

## ЕКОЛОГІЯ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 542.97

ІВАНЕНКО О. І.\*, ПАНОВ Є. М., ВАГІН А. В., ТЕРЕЩЕНКО О. М., ДОВГОЛАП С. Д.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

### ОЦІНКА РИЗИКІВ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ В ЗОНІ ВПЛИВУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ПІДПРИЄМСТВ ВУГЛЕГРАФІТОВОГО ВИРОБНИЦТВА

**Вступ.** Забруднення атмосферного повітря міста хімічними речовинами викликає негативні зміни в стані здоров'я людей, що в окремих випадках може спровокувати подальший розвиток патологічних станів та ускладнень хронічних захворювань. Метою роботи є оцінка ризиків для здоров'я населення, яке проживає в зоні впливу викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від діючого підприємства з виробництва вуглецевих електродів, та узагальнення досвіду застосування порядку оцінки ризиків і шкоди здоров'ю населення в системі нових механізмів моніторингу та управління якістю атмосферного повітря.

**Матеріали та методи.** Оцінка ризику впливу запланованої діяльності на здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря проводилася на основі розрахунків ризиків розвитку неканцерогенних і канцерогенних ефектів. Виконання оцінки ризику впливу на навколишнє середовище від стаціонарних джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря діючого підприємства ПрАТ «Укрграфіт» відбувалось у відповідності до існуючих на час розрахунку сировинних та енергетичних ресурсів, технологічних процесів виробництва, асортименту та об'єму продукції; якісного і кількісного складу викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря; потенційного впливу інших факторів впливу на навколишнє середовище і здоров'я населення; з урахуванням існуючої планувальної інфраструктури промислових та селищних територій з використанням звіту з інвентаризації джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел ПрАТ «Укрграфіт».

**Результати та обговорення.** Проведені розрахунки індексів небезпеки гострих та хронічних інгаляційних впливів, що обумовлені викидами від діючого підприємства ПрАТ «Укрграфіт», показали, що індекси небезпеки для окремих речовин  $HQ$  (неканцерогенні ризики) та при комбінованій дії  $HI$  при сумарному впливі монооксиду вуглецю, аміаку, фтору та його пароподібних та газоподібних сполук у перерахунку на фтористий водень, стиролу, фенолу, оксиду азоту (оксид та діоксид) у перерахунку на діоксид азоту, діоксид сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки, мангану та його сполук в перерахунку на діоксид мангану, сірководню, нафталіну, аценафтену, дибутилфталату, диметилсульфіду, заліза та його сполук у перерахунку на залізо, речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом, ртуті та сполук в перерахунку на ртуть, вуглеводнів граничних  $C_{12}$ - $C_{19}$  та масла мінерального нафтового в атмосферному повітрі можна вважати допустимими, існування виникнення ризику шкідливих ефектів вкрай малий. При аналізі рівнів забруднення атмосферного повітря хімічними канцерогенами, які викидаються в атмосферне повітря джерелами підприємства ПрАТ «Укрграфіт» після реконструкції, а саме: бензапірен, бензол, свинець та його сполуки в перерахунку на свинець, хром та його сполуки в перерахунку на триоксид хрому, було встановлено, що величини індивідуального канцерогенного ризику  $ICR$  протягом всього перебування людини на території найближчої житлової забудови дорівнює для бензапірену  $ICR = 5,69 \cdot 10^{-9}$ ; бензолу  $ICR = 4,91 \cdot 10^{-9}$ ; свинцю та його сполук в перерахунку на свинець  $ICR = 4,50 \cdot 10^{-12}$ ; хрому та його сполук в перерахунку на триоксид хрому  $ICR = 3,03 \cdot 10^{-8}$ . Подібні ризики не потребують додаткових заходів щодо їх зниження.

**Висновки.** Оцінка викидів ПрАТ «Укрграфіт» з урахуванням їх токсичності, яка використовується у методології оцінки ризику для здоров'я населення, дозволяє визначити екологічну ситуацію, надати достатньо обґрунтовану, об'єктивну оцінку шкідливості викидів в атмосферу, виробити раціональний, науково-обґрунтований підхід до пом'якшення впливу викидів на здоров'я населення щодо першочерговості та насальності виконання природоохоронних завдань, що стоять перед підприємством та місцевою владою міста.

**Ключові слова:** термообробка, екологічні ризики, оцінка ризику, канцерогенні ризики, вуглецеві електроди

DOI: 10.20535/2617-9741.2.2024.307358

\* Corresponding author: olenka.vasaynovich@gmail.com

Received 22 May 2024; Accepted 19 June 2024

**Постановка проблеми.** Забруднене атмосферне повітря великих міст у світі було і залишається важливим фактором ризику для здоров'я населення, що доведено численними дослідженнями [1,2]. Зростає розуміння того, що забруднення атмосфери впливає на медико-демографічні показники – смертність, захворюваність і тривалість життя населення [3,4], а у деяких випадках є причиною підвищеної соціальної напруженості та зниження привабливості міста як місця постійного проживання.

На початку XXI століття м. Запоріжжя (Україна) продовжує розвиватися як великий центр чорної та кольорової металургії, енергетики, хімічної та будівельної промисловості. Чисельність населення міста на 1 січня 2022 року складала понад 700 тис. чоловік. Особливістю міста Запоріжжя є те, що в ньому зосереджено приблизно 65 % продуктивних потужностей області й 43 % населення області. Забудова міста розташована на обох берегах річки Дніпро. Селітебні території витягнуті уздовж берегів і безпосередньо прилягають до промислових територій, отже значна частина житлової забудови (до 70 %) розташована в зонах впливу промислових підприємств.

Основними забруднювачами атмосферного повітря міста та області є підприємства металургійної, паливно-енергетичної та хімічної промисловості. Викиди забруднюючих речовин в атмосферу від цих підприємств становлять близько 92–94 % від загальних валових викидів по області. Забруднення атмосферного повітря міста хімічними речовинами викликає несприятливі зміни у стані здоров'я людей [5], які у певних випадках можуть спровокувати подальший розвиток патологічних станів і ускладнення хронічних захворювань [6,7].

Виявлення основних причин неінфекційної і нетравматичної захворюваності та смертності населення, що залежить від забруднення довкілля, оцінка економічної шкоди від вказаного негативного впливу дає можливість об'єктивно оцінити витрати на природоохоронні заходи по зниженню наслідків від забруднення навколишнього середовища [1,2].

Поліпшення якості повітря на селітебних територіях досягається комплексом регулюючих процесів: модернізацією промислових підприємств із переходом на найкращі досяжні технології; удосконаленням автотранспортних засобів та моторного палива; оптимізацією транспортних схем міст; застосуванням нових архітектурно-планувальних рішень тощо. У даний час прийнято, що при розробці заходів по охороні здоров'я населення від шкідливого впливу несприятливих факторів довкілля основним критерієм є величина ризику для здоров'я експонованого населення.

У зв'язку з гармонізацією з міжнародними стандартами технологія оцінки та управління ризиками у сфері охорони навколишнього середовища та поліпшення стану здоров'я населення впроваджується і в нашій країні згідно з методологією аналізу ризиками, яка затверджена Всесвітньою організацією охорони здоров'я у документі «Оцінка ризику для здоров'я від забруднення повітря. Загальні принципи» і використовується у низці країн. Інструмент, безумовно, забезпечує велику адресність дій і оптимізацію фінансових витрат на досягнення основних цілей управління [8].

**Аналіз попередніх досліджень.** Місто Запоріжжя є великим металургійним центром України і входить до складу Придніпровського регіону, на відносно невеликій площі якого (631,9 тис.м<sup>2</sup> або 5,3 % площі України) розташовано 40 % чорної та кольорової металургійної промисловості, 20,5 % хімічної та машинобудівельної промисловості, 41% енергетики. Тому для м. Запоріжжя, як і для багатьох інших промислових міст України, що мають значну кількість джерел забруднення атмосферного повітря, обґрунтування безпечних для здоров'я обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря є більш актуальним [9,10]. Забруднення атмосферного повітря суттєво впливає на здоров'я людей, адже дихання - це основа життєдіяльності будь-якого організму. Внаслідок постійних та повторюваних впливів на людину через повітря, вони здатні змінити якість життя та стан здоров'я населення навіть до підвищення рівня смертності, появи генетичних порушень, росту онкологічних захворювань.

Враховуючи той факт, що підприємства металургійної галузі є суттєвими постачальниками токсичних викидів монооксиду вуглецю, при виробництві графітових електродів у м. Запоріжжя у газоподібних відходах присутній монооксид вуглецю у кількості 47,056 % [11]. В Україні загалом сумарна кількість викидів монооксиду вуглецю складає 704344,218 т/рік або 31,42 % до кількості загальних викидів забруднюючих речовин і парникових газів окрім діоксиду вуглецю [12]. Отже, попередження забруднення довкілля токсичними газами безпосередньо у процесі промислового виробництва є безперечно актуальним та необхідним шляхом покращення якості життя людей.

**Метою** дослідження є оцінка ризиків для здоров'я населення, що мешкає в зоні впливу викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від діючого підприємства «Укрграфіт», м. Запоріжжя після

реконструкції, узагальненні досвіду застосування процедури оцінки ризиків та шкоди здоров'ю населення у системі нових механізмів моніторингу і управління якістю повітря.

**Методика роботи.** Виконання оцінки ризику впливу на навколишнє середовище від стаціонарних джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря діючого підприємства ПрАТ «Укрграфіт» відбувалось у відповідності до існуючих на час розрахунку сировинних та енергетичних ресурсів, удосконалених модернізацією технологічних процесів виробництва, асортименту та об'єму продукції; якісного і кількісного складу викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря; потенційного впливу інших факторів впливу на навколишнє середовище і здоров'я населення; з урахуванням існуючої планувальної інфраструктури промислових та селищних територій [13] з використанням звіту з інвентаризації джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел ПрАТ «Укрграфіт» [14]. Підставою для визначення оцінки ризику впливу планованої діяльності на навколишнє середовище є методичні рекомендації «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» [5], вимоги до складу і змісту розділу оцінки впливів на навколишнє середовище у складі проектної документації на нове будівництво, реконструкцію та капітальний ремонт будівель і споруд будь-якого призначення та їх комплексів [15], порядок визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі [16].

Матеріалами не враховується вплив промислових викидів інших підприємств. Результати встановлення рівня усереднених концентрацій пріоритетних забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери згенеровані програмою розсіювання забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери «ЕОЛ 2000» у форматі DBF.

Оцінка ризику впливу планованої діяльності на здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря проводилася за розрахунками ризику розвитку неканцерогенних і канцерогенних ефектів [5,6].

Характеристика ризику розвитку неканцерогенних ефектів при комбінованій і комплексній дії хімічних сполук проводиться на основі розрахунку індексу небезпеки (НІ). Індекс небезпеки для умов одночасного надходження кількох речовин одним і тим же шляхом (наприклад інгаляційним або пероральним) розраховується за такою формулою:

$$HI = \sum HQ_i, \quad (1)$$

де  $HQ_i$  - коефіцієнти небезпеки для окремих речовин, які визначаються згідно:

$$HQ_i = C_i / RfC_i, \quad (2)$$

де  $C_i$  – розрахункова середньорічна концентрація  $i$ -ої речовини,  $mg/m^3$ ;  $RfC_i$  – референтна (безпечна) концентрація  $i$ -ої речовини,  $mg/m^3$  (у разі відсутності референтних доз/концентрацій (за переліком) як еквівалент можна використовувати гранично допустимі концентрації (ГДК);  $HQ_i = 1$  – гранична величина прийнятого ризику.

Розрахунок індексів небезпеки проводяться з урахуванням критичних органів та систем, які зазнають негативного впливу досліджуваних речовин. Як свідчать результати наукових досліджень, за впливу компонентів суміші на одні і ті ж органи або системи організму найбільш імовірним типом їх комбінованого впливу є сумація [5,6].

При  $HQ$  рівному або меншому 1, ризик шкідливості ефектів розглядався як досить малий. Зі збільшенням  $HQ$  ймовірність розвитку шкідливих ефектів має зростати, проте, точно вказати значення цієї ймовірності неможливо (табл. 1).

**Таблиця 1 – Критерії неканцерогенного ризику**

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки
Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як неважливо малий	< 1
Гранична величина, що не потребує термінових заходів, однак не може розглядатися як досить прийнятна	1
Імовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню $HQ$	> 1

Ризик розвитку індивідуальних канцерогенних ефектів (ICR) від речовин, яким властива канцерогенна дія, розраховується згідно:

$$ICR = C_i \cdot UR_i, \quad (3)$$

де  $C_i$  - розрахункова середньорічна концентрація  $i$ -ої речовини,  $mg/m^3$ ;  $UR_i$  - одиничний канцерогенний ризик  $i$ -ої речовини,  $mg/m^3$ .

Одиничний ризик розраховують із використанням величини SF ( $mg/kg \cdot \text{доба}$ ), стандартної величини маси тіла людини 70 кг та добового споживання повітря  $20 m^3$  [5, 6]:

$$UR = SF_i / (70 \cdot 20). \quad (4)$$

Коефіцієнти небезпеки розраховувалися окремо по кожній речовині в кожній розрахунковій точці та диференціювалися для різних умов (гостра та хронічна дія). Коефіцієнт небезпеки є кратністю референтної концентрації для гострого або хронічного впливу від максимальної або середньорічної розрахункової концентрації токсичної речовини в приземному шарі повітря. Індекс небезпеки є сумою цих коефіцієнтів небезпеки від окремих забруднюючих речовин.

У зв'язку з тим, що на досліджуваних територіях аналізувалося багатокомпонентне хімічне забруднення об'єктів навколишнього середовища, оцінювали сумарні ризики, обумовлені одночасною дією кількох хімічних сполук.

Характеристика канцерогенного ризику здійснювалася за такими етапами: узагальнення і аналіз всієї наявної інформації про шкідливі чинники, особливості їх дії на організм людини, рівні експозиції; розрахунок канцерогенного ризику для кожної речовини, що надходила до організму людини; розрахунок канцерогенного ризику для кожного канцерогенного компоненту досліджуваної суміші хімічних речовин, а також сумарного канцерогенного ризику для всієї суміші; розрахунок сумарних канцерогенних ризиків для кожного з проаналізованих шляхів надходження, а також загального сумарного канцерогенного ризику для всіх речовин і всіх шляхів їх надходження в організм; узагальнення і представлення результатів характеристики ризику.

Розрахунок канцерогенного ризику проводився лише для того діапазону доз хімічної речовини, який відповідає лінійній ділянці залежності «доза-відповідь». Характеристики залежності «доза-відповідь», які найбільш часто використовують для оцінки канцерогенного ризику, достатньо вивчені в епідеміологічних дослідженнях. До їх числа відносяться фактор канцерогенного потенціалу (ICS), який відображає ймовірність розвитку шкідливої реакції при збільшенні дози (концентрації) на 1  $mg/kg$  або 1  $mg/m^3$  на рівень впливу, пов'язаний з визначеною ймовірністю ефекту (показники цієї групи застосовуються для встановлення реперних, тобто опорних доз та концентрацій) [5, 6].

Канцерогенний ризик за комбінованої дії декількох хімічних сполук розглядають як адитивний та за комбінованої дії декількох канцерогенних речовин, забруднюючих атмосферу ( $CR_a$ ), визначають згідно:

$$CR_a = \sum ICR_i, \quad (5)$$

де  $ICR_i$  – канцерогенний ризик  $i$ -ої речовини.

Розрахунок індексів небезпеки проводився з урахуванням критичних органів та систем, які зазнають негативного впливу досліджуваних речовин. Індивідуальний канцерогенний ризик характеризує межу канцерогенного ризику протягом періоду, що відповідає середній тривалості життя людини (протягом 70 років) (табл. 2).

**Таблиця 2 – Класифікація рівнів канцерогенного ризику**

Рівень ризику	Ризик протягом життя $CR_a$
Неприйнятний для професійних контингентів і населення	Більший за $10^{-3}$
Прийнятний для професійних контингентів і не прийнятний для населення	$10^{-3} - 10^{-4}$
Умовно прийнятний	$10^{-4} - 10^{-6}$
Прийнятний	Менший за $10^{-6}$

Розрахунок кліматологічних, метеорологічних коефіцієнтів і показників розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері проводилися з урахуванням максимальних і середньорічних концентрацій з допомогою уніфікованої програми розрахунку забруднення атмосфери «ЕОЛ 2000», яка дозволяє розрахувати приземні концентрації забруднюючих речовин в атмосфері відповідно до [16], приведені в таблиці 3.

**Таблиця 3 – Метеорологічні характеристики і коефіцієнти, що визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері міста Запоріжжя**

Найменування характеристики	Величина
Коефіцієнт А, що залежить від температурної стратифікації атмосфери	200
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця року, °С	-4,2
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року, °С	+33,2
Середньорічна роза вітрів, %	
Півн.	17,2
Півн.-Східн.	14,0
Східн.	11,7
Півден.-Схід.	12,5
Півден.	12,0
Півден.-Західн.	10,4
Західн.	11,2
Півн.-Захід.	11,0
Швидкість вітру (w), повторюваність перевищення якої становить 5 %, м/с	10–11

Для розрахунку та оцінки неканцерогенних ризиків за коефіцієнтами небезпеки (НҚ), індивідуальних канцерогенних ризиків для здоров'я експонованого населення, що зазнає впливу від забруднення атмосферного повітря викидами стаціонарних джерел діючого підприємства ПрАТ «Укрграфіт», відповідно до наданих матеріалів було включено до дослідження стаціонарні джерела викидів ПрАТ «Укрграфіт».

Враховуючи критерії відбору забруднюючих речовин, що викидають в атмосферне повітря стаціонарні джерела діючого підприємства ПАТ «Укрграфіт», а саме: аналіз обсягів (г/с) надходження забруднюючих речовин в атмосферне повітря; оцінка токсичності забруднюючих хімічних речовин, здатних впливати на здоров'я населення; аналіз даних відносно параметрів небезпеки та залежностей «доза-відповідь» (референтні концентрації; фактори канцерогенного потенціалу; чинні вітчизняні нормативи (гранично-допустимі концентрації максимально разові та середньодобові); оцінки направленості впливу на органи та системи людського організму; чисельність населення, яке зазнає впливу від викидів підприємства, було сформовано перелік забруднюючих речовин, необхідних для проведення досліджень з оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення повітря викидами стаціонарних джерел ПАТ «Укрграфіт».

**Виклад основного матеріалу.** ПрАТ «Укрграфіт» – українське підприємство в галузі обробки графіту та виробництва електроустаткування з нього, на сьогодні виробляє електроди для електрометалургійних підприємств, графітовані аноди для магнієвої промисловості, а також графітовані блоки для алюмінієвої та металургійної промисловості. На території виробничого майданчика розташовані модернізовані цехи випалу та цехи графітації [17, 18].

Основним завданням при ідентифікації небезпеки було виявлення специфічних хімічних речовин, які можуть негативно впливати на здоров'я місцевого населення. Враховуючи критерії відбору забруднюючих речовин, що викидають в атмосферне повітря стаціонарні джерела діючого підприємства ПрАТ «Укрграфіт», було сформовано перелік з 25 забруднюючих речовин, необхідних для проведення подальших досліджень з оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення повітря викидами стаціонарних джерел (табл. 4).

**Таблиця 4 – Загальний перелік викидів забруднюючих речовин по підприємству після реконструкції**

№ п/п	Найменування речовин	Код	ГДК м.р., ОБРД, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Потужність викиду забруднюючих речовин,	
					г/с	т/рік
1	Залізо та його сполуки у перерахунку на залізо	123	0,04 (с.д.)	3	0,03062	0,18563
2	Манган та його сполуки в перерахунку на діоксид мангану	143	0,01	2	0,002900	0,013970
3	Ртуть та її сполуки в перерахунку на ртуть	183	0,0003 (с.д.)	1	0,000004	0,00008
4	Свинець та його сполуки в перерахунку на свинець	184	0,001	1	0,000002	0,000013
5	Хром та його сполуки в перерахунку на триоксид хрому	203	0,002	1	0,000003	0,000003
6	Оксиди азоту (оксид та діоксид) у перерахунку на діоксид азоту	301	0,2	3	7,646110	124,31626
7	Аміак	303	0,2	4	4,00E-07	4,00E-06
8	Діоксид сірки (діоксид та триоксид) в перерахунку на діоксид сірки	330	0,5	3	16,7639	302,50543
9	Сірководень	333	0,0082	2	0,140820	4,867920
10	Моноксид вуглецю	337	5,0	4	19,91226	1206,1003
11	Фтор та його пароподібні та газоподібні сполуки у перерахунку на фтористий водень	342	0,02	2	0,000600	0,002230
12	Метан	410	50 ОБРД	–	0,058500	0,979230
13	Бензол	602	1,5	2	0,146932	4,53886
14	Стирол	620	0,04	2	0,199898	3,269660
15	Бензапірен	703	0,1 мкг на 100 м <sup>3</sup> (с.д.)	1	0,001383	0,010293
16	Нафталін	708	0,003	4	0,235334	9,238560
17	Аценафтен	714	0,07	–	2,802001	53,57626
18	Фенол	1071	0,01	2	0,274862	5,045590
19	Дибутилфталат	1215	0,1	–	0,170112	4,84293
20	Диметилсульфід	1707	0,08	4	0,633460	19,20096
21	Масло мінеральне нафтове	2735	0,05 ОБРД	–	0,00001	0,00018
22	Вуглеводні граничні C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub>	2754	1,0	4	0,00524	0,05394
23	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом	2902	0,5	3	8,44289	111,11265
24	Азоту (I) оксид [N <sub>2</sub> O]		ГДК відсутнє	–	0,02871	0,38667
25	Діоксид вуглецю	11811	ГДК відсутнє	–	5107,231	98942,758
	Всього:				5164,727	100793,00
	Без врахування парникових газів				57,46784	1849,8609

Згідно [19] основне виробництво відноситься до хімічних підприємств (підприємства по переробці кам'яного вугілля) з санітарно-захисною зоною 1000 м. Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері для метану та вуглеводнів граничних C<sub>12</sub>-C<sub>19</sub> не проводився, так як сума максимальних приземних концентрацій в долях ГДК менше 0,1. Виходячи із загального обсягу валових викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря 99,36 % доводиться на оксиди вуглецю; 0,12 % – на оксиди азоту; 0,30 % – на оксиди сірки; 0,11 % – на речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом. На вищевказані забруднюючі речовини доводиться 99,89 % від загального об'єму викидів в атмосферу, що видно з даних табл. 5. Питома вага викидів інших поліюгантів в сумі складала 0,11 %.

У списку речовин, які викидаються в атмосферу згідно табл. 5, наявні: 4 речовин 1 класу небезпеки; 6 речовин 2 класу небезпеки; 4 речовини 3 класу небезпеки; 5 речовин 4 класу небезпеки; 6 речовин з невстановленим класом небезпеки.

**Таблиця 5 – Викиди забруднюючих речовин за класами небезпеки**

Кількість речовин, забруднюючих атмосферу	Клас небезпеки	Викиди	
		т/рік	%
4	1	0,010389	1,03·10 <sup>-5</sup>
6	2	17,73823	0,018
4	3	583,11997	0,578
5	4	1234,5938	1,224
6	ОБУВ	99002,54388	98,180
Всього: 25		100838,006269	100

Згідно табл. 5, найбільша питома вага викидів в повітря від загального обсягу припадає на речовини з невстановленим, помірним класом загрози та нешкідливі речовини; на речовини з 1 класом загрози – 0,0000001 %, з 2 класом – 0,018 %.

Для оцінки неканцерогенних ефектів на етапі ідентифікації загрози проводився аналіз наявності даних о референтних концентраціях при гострих і хронічних впливах хімічних речовин на організм людини. Були визначені органи, системи і ефекти, які відповідають встановленим референтним концентраціям шкідливих речовин. Інформація о параметрах загрози розвитку неканцерогенних ефектів для речовин для викидів стаціонарними джерелами підприємства «Укрграфіт» узагальнені в табл. 6, де обумовлена направленість впливу на ОЗ (органи зору), ІС (імунна система), КС (кісткова система), НС (нервова система), ОД (органи дихання), РС (репродуктивна система), ПО (паренхіматозні органи), ССС (серцево-судинна система), ЦНС (центральна нервова система), КЕ (канцерогенні ефекти), ВВР (вроджені вади розвитку), П (печінка), Н (нирки), НП (носова порожнина), К (кров), ДП (демографічні показники) – підвищення рівня смертності.

На основі розрахованих рівнів експозиції були встановлені характеристики ризику від забруднення атмосферного повітря, обумовленого викидами діючого підприємства ПрАТ «Укрграфіт», які включали розрахунки індексів небезпеки для окремих речовин HQ (неканцерогенні ризики) та при комбінованій дії HI (табл. 7) і розрахунки канцерогенних індивідуальних ризиків ICR та за комбінованою дією CR<sub>a</sub> (табл. 8). Оцінка неканцерогенних ризиків проводилася на основі розрахунку індексів небезпеки HQ, які є співвідношенням між величинами експозиції і безпечним (референтним) рівнем дії.

Оцінка довгострокових впливів на рівні усередненої річної концентрації на здоров'я людини досліджуваних речовин, що дозволяють оцінити хронічний інгаляційний вплив виникнення негативних ефектів у здоров'я експонованого населення протягом життя для оцінки та характеристики мультистадійного ризику, показали, що індекси небезпеки HQ не перевищують норму.

**Таблиця 6 – Перелік пріоритетних хімічних речовин,  
 що викидають стаціонарні джерела ПрАТ «Укрграфіт»**

№	CAS	Код	Назва речовини	RfC, мг/м <sup>3</sup>	SF <sub>i</sub> , (мг/кг- доба) <sup>-1</sup>	ГДКм.р., мг/м <sup>3</sup>	ГДКс.д., мг/м <sup>3</sup>	Вплив на органи та системи
1	TSP	2902	Речовини у вигляді суспендованих твердих часток	0,1	–	0,5	0,15	ОД
2	10102-44-0	301	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,04	–	0,2	–	ОД
3	630-08-0	337	Монооксид вуглецю	5,0	–	5,0	3,0	ЦНС, ССС
4	7446-09-5	330	Діоксид сірки (діоксид та триоксид) в перерахунку на діоксид сірки	0,08	–	0,5	0,05	ОД
5	7439-96-5	143	Манган та його сполуки в перерахунку на діоксид мангану	0,00005	–	0,01	–	ЦНС
6	7439-92-1	184	Свинець та його сполуки в перерахунку на свинець	0,00015	0,042	0,001	–	ЦНС, ССС, К, ВВР
7	18540-29-9	203	Хром та його сполуки в перерахунку на триоксид хрому	0,0001	42	0,002	–	ОД
8	50-32-8	703	Бензапірен	–	3,1	–	0,00001	–
9	7439-97-6	183	Ртуть та її сполуки в перерахунку на ртуть	0,003	–	–	0,0003	ЦНС
10	7664-41-7	303	Аміак	0,1	–	0,2	–	ОД
11	7664-39-3	342	Фтор та його пароподібні та газоподібні сполуки у перерахунку на фтористий водень	0,03	–	0,02	–	КС, ОД
12	71-43-2	602	Бензол	0,06	0,027	1,5	–	ВВР, К, ЦНС
13	100-42-5	620	Стирол	1,0	–	0,04	–	ЦНС
14	108-95-2	1071	Фенол	0,006	–	0,01	–	ССС, Н, ЦНС, П
15		333	Сірководень	–	–	0,008	–	–
16		410	Метан	–	–	50 ОБРД	–	–
17		708	Нафталін	–	–	0,003	–	–
18		714	Аценафтен	–	–	0,07	–	–
19		1215	Дибутилфталат	–	–	0,1	–	–
20		1707	Диметилсульфід	–	–	0,08	–	–
21		2735	Масло мінеральне нафтове	–	–	0,05 ОБРД	–	–
22		2754	Вуглеводні граничні C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub>	–	–	1,0	–	–
23		123	Залізо та його сполуки у перерахунку на залізо	–	–	–	0,04	–



Таблиця 7 – Ризики розвитку неканцерогенних ефектів

Межа житлової забудови	Референтна (безпечна) концентрація (RfCi), мг/м <sup>3</sup>	Усереднена річна концентрація (Ci), мг/м <sup>3</sup>	Критичні органи/системи	Коефіцієнт небезпеки (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику	
Зважені речовини						
TSP	0,1	0,05859362	ОД	0,5859362	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Ртуть та її сполуки в перерахунку на ртуть						
7439-97-6	0,003	3,712E-10	ЦНС	1,24E-7	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Аміак						
7664-41-7	0,1	0,00000003	ОД	3,00E-7	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Фтор та його пароподібні та газоподібні сполуки у перерахунку на фтористий водень						
7664-39-3	0,03	0,00001477	КС, ОД	0,00049233	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Стирол						
100-42-5	1,0	0,00017315	ЦНС	0,00017315	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Фенол						
108-95-2	0,006	0,00046636	ССС, П, Н, ЦНС	0,07772667	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту						
10102-44-0	0,04	0,00330166	ОД	0,0825415	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Монооксид вуглецю						
630-08-0	3,0	0,01295109	ЦНС, ССС, К	0,00431703	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Сірки діоксид (діоксид та триоксид) в перерахунку на діоксид сірки						
7446-09-5	0,08	0,07545244	ОД	0,9431555	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Манган та його сполуки в перерахунку на діоксид мангану						
7439-96-5	0,00005	0,00003778	ЦНС	0,7556	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Сірководень						
–	0,008	0,00120000	–	0,15	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Нафталін						
–	0,003	0,00171000	–	0,57	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Аценафтен						
–	0,07	0,01330000	–	0,19	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Дибутилфталат						
–	0,1	0,00100000	–	0,01	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Диметилсульфід						
–	0,08	0,00320000	–	0,04	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Залізо та його сполуки у перерахунку на залізо						
–	0,04	0,00000100	–	0,000025	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий

Таблиця 8 – Ризики розвитку канцерогенних ефектів

Межа житлової забудови	Канцерогенний ризик SF, мг/(кг·доба)	Одиночний канцерогенний ризик UR, мг/м <sup>3</sup>	Усереднена річна концентрація Сі, мг/м <sup>3</sup>	Критичні органи/системи	Ризик розвитку індивідуальних ефектів ICR	Рівень ризику
Бензапірен						
50-32-8	3,1	0,002214	0,00000257	–	5,69E-9	прийнятний
Бензол						
71-43-2	0,027	1,93E-5	0,00025415	ВВР, К, ЦНС	4,91E-9	прийнятний
Свинець та його сполуки в перерахунку на свинець						
7439-92-1	0,042	3,0E-5	0,00000015	ЦНС, ВВР, К	4,50E-12	прийнятний
Хром та його сполуки в перерахунку на триоксид хрому						
18540-29-9	42	0,03	0,00000101	ОД	3,03E-8	прийнятний

Проведені розрахунки індексів небезпеки гострих та хронічних інгаляційних впливів, що обумовлені викидами від діючого підприємства ПрАТ «Укрграфіт» після реконструкції показали, що індекси небезпеки HQ при впливі речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом, ртуті та сполук в перерахунку на ртуть, аміаку, фтору та його пароподібних та газоподібних сполук у перерахунку на фтористий водень, стиролу, фенолу, оксидів азоту (оксид та діоксид) у перерахунку на діоксид азоту, монооксиду вуглецю, діоксиду сірки (діоксид та триоксид) у перерахунку на діоксид сірки, мангану та його сполук в перерахунку на діоксид мангану, сірководню, нафталіну, аценафтену, дибутилфталату, диметилсульфіду, заліза та його сполук у перерахунку на залізо, вуглеводнів граничних C<sub>12</sub>-C<sub>19</sub> та масла мінерального нафтового в атмосферному повітрі можна вважати допустимим, існування виникнення ризику шкідливих ефектів вкрай малий.

При аналізі рівнів забруднення атмосферного повітря хімічними канцерогенами, які викидаються в атмосферне повітря джерелами підприємства ПрАТ «Укрграфіт» після реконструкції, а саме: бензапірен, бензол, свинець та його сполуки в перерахунку на свинець, хром та його сполуки в перерахунку на триоксид хрому, було встановлено, що величини індивідуального канцерогенного ризику ICR протягом всього перебування людини на території найближчої житлової забудови дорівнює для:

- бензапірен ICR = 5,69·10<sup>-9</sup>;
- бензол ICR = 4,91·10<sup>-9</sup>;
- свинець та його сполуки в перерахунку на свинець ICR = 4,50·10<sup>-12</sup>;
- хром та його сполуки в перерахунку на триоксид хрому ICR = 3,03·10<sup>-8</sup>.

Подібні ризики не потребують додаткових заходів щодо їх зниження.

#### Висновки

При оцінці ризику для здоров'я населення м. Запоріжжя від викидів ПрАТ «Укрграфіт» виявлено пріоритетні забруднюючі речовини: вуглецю оксиди, азоту оксиди, сірки оксиди, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом. Визначені індекси небезпеки для окремих речовин HQ (неканцерогенні ризики) та при комбінованій дії HI, розраховані канцерогенні індивідуальні ризики (ICR) та за комбінованою дією (CR<sub>a</sub>).

Оцінка довгострокових впливів (на рівні усередненої річної концентрації) на здоров'я людини досліджуваних речовин, що дозволяють оцінити хронічний інгаляційний вплив виникнення негативних ефектів у здоров'ї експонованого населення протягом життя для оцінки та характеристики мультистадійного ризику показали, що індекси небезпеки (HQ) – не перевищують норми.

Аналізуючи вищевикладене, необхідно зазначити, що оцінка викидів ПрАТ «Укрграфіт», з урахуванням їх токсичності, яка використовується у методології оцінки ризику для здоров'я населення, дозволяє визначити екологічну ситуацію, надати достатньо обґрунтовану, об'єктивну оцінку шкідливості викидів в атмосферу, виробити раціональний, науковообґрунтований підхід до пом'якшення впливу викидів на здоров'я населення щодо першочерговості та нагальності виконання природоохоронних завдань, що стоять перед підприємством та місцевою владою міста.

**Перспективи подальших досліджень.** В подальшому планується впровадити міжнародну практику розрахунку потенційного ризику здоров'ю, пов'язаного з хімічним забрудненням атмосферного повітря від стаціонарних джерел викидів забруднюючих речовин діючого підприємства ПрАТ «Укрграфіт».

#### **Список використаної літератури**

1. Караєва Н. В. Методологія економічної оцінки соціальних втрат внаслідок екодеструктивної діяльності підприємств енергетики / Н. В. Караєва, Л. О. Левченко // Управління розвитком складних систем. – 2014. – Вип. 20. – С. 162-169. <https://urss.knuba.edu.ua/zbirnyk-20>
2. Ivanenko O. Implementation of risk assessment for critical infrastructure protection with the use of risk matrix / ScienceRise. – 2020. – № 2. – P. 26 – 38. <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2020.001340>
3. Зінченко Н.А. Деякі особливості формування канцерогенного ризику за умов забруднення повітряного середовища / Н.А. Зінченко, І.О. Черниченко, О.М. Литвиченко, О.В. Швагер // Довкілля та здоров'я. – 2013. – Т. 4(67). – С. 23-27. <http://www.dovkil-zdorov.kiev.ua/>
4. Про затвердження Гігієнічного нормативу “Перелік речовин, продуктів, виробничих процесів, побутових та природних факторів, канцерогенних для людини”. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 1054 від 20.06.2022. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/en/z0910-22?lang=en#Text>
5. Про затвердження Методичних рекомендацій “Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря”. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 89 від 17.01.2022. <https://moz.gov.ua/article/ministry-mandates/nakaz-moz-ukraini-vid-17012022-89-pro-zatverdzhennja-metodichnih-rekomendacij-ocinka-riziku-dlja--zdorovja-naseleння-vid-zabrudnennja-atmosfernogo-povitrya>
6. Белоконь К. В. Аналіз та оцінка екологічних ризиків: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 7.070802 «Прикладна екологія та збалансоване природокористування» / К. В. Белоконь; Запоріж. держ. інж. акад. – Запоріжжя: ЗДІА, 2013. – 176 с. <https://moodle.znu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=547699>
7. Методи і засоби оцінки ризику здоров'ю населення від забруднення атмосферного повітря: навч. посіб. для студ. спеціальності 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології», спеціалізації «Інформаційні технології моніторингу довкілля» / Н. В. Караєва, І. В. Варава ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,38 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 56 с.
8. Health risk assessment of air pollution – general principles. (2016) Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. – 30 p. ISBN 978 92 890 513 16 <https://iris.who.int/handle/10665/329677>
9. Федорченко Р. А. Гігієнічна оцінка та профілактика впливу атмосферних забруднень на населення у мегаполісі металургійної галузі : дисертація на здобуття ступеня канд. мед. наук: 14.02.01 – гігієна та професійна патологія. – Харків, 2016. – 189 с. [http://dspace.zsmu.edu.ua/bitstream/123456789/5226/1/16fragop\\_diser.pdf](http://dspace.zsmu.edu.ua/bitstream/123456789/5226/1/16fragop_diser.pdf)
10. Гавранкова Ш., Міскун О., Харчилава Т., Гавел М., Скальські М., Незгиба Я., Сорока М. Брудне небо над головою: законодавство у сфері охорони атмосферного повітря в Україні та ЄС. Порівняльний аналіз законодавства, політики та практики. Київ (Україна)/ Прага (Чеська республіка), 2020. ISBN 978–80–87651–57–5 <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2020/12/dirty-skies-above-ua.pdf>
11. Екологічний паспорт Запорізької області за 2020 рік. Офіційний портал Запорізької обласної державної адміністрації, 2020. – 173 с. <https://www.zoda.gov.ua/article/2557/ekologichniy-pasport-zaporizkoji-oblasti-za-2020-rik.html>

12. Викиди забруднюючих речовин і парникових газів у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у 2021 році. [https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/vzap/arch\\_vzap\\_u.htm](https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/vzap/arch_vzap_u.htm)
13. Турос О. І. Аналіз ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами м. Запоріжжя / О.І. Турос // Медичні перспективи. – 2008. – Т. XIII, №1. – С. 93 - 97. <https://medpers.dmu.edu.ua/issues/2008/N1/1.pdf>
14. Про внесення змін до Інструкції про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 202 від 19.05.2022. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0605-22#Text>
15. ДБН А.2.2-1:2021 Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС). [https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2022/08/DBN-A\\_2\\_2-1-2021.pdf](https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2022/08/DBN-A_2_2-1-2021.pdf)
16. Про затвердження Порядку визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 286 від 30.07.2001. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0700-01#Text>
17. Ivanenko O. The development of carbon monoxide oxidation reactor for multi-chamber furnaces for baking electrode blanks / O. Ivanenko, A. Trypolskyi, O. Khokhotva, I. Mikulionok, A. Karvatskii, V. Radovenchyk, S. Plashykhin, T. Overchenko, S. Dovholap, P. Strizhak // EUREKA: Physics and Engineering. – 2023. – № 1. – P. 3-13. doi.10.21303/2461-4262.2023.002747
18. Ivanenko O., Trypolskyi, A., Dovholap, S., Strizhak, P. (2024) Catalytic systems on a ceramic fiber carrier with deposited metals in the process of carbon monoxide oxidation / O. Ivanenko, A. Trypolskyi, S. Dovholap, O. Didenko, S. Ivaniuta, Y. Nosachova, O. Nazarenko, P. Strizhak // Indian Journal of Engineering. – № 21. – ije1678. <https://doi.org/10.54905/disssi.v21i55.e3ije1678>
19. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів. Наказ Міністерства охорони здоров'я України №173 від 19.06.96.

---

***Olena Ivanenko, Evgen Panov, Andrii Vahin, Oksana Tereshchenko, Serhii Dovholap***

#### **RISKS ASSESSMENT TO THE HEALTH OF THE POPULATION IN THE AREA OF EMISSIONS POLLUTANTS INFLUENCE OF CARBON GRAPHITE PRODUCTION ENTERPRISES**

*Risk assessment of the impact of the enterprise's activities on the environment includes risk assessment of the impact of the activity on the health of the population. Risk as the probability of undesirable events is an integral component of any person's life. Risk characterization integrates data on the danger of the analyzed chemical substances, the amount of exposure, parameters of "dose-response" dependence, with the aim of quantitative and qualitative assessment of risk, identification and assessment of the comparative significance of existing problems for the health of the population.*

*In scientific terms, hazard identification is the process of establishing a causal relationship between the action of a chemical substance and the development of adverse effects on human health. The main goal of the hazard identification stage is the selection of priority, indicator chemical substances, the study of which allows to reliably characterize the sources of occurrence and the level of risk of public health impairment.*

*Assessment of dose-response relationships is a process of quantitative characterization of toxicological information and establishment of a relationship between the likely influencing dose (concentration) of a pollutant and the incidence of adverse events in the exposed population. Characteristics of "dose-response" dependence, which are most often used to assess carcinogenic risk, have been sufficiently studied in epidemiological studies. Among them is the factor of carcinogenic potential (ICS), which reflects the probability of the development of a harmful reaction when the dose (concentration) increases by 1 mg/kg or 1 mg/m<sup>3</sup> per exposure level, associated with a certain probability of effect (the indicators of this group are used for establishment of reference, i.e., reference doses and concentrations). The individual carcinogenic risk characterizes the upper limit of possible carcinogenic risk during the period corresponding to the average life expectancy of a person (70 years). Today, in the world, the classification and assessment of the acceptable risk to the health of the population caused by the chemical influence of chemical*

substances that pollute the environment is quite wide. the system of acceptance criteria recommended by WHO is used.

In accordance with these criteria, the first range of risk (individual lifetime risk equal to or less than  $1 \cdot 10^{-6}$ , which also corresponds to an additional case of serious illness or death per 1 million exposed persons) characterizes such levels of risk as are perceived by all strata population as quite small, which do not differ from ordinary everyday risks (*De minimis* level). Such risks do not require additional measures to reduce them and their levels are subject to periodic control. The second range (greater than  $1 \cdot 10^{-6}$  and less than  $1 \cdot 10^{-4}$ ) corresponds to the zone of conditionally accepted (acceptable) risk. It is at this level that most of the foreign and recommended by international organizations hygienic standards for the population as a whole are established. Levels of suitable risk belong to constant control. The third range (greater than  $1 \cdot 10^{-4}$  and less than  $1 \cdot 10^{-3}$ ) is suitable for professionals and unsuitable for the general population. The emergence of such a level of risk requires the development and implementation of planned health measures. The fourth range (equal to or greater than  $1 \cdot 10^{-3}$ ) is unsuitable neither for the population nor for professionals. This range is designated as *De manifestis Risk*, and when it is reached, it is necessary to carry out emergency health measures to reduce the risk on the part of the city authorities.

During the assessment of the risk to the health of the population of Zaporizhzhia from the emissions of PJSC "Ukrgrafit", priority pollutants were identified: carbon oxides, nitrogen oxides, sulfur oxides, substances in the form of suspended solid particles of undifferentiated composition. Hazard indices were determined for individual HQ substances (non-carcinogenic risks) and in the case of combined exposure to HI, individual carcinogenic risks (ICR) and combined exposure ( $CR_a$ ) were calculated. Assessment of long-term effects (at the level of average annual concentration) on human health of the investigated substances. allowing to assess the chronic inhalation effect of the occurrence of negative effects in the health of the exposed population during the lifetime for the assessment and characterization of multistage risk showed that the hazard indices (HQ) do not exceed the norms.

**Key words:** heat treatment, environmental risks, risk assessment, carcinogenic risks, carbon electrodes

#### References

1. Karayeva, N. V. and Levchenko, O. L. (2014), "Metodolohiya ekonomichnoyi otsinky sotsialnykh vtrat vnaslidok ekodestruktyvnoyi diyalnosti pidpryyemstv enerhetyky" [Methodology of economic assessment of social losses due to eco-destructive activities of energy enterprises]. *Management of Development of Complex Systems*, no 20, pp. 162-169. <https://urss.knuba.edu.ua/zbirnyk-20>
2. Ivanenko, O. (2020), "Implementation of risk assessment for critical infrastructure protection with the use of risk matrix". *ScienceRise*, no 2, pp. 26-38. <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2020.001340>
3. Zinchenko, N.A., Litvichenko, O.N., Chernichenko, I.A. and Shvager, O.V. (2013), "Some peculiarities of the formation of carcinogenic risk under conditions of the ambient air of habitable premises". *Environment & health*, no 4(67), pp. 23-27. <http://www.dovkil-zdorov.kiev.ua/>
4. "Pro zatverdzhennya Hihiyenichnoho normatyvu "Perelik rehovyn, produktiv, vyrobnychkykh protsesiv, pobutovykh ta pryrodnykh faktoriv, kantserohennykh dlya lyudyny". On the approval of the Hygienic standard "List of substances, products, production processes, household and natural factors that are carcinogenic to humans". Order of the Ministry of Health of Ukraine No 1054 of June 20, 2022. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/en/z0910-22?lang=en#Text>
5. "Pro zatverdzhennya Metodychnykh rekomendatsiy "Otsinka ryzyku dlya zdorovya naseleennya vid zabrudnennya atmosferneho povitrya". On the approval of the Methodological recommendations "Risk assessment for public health from atmospheric air pollution". Order of the Ministry of Health of Ukraine No 89 of January 17, 2022. <https://moz.gov.ua/article/ministry-mandates/nakaz-moz-ukraini-vid-17012022-89-pro-zatverdzhennja-metodychnih--rekomendacij-ocinka-riziku-dlja--zdorovja-naseleennja-vid-zabrudnennja-atmosfernego-povitrya>
6. Belokon, K. V. (2013), "Analiz ta otsinka ekolohichnykh ryzykiv" [Analysis and assessment of ecological risks]. Zaporizhzhia: ZDIA. 176 p. <https://moodle.znu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=547699>

7. Karaeva, N. V. and Varava, I. V. (2018), “Methods and means of assessing the public health risk from atmospheric air pollution”. Kyiv: Igor Sikorskyi KPI. 56 p.
8. “Health risk assessment of air pollution – general principles.” (2016), Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 30 p. ISBN 978 92 890 51316 <https://iris.who.int/handle/10665/329677>
9. Fedorchenko, R. A. (2016), “Hygienic assessment and prevention of the effects of atmospheric pollution on the population in the city of metallurgical industry: dissertation on the degree of candidate of medical sciences in specialty 14.02.01 - hygiene and occupational pathology”. - Kharkiv National Medical University, Kharkiv. 189 p. [http://dspace.zsmu.edu.ua/bitstream/123456789/5226/1/16fragop\\_diser.pdf](http://dspace.zsmu.edu.ua/bitstream/123456789/5226/1/16fragop_diser.pdf)
10. Havrankova, Sh., Miskun, O., Kharchilava, T., Havel, M., Skalsky, M., Nezgyba, Ya. and Soroka M. (2020), “Dirty sky overhead: legislation in the field of atmospheric air protection in Ukraine and EU. Comparative analysis of legislation, policy and practice.” [Brudne nebo nad holovoyu: zakonodavstvo u sferi okhorony atmosfernogo povitrya v Ukrayini ta YES. Porivnyal'nyy analiz zakonodavstva, polityky ta praktyky.] Kyiv (Ukraine)/ Prague (Czech Republic). ISBN 978–80–87651–57–5 <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2020/12/dirty-skies-above-ua.pdf>
11. “Ecological passport of the Zaporizhia region for 2020”. (2020), Official portal of the Zaporizhia regional state administration, 173. <https://www.zoda.gov.ua/article/2557/ekologichniy-pasport-zaporizkoji-oblasti-za-2020-rik.html>
12. “Air emissions and greenhouse gases emissions from stational pollution”. (2021) [https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/vzap/arch\\_vzap\\_u.htm](https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/vzap/arch_vzap_u.htm)
13. Turos, O. I. (2008), “Analysis of risk for population's health caused by pollution of atmospheric air by industrial enterprises of Zaporizhzhya”. *Medicni perspektivi*, vol. XIII, №1, pp. 93-97. <https://medpers.dmu.edu.ua/issues/2008/N1/1.pdf>
14. “On making changes to the Instruction on the content and procedure of drawing up a report on the inventory of emissions of polluting substances at the enterprise.” [Pro vnesennya zmin do Instruktsiyi pro zmist ta porjadok skladannya zvitu provedennya inventaryzatsiyi vykydiv zabrudnyuyuchykh rehovyn na pidpryyemstvi.] Order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine No 202 of 19.05.2022. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0605-22#Text>
15. ДБН А.2.2-1:2021. [https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2022/08/DBN-A\\_2\\_2-1-2021.pdf](https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2022/08/DBN-A_2_2-1-2021.pdf)
16. “On the approval of the Procedure for determining the values of background concentrations of pollutants in atmospheric air.” [Pro zatverdzhennya Poryadku vyznachennya velychyn fonovykh kontsentratsiy zabrudnyuvalnykh rehovyn v atmosfernomu povitri.] Order of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine No 286 of July 30, 2001. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0700-01#Text>
17. Ivanenko, O., Trypolskyi, A., Khokhotva, O., Mikulionok, I., Karvatskii, A., Radovenchyk, V., Plashykhin, S., Overchenko, T., Dovholap, S., and Strizhak, P. (2023), “The development of carbon monoxide oxidation reactor for multi-chamber furnaces for baking electrode blanks”. *EUREKA: Physics and Engineering*, no 1, pp. 3-13. doi.10.21303/2461-4262.2023.002747
18. Ivanenko, O., Trypolskyi, A., Dovholap, S., Didenko, O., Ivaniuta, S., Nosachova, Y., Nazarenko, O., and Strizhak, P. (2024), “Catalytic systems on a ceramic fiber carrier with deposited metals in the process of carbon monoxide oxidation”. *Indian Journal of Engineering*, no 21, ije1678. <https://doi.org/10.54905/disssi.v21i55.e3ije1678>
19. “On the approval of the State sanitary rules for the planning and development of settlements.” [Pro zatverdzhennya Derzhavnykh sanitarnykh pravyl planuvannya ta zabudovy naselenykh punktiv.] Order of the Ministry of Health of Ukraine No 173 of June 19, 1996. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text>