МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ДЛЯ ОКРЕМИХ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Матис Є.О., Крот О.П.

Харківський національний університет будівництва та архітектури
вул. Сумська, 40, 61002, м. Харків
matis19ev@gmail.com; krot.olga@kstuca.kharkov.ua

У статті розглянуто і систематизовано сучасні методичні підходи з оцінювання екологічності промислових підприємств і фактори впливу хімічної галузі, а саме метод ризик-аналізу, та проаналізовано економічні, екологічні і соціальні (економічний аспект ризик-аналізу визначається оцінкою рівня техногенного навантаження на НС у вигляді екологічних збитків; екологічний аспект ризик-аналізу визначається як імовірнісна характеристика реалізації настання або відсутності негативного впливу техногенних факторів на компоненти НПС і здоров'я населення; соціальний аспект ризик-аналізу полягає у дослідженні дії негативних факторів на стійкість промислових підприємств, рівень здоров'я населення) інструменти визначення рівня екологічної безпеки, які використовуються для оцінки впливу хімічної промисловості на навколишнє середовище та суспільство. Зроблена оцінка прямих збитків від техногенного явища та визначення наслідків від екологічних збитків. Методика буде цікава фахівцям у галузі екології, хімії та суміжних наук. Дослідження наводить на думку про необхідність створення нового підходу до комплексної оцінки екологічності системних об'єктів. Оцінку діяльності хімічних підприємств за екологічною і соціальною складовими частинами пропонується проводити на основі методу ризик-оцінки. Актуальним науково-практичним завданням екологічної оцінки виробництва хімічної галузі є розроблення інформаційно-алгоритмічного забезпечення оцінювання екологічності і безпечності промислових об'єктів на основі удосконалення теоретичних, методичних положень комплексного екологічного аналізу щодо стану діяльності підприємств. Поставлені завдання можуть бути вирішені на основі поетапного формування системи інтегральної оцінки екологічності з урахуванням ризику негативних порушень у соціальній, економічній і екологічній системі, що дасть змогу надати загальну характеристику впливу на об'єкти НПС і встановити небезпечні ризик-фактори для здоров'я населення. Комплексний підхід у дослідженні рівня екологічності промислових підприємств дає змогу обґрунтувати методичні засади для врахування екологічних, економічних і соціальних показників в управлінні якістю НПС. *Ключові слова:* екологічні ризики, методика багатокритеріальної оцінки, хімічні підприємства, екологічна стійкість.

Model of assessment environmental risks methods formation for individual complex systems. Matis Y., Krot O.

The article considers and systematizes modern methodological approaches of assessing the environmental friendliness of industrial enterprises and factors influencing the chemical industry, being more specific it is the method of risk analysis and we have analyzed economic, environmental and social (economic aspect of risk analysis is determined by assessing the level of man-made impact in the form of environmental damage; environmental aspect of risk analysis is defined as the probable characteristics of the occurrence or absence of negative impact of man-made factors on natural environment and public health, the social aspect of risk analysis is to study the impact of negative factors on the sustainability of industrial enterprises, levels of environmental safety) which are used to assess the impact of the chemical industry on the environment and society. The estimation of direct losses caused by the technogenic phenomenon and determination of consequences of ecological damages has been made. The method will be of interest to specialists in the field of ecology, chemistry and related sciences. The study suggests the need to create a new approach to comprehensive assessment of the environmental friendliness of system facilities. It is proposed to evaluate the work of chemical enterprises in terms of environmental and social components on the basis of the risk assessment method. An urgent scientific and practical task of environmental friendly assessment of the chemical industry is the development of information and algorithmic assessment of environmental friendliness as well as safety of industrial facilities based on improving the theoretical and methodological provisions of comprehensive environmental analysis of the state of enterprises. The set tasks can be solved on the basis of step-by-step formation of the system of integrated environmental assessment taking into account the risk of negative infringements in the social, economic and ecological system, that will enable to give general characteristic of impact on natural environment and define risk-factors for public health. An integrated approach to the study of the level of environmental friendliness of industrial enterprises allows to substantiate the methodological principles for taking into account environmental, economic and social indicators in the quality management of natural environment. *Key words:* environmental risk, multi-criteria assessment methodology, chemical industry, ecological sustainability.

Постановка проблеми. Оцінка екологічних ризиків промислового об'єкта розраховується для визначення небезпек, отримання якісних та кількісних показників рівнів та наслідків дії небезпечних і шкідливих факторів на об'єкти впливу та визначення ймовірності наслідків для попередження несприятливих подій і для обґрунтування управлінських рішень щодо зменшення рівня ризику. Процедура оцінки екологічних ризиків полягає

у виконанні взаємопов'язаних етапів та має три найважливіші складники, такі як: ідентифікація небезпек, оцінка ризику впливів та характеристика ризику (рис. 1) [1, с. 488; 2, с. 1141].

У загальному визначенні екологічний ризик – це імовірність несприятливих для НС наслідків від будь-яких змін у природних об'єктах.

Прийняття управлінського рішення щодо зниження рівня екологічного ризику пов'язано з імовірністю

виникнення техногенних аварій, що завдають істотної шкоди природному середовищу і здоров'ю людей.

Під час визначення екологічного ризику вихідною інформацією є дані про порушення стану, функціональності об'єкта, небезпечні антропогенні явища та процеси; рівень захворюваності населення за умови прояву небезпечних явищ.

Відповідно до завдань сталого розвитку ризик розглядається у трьох аспектах – економічному, соціальному й екологічному [3, с. 111].

Економічний аспект ризик-аналізу визначається оцінкою рівня техногенного навантаження на НПС у вигляді екологічних збитків.

Для конкретного стану об'єкта навколишнього середовища визначають ступінь негативного впливу з урахуванням небезпечних факторів дії на об'єкт і на його складники, що становить екологічний аспект ризик-аналізу.

Екологічний ризик є імовірнісною характеристикою визначення негативного впливу техногенних факторів на компоненти НПС і здоров'я населення (екологічний аспект).

Соціальний аспект ризик-аналізу полягає у дослідженні дії негативних факторів на стійкість природно-територіальних комплексів (ПТК), рівень здоров'я населення. Визначення ризику проводиться з урахуванням стану і процесів у системі дослідження, враховуються наслідки впливу техногенного об'єкта на складники НПС і людину.

Оцінка екологічного ризику має комплексний характер, заснований на різномірних даних. Для розрахунку оцінки необхідно визначити структуру збитків, факторів, що їх викликають, і привести всі показники до єдиної нормованої шкали оцінок. Структура екологічного ризику становить ієрархічну

модель, початкова вершина якої відповідає комплексній оцінці ризику, вищі вершини – різним очікуваним збиткам за видами факторів, що їх викликають. Кожній дузі у відповідність ставиться ймовірність виникнення цього типу збитку (рис. 2).

Ієрархічна модель оцінки екологічного ризику враховує вплив основних компонентів навколишнього середовища: атмосферного повітря (ЗА), води (ЗВ), ґрунту (ЗГ). Для отримання комплексної оцінки ризику необхідно привести значення показників збитку до єдиної дискретної шкалою оцінок за п'ятирівневою шкалою, яка включає такі показники збитку:

$$U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\}, \quad (1)$$

де u_1 – несуттєвий; u_2 – малий; u_3 – середній; u_4 – великий; u_5 – катастрофічний.

Визначення показників негативного впливу ґрунтується на аналізі чинників, що їх викликають. Для цього проводиться вимірювання концентрацій забруднюючих речовин, нормування оцінок відповідно до функціоналу нормування величин або визначення інтегральних показників.

У результаті формується комплексна оцінка:

$$K^* = \sum_i [C_i^*, O_i^*, g_{yi}], \quad i \in I_s, \quad (2)$$

де C_i^* – значення концентрації; O_i^* – проста оцінка, що визначається стандартними методиками (індекс забруднення атмосфери (ІЗА), індекс забруднення ґрунтів (ІЗГ), питомий комбінаторний індекс забруднення води (ПКІЗВ)); I_s – множина індексних характеристик; g_{yi} – вага показника.

Екологічний ризик визначається як імовірність настання несприятливої події з урахуванням його наслідків, викликаних небезпечними природними або антропогенними факторами протягом певного

Рис. 1. Схема аналізу ризику

Рис. 2. Ієрархічна модель оцінки екологічного ризику

Таблиця 1

Заходи щодо запобігання шкідливому впливу за категоріями екологічного ризику

Категорія ризику	Оцінка	Заходи
Незначний	1–3	Заходи не потребуються
Малий	4–6	Заходи не обов'язкові. За ситуацією треба стежити, щоб ризик був керованим
Середній	7–9	Необхідно здійснити заходи щодо зниження ризику. Якщо ризик має серйозні наслідки, необхідно більш точно обчислити вірогідність небезпечної події
Високий	10–16	Обов'язкові термінові заходи щодо зниження ризику
Катастрофічний	17–25	Обов'язкові заходи щодо ліквідації ризику. Робота в умовах ризику повинна бути негайно припинена і відновлена тільки після ліквідації ризику

періоду часу. Імовірність настання небезпечної події і виникнення збитків визначається на основі статистичних даних. П'ятирівнева шкала рівня ймовірності виникнення збитків включає такі показники:

$$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\} \quad (3)$$

де p_1 – практично виключено; p_2 – малоімовірно; p_3 – ймовірно; p_4 – можливо; p_5 – неминуче. Оцінка екологічного ризику здійснюється за видами збитку відповідно до матриці ризику. Матриця ризику показує залежність рівня ризику від співвідношення ймовірності події та тяжкості шкоди (рис. 3).

p_5	r_3	r_4	r_4	r_5	r_5
p_4	r_2	r_3	r_4	r_4	r_5
p_3	r_1	r_2	r_3	r_4	r_4
p_2	r_1	r_1	r_2	r_3	r_4
p_1	r_1	r_1	r_1	r_2	r_3
	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5

Рис. 3. Матриця екологічних ризиків

Залежно від отриманого значення оцінки введені такі категорії ризиків: $R = \{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5\}$, де r_1 – незначний ризик; r_2 – малий ризик; r_3 – середній ризик; r_4 – високий ризик; r_5 – катастрофічний ризик. Залежно від розрахованого значення ризику визначається необхідність проведення заходів щодо запобігання шкідливому впливу на об'єкти НПС або ліквідації наслідків відповідно до таблиці 1.

Кількісна міра ризику може визначатися абсолютним або відносним рівнем втрат. В абсолютному вираженні ризик може визначатися величиною можливих втрат у натуральному (фізичному) або вартісному вираженні. У відносному вираженні ризик визначається як величина можливих втрат, яка порівнюється з базовими (фоновими) значеннями (повсякденний ризик смерті для людини оцінюється величиною дії на людину за рік або інший час), відсоток біологічних видів екосистеми, на яких позначиться шкідливий вплив). Таким чином, екологічний ризик одночасно враховує дві характеристики несприятливої події – ймовірність його настання і величину завданої шкоди, тобто є комплексним показником. Він відображає інформацію про середні збитки, які об'єкт понесе при постійній стратегії поведінки в тих чи інших умовах розвитку негативної дії. З точки зору кількісної оцінки поняття

«екологічний ризик» може бути сформульовано як відношення величини можливого збитку від впливу шкідливого екологічного фактора за певний інтервал часу до нормованої інтенсивності цього фактора.

У загальному випадку ймовірність природного і антропогенного впливу на біосферу визначається не одним, а безліччю факторів, найважливішими з яких є два:

– небезпечне явище (природні і техногенні катастрофи, різного роду порушення, забруднення НПС), що визначає ймовірність дестабілізації природної рівноваги, до якої адаптувалася людина;

– вразливість населення (ступінь підготовленості до цих явищ, реакція на них), що визначає ймовірність агресивного впливу факторів НПС безпосередньо на людину, яка може привести до погіршення здоров'я, смерті, зниження життєздатності популяції.

Ризики порушення стійкості й екологічності екосистем і ризики здоров'ю населення визначають на макро- і мікрорівні діяльності промислового об'єкта, враховуючи стаціонарність і динамічність природних процесів. Система оцінки детермінованого екологічного ризику використовує фіксовані значення токсичності і концентрацій забруднювачів у природних об'єктах. Показником детермінованого ризику є співвідношення токсичності та концентрації. Імовірнісний підхід відповідає класичному визначенню поняття ризику і дає змогу врахувати варіабельність і невизначеність розподілу негативного фактору впливу у НПС. Результатом оцінки такого ризику є розрахована ймовірність настання несприятливих наслідків за період негативної дії (рис. 4).

Загальна модель оцінки екологічного ризику на мікрорівні має вигляд:

$$M = \{q_p \mid p = \overline{1, n}\}, \quad (4)$$

де: M – множина чинників ризику;

q_p – чинник p -го типу ризику.

Для оцінки екологічного ризику доцільно використовувати системний аналіз багатфакторних ризиків для i -х компонентів НПС в узагальненій формі, який обумовлює можливість адаптації до конкретних умов.

Кожний j -й показник $x_{ij} q_p$ – чинника ризику визначається інформаційним вектором I_{ipj} :

$$I_{ij} = \{x_{ij} \mid x_{ij} = x_{jq} \mid q = \overline{1, n_{ij}}; x_{ijk} \in Z_{ijk}; j \in N_p\}. \quad (5)$$

Кожний чинник ризику q_p характеризується показником антропогенного навантаження H_p та природними чинниками.

Антропогенне навантаження як причина порушення стійкості екосистем пов'язується з j -ю кількістю показників h_{pj} [4, с. 635]:

$$H_p = \{h_{pj} \mid p \in N; j = \overline{1, n_p}\}, N \in [1, n], \quad (6)$$

де: H_p – сучасний рівень антропогенного навантаження на i -й компонент НПС, що викликає p -й вид ризику появи негативних наслідків для екосистеми; N – кількість чинників p -го виду ризику впливу антропогенного навантаження на i -й компонент НПС.

Безумовно, екологічний ризик (P) на макрорівні як ймовірність порушення стійкості екосистем залежить від існуючого стану компонентів екосистеми (K_i) та впливу сучасного або потенційного антропогенного навантаження (H_i) і може бути виражена функцією $P = f_i(K_i, H_i)$

В загальному вигляді ймовірність порушення екологічної стійкості та початку деградаційних процесів i -го компоненту навколишнього середовища під впливом негативних чинників визначається за формулою [4, с. 635]:

Рис. 4. Схема аналізу екологічного ризику на мікро- і макрорівнях

$$P = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - P_i) \quad (7)$$

де: P_i – ймовірність порушення стійкості екосистем залежить від існуючого стану i -х компонентів екосистеми;

Оцінка екологічного ризику при сучасному стані i -го компоненту НПС визначається за формулою:

$$P_i^c = f_i(K_i^c, H_i^c), \quad (8)$$

де: K_i^c – сучасний стан i -го компоненту навколишнього середовища;

H_i^c – сучасний рівень антропогенного навантаження від впливу негативних чинників на i -й компонент навколишнього середовища.

Актуальність дослідження. Актуальним науково-практичним завданням екологічної оцінки виробництва хімічної галузі є розроблення інформаційно-алгоритмічного забезпечення оцінювання екологічності і безпечності промислових об'єктів на основі удосконалення теоретичних, методичних положень комплексного екологічного аналізу щодо стану діяльності підприємств. Методика оцінки екологічного ризику на макрорівні (державному рівні) передбачає ідентифікацію регіонів (областей) України з найбільшим рівнем екологічної небезпеки на основі оцінки екологічного ризику стану компонентів довкілля та визначення пріоритетності екологічних проблем у регіонах з найбільшим рівнем екологічної небезпеки. На регіональному рівні необхідним є вирішення таких завдань: ідентифікація антропогенних чинників, що є причиною підвищеного екологічного ризику погіршення стану компонентів НПС; визначення переліку найбільш небезпечних підприємств-природокористувачів; удосконалення регіональних програм із метою формування природоохоронних заходів щодо зниження екологічного ризику; науково-практичне обґрунтування рівня прийнятності екологічного ризику погіршення стану компонентів навколишнього природного середовища.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. На мікрорівні (місцевому) впровадження методики оцінки екологічного ризику передбачає оцінку технологічних та економічних можливостей підприємства по реалізації заходів, спрямованих на мінімізацію ризику з урахуванням економічної оцінки екологічного ризику, що дозволяє визначити умови, за яких ризик залишається прийнятним, для чого він зіставляється із соціально-економічними перевагами [5, с. 21].

Викладення основного матеріалу. Економічна характеристика екологічного ризику надає таке трактування: ймовірність антропогенного впливу на біосферу залежить від різних чинників, кожен з яких володіє конкретною величиною ризику, необхідно для узагальнення оцінки екологічного ризику підсумувати ризики за окремими факторами:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i \times X_i, \quad (9)$$

де R – кількісна міра ризику (середній ризик), що виражається в тих же показниках, що і збитки (математичне очікування збитку), які об'єкт понесе при постійній стратегії поведінки за період (середньомісячний, середньорічний); P_i – ймовірність отримання збитків розміром X_i в результаті настання несприятливої події; X_i – величина збитку, виражена у відповідних показниках (прийнятих в економіці, як правило, у вартісному вираженні); n – число можливих варіантів збитків, які можуть мати місце при настанні несприятливої події, включаючи і нульову шкоду.

Таким чином, екологічний ризик є комплексною характеристикою і допускає оцінки можливих негативних наслідків для об'єкта управління і варіативну ймовірність їх настання. Цим він відрізняється від загальноприйнятої концепції оцінки екологічної безпеки, заснованої на законі Лібіха про мінімальне значення екологічних факторів.

Уявлення про ризик тих чи інших втрат (збитків) дає крива розподілу ймовірностей втрати (залежність ймовірності втрат від їх величини) (рис. 5). Її побудова являє собою складну задачу.

Рис. 5. Типова крива розподілу ймовірності виникнення певного рівня шкоди

Побудова кривої дає змогу визначити «зони ризику» у функції від величини збитку (X), а саме: безризикового, допустимого, критичного та катастрофічного ризику. Безризиковою вважається область, якій відповідають незначні порушення екосистем, що не приводять до екологічних відмов. Під зоною допустимого ризику слід розуміти область, в межах якої вплив джерела небезпеки здійснюється відповідно до екологічно обґрунтованого ризику (наприклад, скиди не перевищують гранично допустимих, визначених з урахуванням асиміляційної ємності екосистеми), тобто збиток не перевищує запланованого ($X_{\text{доп}}$).

Зона критичного ризику характеризується небезпекою відмов, переходом системи в стан надзвичайної екологічної ситуації або кризовий. При цьому збиток ($X_{\text{кр}}$) має величину значно більшу, ніж запланований.

Зона катастрофічного ризику відрізняється небезпекою виникнення екологічної катастрофи (від локального до регіонального масштабу – повна відмова екосистеми). У межі збиток ($X_{\text{кат}}$) може досягати величини, що перевищує дохід цього підприємства, що здійснює небезпечні скиди/викиди (регіональний або національний дохід залежно від масштабів екологічної катастрофи).

Тенденція застосування концепції прийнятного ризику стає все більш стійкою у всіх промислово розвинених країнах. Оцінка прийнятного ризику особливо важлива під час прийняття рішень про інвестиції. Рівень ризику вважається прийнятним, якщо його величина (ймовірність реалізації або можливі збитки) настільки незначні, що заради одержуваної при цьому вигоди у вигляді матеріальних або соціальних благ людина або суспільство загалом готові піти на ризик.

Ризик-аналізом називають будь-яку діяльність із виявлення, аналізу, систематизації факторів ризику (рис. 6).

Блок «Оцінка ризику». Оцінка ризику – це аналіз походження і масштаби ризику в конкретній ситуації. Будучи аналітичним інструментом, оцінка ризику дозволяє визначити фактори ризику для здоров'я людини, їх співвідношення і на цій основі визначити пріоритети діяльності по мінімізації ризику.

Метою оцінки є формування умовного розподілу ймовірностей збитків на однотипних об'єктах для несприятливої події з урахуванням її впливу.

Методичний блок «Оцінка ризику» включає послідовне проведення таких етапів.

1. Ідентифікація ризиків ґрунтується на виявленні небезпеки, встановленні джерел і чинників ризику, а також об'єктів їх потенційного впливу, на основі чого визначається склад (перелік) негативних подій, що викликають погіршення якості навколишнього середовища і прямо або побічно (через це погіршення) завдають економічної шкоди промислового підприємству. При цьому вивчаються сценарії можливих впливів на НПС як еволюційного, так і аварійного характеру.

2. Оцінка ймовірності прояву (схильності), тобто реального впливу фактора ризику на людину і навколишнє середовище; виконується тільки щодо тих подій, які віднесені до розряду ризикових (аварійних) з урахуванням тимчасового чинника; оцінка дається за допомогою різних методів: інженерних, моделювання, експертних, соціологічних.

3. Визначення структури можливого збитку пов'язане з аналізом впливу чинників ризику на населення і навколишнє середовище, визначенням стійкості людини й екосистеми щодо впливу певного дестабілізуючого чинника. Найчастіше проводиться в двох формах: у натуральному вигляді і в вартісному вираженні. Натуральний (фізичний) збиток вимірюється кількісними характеристиками (число загинувших дерев, пошкоджених машин, забруднених гектарів ґрунту тощо). Вартісна форма вираження називається збитком. Збитки поділяються на прямі (безпосередні втрати об'єкта: здоров'я, життя людини, майно населення або юридичних об'єктів тощо) і непрямі, що виникають як наслідок неможливості для об'єкта вести нормальну діяльність, яку він здійснював до прояву події (до них відносять упущену вигоду, втрату іміджу тощо). Збитки визначаються різними методами: нормативними, розрахунковими, ринковими тощо.

4. Побудова кривої розподілу ймовірностей втрат.

5. Заключний етап – оцінка міри ризику проводиться з метою виявлення та

Рис. 6. Блок-схема етапів ризик-аналізу

формування кількісних показників ризику для прийняття управлінських рішень.

Таким чином, для визначення величини ризику відповідно до виразу (9) необхідно мати інформацію, яка відображатиме відповідність значень P і значень X_i . Така інформація в найпростішому випадку визначає закон розподілу ймовірностей в просторі збитків. У процесі обробки вихідних даних для отримання висновку про наявність чи відсутності ризику, його форми, оцінки характеристик повинні розглядатися концентрація забруднювача, його токсичність, доза і тривалість дії. Потребує також визначення ступінь точності оцінки екологічного ризику.

На практиці для природних екосистем найчастіше розраховують екологічний ризик антропогенного забруднення. Якщо не враховувати аварійні екологічні ситуації, а обмежитися тільки еволюційним аспектом зміни стану ОПС внаслідок антропогенного впливу, то під час оцінки екологічного ризику необхідно виділяти три його складники:

- оцінка впливу забруднюючих речовин на здоров'я людини (населення);
- оцінка стан біоти за біологічними інтегральними показниками;
- оцінка впливу забруднюючих речовин на компоненти навколишнього природного середовища.

Найбільш достовірно можна оцінити екологічний ризик за його першим складовий – стану здоров'я людини, при визначенні екологічного ризику головна увага має бути направлена на аналіз співвідношення шкідливих екологічних наслідків, що закінчуються смертельними наслідками, і кількісну оцінку сумарного шкідливого впливу на НС, оскільки для цього показника є досить надійні статистичні дані.

Оцінити екологічний ризик за другим і третім його складниками значно важче – показникам екологічної безпеки властива стохастичність (невизначеність) через прояви різних ефектів, до яких відносяться:

- кумулятивний ефект будь-яких довгострокових впливів на природні об'єкти (організми, екосистеми), істотне збільшення і накопичення за часом часто призводить до різких якісних змін шляхом сумарності слабких кількісних зрушень;
- нелінійність дозових ефектів впливів на живі організми виражається у вигляді непропорційно сильних біологічних ефектів від невеликих доз впливу, що пов'язано з підвищеною чутливістю організмів до слабких (інформаційним) впливів. Слабкі впливи призводять до змін поведінки живих істот. Впливи середньої інтенсивності викликають стресову реакцію і, як правило, включають механізми опору організму. Сильні впливи порушують життєдіяльність, підвищують ймовірність смерті;
- синергетична (спільна) дія різних факторів середовища на живі організми, яка нерідко призводить до несподіваних ефектів, не є сумою відповідей на надані дії; дія одного чинника може, як поси-

лювати, так і послаблюватися або якісно змінювати ефекти впливів інших.

Блок «Управління ризиком». Стратегія управління екологічною безпекою заснована на концепції ненульового, тобто прийнятного ризику, коли визнається факт недостатності абсолютної безпеки. Управління екологічними ризиками безпосередньо пов'язано з екологічним менеджментом. Воно розуміється як процес прийняття рішень, коли враховується оцінка екоризику, а також технологічні та економічні можливості його запобігання (зниження). Основна мета управління ризиком полягає у визначенні шляхів запобігання небезпечній ситуації або мінімізації ймовірності розвитку такої ситуації (зведення ризику до прийнятного рівня).

Досягнення поставленої мети здійснюється шляхом розроблення управлінських рішень, у яких вказуються методи впливу на ризик (правові, економічні, інформаційні, технологічні).

Під час управління ризиком можна виділити два процеси:

- регулювання ризику – процес нагляду та контролю за джерелами небезпеки, спостереження за станом навколишнього середовища і його змінами під впливом людської діяльності, перевірка виконання планів і заходів з охорони НПС, раціонального використання природних ресурсів, оздоровлення навколишнього середовища, дотримання вимог природоохоронного законодавства і нормативів якості навколишнього середовища. Цей процес здійснюється спеціально уповноваженими державними органами;
- оптимізація витрат на захист – процес зниження ризику з метою досягнення такого його рівня, який є розумним і досяжним з погляду економічних і соціальних факторів.

Основою для вибору методів впливу на ризик є дані блоку «Оцінка ризику», який розглядається як перша ланка управління ризиком.

6. Оцінка ефективності методів і заходів впливу на ризик. Оскільки нейтралізація ризику (повна або часткова) за допомогою набору відповідних заходів пов'язана з витратами, які можуть значно відрізнятися за своїми розмірами, важливо визначити на цьому етапі «прийнятність» ризику. Це дозволяє більш достовірно оцінювати ефективність методів і заходів впливу на ризик. «Прийнятність» ризику визначається в межах методології системного аналізу у відповідності до положень класичної теорії оптимізації, що дозволяє під час вибору варіантів знаходити тільки одне компромісне рішення. При цьому ризик обов'язково зіставляється з низкою соціально-економічних чинників. Процес порівняння здійснюється на основі критерію «витрати-вигоди» («вартість-ефективність»), оцінюються:

- вигоди від того чи іншого виду господарської діяльності;
- втрати, зумовлені використанням виду діяльності;

– наявність і можливості регулюючих заходів з метою зменшення негативного впливу на природне середовище та здоров'я людини.

Чиста вигода визначається з умови:

$$B = U - (P + X + Y_1 + Y_2), \quad (10)$$

де U – загальна вигода, що включає вартість виробленого продукту; P – основні виробничі витрати (будівлі, обладнання, вартість експлуатації і т.п. без урахування захисних заходів); X – витрати на досягнення того чи іншого рівня безпеки, що включають природоохоронні витрати і витрати на заходи техніки безпеки; Y_1 – виражена в грошових одиницях величина збитку в результаті даного виду діяльності, що завдається навколишньому середовищу; Y_2 – виражена в грошових одиницях величина збитку в результаті даного виду діяльності, що наноситься здоров'ю людей.

Діяльність виправдана, якщо $B > 0$. Можливі три варіанти прийняття рішення:

- ризик може бути повністю допустимий (низький, нижче середнього і середній);
- частково допустимий (вище середнього);
- повністю неприпустимий (високий, зона відчуження).

У разі неможливості отримання вартісної характеристики ризику використовується метод зіставлення рівнів ризику, встановлених відповідними нормативами, тобто витрат, необхідних на його зниження в розрахунку на одиницю ризику, і вигод, виражених у вартісній формі.

7. Прийняття рішення про впровадження в практику управління ризиком конкретного набору заходів. Управління ризиками передбачає визначення і впровадження в практику «оптимального» (раціонального) набору методів, які дозволяють зменшити сукупні витрати, зумовлені забрудненням навколишнього середовища («чисті ризики») або отримати максимально можливу в такій ситуації вигоду.

При цьому йдеться про два види управління екологічним ризиком:

- аварійним технологічним ризиком у разі «стрибокподібної» техногенної катастрофи;
- неаварійним промисловим ризиком у процесі «нормальної» виробничої діяльності.

Таким чином, етап прийняття регулювального рішення пов'язує всі попередні етапи оцінки ризику та управління ним. Його реалізація можлива за допомогою інструменту екологізації виробництва, а саме екологічного менеджменту, практичні системи якого інтегруються в загальну систему управління підприємством. Схеми створення і функціонування систем екологічного менеджменту теоретично засновані на «принципі постійного поліпшення Е. Демінга», а практична методологія їх використання викладена в стандартах ISO 14001 та 14004.

8. Контроль результатів впровадження заходів щодо захисту від ризику. Специфічним є останній

етап ризик-аналізу, а саме: контроль за результатами усунення неприйнятної (надмірної) ризику або зменшення прийнятної, частково прийнятної (недоцільної) ризику. У процесі управління ризиком він здійснюється шляхом безперервного або регулярного моніторингу стану НПС; оцінки впливу на навколишнє природне середовище (ОВНС), що виконується на стадії проектування будівництва підприємства; екологічної експертизи запланованій господарської діяльності; екологічного аудиту, який використовується для перевірки й оцінки реальної (експлуатаційної) діяльності промислових об'єктів. Правильний вибір «типового» методу контролю у процесі ризик-аналізу є окремим важливим завданням.

Обидва розглянутих блоку «Оцінка ризику» й «Управління ризиком» мають як загальну базу, так і відмінні риси. Загальним в оцінці та управлінні ризиком є те, що вони являють собою дві стадії єдиного процесу прийняття рішення, заснованого на мінімізації ризику. Різниця полягає в тому, що оцінка ризику будується на фундаментальному дослідженні джерел і чинників ризику, схильності до ризику з урахуванням особливостей екологічної обстановки, а управління ризиком спирається на екологічний та соціологічний аналіз.

Прийняття та реалізація управлінських рішень повинні ґрунтуватися на системному підході до вирішення проблеми за допомогою екологічного менеджменту та на загальних принципах «екорозвитку», закладених у концепції сталого еколого-економічного розвитку:

- прийнятність ризику екологічної небезпеки;
- домінанта соціального ефекту забезпечення екологічної безпеки;
- оцінка ступеня небезпеки розвитку природних і техногенних процесів;
- збалансоване поєднання централізованих та децентралізованих структур управління, а також компенсаційних економічних механізмів забезпечення екологічної безпеки;
- планування і розвиток виробництва відповідно до місткості і здатності природних екосистем до самовідновлення;
- еколого-економічна збалансованість суспільного розвитку;
- економічне стимулювання екологічно чистих технологій і обладнання.

На основі проаналізованих методів оцінки екологічних ризиків розроблене інформаційне забезпечення оцінки екологічного ризику, яке передбачає вивчення процесів трансформації і міграції речовин у суміжних середовищах довкілля і враховує оцінку різних компонентів НПС (рис. 7).

Таким чином, для визначення оптимального методу оцінки екологічного ризику необхідно враховувати походження фактора негативного впливу (явище), процеси у екологічній системі, якій

нанесені збитки, кінцевий стан екосистеми (наслідки дії негативного фактора для компонентів НПС і здоров'я населення) (рис. 8).

Використання методики визначення екологічних ризиків для окремих складних систем (еколого-економічна, соціально-екологічна, соціально-економічна) показує необхідність створення нового під-

ходу до комплексної оцінки екологічності системних об'єктів (рис. 9).

Перспективи використання результатів дослідження.

Таким чином, пропонується комплексне використання методів оцінки екологічних ризиків, заснованих на показниках небезпечності явищ і джерел

Рис. 7. Закордонні системи інформаційного забезпечення оцінки ЕР

Рис. 8. Модель комплексної оцінки екологічного ризику стану ПТК

Рис. 9. Схема комплексної оцінки екологічності системних об'єктів

їх виникнення, екологічних збитків, негативного впливу на здоров'я населення, стійкості території до техногенного впливу з урахуванням початкового стану об'єкта негативного впливу [6, с. 288]. Доцільність розроблення методики багатокритеріальної оцінки екологічності підприємств хімічної галузі пов'язана із запровадженням додаткових аспектів дослідження у методичне та інформаційне

забезпечення існуючих методик з контролю якості моніторингових систем. Необхідність удосконалення робочих методик, застосованих на практиці з визначення екологічності підприємств хімічної промисловості, зумовлена розширенням вузькоспеціалізованих завдань відповідно до обґрунтованості аналізу з функціональності та ефективності досліджених систем [7, с. 52].

Література

1. Lettenmeier M., Liedtke C., Rohn H. Eight Tons of Material Footprint—Suggestion for a Resource Cap for Household Consumption in Finland. 2014. Vol. 3. 488–515 p.
2. Liedtke C., Buhl J., Ameli N. Microfoundations for Sustainable Growth with Eco-Intelligent Product Service-Arrangements. *Sustainability*. 2013. Vol. 5. 1141–1160 p.
3. Майорова Л.П. Оценка экологичности технологических процессов. *Вестник Томского гос. ун-та*. 2009. Том 2 (Вип. 13). С. 111–116.
4. Dennis J. Paustenbach Human and ecological risk assessment. Theory and practice: text. New York: 2002. 635 p.
5. Manuilova A. Methods and Tools for Assessment of Environmental Risk. *Product Stewardship & Sustainability. Akzo Nobel Surface Chemistry AB*. 2003. 21 p.
6. Матіс Є.О., Крот О.П. Дослідження показників екологічності підприємств хімічної промисловості. *Науковий вісник будівництва*. 2020. Т. 100 (Вип. 2). С. 288–294. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb_2020_100_2_47 (дата звернення: 11.12.2021).
7. Матіс, Є.О., Крот О.П. Метод оцінки життєвого циклу продукту як ефективний комплекс дій щодо екобезпеки хімічної галузі. 2021. *Technogenic and ecological safety, National University of Civil Defence of Ukraine*. Том 9 (Вип. 1). С. 52–57. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/12989> (дата звернення: 11.12.2021).