

УДК 625.032

**В.Л. СИДОРЕНКО, О.С. ЗАДУНАЙ, С.І. АЗАРОВ**

## **МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОГО РИЗИКУ ПРОМИСЛОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

***Анотація.** У статті розглядається методичний підхід до ідентифікації еколого-економічних ризиків, що виникають в ході взаємодії об'єкта промислової діяльності з навколишнім природним середовищем.*

***Ключові слова:** навколишнє природне середовище, еколого-економічні ризики, ризик-утворюючі чинники.*

### **Вступ**

На сьогодні Україна характеризується надзвичайною щільністю розташування екологічно небезпечних промислових об'єктів (ЕНПО), що відносяться до таких галузей, як металургійна, хімічна, вугільна, енергетична, будівельна, машинобудівна, транспортна та ін. Зазначені об'єкти можуть чинити негативний вплив на здоров'я персоналу та населення. Вплив ЕНПО на навколишнє природне середовище (НПС) супроводжується виникненням збитку, зростаючого в міру збільшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище. У зв'язку з цим необхідно виділити такий ризик, який виникає в процесі експлуатації ЕНПО і обумовлений дією на них безлічі природних, техногенних і соціальних факторів, що в літературі прийнято позначати як «екологічні».

Слід зазначити, що ризики початково природного походження не можуть розглядатися як об'єкт інтерналізації та супутніх соціально-економічних відносин, тому екологічні ризики, пов'язані із забрудненням НПС, слід відокремлювати від ризиків, викликаних дією природних сил. Різниця заснована на тому, що збитки від реалізації природних ризиків пов'язані з дією природного середовища на ЕНПО, а в разі виникнення екологічних ризиків – з дією ЕНПО на зовнішнє середовище.

У зв'язку з цим все більшої актуальності набуває проблема ідентифікації, контролю, аналізу джерел, обставин і причин, що ведуть до виникнення негативного впливу на довкілля, та практичного впровадження ефективних засобів управління і прийняття оперативних рішень з мінімізації еколого-економічних наслідків.

### **Постановка проблеми**

Багаторічне функціонування на території України ЕНПО призвело до високих рівнів забруднення атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих і підземних вод. Виробнича діяльність ЕНПО супроводжується постійним утворенням та накопиченням значних обсягів відходів. Все це призводить до виснаження та деградації природних ресурсів, забруднення об'єктів довкілля, зростання захворюваності та скорочення тривалості життя населення промислових регіонів [1].

Складна ситуація, що склалася на території техногенно-навантажених регіонів України, потребує удосконалення підходів до визначення рівня екологічної небезпеки діяльності ЕНПО [2]. Саме тому постає наукова задача удосконалення методологічного підходу до оцінки рівня екологічної небезпеки ЕНПО для розробки та пошуку оптимальних форм екологізації виробництва.

Наразі оцінка еколого-економічного ризику ЕНПО проводиться частково, у вузькій спеціалізації: необхідність виконання кількісної оцінки ризиків законодавчо закріплена тільки для об'єктів підвищеної небезпеки 1-го класу. У цьому разі розроблені декларації практично не враховують вплив на НПС у разі виникнення надзвичайних ситуацій (НС), відсутні вимоги аналізу таких впливів і методики оцінки екологічних ризиків.

## **1. Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Підвищення екологічної безпеки у промислових регіонах потребує регулярного оцінювання рівнів екологічної небезпеки функціонування ЕНПО. Проте відсутність надійних даних про зміни стану компонентів довкілля на різних етапах функціонування ЕНПО ускладнює оцінку рівня їх екологічної небезпеки, без якої неможлива розробка комплексу заходів з покращення екологічного стану промислових регіонів [3].

Отже, для ідентифікації видів і джерел екологічної небезпеки та подальшого оцінювання її рівнів необхідне системне обстеження ЕНПО та відповідних чинників їх функціонування, що впливають на основні компоненти НПС, зокрема на атмосферу, гідросферу, літосферу, ґрунти і біоту [4].

Більшість науковців вважає, що рівень впливовості варто оцінювати за результатами аналізу наукових (літературних) джерел щодо стану об'єктів довкілля, візуальних спостережень за ними, вимірів показників, що характеризують їх стан (за допомогою приладів і лабораторних аналізів), досліджень об'єктів на моделях тощо. Саме тому виникає задача узагальнення досвіду виконаного оцінювання та створення методики якісного оцінювання рівня екологічної небезпеки функціонування ЕНПО.

Відомо, що сучасний рівень розвитку методології аналізу системних ризиків базується на розгляді ЕНПО і технологічних процесів як статичних систем з незмінними в часі параметрами [5]. Однак ризики виникнення і розвитку аварійних ситуацій на реальних ЕНПО, що безперервно змінюються, обумовлюють значні методичну та інструментальну похибки класифікації (розпізнавання) небезпечних ситуацій і під час ідентифікації передаварійних ситуацій знижують вірогідність і однозначність одержуваної інформації.

Велика частина досліджень у розглянутій предметній галузі присвячена вирішенню проблем, пов'язаних з управлінням техногенною безпекою промислових об'єктів і оптимізацією систем відшкодування збитку від НС [6, 7]. На жаль, більшість відомих до теперішнього часу результатів в цій галузі стосується не екологічних програм.

## 2. Формулювання цілей статті

Метою даної роботи є вдосконалення методики оцінювання екологічної небезпеки функціонування ЕНПО та практичного впровадження ефективних засобів управління і прийняття оперативних рішень з мінімізації еколого-економічних наслідків.

## 3. Виклад основного матеріалу

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено задачу з розробки методики оцінювання екологічної небезпеки для основних компонентів НПС та довкілля в цілому від функціонування ЕНПО. Для вирішення поставленої задачі поетапно сформулюємо і охарактеризуємо основні положення запропонованої методики.

Сучасне ЕНПО – це складна система, всі ланки якої тісно пов'язані між собою єдністю виробничого процесу, конкретизованого в плані підприємства, планах його конкретних підрозділів, графіках випуску продукції, технічних і технологічних умовах виробництва тощо. У зв'язку з цим дослідження процесу функціонування підприємства вимагає застосування системного підходу, що фокусує увагу не тільки на самому підприємстві, а й на його довкіллі та його виробництві. В цьому випадку ЕНПО розглядається не як ізольована і незалежна структура, а як відкрита економічна система і як органічна частина суспільства, що віддає в процесі своєї діяльності пріоритет споживачу і постійно знаходиться в динамічному розвитку. Для побудови системної моделі ЕНПО необхідно виділити його небезпечні властивості і стани, в процесі яких можуть виникати якісно нові несприятливі ефекти. Небезпеку ЕНПО визначають такі параметри, як кількість аварійно-небезпечних та токсичних речовин, що зберігаються та переробляються, викидів в навколишнє середовище, відстань до населених пунктів, сусідніх підприємств, об'єктів «турботи» суспільства та ін. так званих «третьох осіб».

Розглядаючи ЕНПО як об'єкт екологічного ризику, слід зазначити, що ризики економічних втрат від негативних змін НПС, пов'язаних з наслідками діяльності третьох осіб, відрізняються високою невизначеністю і можливістю з управління ними обмежені. Якщо ж він виступає в якості суб'єкта ризику, то результати підприємницької діяльності, в основному, залежать не від якості ЕНПО, а від існуючих нормативно-правових обмежень. У цьому випадку екологічна складова в господарському ризику підприємницької діяльності здебільшого буде визначатися законодавчо встановленими обов'язками промислового об'єкта у сфері забезпечення екологічної безпеки.

ЕНПО може стати суб'єктом подібного ризику також під час виникнення відповідальності за порушення природоохоронного законодавства і екологічні наслідки, що виникають в результаті НС. У процесі ідентифікації еколого-економічного ризику промислової діяльності необхідно визначити, на якому з етапів свого виникнення він впливає на підприємницьку систему. Виходячи з цього, визначається позиція, яку займає промисловий об'єкт по відношенню до еколого-економічного ризику, і здійснюється вибір стратегії управління в разі ризикових ситуацій – превентивної, оперативної або компенсаційної.

Зазвичай ЕНПО розглядається як макросередовище виробничої діяльності. Критерієм віднесення того чи іншого фактора до мікросередовища служить наявність безпосередньої взаємодії з ЕНПО і його можливість впливати на характер цієї взаємодії. Якщо виробнича діяльність тісно пов'язана з ЕНПО, то вона також повинна розглядатися як одна зі складових мікросередовища. В даному аспекті природне середовище є сполучною ланкою між джерелами негативного впливу і реципієнтами, у яких виникає збиток від його наслідків. По суті еколого-економічний ризик являє собою сценарій можливого несприятливого розвитку ситуації, в якій проявляється негативний зовнішній ефект.

Ідентифікація еколого-економічного ризику виробничої діяльності встановлює зв'язок між одиничним джерелом ризику і одиничним реципієнтом. Розглянемо сценарний підхід до ідентифікації еколого-економічного ризику, який включає в себе три етапи (рис. 1) [8].

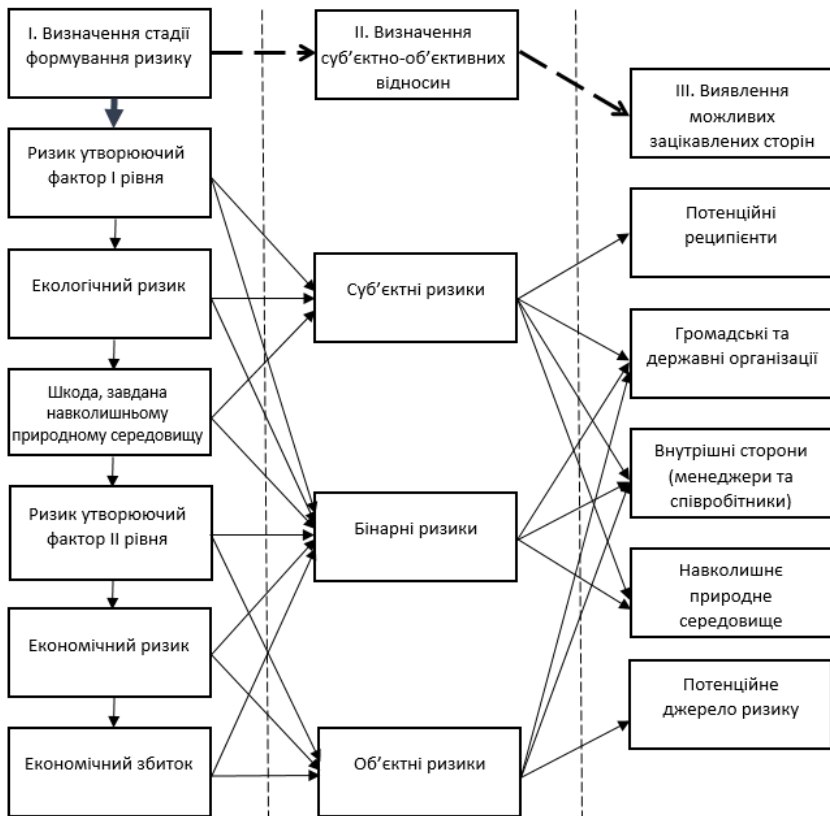


Рисунок 1 – Схема ідентифікації еколого-економічних ризиків

Залежно від ідентифікованих еколого-економічних ризиків здійснюється вибір пріоритетної стратегії управління в разі виникнення ризикових ситуацій (рис. 2) [9].

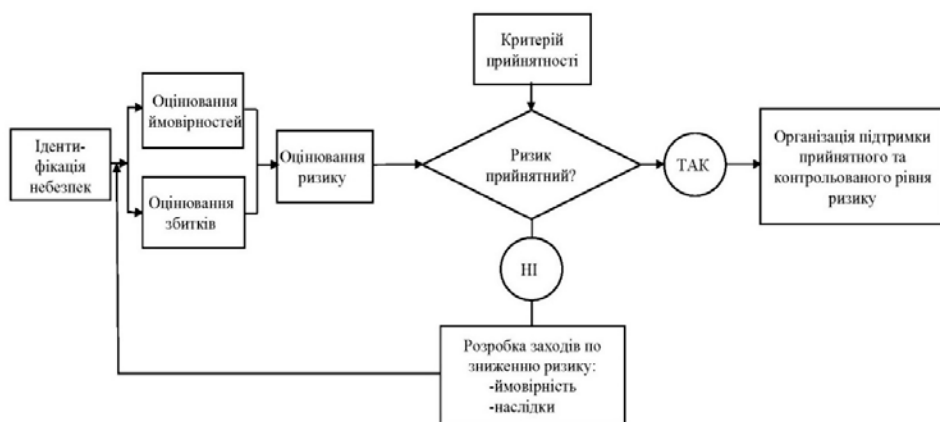


Рисунок 2 – Блок-схема структури аналізу еколого-економічних ризиків

Після ідентифікації небезпек, тобто виявлення принципово можливих еколого-економічних ризиків, необхідно оцінити їх можливість (імовірність), рівень і наслідки. Визначимо типи стратегій в залежності від керованості ризикових процесів:

- превентивні, засновані на зниженні ризику або ухиленні від нього;
- оперативні, реалізуються під час ризикових подій з метою мінімізації збитків;
- компенсаційні, спрямовані на відшкодування збитків та проведення відновлювальних робіт.

Превентивні стратегії будуть використовуватися на стадії ризикотворюючих факторів, оперативні – на стадії реалізації ризику, а компенсаційні – в ситуаціях, коли заподіяно шкоду природному середовищу або збиток реципієнтам. Виділимо три основних види еколого-економічного ризику в залежності від його спрямованості – суб'єктний, інтегральний та об'єктний. Суб'єктний обумовлений власним впливом, що викликає еколого-економічну відповідальність. У цьому разі суб'єктні еколого-економічні ризики формуються у внутрішньому середовищі виробничої системи, а джерелом об'єктних екологічних ризиків служить зовнішнє середовище. Інтегральний ризик визначається тим, що виробнича система може виступати одночасно як в ролі об'єкта екологічної безпеки, так і в ролі джерела негативного впливу на навколишнє середовище. Інтегральний ризик можна представити як комплексний показник потенційної небезпеки виробничої системи, що виражений в єдиному вартісному еквіваленті і дозволяє застосувати механізм обчислення повних втрат, зумовлених екологічними й економічними збитками.

У загальному випадку виникнення інтегрального ризику на ЕНПО можна уявити як

$$R\Sigma(I) = R(Eл) + R(Eн), \quad (1)$$

де  $R(Eл)$  та  $R(Eн)$  – складові  $R\Sigma$  екологічного та економічного збитку.

Об'єктний ризик виникає від негативних впливів інших господарюючих суб'єктів. У цьому разі також виникає екологічна і економічна відповідальність. Подібний інтегральний ризик реалізується після трансформації в НПС у того ж суб'єкта, у якого виник спочатку. Процес виникнення інтегральних еколого-економічних ризиків у процесі експлуатації ЕНПО представлений на рис. 3.

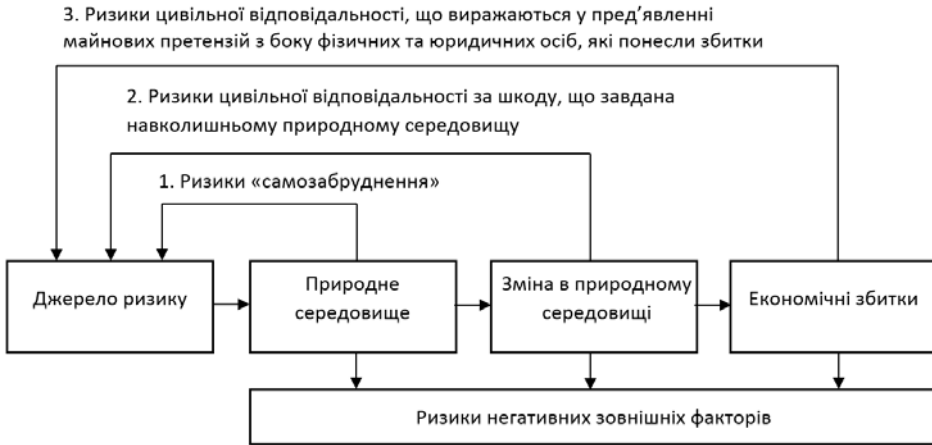


Рисунок 3 – Етапи виникнення інтегрального еколого-економічного ризику

На даній схемі відображені три види інтегральних еколого-економічних ризиків, джерелом яких і кінцевим реципієнтом є один і той же ЕНПО. Вони формуються в міру того, як вплив, що чиниться на НПС, поширюється в ньому, породжуючи відповідні ризики. Таким чином, у складі еколого-економічного ризику можна виділити три складових в залежності від початкового походження екологічного ризику по відношенню до суб'єкта виробничої діяльності – суб'єкту, інтегральну та об'єкту (наведено в табл. 1).

Для детального розгляду екологічних і економічних наслідків в процесі експлуатації ЕНПО будемо використовувати поняття повного, прямого і непрямого збитків [4]. Відзначимо, що показник повного збитку, наприклад, в результаті залпового викиду (скиду) забруднюючих речовин або систематичних викидів в навколишнє середовище, слід розглядати невизначеним, тому що він не дозволяє на заданому часовому інтервалі врахувати і кількісно у віддаленій перспективі оцінити суму всіх втрат, збитків і витрат як потерпілих окремих екосистем, так і всього господарства регіону в цілому.

Таблиця 1 – Еколого-економічні ризики виробничої діяльності

Суб'єктні ризики	Інтегральні ризики	Об'єктні ризики
1. Ризики негативного впливу на НПС	1. Ризики «самозабруднення»	1. Ризики негативних змін НПС, пов'язаних з наслідками діяльності інших господарюючих суб'єктів

Продовження таблиці 1

Суб'єктні ризики	Інтегральні ризики	Об'єктні ризики
2. Ризики поширення негативних змін НПС на природні об'єкти	2. Ризики придбання об'єктів з невстановленим «екологічним боргом»	2. Ризики економічних втрат від негативних змін НПС, пов'язаних з наслідками діяльності інших господарюючих суб'єктів
3. Ризики заподіяння шкоди здоров'ю і збитку в результаті змін НПС	3. Ризики цивільної відповідальності за шкоду, заподіяну НПС	
		4. Ризики цивільної відповідальності перед фізичними та юридичними особами, які зазнали збитків

Вивчення загальної структури екологічного та економічного збитку від експлуатації ЕНПО показує, що детерміністські підходи не завжди дозволяють визначити форми і розміри збитку від різних режимів скидання і викидів в НПС і небезпеку різного виду загроз. Ці підходи передбачають аналіз етапів розвитку передаварійної ситуації, починаючи від вихідної події, через послідовність стадій зносів і накопичення пошкоджень в системі забезпечення екологічної безпеки до настання кінцевого стану, тобто її відмови. У цьому разі екологічні наслідки вивчаються за допомогою математичного моделювання та проведення складних розрахунків. Однак детерміністський метод не враховує випадкові ризик-утворюючі фактори, що визначають ймовірність виникнення відмови основних природно-охоронних елементів системи забезпечення екологічної безпеки і її екологічних наслідків.

Ймовірнісний метод аналізу еколого-економічного ризику базується на стохастичній природі виникнення відмов в системі забезпечення екологічної безпеки та інших небезпек техногенного характеру. У цьому разі оцінка ймовірності виникнення відмов проводиться за відомим алгоритмом від ідентифікації ініціюючих подій до побудови дерев подій і результатів [5]. Математичні моделі представляються більш спрощеними в порівнянні з детерміністськими схемами розрахунку. Основні обмеження застосування ймовірнісного аналізу еколого-економічного ризику пов'язані з недостатністю статистичної інформації щодо відмов обладнання, методичною складністю оцінки соціального (гуманітарного) збитку, викликаного загибеллю людини, і відсутністю функцій розподілу діагностичних параметрів ЕНПО.

При використанні ймовірнісного методу в залежності від ступеня невизначеності вихідних даних можуть бути побудовані такі моделі оцінки еколого-економічного ризику:

- статистичні, ймовірнісні, оцінки яких визначаються за вихідними даними;
- логіко-ймовірнісні, де оцінка екологічних ризиків здійснюється для рідкісних подій, коли статистичні дані практично відсутні;

– евристичні, в основі яких лежать суб'єктивні якісні оцінки експертними системами з використанням апарату нечіткої логіки або байєсовських алгоритмів, за допомогою яких можливо розрахувати еколого-економічні ризики за відсутності або неоднозначності вихідної інформації.

Розглянемо розподіли небезпечного результату виходу з ладу обладнання природно-охоронних елементів в часі, приймаючи гіпотезу про випадкове виникнення цієї події, потік яких розглядається у вигляді рідкісних подій, яким притаманні властивості ординарності (тобто за досить малий проміжок часу  $\Delta t$  відбувається не більше однієї реалізації), відсутність наслідків (після чергової реалізації їх частота не зміниться) і стаціонарності (частота реалізації  $\lambda = \text{const}$ ). Тоді потік реалізацій небезпечної події можна розглядати як найпростіший пуассоновий, для якого випадкове число  $N$  реалізацій, що відбуваються протягом часу  $\Delta t$ , підпорядковується дискретному розподілу біномного типу [10]:

$$F(N) = a \cdot N \cdot \exp(-a), \quad N = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

де  $N$  – число аварій на промисловому об'єкті протягом часу  $\Delta t$ ;  $a$  – параметр розподілу Пуассона – середнє число реалізацій протягом часу  $\Delta t$ .

Для пуассоновського потоку час  $t$  між подіями підпорядковується експоненціальному закону. Зі збільшенням  $\Delta t$  зростає і число подій  $N$ . У разі  $N(\Delta t) \rightarrow \infty$  розподіл Пуассона наближається до нормального. Більш детальна кількісна характеристика еколого-економічного ризику враховує складну структуру негативних впливів від ЕНПО на довкілля і різний характер виникаючих в цьому разі збитків протягом заданого часу, наприклад року:

$$R(t) = \sum_{i,j} P_{ij}^M Y_{ij}^M + \sum_{i,j} P_{ij}^J Y_{ij}^J, \quad (3)$$

де  $P_{ij}^M$  – імовірність виникнення протягом року  $j$ -го майнового (матеріального) збитку  $Y_{ij}^M$  (грн/рік) в результаті впливу  $i$ -го фактора, що виникає в результаті аварій;  $P_{ij}^J Y_{ij}^J$  – ті ж параметри, але відносно до людини, тобто до втрат здоров'я, включаючи і смертельні випадки.

Якщо існує небезпека настання  $n$  несприятливих подій, то розрахунок еколого-економічного ризику пропонується вести за формулою:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i V_i, \quad (4)$$

де  $P_i$  – імовірність настання  $i$ -ої події;  $V_i$  – пов'язані з нею економічні збитки.

Формули (3) і (4) прості і зручні для практичного використання, але з формальної теоретико-ймовірнісної точки зору можуть застосовуватися лише у разі несумісних уражаючих факторів або несумісних несприятливих подій.

Таким чином, еколого-економічний ризик можна розглядати як деяку складну структуру, що містить у своєму складі компоненти ймовірності небезпечної події, шкоди та їх невизначеності.



## Висновки

У результаті проведених досліджень обґрунтовано уніфіковану методику комплексного оцінювання рівня екологічної небезпеки в процесі експлуатації ЕНПО.

На підставі проведеного аналізу в цілому слід зазначити, що система оцінки еколого-економічних ризиків, також як і оцінка збитку, являє собою складну ієрархічну систему з нестаціонарними процесами, що відбуваються на різних стадіях експлуатації ЕНПО, і дозволяє врахувати зміну в часі умов виникнення і розвитку негативних впливів, а також керувати мінімізацією ризику.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення: монографія / А. Б. Качинський. – К.: НІСД, 2001. – 311 с.
2. Руденко Л.Г. Оцінювання й картографування ризиків виникнення надзвичайних ситуацій в Україні – європейський контекст / Л.Г. Руденко, О.Л. Дронова // Укр. геогр. журн. – 2014. – № 1. – С. 53–60.
3. Качинський А.Б. Системний аналіз визначення пріоритетів в екологічній безпеці України / А.Б. Качинський. – Київ, 1995. – 46 с. (Препринт / Національний інститут стратегічних досліджень; № 42).
4. EPA/540/R-92/003. Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Volume I: Human Health Evaluation Manual: [Електронний ресурс] – Washington, DC, 1991. – Режим доступу: [http://rais.ornl.gov/guidance/epa\\_hh.html](http://rais.ornl.gov/guidance/epa_hh.html).
5. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. – К.: Основа, 2003. – 192 с.
6. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру» від 15.02.2002 № 175.
7. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря: МР 2.2.12-142-2007. – [Чинний від 13.04.2007]. – К., 2007. – 40 с.
8. Задунай О.С. Розробка методології аналізу системних ризиків під час експлуатації об'єктів підвищеної екологічної небезпеки / О.С. Задунай, С.І. Азаров // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2017. – Вип. 1(41). – С. 132–134.
9. Азаров С.І. Аналіз безпеки потенційно небезпечних об'єктів / С.І. Азаров, В.Л. Сидоренко // Техногенно-екологічна безпека. – 2017. – № 1. – С. 3–7.
10. Задунай О.С. Принципи створення системи оперативного моніторингу екологічної безпеки потенційно небезпечних об'єктів на основі мінімізації ризиків / О.С. Задунай, С.І. Азаров // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2016. – Вип. 4(40). – С. 125–130.

*Стаття надійшла до редакції 07.08.2018.*