

**УДК 502.5+614.7:049.3****О.В. РИБАЛОВА**, канд. техн. наук, доцент,**А.В. ДЯДЧЕНКО**, курсант

Національний університет цивільного захисту України (НУЦЗУ), м. Харків

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ НЕБЕЗПЕКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ З УРАХУВАННЯМ СТАНУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ В УКРАЇНІ

Запропоновано нову методику визначення рівня небезпеки забруднення атмосферного повітря для здоров'я населення за наявних тенденцій антропогенного навантаження та можливості виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Надано оцінку ризику здоров'ю населення регіонів України з високим рівнем екологічної та хімічної небезпеки з урахуванням поточного стану атмосферного повітря. Розроблено нову класифікацію рівнів небезпеки забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами.

Ключові слова: антропогенне навантаження, надзвичайні ситуації, рівень екологічної та хімічної небезпеки, ризик для здоров'я населення, класифікація рівнів небезпеки.

Аналіз динаміки і стану природної та техногенної безпеки в Україні показав, що в цілому кількість надзвичайних ситуацій (НС) за останнє десятиліття має тенденцію до зниження. Утім треба відзначити, що тільки в 2014 р. внаслідок надзвичайних ситуацій загинуло 287 і постраждало 680 осіб, а матеріальні збитки становили 198 853 тис. грн [1]. Як екологічні проблеми, так і ризик виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру здебільше залежать від ступеня зношеності і застарілості технологічного обладнання промислових підприємств, особливо на екологічно та хімічно небезпечних об'єктах.

Розроблена методика визначення рівня небезпеки забруднення атмосферного повітря дає змогу визначити регіони України, що перебувають у найгіршому стані за показниками забруднення атмосферного повітря, виникнення надзвичайних ситуацій, антропогенного тиску, ймовірності збільшення захворюваності населення, з метою спрямування фінансових ресурсів на впровадження природоохоронних заходів та попередження виникнення надзвичайних ситуацій. Ця інформація надає змогу приймати науково обґрунтовані управлінські рішення в галузі захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

Проблемі визначення рівня техногенно-екологічної небезпеки регіонів України присвячено чимало наукових праць [2–8], при цьому деякі з них мають дискусійний характер. Наприклад, в роботі [7] індекс екологічної безпеки регіону запропоновано визначати шляхом обчислення індикаторів управління енергоощадженням, фінансовою базою збереження навколишнього природ-

ного середовища (НПС), екологічним захистом, антропогенним навантаженням на територію та участю громадських організацій в охороні довкілля, що, на нашу думку, є невірним методичним підходом, бо ці показники не відображають сучасний стан НПС та ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру. З перелічених індикаторів тільки «індикатор антропогенного навантаження на територію» має відношення до стану НПС, але для його визначення потрібно розраховувати показники поводження з відходами, земельними та водними ресурсами, а також показник стану атмосферного повітря. При цьому уявлення про стан компонентів НПС і антропогенний тиск на довкілля не розмежовано, а стан атмосферного повітря розглянуто без урахування поверхневих вод і ґрунтів. Аналогічний (на нашу думку, помилковий) методичний підхід до визначення рівня екологічної небезпеки наведено в роботі [8]. До того ж практичне застосування деяких методик оцінки екологічного стану компонентів НПС довело, що не всі показники, які входять до їх складу, включено до офіційних даних моніторингових досліджень. У роботах [4, 5] наведено методику комплексної оцінки екологічного стану поверхневих вод, атмосферного повітря, ґрунтів і земельних ресурсів регіону та методику визначення екологічного ризику порушення стійкості природних екосистем у разі збереження наявних тенденцій антропогенного навантаження для їх подальшого використання в практиці управління природоохоронною діяльністю. Утім у цих методиках не враховано важливий чинник погіршення стану НПС, здоров'я населення та навіть загибелі людей – джерела виникнення надзвичайних ситуацій.

Отже, актуальною є розробка нових підходів до оцінки ступеня екологічної небезпеки в Україні на державному, регіональному і місцевому рівнях з метою прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень, які враховують пріоритетність упровадження природоохоронних та попереджувальних заходів щодо цивільного захисту населення.

Необхідність визначення екологічного ризику як макроекологічного показника по областях України обумовлена державною екологічною політикою за регіональним принципом.

Екологічний ризик (P_i^c) як ймовірність порушення стійкості екосистем залежить від стану компонентів екосистеми (K_i^c) та впливу сучасного або потенційного антропогенного навантаження (H_i^c) і може бути виражений функцією [4, 5]:

$$P_i^c = f(K_i^c, H_i^c), \tag{1}$$

де K_i^c – сучасний стан і-го компонента НПС;
 H_i^c – рівень наявного антропогенного тиску на і-й компонент.

У роботах [4, 5] запропоновано визначати екологічний ризик погіршення стану атмосферного повітря за формулою

$$P_A = f(A_b \langle b = \overline{1, N_A} \rangle, H_{Ak} \langle k = \overline{1, N_{HA}} \rangle), \tag{2}$$

де A_b – комплексна оцінка сучасного стану атмосферного повітря за N_A -ю кількістю b -х показників;
 H_{Ak} – інтегральна оцінка сучасного рівня антропогенного навантаження від впливу негативних чинників на атмосферне повітря за N_{HA} -ю кількістю k -х показників.

Слід відзначити, що на стан атмосферного повітря великий вплив мають надзвичайні ситуації, пов'язані з аваріями на хімічних об'єктах, унаслідок яких відбуваються залпові викиди в НПС небезпечних хімічних речовин. Тому для більш точної оцінки екологічного ризику погіршення стану атмосферного повітря потрібно враховувати показник хімічної небезпеки (X_{An}):

$$P_A = f(A_b \langle b = \overline{1, N_A} \rangle, H_{Ak} \langle k = \overline{1, N_{HA}} \rangle, X_{An} \langle n = \overline{1, N_{XA}} \rangle), \tag{3}$$

де X_{An} – інтегральний показник впливу чинників хімічної небезпеки на стан атмосферного повітря за N_{XA} -ю кількістю n -х показників.

Характеристику екологічного ризику за величиною його значення надано в табл. 1 [5].

Таблиця 1 – Характеристика екологічного ризику

Значення показника екологічного ризику	Якісна оцінка ступеня екологічного ризику
0,01–0,19	Незначний
0,2–0,39	Підвищений
0,4–0,59	Значний
0,6–0,79	Високий
0,8–1,0	Небезпечний

Визначення стану атмосферного повітря та показника антропогенного навантаження в регіонах України базується на офіційних даних моніторингу та інформації, яку наведено в екологічних паспортах областей України, регіональних звітах і Національних доповідях про стан НПС та в інформаційно-аналітичних оглядах стану довкілля країни. Для розрахунку узагальненого показника впливу чинників хімічної небезпеки на стан атмосферного повітря використано інформацію Національної доповіді Держслужби України з надзвичайних ситуацій [1].

Із результатів оцінки екологічного ризику погіршення стану атмосферного повітря України з урахуванням показника хімічної небезпеки (рис. 1) випливає, що найнебезпечніший рівень забруднення атмосферного повітря в 2015 р. мали Донецька, Дніпропетровська, Луганська (5 клас) та Запорізька (4 клас) області.

Небезпечний екологічний стан індустріально розвинутих регіонів обумовлений наявністю великої кількості екологічно та хімічно небезпечних об'єктів, а також використанням у виробництві неефективних технологій та застарілого обладнання. Аналіз офіційних даних щодо виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного і соціального характеру за 1997–2014 рр. свідчить про те, що саме в промислових регіонах України спостерігається вищий рівень небезпеки.

Несприятливі екологічні умови призводять до підвищення рівня захворюваності та смертності населення. За методикою роботи [9] на основі офіційних даних статистичної звітності Державного комітету статистики України [10] та Національної доповіді [1] розраховано індивідуальний ризик смерті людини від надзвичайних ситуацій (табл. 2).



Рисунок 1 – Екологічний ризик погіршення стану атмосферного повітря в областях України з урахуванням ступеня хімічної небезпеки

Для оцінки рівнів прийнятної ризику в Україні потрібно керуватися значеннями ризиків, що їх встановлено в економічно розвинених країнах: мінімальний ризик – до 10^{-8} ; гранично допустимий – нижче 10^{-5} .

Усього в зонах можливого хімічного зараження мешкає близько 26 % населення країни (понад 11 млн осіб). Найбільшу кількість хімічно небезпечних об'єктів зосереджено у Донецькій (159), Дніпропетровській (112) та Луганській (86) областях [1]. Зазвичай такі об'єкти екологічно небезпечні для НПС і здоров'я населення та створюють загрозу виникнення надзвичайних ситуацій. Окремі об'єкти є потенційно небезпечними навіть для сусідніх держав, тобто становлять транснаціональну загрозу.

Ризик для здоров'я населення є головним показником безпеки у більшості країн світу [10, 11]. В Україні діють методичні рекомендації щодо оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря [12]. У роботі [13] удосконалено методику комплексної оцінки ризику для здоров'я населення у разі забруднення НПС.

Оцінку ризику для здоров'я населення треба здійснювати окремо для канцерогенних і неканцерогенних ефектів. Показники канцерогенного ризику [10–13] розраховують для кожної забруднювальної речовини:

$$CR = SF \cdot LADI, \tag{4}$$

де CR – ймовірність занедужати раком (безвимірний величина, яку виражають в одиницях 1:1 000 000); SF – ймовірність одержання ракового захворювання у випадку прийому одиничної дози LADI, 1/мг/кг-добу, де LADI – середня довгочасна щоденна доза, мг/кг-добу, яку розраховують за формулою [10–13]

$$LADDI = \frac{C_a \cdot T_{out} \cdot V_{out} \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365}, \tag{5}$$

де LADDI – середня добова доза речовини, мг/кг-добу; C_a – концентрація речовини в атмосферному повітрі, мг/м³; T_{out} – час, який проводять поза приміщенням, год/добу; V_{out} – швидкість дихання поза приміщенням, м³/год; EF – частота впливу, днів/рік; ED – тривалість впливу, рік; BW – маса тіла, кг; AT – період осереднення експозиції, рік; 365 – кількість днів у році.

Індивідуальний і популяційний канцерогенні ризики характеризують верхню межу можливого канцерогенного ризику протягом періоду, що відповідає середній тривалості життя людини (70 років). Значення канцеро-

Таблиця 2 – Індивідуальний ризик смерті людини від надзвичайних ситуацій (НС) для різних областей України

Область	Чисельність населення	Кількість осіб, загиблих від НС	Індивідуальний ризик смерті від НС, рік ⁻¹ , ×10 ⁻⁶
Вінницька	1 596 070	5	3,1327
Волинська	1 039 987	4	3,8462
Дніпропетровська	3 253 300	15	4,6107
Донецька*	4 254 374	57	13,3980
Житомирська	1 248 952	6	4,8040
Закарпатська	1 256 492	3	2,3876
Запорізька	1 753 867	12	6,842
Івано-Франківська	1 379 808	0	0
Київська	1 726 151	13	7,5312
Кіровоградська	967 411	6	6,2021
Луганська*	2 201 786	17	7,7210
Львівська	2 516 453	3	1,1922
Миколаївська	1 158 207	7	6,0438
Одеська	2 379 697	39	16,3886
Полтавська	1 431 931	3	2,0951
Рівненська	1 160 766	9	7,7535
Сумська	1 111 947	22	19,7851
Тернопільська	1 062 827	0	0
Харківська	2 703 673	37	13,6851
Херсонська	1 061 619	13	12,2454
Хмельницька	1 292 065	9	6,9656
Черкаська	1 240 179	1	0,8063
Чернівецька	906 932	0	0
Чернігівська	1 037 400	5	4,81974

* Дані з території області, підконтрольній українській владі.

генних ризиків відбивають довгострокову тенденцію до зміни онкологічного фону, сформованого на відповідній території. Низький рівень канцерогенного ризику вважають прийнятним за його значень 10⁻⁴–10⁻⁶.

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів для окремих речовин визначають на підставі розрахунку коефіцієнта небезпеки за формулою [10–13]

$$HQ = \frac{AD}{RfD} \text{ або } HQ = \frac{AC}{RfC}, \quad (6)$$

де HQ – коефіцієнт небезпеки, безрозмірна величина;
 AD – середня доза, мг/кг;
 AC – середня концентрація, мг/м³;
 RfD – референтна (безпечна) доза, мг/кг;
 RfC – референтна (безпечна) концентрація, мг/м³.

Характеристику ризику розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого та комплексного впливів хімічних сполук проводять на основі розрахунку індексу небезпеки (HI) для умов одночасного надходження декількох речовин однаковою шляхом (наприклад, інгаляційним або пероральним) за формулою [10–13]

$$HI = \sum HQ_i, \quad (7)$$

де HQ_i – коефіцієнти небезпеки для окремих i-х забруднювальних речовин.

У роботах [5, 13] надано таку градацію меж розвитку неканцерогенних ефектів за величиною коефіцієнта небезпеки: надзвичайно високий (понад 10), високий (5–10), середній (1–5), низький (0,1–1), мінімальний (менш 0,1).



Розрахунки канцерогенних ризиків для здоров'я населення за сучасного стану забруднення атмосферного повітря свідчать про те, що в усіх областях України ці ризики мають низький рівень небезпеки, бо їх значення коливаються від 10^{-5} до 10^{-6} .

Результати розрахунку індексу небезпеки збільшення захворюваності населення у промислових містах України подано на рис. 3.

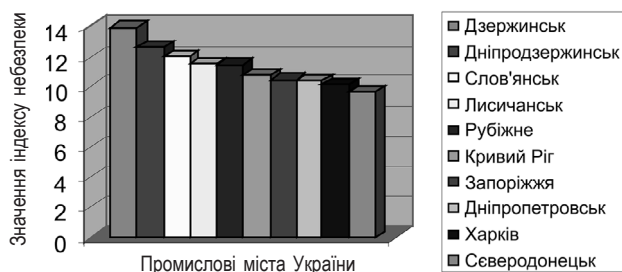


Рисунок 3 – Рангування промислових міст України за індексом небезпеки збільшення захворюваності населення за сучасного стану забруднення атмосферного повітря (дані за 2014 рік)

З метою встановлення джерел забруднення атмосферного повітря пропонуємо визначити індекс небезпеки викидів забруднювальних речовин від промислових підприємств за формулою

$$I_b = \frac{B_{vj} - B_a^{min}}{B_a^{max} - B_a^{min}}, \quad (8)$$

де I_b – індекс небезпеки викидів забруднювальних речовин, безрозмірна величина;

B_{vj} – показник небезпеки викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря (безрозмірна величина)

від j -го підприємства, який розраховують за формулою $B_{vj} = \sum (B_{vj}^i)^{m_i} / (B_{cp}^i)^{m_i}$, де B_{vj}^i – обсяг викидів i -ї забруднювальної речовини в атмосферне повітря від j -го підприємства, тис. т/рік; B_{cp}^i – середній обсяг викидів i -ї забруднювальної речовини в атмосферне повітря від підприємств України, тис. т/рік; m_i – показник ступеня, що враховує клас небезпеки i -ї забруднювальної речовини (для I класу небезпеки – 1,7, для II – 1,3, для III – 1, для IV – 0,8);

B_a^{min} – мінімальне значення показника небезпеки викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення України, безрозмірна величина;

B_a^{max} – максимальне значення показника небезпеки викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення України, безрозмірна величина.

Пропонуємо визначити рівень небезпеки викидів забруднювальних речовин від промислових підприємств за класифікацією, що надана в табл. 3.

Покращення стану атмосферного повітря в Україні залежить від ефективності впровадження на підприємствах системи екологічного менеджменту і аудиту, скорочення обсягів викидів забруднювальних речовин шляхом застосування сучасних схем екологічно безпечного промислового виробництва і достатнього фінансування природоохоронних заходів.

Запропонована класифікація промислових підприємств за рівнем небезпеки викидів забруднювальних речовин надає змогу ідентифікувати найвпливовіші джерела забруднення атмосферного повітря як на державному, так і на регіональному рівнях з метою розробки науково обґрунтованої програми з охорони атмосферного повітря.

Таблиця 3 – Класифікація промислових підприємств за рівнем небезпеки викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря

Клас небезпеки	Значення показника небезпеки викидів забруднювальних речовин	Характеристика рівня небезпеки викидів забруднювальних речовин
I	0,01–0,19	Мінімальний
II	0,20–0,39	Помірний
III	0,40–0,59	Середній
IV	0,60–0,79	Високий
V	0,80–1,00	Дуже високий

ВИСНОВКИ

Надано оцінку екологічного ризику погіршення стану атмосферного повітря з урахуванням ступеня хімічної небезпеки за наявних тенденцій антропогенного навантаження та визначено міста України з високим рівнем екологічної небезпеки.

Оцінено індивідуальний ризик смерті людини від надзвичайних ситуацій та ризик для здоров'я населення за сучасного стану забруднення атмосферного повітря.

Запропоновано нову методику ідентифікації значних стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря та класифікацію промислових підприємств за рівнем небезпеки викидів забруднювальних речовин.

Новий підхід до оцінювання небезпеки забруднення атмосферного повітря дає можливість визначити пріоритетність природоохоронних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на мінімізацію погіршення стану навколишнього природного середовища в умовах наявного антропогенного навантаження і сучасного стану надзвичайних ситуацій із забезпеченням комфортних умов існування біоти та захисту здоров'я населення як на державному, так і на регіональному рівнях.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році [Електронний ресурс] / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. – Режим доступу : http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2014.html.
2. **Лисиченко Г. В.** Методологія оцінювання екологічних ризиків [монографія] / Г. В. Лисиченко, Г. А. Хміль, С. В. Барабанов. – Одеса : Астропринт, 2011. – 368 с.
3. Комплексная оценка риска от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / М. А. Шахраманьян, В. И. Ларионов, Г. М. Нигметов и др. // Безопасность жизнедеятельности. – 2001. – № 12. – С. 8–14.

Предложена новая методика определения уровня опасности загрязнения атмосферного воздуха для здоровья населения при существующих тенденциях антропогенной нагрузки и возможности возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Дана оценка риска здоровью населения регионов Украины с высоким уровнем экологической и химической опасности с учетом текущего состояния атмосферного воздуха. Разработана новая классификация уровней опасности загрязнения атмосферного воздуха промышленными предприятиями.

4. **Коваленко Г. Д.** Екологічний ризик погіршення стану навколишнього природного середовища України при збереженні існуючих тенденцій антропогенного навантаження / Г. Д. Коваленко, Г. В. Півень, О. В. Рибалова // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : зб. наук. ст. V Міжнар. наук.-практ. конф., м. Алушта, 7–11 вересня 2009 р. : у 2-х т. Т. 1. – Х. : Райдер, 2009. – С. 52–56.
5. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища : монографія / О. Г. Васенко, О. В. Рибалова, С. Р. Артем'єв та ін. – Х. : НУГЗУ, 2015. – 419 с.
6. **Іванюта С. П.** Екологічна безпека регіонів України: порівняльні оцінки / С. П. Іванюта, А. Б. Качинський // Стратегічні пріоритети. – 2013. – № 3 (28). – С. 157–164.
7. **Борнос В. Г.** Методичні підходи щодо оцінки рівня безпеки регіону шляхом розширення системи екологічних індикаторів / В. Г. Борнос, Л. В. Довга // Науковий вісник ЧДІЕУ. – 2014. – № 4 (24). – С. 52–59.
8. **Згуровский М. З.** Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей (2005–2007/2008 годы) / М. З. Згуровский, А. Д. Гвишиани. – К. : Изд-во «Политехника», 2008. – 331 с.
9. Environmental Performance Index 2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://epi.yale.edu>.
10. Integrated Risk Information System (IRIS) [Електронний ресурс] / U. S. Environmental Protection Agency (EPA). – Режим доступу : <http://www.epa.gov/iris>.
11. **Киселев А. Ф.** Оценка риска здоровью [Текст] / А. Ф. Киселев, К. Б. Фридман. – СПб : Питер, 1997. – 100 с.
12. Методичні рекомендації «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря: методичні рекомендації» МР 2.2.12-142-2007. – [Чинний від 2007-04-13] / О. П. Яворовський, М. В. Вертеленко, В. В. Збанацький та ін. – К. : МОЗ України, 2007. – 39 с.
13. **Рибалова О. В.** Новий підхід до комплексної оцінки ризику для здоров'я населення при забрудненні навколишнього природного середовища / О. В. Рибалова, С. В. Бєлан // Актуальные достижения европейской науки : тез. X Междунар. науч.-практ. конф. (17–25 июня 2014 г.). – Болгария, 2014. – С. 76–82.

Поступила в редакцію 12.04.2016

One be proposed new method to define risk level of atmosphere pollution for human health taking into account existing tendency of anthropogenic load and possibilities of appearance of technogeneuous emergency situations. One be provided estimation of risk for human health in Ukraine's regions with high level of environmental and chemical hazard taking into account current condition of atmosphere. New classification for risk levels of atmosphere pollution by industrial enterprises was developed.