

ударственного регулирования в обращении с ними. Фторированные парниковые газы нашли широкое применение как заменители очень известных других озоноразрушающих веществ и имеют высокий потенциал глобального потепления планеты Земля. Для адаптации законодательства в области изменений климата относительно сохранения озонового слоя в первую очередь необходимо согласовать действия ответственных центральных органов исполнительной власти и провести идентификацию опасности для здоровья населения, которая вызывается действием контролируемых веществ, как опасного фактора риска для формирования общественного здоровья.

TO THE QUESTION OF CLEANING OF OZONE-BASED SUBSTANCES

O.I. Tuross, I.M. Kovtunenka, K.O. Kharchenko

Emissions of fluorinated greenhouse gases are substantially related to the problems of global climate changes, therefore the government regulation are required for their regulation. The harmonization of functioning of the central government structures and risk identification for people health, which is occurred by the effect of controlled substances as a hazardous factor of risk for the forming of the public health, should be considered in first order for the adaptation of the legislation in the sphere of climate changes regarding the preservation of ozone layer.

УДК 614.715:504.3.054

ОЦІНКА ІНТЕГРАЛЬНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВИКИДАМИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ МІСТА НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

Горова А.І., Бучавий Ю.В., Колесник В.Є.

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро

Актуальність. Забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств є однією із серйозних екологічних проблем багатьох промислово розвинених міст світу, де приземні концентрації забруднюючих речовин зазвичай перевищують гранично допустимі рівні. Технологічні процеси на промислових підприємствах супроводжуються значними викидами багатьох хімічних елементів і накопиченням в навколишньому середовищі сполук не притаманним природі. До того ж, оскільки в містах спостерігається одночасний вплив багатьох забруднюючих речовин, що викидаються різними підприємствами, їхня спільна дія може посилюватися. Причому, чим більший рівень урбанізації, тим більша кількість населення потрапляє в зону підвищеного екологічного ризику за фактором забруднення атмосферного повітря.

Сьогодні для більшості регіонів України є характерним високий рівень урбанізації, тобто переважна більшість населення проживає в великих мегаполісах та містах з інтенсивно розвитою промисловістю. За даними спостережень в 2013 р. у пріоритетний список міст із найбільшим рівнем забруднення атмосферного повітря увійшли 25 міст країни – це Слов'янськ, Дніпродзержинськ, Донецьк, Одеса, Дніпропетровськ, Красноперекіпськ, Армянськ, Лисичанськ, Кривий Ріг, Рубіжне, Запорожжя, Дзержинськ, Ужгород, Миколаїв, Краматорськ, Горлівка, Маріуполь, Київ, Рівне, Єнакієве, Луганськ, Луцьк, Северодонецьк, Макіївка, Херсон. Основними джерелами забруднення повітря в цих населених пунктах є організовані стаціонарні джерела, а пріоритетними забруднювачами атмосфери у більшості випадків залишаються окисли азоту, двоокис сірки, окис вуглецю, феноли, формальдегід та пил.

Високий рівень забруднення повітря в цих містах зв'язаний, в основному, зі значними середньорічними концентраціями перелічених вище пріоритетних забруднювачів. Таким чином, забруднення повітряного басейну промисловими підприємствами стає реальним чинником негативного впливу на здоров'я людини [1].

Постановка проблеми. З метою кількісної оцінки забруднень повітря у великих містах створюються системи спостережень, тобто організований моніторинг навколишнього середовища, який є дуже витратним для міського бюджету. Не менш складною і важливою задачею є не тільки визначення пріоритетних факторів забруднення атмосферного повітря окремими про-

мисловими об'єктами, а, зокрема, прогнозування впливу їх дії на здоров'я населення. Для вирішення цієї задачі ступінь забруднення атмосферного повітря визначають за допомогою стандартизованих методик, а також певних математичних моделей розсіювання в приземній атмосфері речовин, що викидаються в атмосферу з різних джерел. Так, згідно з діючим стандартизованим керівним документом (РД 52.04.186-89) для визначення небезпеки підприємства використовують обсяги викидів його забруднювачів за статистичною формою звітності 2-ТП «Повітря», з урахуванням характеристик їх небезпеки. Коефіцієнт небезпеки кожної речовини визначається за формулою (1):

$$KH_i = \left(\frac{M_i}{ГДК_i} \right)^{A_i}, \quad (1)$$

де M_i – маса певної речовини, а $ГДК_i$ її граничнодопустима приземна концентрація;

A_i – ступінь небезпеки певної речовини, що дорівнює значенням 1,7; 1,3; 1; 0,9 відповідно до речовин I, II, III, IV класу небезпеки.

Таким чином, коефіцієнт небезпеки підприємства визначається за формулою (2):

$$КНП = \sum_{i=1}^n KH_i. \quad (2)$$

Далі за наступною таблицею визначається клас небезпеки підприємства та відпо-

відний розмір нормативної санітарно-захисної зони (СЗЗ).

Таблиця 1. Визначення класів небезпеки підприємства.

Коефіцієнт небезпеки підприємства	Клас небезпеки підприємства	Розмір номінальної СЗЗ, м
$КНП > 10^6$	1	1000
$10^4 < КНП \leq 10^6$	2	500
$10^3 < КНП \leq 10^4$	3	300
$КНП < 10^3$	4	100

Інший критерій за яким визначають небезпечний вплив підприємства базується на розрахунку забруднення атмосферного повітря від його викидів та визначення приземних концентрацій забруднювачів. Згідно з цим критерієм приземні концентрації забруднювачів не повинні перевищувати граничнодопустимі на території житлової забудови. При цьому приземні концентрації забруднювачів визначаються за стандартизо-

ваною методикою ОНД-86 й лише за несприятливих метеорологічних умов, тобто визначаються максимальні значення приземних концентрацій. В результаті, з використанням указаних підходів визначаються класи небезпеки підприємств та розраховуються значення ГДВ, тобто рівень граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин для кожного джерела.

Визначені таким шляхом класи небезпеки підприємств та відповідні значення ГДВ певною мірою характеризують екологічну небезпеку промислових джерел викидів. Проте, вони не дозволяють оцінити небезпеку впливу таких джерел на здоров'я населення, як людської популяції, особливо залежно від кількості людей, що мешкають на прилеглих до підприємств територіях. Очевидно, що, чим більше людей мешкає на певних територіях з певним забрудненням повітря, тим більше людей ризикує здоров'ям, тим більше небезпека, для популяції.

Постановка задачі та методики дослідження. Таким чином, виникає необхідність в застосуванні додаткових показників,

за якими можна опосередковано визначати небезпеку промислового підприємства за критерієм впливу на здоров'я всього населення, яке знаходиться в зоні впливу підприємства.

Частково вирішити цю задачу можна шляхом розрахунку осереднених (а не максимальних) приземних концентрацій, що утворюються внаслідок викидів джерел забруднення атмосфери з подальшим визначенням ризику для здоров'я населення від цих концентрацій, відповідно до «методичних рекомендацій з оцінки ризику від забруднення атмосферного повітря» [2], де розрахунок коефіцієнта небезпеки здійснюють за формулою (3):

$$HQ_i = C_i / RfC, \quad (3)$$

де HQ_i – коефіцієнт небезпеки впливу i -тої речовини;

C_i – рівень впливу i -тої речовини, мг/м³;

RfC – референтний, тобто безпечний рівень впливу, зокрема граничнодопустима концентрація, мг/м³.

Далі, згідно з указаною методикою, характеристику ризику розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу хі-

мічних речовин проводять на основі розрахунку індексу небезпеки за формулою (4):

$$HI = \sum HQ_i, \quad (4)$$

де HQ_i – коефіцієнти небезпеки для окремих компонентів суміші хімічних речовин, що впливають на здоров'я населення.

Зазначена методологія не надає рекомендацій або роз'яснень щодо визначення індексів небезпеки або неканцерогенних ризиків на популяційному рівні. Проте зрозуміло, що значення індексів небезпеки можуть сильно варіюватися на території міста як і щільність населення на окремих його територіях, в житлових забудовах тощо.

Вважається, що імовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ , тому за критеріями нормування якості атмосферного повітря на територіях житлової забудови індекси і коефіцієнти небезпеки повинні бути менше одиниці. Слід

також зауважити, що навіть коли розрахункові значення для окремого джерела забруднення не перевищують граничних величин, їх також доцільно урахувувати, як показники певного вкладу промислового джерела у загальне забруднення атмосфери та у відповідні ризики для населення.

Таким чином, показник загальної небезпеки від викидів окремого джерела забруднення, або групи джерел (окремого підприємства чи усіх підприємств) для населення яке потрапляє в зону впливу забруднення повітря (Integral Rate), можна визначити за формулою (5):

$$IR_p = \sum_{i=1}^n HI_i \cdot N_i \quad (5)$$

де HI_i – індекс небезпеки в дослідженій області (ділянці, зоні);

N_i – чисельність населення на дослідженій області;

n – кількість обраних областей на дослідженій території (території міста).

Слід зауважити, що кількість досліджуваних областей зазвичай залежатиме від розмірів площадок на які розбивається карта території міста.

Для територій, де населення підвергається дії небезпечних приземних концентра-

цій від дослідженого джерела забруднення доцільно застосовувати показник підвищеної небезпеки (*Danger Rate*), який розраховується за формулою (6):

$$DR_p = \sum_{i=1}^n HI_i \cdot N_i, \quad (6)$$

де HI_i – індекс небезпеки, який не відповідає нормам, тобто перевищує референтні рівні;

N_i – кількість населення на дослідженій ділянці з підвищеним індексом небезпеки;

n – кількість ділянок на дослідженій території, де індекс небезпеки не відповідає нормам.

Кількість населення, що мешкає на території міста з підвищеним індексом небезпеки від викидів дослідженого джерела за-

бруднення повітря може бути визначена за наступною формулою (7):

$$P = \sum_{i=1}^n N_i. \quad (7)$$

Отже запропоновані показники загальної та підвищеної небезпеки є безрозмірними величинами, що є залежними від значень приземних концентрацій та кількості людей, які зазнають негативного впливу від забруднення атмосферного повітря.

Вихідні данні. Для прикладу практичної реалізації запропонованого підходу проведемо моделювання процесів забруднення атмосферного повітря від умовних джерел, з

подальшим визначенням інтегральних показників небезпеки для населення.

Уявімо місто круглої форми діаметром 20 км та рівномірно розподіленим населенням в 1 млн. осіб, на здоров'я яких негативно впливають викиди від 2 точкових джерел забруднення атмосферного повітря, розташованих у центрі міста. Характеристики джерел та вхідні данні для моделювання наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Вхідні данні для визначення приземних концентрацій, утворених двома джерелами забруднення атмосфери, та показників небезпеки для населення.

Параметр	Джерело 1	Джерело 2
Висота джерела, м	100	15
Діаметр гирла, м	4	1
Швидкість виходу ГПС, м/с	6	2
Інтенсивність викиду CO, г/с	50	10
Інтенсивність викиду SO ₂ , г/с	500	100
Інтенсивність викиду NO ₂ , г/с	300	60
Перегрів ГПС відносно довкілля, С°	80	24
Референтна концентрація CO, мг/м ³	3	
Референтна концентрація SO ₂ , мг/м ³	0,05	
Референтна концентрація NO ₂ , мг/м ³	0,06	
Референтна концентрація NO, мг/м ³	0,04	
Коефіцієнт трансформації азоту (з NO ₂ до NO)	0,6	
Коефіцієнт рельєфу навколо джерела	1	
Середня температура довкілля, С°	8	
Площа міста, м ²	1224603200	
Кількість населення, чол.	1000000	

Параметр	Джерело 1	Джерело 2
Щільність населення, чол./м ²	0,00082	
Довжина та ширина мінімальної розрахункової області, м	20×20	
Площа розрахункової області, м ²	400	
Середня кількість населення, що припадає на розрахункову область, чол.	0,327	
Кількість розрахункових областей на всій площі міста	3061508	

Згідно наведеним в табл. 2 характеристикам, джерело 1 є високим з гарячим викидом, що характерно для потужних ТЕС або підприємств металургійної промисловості. Джерело 2 є середньої висоти з холодним викидом інтенсивністю у 5 раз менше, ніж у джерела 1.

Розрахунок осереднених приземних концентрацій забруднювачів виконувався відповідно до методики [3] та згідно з підходами, наведеним в роботах [4,5]. Розподіл напрямів вітру прийнято рівномірним, а роз-

поділ швидкостей вітру і характеристик стратифікації атмосфери – відповідно їх середньорічним значенням м. Дніпро [6,4].

Результати та обговорення. Картографування території та підрахунок показників небезпеки проведено у середовищі *ESRI ArcGIS Desktop 9* із використанням інструментів інтерполяції та зональної статистики [7]. Результати моделювання й розподіл індексів небезпеки за приземними концентраціями наведені на рис. 1-2 та в табл. 3.

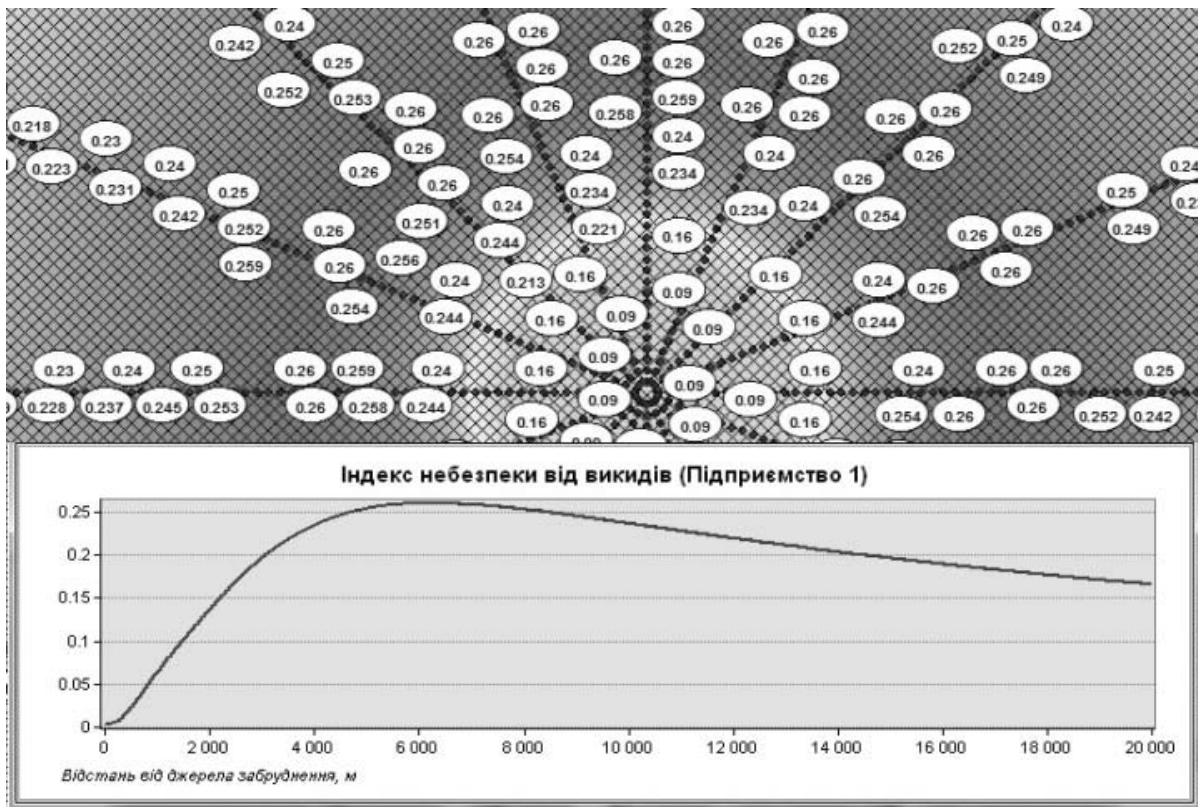


Рисунок 1. Розподіл індексів небезпеки за приземними концентраціями від викидів джерела 1.

Як бачимо з рис. 1, в центрі міста біля джерела 1 спостерігаються вкрай низькі значення індексів небезпеки, розрахованими за осередненими приземними концентраціями

забруднювачів. Оскільки джерело 1 характеризується значною висотою і температурою, це сприяє суттєвому підйому газоповітряної суміші й переносу її на велику відстань на-

вколо джерела, за межі міста. Найбільші значення індексів небезпеки спостерігаються на відстані від 4000-8000 м від даного джерела і поступово знижується по мірі віддалення від нього.

Найбільші значення приземних концентрацій від джерела 2 спостерігаються по-

близу 400-550 м. І хоча обсяги викидів від джерела 2 в 5 раз менші за джерело 1, інтегральний показник загальної небезпеки від нього є меншим лише у 2,5 рази (табл. 3), оскільки переважна їх більшість розподіляється на території міста.

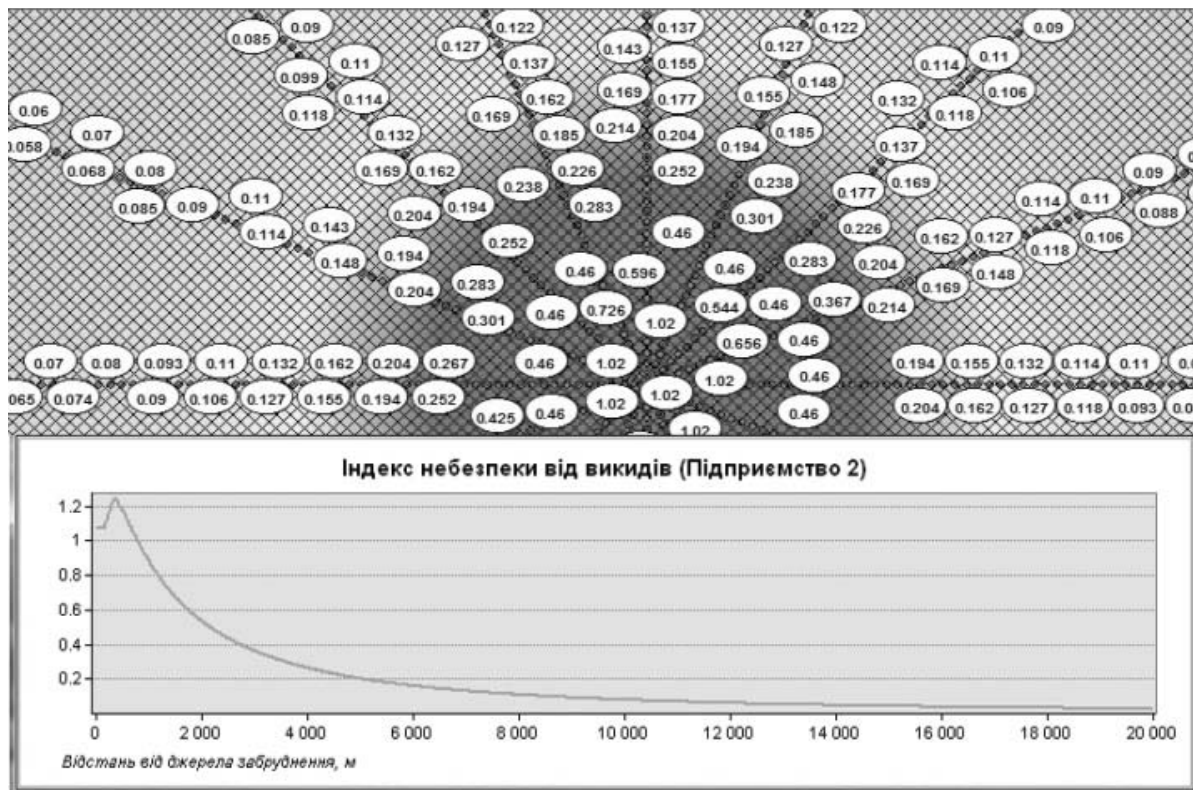


Рисунок 2. Розподіл індексів небезпеки за приземними концентраціями від викидів джерела 2.

Таблиця 3. Результати розрахунку показників небезпеки для здоров'я населення від джерел забруднення атмосфери.

Параметр	Джерело 1	Джерело 2	Разом
Коефіцієнти небезпеки від викидів CO	$0 \div 0,000275$	$0,00003 \div 0,0013$	$0,0002 \div 0,001$
Коефіцієнти небезпеки від викидів SO_2	$0,000135 \div 0,165$	$0,018 \div 0,793$	$0,123 \div 0,8$
Коефіцієнти небезпеки від викидів NO_2	$0,000018 \div 0,021$	$0,0023 \div 0,103$	$0,02 \div 0,104$
Коефіцієнти небезпеки від викидів NO	$0,000061 \div 0,074$	$0,008 \div 0,357$	$0,05 \div 0,36$
Індекси небезпеки від усіх викидів, HI	$0,0002 \div 0,26$	$0,028 \div 1,254$	$0,194 \div 1,26$
Середньо-зважені значення індексу небезпеки міста	0,2	0,08	0,29
Сумарні значення індексів небезпеки міста	627463,171	246370,5646	873833,732
Інтегральний показник загальної небезпеки	204952,321	80473,598	285743,63
Інтегральний показник підвищеної небезпеки	0	12628,207	16482,19
Частка населення, яка мешкає на території з підвищеним індексом небезпеки, %	0	1,7	1,9

Висновки

Запропоновані інтегральні показники загальної та підвищеної небезпеки доцільно застосовувати як додаткові, за якими можна оцінити вплив джерела або підприємства на довкілля та здоров'я населення, що мешкає на прилеглих територіях, залежно від його чисельності. На основі запропонованих показників доцільно також проводити порівняння та ранжування підприємств або нормування їх окремих джерел забруднення атмосферного повітря за критерієм впливу на здоров'я всього населення, яке знаходиться в зоні впливу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2013 році / Міністерство екології та природних ресурсів України, Київ, 2014. 146 с.
2. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря: [Методичні рекомендації] / МОЗ України (Затверджено за наказом МОЗ України від 13.04.2007 р. №184). Офіційне видання 2007 р. (Нормативний документ МОЗ України). 28 с.
3. Методические указания по расчёту осреднённых за длительный период концентраций выбрасываемых в атмосферу вредных веществ (Дополнение к ОНД-86) / Санкт-Петербург. ГГО им. А.И. Воейкова, 2005. 38 с.
4. Горова А.І., Бучавий Ю.В. Визначення ризиків здоров'я населення Дніпропетровська від забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами. // Гігієна населених місць. 2013. Вип. 61. С. 74-80.
5. Горова А.І., Бучавий Ю.В. Аналіз ризиків для здоров'я населення від викидів промислових підприємств Дніпродзержинська з використанням ГІС // Гігієна населених місць, №65. К., Національна академія медичних наук України, Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва, 2015. С. 32-38.
6. Погода в 243 странах мира. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://rp5.ru>
7. ArcGIS for Desktop. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.esri.com/products/arcgis-for-desktop/detail/key-features>

***Аннотация.** Проведён анализ существующих подходов к определению влияния выбросов промышленных предприятий на окружающую среду и здоровье населения. Обоснована целесообразность применения интегральных показателей опасности для оценки влияния источников загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения, проживающего на прилегающих территориях, в зависимости от численности населения. Проведено моделирование процессов массопереноса загрязнителей атмосферы, выбрасываемых двумя условными источниками с последующим определением интегральных показателей их опасности для здоровья населения заданной численности. Даются рекомендации по дальнейшему использованию предложенных интегральных показателей в природоохранной отрасли и мониторинга здоровья населения.*

***Abstract.** The analysis of existing approaches of industrial emissions impact definition on the environment and human health are given. The expediency of integral risk indicators for assessing the impact from air pollution sources on the people health that living in the surrounding areas, was found according population amount. The simulation of air pollutants emitted mass transfer by two nominal sources with subsequent determination of integral indicators of health hazards given population were estimated. The recommendations for the further using of the proposed integral indicators in the environmental industry and the public health monitoring are suggested.*