу забруднюючих речовин, обраних для умов Вознесенівського та Заводського районів, представлена в табл.3 [4-7]. Пріоритетним шляхом надходження забруднюючих речовин в організм людини є інгаляційний шлях, аналізованим середовищем визначено атмосферне повітря.

Таблиця 3 – Сценарій і маршрут впливу забруднюючих речовин

Елементи аналізу експозиції	Характеристика експозиції				
Агенти	формальдегід				
Джерела	антропогенні				
Шлях впливу	інгаляційний (дихання повітрям)				
Тривалість експозиції	канцерогенні ефекти – 70 років				
Географічне охоплення	м. Запоріжжя, Вознесенівський та Заводський райони				
Період оцінки	2019 рік				
Тип впливу за часом контакту	гострий		хронічний (70 років)		
Вік експонованої групи	середня людина (30 років)		≤ 6	6-18	18≥

Як джерела забруднення обрано такі об'єкти: ПАТ «Запоріжсталь», ПАТ «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», ПАТ «Український графіт», ПАТ «Запоріжвогнетрив», ПрАТ «Запоріжжкокс», ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат» та автотранспорт.

Статистика населення за 2019 рік у Вознесенівському районі складає 101, 5 тис. чоловік, в Заводському районі – 55,5 тис. чоловік. Заміри концентрацій формальдегіду проводив ДУ «Запорізький обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України.

Були досліджені наступні вулиці Заводського району: 1 – Фінальна, 2 – Фундаментальна, 3 – Морфлотська, 4 – Зразкова; Вознесенівського району: 1 – Рекордна, 2 – Незалежної України, 3 – бульв. Центральний, 4 – Волгоградська, 5 – Адмірала Нахімова, 6 – Седова, 7 – пр. Соборний, 8 – бульв. Шевченко, 9 – Сталеварів.

За результатами розрахунків на досліджуваних вулицях Вознесенівського району індивідуальний канцерогенний ризик (ICR) для здоров'я населення склав  $1,62 \cdot 10^{-4} \div 2,59 \cdot 10^{-4}$ . Це свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ ), який є неприйнятним для населення та характерний для більшості великих промислових міст при гострому впливі (рис.1) [4-7].

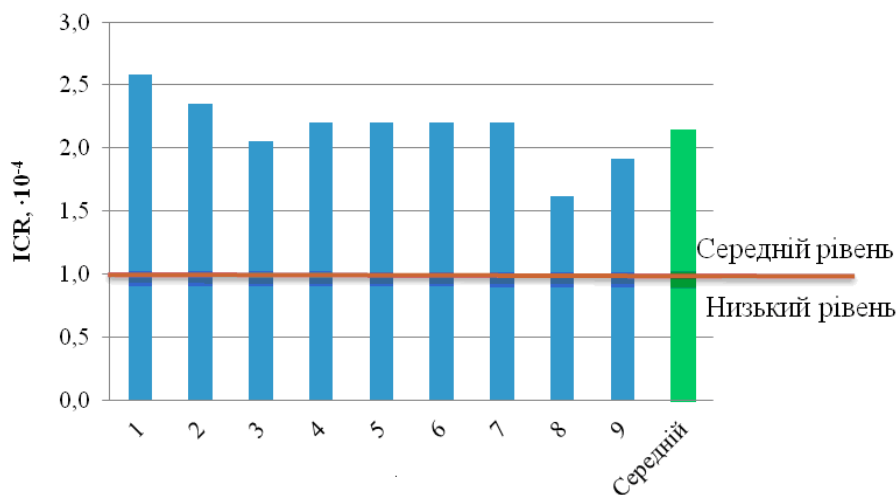


Рисунок 1 – Індивідуальний канцерогенний ризик від формальдегіду при гострій дії на досліджуваних вулицях Вознесенівського району

За результатами розрахунків на досліджуваних вулицях Заводського району індивідуальний канцерогенний ризик для здоров'я населення склав –  $1,9 \cdot 10^{-4} \div 2,5 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить також про середній рівень ризику при гострому впливі (рис.2).

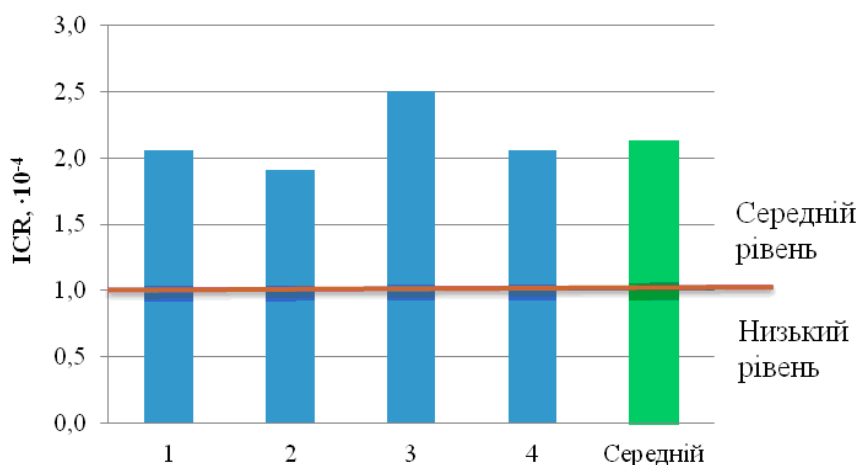


Рисунок 2 – Індивідуальний канцерогенний ризик від формальдегіду при гострій дії на досліджуваних вулицях Заводського району

Популяційний канцерогенний ризик (PCR) при гострому впливі склав в середньому у Вознесенівському районі – 21,82 на все населення, 2,15 - на 10 000 населення та в Заводському районі - 11,83 на все населення, 2,13 - на 10 000 населення додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під дію концентрації речовини.

При хронічному впливі на досліджуваних вулицях Вознесенівського району, крім бульвару Шевченка, індивідуальний канцерогенний ризик ( $ICR_{abc}$ ) для здоров'я населення склав –  $0,9 \cdot 10^{-4} \div 1,44 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику (рис. 3).

Індивідуальний канцерогенний ризик  $ICR_{abc}$  для здоров'я населення на бульварі Шевченка свідчить про низький рівень ризику ( $10^{-6} < ICR < 10^{-4}$  рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення).

На досліджуваних вулицях Заводського району індивідуальний канцерогенний ризик для здоров'я населення склав –  $1,06 \cdot 10^{-4} \div 1,144 \cdot 10^{-4}$  при хронічному впливі, що свідчить про середній рівень ризику (рис.4).

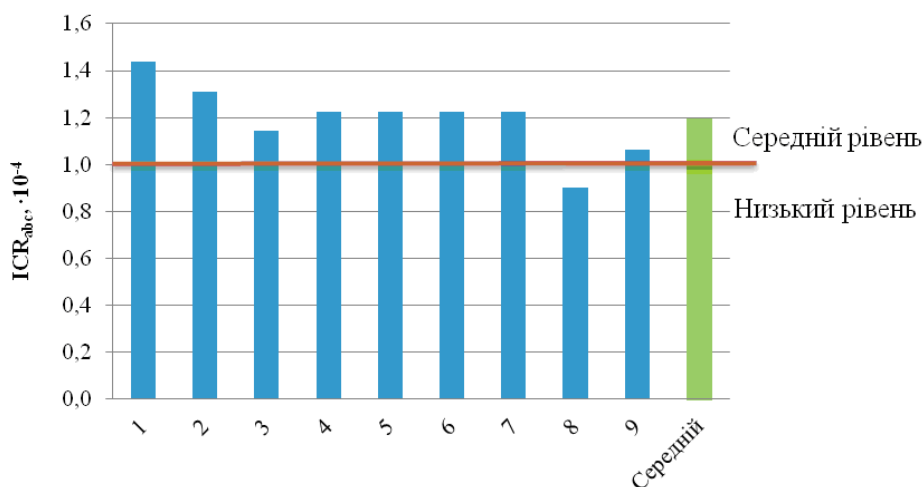


Рисунок 3 – Індивідуальний канцерогенний ризик від формальдегіду при хронічній дії на досліджуваних вулицях Вознесенівського району

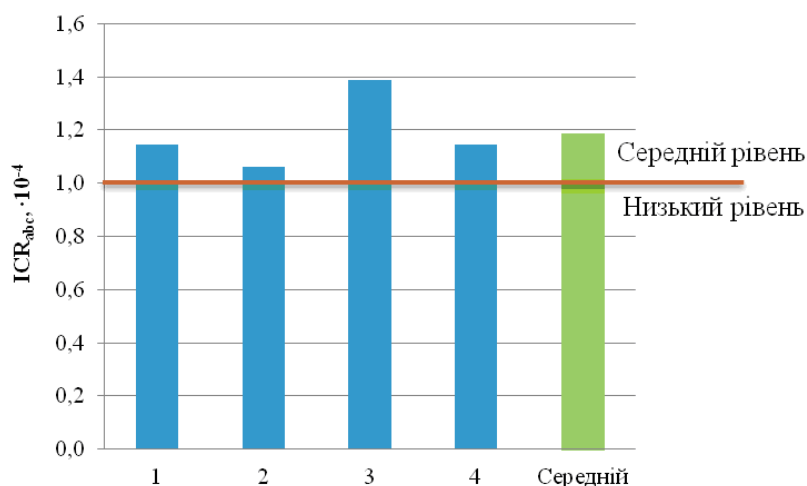


Рисунок 4 – Індивідуальний канцерогенний ризик від формальдегіду при хронічній дії на досліджуваних вулицях Заводського району

Популяційний канцерогенний ризик (PCR<sub>abc</sub>) при хронічному впливі складає в середньому у Вознесенівському районі – 12,13 на все населення, 1,2 – на 10 000 населення та в Заводському районі – 6,58 на все населення, 1,19 – на 10 000 населення додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під дію концентрації речовини.

Порівнюючи середні індивідуальні канцерогенні рівні ризику та популяційні канцерогенні рівні ризику для здоров'я населення по двом досліджуваним районам при гострому та хронічному впливах, можна зазначити, що у Вознесенівському районі рівень канцерогенного ризику більший ніж у Заводському (табл.4).

Таблиця 4 – Розраховані канцерогенні ризики

Райони	C, мг/м <sup>3</sup>	ICR гострий вплив	IRC <sub>abc</sub> хронічний вплив	PCR гострий вплив	PRC <sub>abc</sub> хронічний вплив	PCR (на 10 тис. чол)	PRC <sub>abc</sub> (на 10 тис. чол)
Вознесе- нівський	0,0146	2,150·10 <sup>-4</sup>	1,195·10 <sup>-4</sup>	21,822	12,131	2,150	1,195
Заводський	0,0145	2,132·10 <sup>-4</sup>	1,185·10 <sup>-4</sup>	11,832	6,578	2,132	1,185

Розрахований індивідуальний канцерогенний ризик при гострому та хронічному впливах потребує проведення та розробки планових оздоровчих заходів [4-6].

**Висновки.** За результатами розрахунків на досліджуваних вулицях Вознесенівського та Заводського районів індивідуальний канцерогенний ризик для здоров'я населення свідчить про середній рівень ризику при гострому та хронічному впливах. Популяційний канцерогенний ризик при гострому впливі складає в середньому у Вознесенівському районі – 21,82 на все населення, в Заводському районі – 11,83 додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під дію концентрації речовини. Популяційний канцерогенний ризик при гострому впливі складає в середньому у Вознесенівському районі – 2,15 на 10 000 чоловік та в Заводському районі – 2,13 додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя. Популяційний канцерогенний ризик при хронічному впливі складає в середньому у Вознесенівському районі – 12,13 на все населення та в Заводському районі – 6,58 додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під дію концентрації речовини. Популяційний канцерогенний ризик при хронічному впливі складає в середньому у Вознесенівському районі – 2,15 на 10 000 чоловік та в Заводському районі – 2,13 додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Белоконь К.В., Троїцька О.О., Куранова Я.О. Забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя як чинник канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я його мешканців. *Еко Форум – 2018*: зб. тез доп. II спец. між нар. Запорізького екологічного форуму, 30 трав.–1 черв. 2018 р. Запоріжжя : Запорізька торгово-промислова палата, 2018. С. 6-7.
2. Яценко Ю.В., Шевченко О.Г., Сніжко С.І. Класифікація міст України за рівнем забруднення атмосферного повітря. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2017. Вип. 3. С. 25-30.
3. Про затвердження методичних рекомендацій “Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря” : наказ М-ва охорони здоров'я України від 13 квіт. 2007 р. № 184 : веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07> (дата звернення: 12.09.2020).
4. Белоконь К.В., Манідіна Є.А., Куранова Я.О. Дослідження впливу викидів металургійних підприємств на забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя. *Металургія*. 2018. Вип. 1 (39). С. 136-140.
5. Белоконь К.В., Куранова Я.О. Аналіз та оцінка ризику для здоров'я населення міста Запоріжжя від забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств. *5-й Міжнародний конгрес «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування»*: зб. матеріалів, 26–29 вересня 2018 р. Львів : Львівська політехніка, 2018. С. 38.

6. Белоконь К.В. Дослідження впливу викидів промислових підприємств на забруднення атмосферного повітря в Заводському районі м. Запоріжжя. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*. 2018. № 2 (33). С. 91–96.
7. Белоконь К.В., Міхайлуца О.М., Зануда Т.О., Тарабан Є.В. Прогнозування розсіювання в атмосферному повітрі викидів промислових підприємств, що містять оксид вуглецю і вуглеводні. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*. 2019. № 2 (35). С. 104–109.

Надійшла до редколегії 28.09.2020.