

УДК 004.005

**В.Д. Гогунський,**

д.т.н., професор,
Одеський
національний
політехнічний
університет
e-mail: vgog@i.ua

**І.В. Прокопович,**

д.т.н., доцент,
Одеський
національний
політехнічний
університет
e-mail:
igor.prokopovich@gmail.com

ВПЛИВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА СТАН ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

В.Д. Гогунський, І.В. Прокопович. Вплив забруднення атмосферного повітря на стан здоров'я населення. Запропоновано метод оцінки інтегрального ризику для населення у разі дії множини шкідливих речовин в атмосферному повітрі, що базується на ймовірнісній моделі впливу забруднення на здоров'я людей.

V.D. Gogunsky. I.V. Prokopovich. The impact of air pollution on public health. The method of evaluation of integrated risk for the population in the event of a plurality of harmful substances in the air, based on a probabilistic model of the impact of pollution on human health

Вступ. В опублікованих роботах провідних вчених в області безпеки (В. Маршалл, Д. Гофман, Е.Дж. Хенлі і Х. Кумамото) розпочато формування наукового підходу до оцінки ризику впливів техногенного та природного походження [1 - 4]. Зазвичай при цьому досліджується система “людина-середовище” із визначенням реакції населення на стан навколишнього середовища, якість якого визначається техногенною діяльністю [5]. Основу теорії впливу забруднення атмосферного повітря складають: аксіома про потенційну небезпеку будь-якої діяльності, закон Вебера-Фехнера, принцип Фармера, закон толерантності Шелфорда [6].

Постановка проблеми. Існуючі методи визначення рівня небезпеки від сумісної дії шкідливих факторів засновані на принципі мінімуму Лібіха, недоліком якого є урахування тільки факторів, що мають максимальний вплив [7]. У той же час, інші фактори, навіть якщо вони не мають перевищення допустимих нормативів, теж впливають на стан здоров'я працівників. Одним із засобів подолання цього пртиріччя є впровадження ймовірнісних оцінок рівня небезпеки від дії шкідливих факторів. Запропоновано визначати рівень ураження здоров'я населення за допомогою функції ризику, яка дозволяє визначати інтегральний рівень ураження.

Мета дослідження полягає у розробці теоретичних основ кількісної оцінки рівня безпеки населення на базі концепції ризику у разі забруднення атмосферного повітря при комплексній дії множини шкідливих речовин в атмосферному повітрі.

Аналіз публікацій щодо оцінки ризику для здоров'я населення.

Відомі рішення щодо оцінки екологічного ризику (або рівня небезпеки) створюваного техногенними системами носять, як правило, конкретний, практичний характер [4, 7 - 10]. При визначенні якості навколишнього середовища переважає емпіричний підхід, заснований на виявленні причинно-наслідкових зв'язків типу «рівень впливу - наслідок» для окремих факторів середовища [11 - 13]. Всі живі істоти постійно піддаються багатозоровому, а часто і безперервному впливу шкідливих і небезпечних факторів, присутніх в навколишньому середовищі через аварії, техногенних викидів або природних катастроф [13 - 17]. Найбільшою мірою це стосується людини: він, на додаток до природних факторів, які незмінно присутні в атмосферному повітрі, воді та їжі, створив і продовжує винаходити все нові і нові з'єднання для виробничої діяльності, для побуту, для розваги і лікування [16 - 18]. Більшість чинників довкілля чужорідні організму і викликають дискомфортні стани, порушення функцій органів, захворювання і ін. [19].

Закон України «Про охорону охорону праці» виділяє наступні види антропогенного впливу: хімічне забруднення; електромагнітні випромінювання; акустичні коливання (шум); іонізуючі випромінювання [20]. В Україні оцінки екологічної безпеки навколишнього середовища засновані на нормативному підході, який визначає пороги впливу і гранично допустимі рівні впливу [19]. Цей підхід орієнтований на таку оцінку безпеки: нижче допустимого рівня - добре; вище - погано [21].

Поведінка людини, як свідомо, так і рефлексорна, заснована на оцінці ситуації у взаємозв'язку з можливими негативними наслідками [22]. На оцінці ризику здоров'ю базується вся система інформаційного зв'язку людини з довкіллям. Такі поняття, як «небезпека», «загроза» пов'язані, перш за все, з інформацією про ризик здоров'ю. Тому оцінка ризику, який викликається забрудненням атмосферного повітря, є однією з найважливіших проблем забезпечення екологічної безпеки [23]

Якість довкілля оцінюється з точки зору ступеня задоволення певних потреб [4]. Умовно ці потреби можна розбити на індивідуальні та групові. Останні характерні, наприклад, для групи осіб що працюють або мешкають на певній території [12 -14].

Рівень безпеки здоров'ю у разі дії шкідливої речовини за нормативного підходу характеризується ступенем відповідності певного фактора по-

требам організму, тобто наскільки задовольняється певна потреба за даним каналом, або як вона наближається до еталонного рівня. Визначення оцінки полягає у порівнянні значення показника з деяким базовим (еталонним) показником. Так, зазначеними базовими показниками у разі оцінки впливу забруднень атмосферного повітря, як правило, приймаються нормативи гранично допустимих концентрацій (ГДК).

В опублікованих роботах різних авторів переважають дослідження щодо вивчення впливу окремих шкідливих факторів або деяких груп факторів [2 - 4]. До теперішнього часу не вирішені проблеми багатofакторного впливу довкілля на здоров'я працюючих і населення [6]. Для розв'язання окремих завдань такий підхід цілком прийнятний, оскільки результат може бути досягнутий при мінімальних витратах [8]. Разом з тим, практика виявляє множину об'єктів, для кожного з яких необхідно шукати специфічні рішення у разі сумісної дії факторів [9].

При сучасному погіршенні стану довкілля важливе значення для визначення шляхів підвищення екологічної безпеки працюючих і населення набувають теоретичні методи оцінки рівня ураження здоров'я людей від дії шкідливих факторів.

Оцінка стану здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. Ключовим дією в пропонованому методі є оператор перетворення даних про деяку властивість параметрів середовища в показник ризику. Складність, що виникає на цій стадії, пов'язана, перш за все, з тим, що всі попередні дослідження про характер впливу шкідливих речовин та інших факторів проводились, як правило, без урахування взаємного впливу факторів. Тому питання про те, на якому щаблі застосовувати перетворення “доза-ефект” має вирішуватися виходячи з наявних експериментальних даних. Хоча, в загальному випадку, якщо розглядати характер причинно-наслідкового зв'язку в послідовності подій: вплив - відчуття – реакція, - це не є принциповим. За наявності експериментальних даних типу “доза-ефект” можливе проведення даного перетворення також на останній стадії оцінки якості довкілля при розрахунку рівня екологічного ризику.

Слід підкреслити, що пропонована методика не заперечує численних досліджень, які базуються на концепції гранично допустимих навантажень (ГДК, ГДВ і ін.). Речовини, що досліджені раніше, і їх конкретні порогові значення, як по хімічному забрудненню, так і гранично допустимі рівні впливу шуму, вібрації, електромагнітних випромінювань можуть бути використані в якості базових показників для визначення ризику.

Ризик рівня ураження здоров'я населення в основному оцінюють ймовірнісною характеристикою (безрозмірною величиною від 0 до 1), але можливе використання і частоти реалізації ризику. Частота реалізації – це

відносне число випадків можливого прояву небезпеки за певний період часу. Наприклад, на рік, – тоді одиниця виміру ризику буде такою – [1/рік].

Можна виділити дві давно сформовані точки зору на ризик. Перша заснована на наукових і технічних оцінках - це так званий теоретичний ризик. Друга залежить від людського сприйняття ризику - це так званий ефективний ризик. Теоретичний ризик виражається у формі статистичного показника, який часто зводиться до ймовірності деякого небажаної події. Зазвичай ймовірність такої події і деяка оцінка очікуваної шкоди об'єднується в один показник, який комбінує набір ймовірностей ризику і шкоди або винагороди. Таким чином, в статистичній теорії прийняття рішень, функція ризику оцінки $\delta(x)$ для параметра θ , обчислена при деяких спостережуваних параметрах x , визначається як математичне очікування функції втрат $L(\theta, \delta(x))$:

$$R(\theta) = \int L(\theta, \delta(x)) \cdot f(x | \theta) dx \quad (1)$$

де $L(\theta, \delta(x))$ – функція втрат від параметра оцінки θ і значення оцінки $\delta(x)$;
 $f(x | \theta)$ – ймовірність небажаної події .

На практиці, як правило, використовують приватні форми виразу (1), що істотно спрощує залежність, якщо врахувати конкретні умови прояву ризику. Як відомо, ймовірність небажаної події, визначається частотою реалізації небезпек :

$$P = f(x | \theta) = \frac{N(t)}{Q(x)}, \quad (2)$$

де $N(t)$ – число небажаних подій за час t ;
 $Q(x)$ – загальне число подій в системі.

Так, оцінки ризику ураження здоров'ю при дії факторів середовища виконуються за умов, що рівень забруднення відомий. Це означає, що подія забруднення вже відбулась, тобто $P = 1$.

Для функції втрат $L(\theta, \delta(x))$ зазвичай приймають деяку вартісну міру одиниці ризику, яка характеризує наслідки деякої події. Вартісна міра ризику з точки зору суспільства може бути прийнята згідно до законодавства. Так, подія зі смертельними наслідками має вартісну міру, що дорівнює розміру п'ятирічного заробітку працівника [20]. Подібну вартісну оцінку можна встановити і для інших рівнів тяжкості небажаних подій.

Надалі, в рамках цього дослідження будемо розглядати наслідки від впливу несприятливих факторів середовища для умов $P = 1$. Пропонується також не застосовувати вартісну міру ризику, оскільки вона віддзеркалює рівень розвитку суспільних відносин, а не характеристики якості організаційно-технічної системи. Для визначення наслідків можна використовувати

функцію ризику, яка характеризує величину ймовірності ушкодження з'доров'я людей.

Оцінка стану здоров'я за офіційною методикою. На даний час для визначення ризику від забруднення повітря хімічними речовинами в Україні впроваджена міжнародна методика [19], яка при оцінці ризику передбачає, що:

– для неканцерогенних речовин та канцерогенів негенотоксичної дії передбачається наявність порогових рівнів, нижче від яких шкідливі ефекти ушкодження з'доров'я не виникають;

– канцерогенні ефекти, обумовлені дією генотоксичних канцерогенних чинників, можливі за дії будь-яких доз, що викликають пошкодження генетичного матеріалу; для такого роду сполук відсутні порогові рівні.

Характеристику ризику прояву неканцерогенних ефектів здійснюють шляхом порівняння фактичних рівнів експозиції з безпечними (референтними) рівнями впливу та визначенням коефіцієнта небезпеки:

$$HQ = \frac{AD}{RfD} \text{ або } HQ = \frac{AC}{RfC}, \quad (3)$$

де HQ – коефіцієнт небезпеки;

AD – середня доза, мг/кг;

AC – середня концентрація, мг/м³;

RfD – референтна (безпечна) доза, мг/кг;

RfC – референтна концентрація, мг/м³.

За інгаляційного надходження, якщо цього не потребують спеціальні задачі дослідження, немає необхідності розраховувати дозу впливу, а розрахунок коефіцієнта небезпеки можна здійснювати за формулою:

$$HQ_i = \frac{AC_i}{RfC_i} \quad (4)$$

де HQ_i – коефіцієнт небезпеки впливу i -тої речовини;

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

RfC_i – безпечний рівень впливу, мг/м³.

Коефіцієнт небезпеки розраховують окремо за умов короткотривалого (гострого), підгострого і тривалого впливу хімічної речовини. При цьому період осереднення експозиції і відповідних безпечних рівнів впливу має бути аналогічним. Критерії для характеристики коефіцієнта небезпеки наведено у табл. 1.

Таблиця 1 - Критерії неканцерогенного ризику

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки (HQ)
Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як	< 1

зневажливо малий	
Гранична величина, що не потребує термінових заходів, однак не може розглядатися як досить прийнятна	1
Імовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ	> 1

Характеристику ризику розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу хімічних речовин проводять на основі розрахунку індексу небезпеки за формулою:

$$HI = \sum_{i=1}^s HQ_i, \quad (5)$$

де HQ_i – коефіцієнти небезпеки для окремих компонентів суміші хімічних речовин, що впливають.

За аналогічною методикою розраховується індивідуальний канцерогенний ризик CR :

$$CR = LADD \cdot SF, \quad (6)$$

де $LADD$ – середня добова доза протягом життя, мг/(кг*доба);

SF – фактор нахилу, (мг/(кг*доба))⁻¹.

Розробка нового методу оцінки стану здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря.

У загальному випадку при забрудненні атмосферного повітря, відповідно до закону Вебера-Фехнера, має місце існування деякої функціональної залежності між рівнем забруднення, відчуттям і ризиком:

$$r = \frac{1}{k} \cdot \lg \frac{C}{C_0}, \quad (7)$$

де r – рівень ризику;

C – концентрація шкідливих речовин в повітрі, мг/м³;

k – коефіцієнт пропорційності;

C_0 – найменша концентрація, при якій відчувається дія шкідливої речовини, мг/м³.

На основі нормативних показників, визначуваних експериментально для кожної речовини, можна встановити дві закріплені точки залежності (7). Для спрощення перетворень виконаємо заміну $1/k$ на λ .

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \cdot 10^{-6} = \lambda \cdot \lg \frac{ГДК_{сд}}{C_0} \\ 0,5 = \lambda \cdot \lg \frac{ЛК_{50}}{C_0} \\ r = \lambda \cdot \lg \frac{C}{C_0} \end{array} \right. \quad (8)$$

де $\text{ГДК}_{\text{сд}}$ – середньодобова гранично-допустима концентрація, мг/м^3 ;
 ЛК_{50} – середньосмертельна концентрація, мг/м^3 .

Розв'язання системи рівнянь (8) для концентрацій забруднюючих речовин, що перевищують $\text{ГДК}_{\text{сд}}$:

$$\lambda = \frac{0,5 - 1 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{\text{ЛК}_{50}}{\text{ГДК}_{\text{сд}}}}, \quad (9)$$

$$C_0 = \frac{\text{ГДК}_{\text{сд}}}{10^{\frac{10^{-6}}{0,5 - 10^{-6}} \lg \frac{\text{ЛК}_{50}}{\text{ГДК}_{\text{сд}}}}}$$

$$r = (0,5 - 10^{-6}) \cdot \left(\frac{\lg \frac{C}{\text{ГДК}_{\text{сд}}}}{\lg \frac{\text{ЛК}_{50}}{\text{ГДК}_{\text{сд}}}} + \frac{10^{-6}}{0,5 - 10^{-6}} \right). \quad (10)$$

$$r = \frac{0,5 - 1 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{\text{ЛК}_{50}}{\text{ГДК}_{\text{сд}}}} \lg \frac{C}{\text{ГДК}_{\text{сд}}} + 1 \cdot 10^{-6} \quad (11)$$

Рівняння (9) – (11) протирічать гіпотезі, що наслідки дії хімічних факторів відповідають закону Вебера-Фехнера. Відмінність (10) від класичного виразу для залежності Вебера-Фехнера полягає в тому, що (10) містить вільний член 10^{-6} , який характеризує нижню границю дії. Другою відмінністю виразу (10) є введення нормування ризику в координатах ЛК_{50} і $\text{ГДК}_{\text{сд}}$. Це дозволяє обчислити тангенс кута нахилу лінійної залежності ризику від логарифма нормованого відносно $\text{ГДК}_{\text{сд}}$ речовини, що діє. Таким чином отримана залежність (10) є узагальненням закону Вебера-Фехнера стосовно дії хімічних речовин на людський організм.

Якщо величина концентрації забруднюючої речовини $C_i < (\text{ГДК}_{\text{сд}})_i$ прийнятеного нормативного значення, то величина ризику від впливу цієї речовини розраховується з припущення щодо лінійної зміни ризику від фактичного значення C_i :

$$r_i = \alpha_i \cdot C_i, \quad (12)$$

де $\alpha_i = 10^{-6} / (\text{ГДК}_{\text{сд}})_i$; i – признак забруднюючої речовини, $i = 1, 2, \dots, m$;

C_i – величина фактора впливу у разі $C_i < (\text{ГДК}_{\text{сд}})_i$.

Оцінка ризику ушкодження здоров'я населення України від забруднення атмосферного повітря за даними середніх концентрацій.

Оцінка стану забруднення атмосферного повітря в містах України проводилася за даними спостережень у 53 містах на 162 стаціонарних та двох

маршрутних постах системи моніторингу гід-рометеорологічних організацій [25]. В атмосферному повітрі визначався вміст 31 речовини - забруднювача. Середня річна концентрація формальдегіду становила на рівні 2,7 гранично допустимих концентрацій (ГДКс.д.), фенолу – 1,3 ГДКс.д., діоксиду азоту – 1,25 ГДКс.д., фтористого водню – 1,2 ГДКс.д., завислих речовин – 1,1 ГДКс.д. Перевищення відповідних ГДКс.д. за середньорічними концентраціями спостерігалось з формальдегіду у 38 містах України, діоксиду азоту – у 30, завислих речовин – у 23, фенолу – у 12, оксиду вуглецю – у 11, бенз(а)пірену – у 8, фтористого водню – у 6, аміаку – у 5, оксиду азоту – у 2, сажі – в одному місті.

За середніми концентраціями забруднення атмосферного повітря в Україні виконані розрахунки ризику ушкодження здоров'я населення і скорочення очікуваної тривалості життя (табл. 2).

Визначення сумарного ризику ушкодження здоров'я населення виконувалась у такій послідовності. Спочатку визначались значення величини річного ризику ушкодження здоров'я населення для кожної забруднюючої речовини r_i , а потім обчислюється величина інтегрального ризику, як для подій, що відбуваються паралельно:

$$R = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - r_i), \quad (13)$$

де n – кількість забруднюючих речовин.

Результати розрахунків приведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Розрахунок ризику ушкодження здоров'я населення і скорочення очікуваної тривалості життя за середніми концентраціями забруднення атмосферного повітря в Україні

Речовина	Нормативи		С, частка ГДКс.д.	Розрахунок	
	ПДКс.д. мг/м ³	LK ₅₀ мг/м ³		r_c рік ⁻¹	СОТЖ днів/рік
Формальдегід	0,003	400	2,7	0,0421	15,4
Фенол	0,01	316	1,3	0,0127	4,6
Фтористий водень	0,005	313	1,2	0,0083	3,0
Діоксиду азоту	0,04	140	1,25	0,0137	5,0
Завислих	0,05	920	1,1	0,0049	1,8

Індивідуальний інтегральний ризик ушкодження здоров'я для населення України в умовах середнього забруднення, що приведений в [25], визначений за формулою (13) складає $R_{\text{сум}} = 0,0793$.

Величина, зворотна $R_{\text{сум}}$, має сенс групи вибірки - числа днів, з яких один втрачається, скорочуючи середню тривалість життя. У розглянутому прикладі група вибірки дорівнює $1 / R_{\text{сум}} = 12,6$ днів, а скорочення очікуваної тривалості життя (СОТЖ) за один рік життя в умовах прийнятого забруднення атмосферного повітря, складає:

$$\text{СОТЖ} = 365 * 0,0793 = 29,0 \text{ днів / рік.}$$

Співставлення відображення даних, які отримані за різними методиками, щодо рівня ушкодження здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. Сума коефіцієнтів небезпеки для окремих компонентів суміші хімічних речовин (5) в атмосферному повітрі визначає загальний рівень впливу на населення від дії шкідливих речовин. Для характеристик атмосферного забруднення, що приведені в табл. 2, сумарний коефіцієнтів небезпеки дорівнює $S = 7,55$. Як видно, ця величина, хоча і характеризує існуючий рівень небезпеки атмосферного повітря, не має певного фізичного виміру.

Інша методика, яка запропонована в цьому дослідженні, дозволяє відобразити рівень ушкодження здоров'я (табл. 2) у зрозумілих фізичних одиницях виміру – СОТЖ [днів/рік] або загального ризику [рік⁻¹].

Висновок. Розроблений метод щодо розрахунку оцінки ушкодження здоров'я для населення є достатньо зручним: немає необхідності вводити множину шкал для характеристики якості середовища. Використання оцінки у вигляді відношення двох величин еквівалентно переходу від інтенсивної до екстенсивної характеристики впливу – дози, яка, як відомо, є інтегральною величиною і визначається з врахуванням часу дії. Отримані залежності можна застосовувати для зонування міст і окремих територій за рівнем ушкодження здоров'я для населення, що дозволить раціонально планувати природоохоронну діяльність державних установ.

Література

1. Маршалл, В. Основные опасности химических производств: Пер. с англ.— М. : Мир, 1989. — 672 с.
2. Гофман, Д. Чернобыльская авария: радиационные последствия для настоящих и будущих поколений. — М. : Высш. шк., 1994.— 574 с.
3. Хенли, Э.Дж., Надежность технических систем и оценка риска: пер.с англ. / Э.Дж. Хенли, Х. Кумамото — М. : Машиностроение, 1984.—528 с.
4. Саноцкий, И.В. Критерии вредности в гигиене и токсикологии при оценке опасности химических соединений / И.В. Саноцкий, И.П. Уланова. — М. : Медицина, 1975.— 343 с.

5. Health and Safety Policies: Guiding Principles for Risk Management // Institute for Risk Research, University of Waterloo, Ontario, N2L 3G1, Canada, 1993.

6. Гогунський, В.Д. Теорія і практика оцінки ризику здоров'ю от воздействия факторов внешней среды / В.Д. Гогунський, С.В. Руденко, И.В. Урядникова // Безпека життя і діяльності людини — освіта, наука, практика : зб. наук. пр. X міжнар. наук.-метод. конф. — К. : Центр учбової літератури, 2011. — С. 170 — 175.

7. Визначення рівня небезпеки у робочій зоні за умов сумісної дії факторів різних класів / В.Д. Гогунський, О.С. Харковенко, Т.В. Кравченко, Ю.С. Чернега // Інформ. технології в освіті, науці та виробництві : зб. наук. праць. — № 4 (5). — Одеса : АО Бахва, 2013. — С. 24 — 31. Режим доступу: <http://sbornik.college.ks.ua/downloads/sbornik5/pdf/4.pdf>

8. Руденко, С.В. Оценка экологической безопасности в проектах / С.В. Руденко, В.Д. Гогунський. — Одесса : Феникс, 2006. — 144 с.

9. Чернега, Ю.С. Управління ризиками в проектах з охорони праці як метод усунення шкідливих і небезпечних умов праці / Ю.С. Чернега, В.Д. Гогунський // Вост.-Европ. журнал передових технологій. - № 1/10 (61). — Харьков : Технолог. центр, 2013 — С. 83 — 85. doi: 10.13140/RG.2.1.1023.9606

10. Розробка марковської моделі зміни станів пацієнтів в проектах надання медичних послуг [Текст] / С. В. Руденко, М. В. Романенко, О. Г. Катуніна, К. В. Колеснікова // Управління розвитком складних систем. - №12. —2012. — С. 86 — 89. - Режим доступу: <http://journals.uran.ua/urss/article/view/41121>

11. Радиация. Дозы, эффекты, риск: Пер. с англ.— М. : Мир, 1988. — 79 с.

12. Олех, Т.М. Модель узагальненої оцінки впливу на навколишнє середовище в екологічних проектах / Т.М. Олех, В.Д. Гогунський // Управління проектами: стан та перспективи : XI міжнар.наук.-практ. конф — Миколаїв : НУК, 2015.

13. Москалюк, А.Ю. Modeling the occupational health projects initiation using Markov chains / А.Ю Москалюк, В.Д Гогунський, В.М Пурич // Technology audit and production reserves. — 2016. - № 3 (2 (29)). — С. 35 — 39.

14. Басиль, Е.Е. Риск сокращения продолжительности жизни: рабочая зона / Е.Е. Басиль, С.А. Изотов, В.Д. Гогунський // Тр. Одес. политехн. ун-та. — 1997. - № 2. - С.133 — 135.

15. Руденко, С.В. Модель оцінки ефективності портфеля проектів / С.В. Руденко, С.Н. Гловацкая, Е.В. Колесникова // Вісник Одеського національного морського університету. — 2013. - № 2. — С. 149 — 154.

16. Запорожець, О.І. Завдання наукових досліджень з охорони праці / О.І. Запорожець, В.Д. Гогунський // Інформ. технології в освіті, науці та виробництві. — 2013. - № 4 (5). - С. 19 — 23.

17. Руденко, С.В. Определение выбросов вредных веществ от локомотивов на участке Долинская — Николаев / С.В. Руденко, В.Д. Гогунський, Т.М. Олех // Шляхи реалізації кредитно-модульної системи. — 2015. - № 11. — С. 54 - 61. doi: 10.13140/RG.2.1.4310.4087

18. Чернега, Ю.С. Разработка модели деятельности инженера по охране труда с использованием цепей Маркова / Ю.С. Чернега, В.Д. Гогунський // Вост.-Европ. журнал передових технологій. — 2014. - №5/3(71). — С. 39 - 43. doi: 10.15587/1729-4061.2014.28016.

19. Методичні рекомендації “Оцінка ризику для здоров’я населення від забруднення атмосферного повітря”, Затв. наказом МОЗ України 13.04.2007 р. № 184. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://ua-info.biz/legal/baseuw/ua-qmwote/index.htm>

20. Закон України «Про охорону праці.» - Редакція від 05.04.2015 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>

21. ДСТУ ISO 14001:2006. Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2004, IDT). — К. : ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ України, 2006. — 17 с.

22. Шафран, Л.М. Состояние здоровья жителей микрорайона “Лузановский” и неотложные меры по его сохранению и улучшению / Л.М. Шафран, Л.И. Мураховская // Чрезвычайные ситуации и гражданская защита. 1999.— № 1(5). — С. 10—12.

23. Руденко, С.В. Анализ результатов реализации технико-экономической природоохранной региональной программы / С.В. Руденко, К.В. Колесникова, Т.М. Олех // Проблеми техніки. — 2013. - № 2. — С. 161 – 169.

24. Руденко, С.В. Модель обобщенной оценки воздействия на окружающую среду в проектах / С.В. Руденко, Т.М. Олех, В.Д. Гогунский // Управління розвитком складних систем. — 2013. - № 15. — С. 53 - 63.

25. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. — Київ, 2015. — 365 с.