

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

В.І. Бредун

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ

Навчальний посібник

Полтава 2021

Відповідальний за випуск: завідувачка кафедри прикладної екології і природокористування О. В. Степова, д.т.н., доцент.

Рецензенти:

Новохатній В.Г., д.т.н., професор кафедри ПЕіП Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Бахарєв В.С., д.т.н., доц., директор Навчально-наукового інституту механічної інженерії, транспорту та природничих наук КрНУ ім. Михайла Остроградського.

Рекомендовано до друку науково-методичною радою

Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Протокол № 2 від 16 грудня 2021р.

Бредун В.І., к.т.н., доцент кафедри ПЕіП.

Екологічна безпека та управління ризиками. Навчальний посібник. – Полтава: Видання Національного університету імені Юрія Кондратюка, 2021. – 189 с.

У посібнику викладено загальні уявлення про ризик, розглянуто види ризиків і критерії їх прийнятності, розглянуто поняття про техногенні системи і створювані ними небезпеки і загрози для населення й екологічних систем. Розглянуто питання оцінювання і вимірювання ризику. Обговорена методологія і підходи до розв’язання проблеми якісної і кількісної оцінювання екологічних ризиків. Описано теоретичні та практичні аспекти управління екологічними ризиками, як в загальному плані, так і при здійсненні деяких конкретних видів діяльності. Розглянуті питання прогнозування та оцінювання екологічних ризиків на стадії інвестиційного планування проєктів.

Посібник може бути корисним для студентів старших курсів, магістрів і аспірантів за напрямками екологія, технології захисту навколишнього середовища.

Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Співвідношення понять небезпека, загроза, ризик.....	8
1.1. Небезпеки та загрози.....	8
1.2. Збиток від негативних наслідків.....	9
1.3. Ризик як міра можливої шкоди від негативних наслідків.....	11
Розділ 2. Структура екологічної небезпека.....	14
2.1. Критерії та ознаки екологічної безпеки.....	14
2.2. Ієрархічна структура екологічної небезпеки.....	16
2.3. Техногенна складова екологічної небезпеки.....	17
2.4. Клас соціогенної небезпеки.....	18
Розділ 3. Екологічний ризик.....	21
3.1. Суть екологічного ризику.....	21
3.2. Джерела екологічних ризиків.....	23
3.3. Екологічні фактори ризику.....	25
3.4. Імовірність несприятливого впливу як індикатор екологічного ризику.....	29
3.5. Класифікація ризиків.....	31
3.5.1. Деякі варіанти загальних класифікацій.....	31
3.5.2. Класифікація екологічних ризиків. Перший варіант.....	33
3.5.3. Класифікація екологічних ризиків. Другий варіант.....	34
3.6. Невизначеність та ризик.....	36
Розділ 4. Концепція ризику.....	38
4.1. Небезпека і безпека.....	38
4.2. Моделі поведінки людини в умовах ризику.....	40
4.3. Визначення ризику. Суб'єкт, предмет і об'єкт ризику.....	43
4.4. Концепція екологічної безпеки в ризикологічному аспекті.....	48

Розділ 5. Техноекосистеми та техногенні ризики.....	52
Розділ 6. Оцінювання ризику.....	62
6.1. Загальні принципи та підходи до оцінювання ризику.....	62
6.2. Процедура аналізу ризику.....	67
6.3. Індивідуальний ризик. Його сутність та особливості.....	70
6.4. Проблема оцінювання ризику здоров'я населення.....	73
6.5. Моделі оцінювання екологічного ризику для здоров'я людини.....	76
6.6. Модельні підходи до оцінювання ризику екосистем.....	79
6.7. Якісні та напівкількісні методи оцінювання ризику.....	81
6.7.1. Група методів оцінювання небезпеки та небезпечних ризиків....	82
6.7.2. Група методів, що використовуються для оцінювання як техно- генного, так і екологічного ризику.....	86
6.7.3. Методи, що використовуються переважно для оцінювання еко- логічного ризику.....	92
6.7.4. Модельні та інші методи оцінювання екологічного ризику.....	94
6.8. Матриця ризику. Сценарій перший.....	98
6.9. Матриця ризику. Сценарій другий.....	99
6.10. Метод розділу ризику.....	102
6.11. Модель оцінювання ризику з використанням розподілу Вейбулла –Гніденко.....	103
6.12. Лінійно-квадратична модель оцінювання ризику.....	105
6.13. Оцінювання ризику здоров'ю при впливі безпорогових токсикан- тів. Фактор ризику.....	105
6.14. Оцінювання джерел небезпеки і ризику.....	107
6.15. Методи оцінювання екологічного ризику на основі концепції ГДК.....	109
6.16. Енергетична оцінювання техногенного й екологічного ризиків...	112

6.17. Оцінювання техногенного й екологічного ризику на основі екологічно-економічних показників ефективності виробництва.....	114
6.18. Методика оцінювання екологічного ризику на основі показників якості, індикаторів та індексів.....	115
6.19. Американські та європейські методології оцінювання ризику здоров'ю населення.....	120
Розділ 7. Екологічні ризики в інвестиційних проектах.....	127
7.1. Екологічне забезпечення інвестиційного процесу.....	127
7.2. Інвестиційні проблеми у природних зонах.....	130
7.3. Екологічне оцінювання проектів та оцінювання ризику економічної діяльності.....	132
Розділ 8. Управління екологічними ризиками.....	136
8.1. Основні принципи та сценарії управління ризиками.....	136
8.2. Цикл управління ризиками.....	140
8.3. Аспекти управління ризиками.....	141
8.4. Класичні методи управління ризиками.....	143
8.5. Управління ризиками як елемент концепції безпеки.....	144
8.6. Управління екологічними ризиками.....	150
8.7. Методика управління ризиками РМІ.....	152
8.8. Системний підхід до управління ризиками.....	154
8.8.1. Класична концепція.....	154
8.8.2. Сучасні варіації у системному підході до управління ризиками ..	157
8.9. Управління ризиками об'єктів промисловості.....	161
8.9.1. Загальна концепція управління екологічними ризиками промислового об'єкта.....	161
8.9.2. Управління екологічними ризиками при поводженні з твердими відходами.....	163

8.9.3.Управління екологічним ризиком від автомобільного транспор- ту.....	168
8.9.4. Екологічний ризик від магістральних нафто- і газопроводів.....	169
8.9.5. Управління екологічними ризиками в сільському господарстві...	170
8.10. Управління ризиками в умовах природних та техногенних ка- тастроф.....	172
8.11. Ризики надзвичайних ситуацій та управління ними.....	177
Розділ 9. Геоінформаційні системи в управлінні екологічними ризи- ками.....	179
Література.....	183

ВСТУП

Поява техносфери – це об’єктивна реальність. Людству, щоб вижити, необхідно перетворювати навколишній світ під свої потреби. Біосфера консервативна і не має змоги швидко відгукуватися на такі потреби. Це може привести до відхилення її функціонування від стійкого аж до загибелі. Таким чином, наявність екологічної небезпеки й екологічних ризиків – це реальії сьогодення і атрибут майбутнього. Необхідний компроміс – задовольняти життєві потреби і при цьому жити в межах дозволеного. Будь-які відхилення від цього принципу необхідно, як мінімум, уважати небезпекою.

Однак з цього принципу випливає, що більшість загроз існуванню людства люди породжують самі. А отже, можуть цими загрозами керувати.

Ефективне управління небезпеками, в тому числі й екологічними, неможливо здійснювати без наявності чіткої системи їх оцінювання. У цьому плані одним з найбільш універсальних є методологічний апарат ризикології. Кількісну оцінювання екологічного ризику постійно застосовують у найрізноманітніших проектах у різних країнах, проте часто без знання і розуміння природних механізмів, керуючих процесами екологічного ризику. Це супроводжується високою невизначеністю оцінок ризику. Відомо, що стійкість сучасних техноекосистем багато в чому визначається їх природними біогеохімічними циклами, трансформованими в різній мірі ступенем антропогенної активності. Розуміння фундаментальних механізмів, що регулюють потоки речовин у біогеохімічних харчових ланцюжках, дозволить дати кількісну оцінювання екологічного ризику і визначити технологічні рішення для управління цим ризиком у техноекосистемах різного рівня.

Посібник може бути корисним для студентів старших курсів, магістрантів і аспірантів за напрямками «екологія», «технології захисту навколишнього середовища».

Розділ 1

СПІВВІДНОШЕННЯ ПОНЯТЬ «НЕБЕЗПЕКА», «ЗАГРОЗА», «РИЗИК»

1.1. Небезпеки та загрози

Об'єктом аналізу небезпеки є система «людина – технічна система – навколишнє середовище». У цілому, під небезпекою прийнято розуміти здатність певної системи завдати певної шкоди собі або навколишньому середовищу.

Описуючи небезпеки, прийнято розглядати перш за все специфічну систему «людина – середовище». Розрізняють промислове, міське господарство та природне середовище. Кожне середовище має власні концепції взаємодії людини з навколишнім середовищем. Для кожного середовища основні моменти оптимальної взаємодії вирішуються по-своєму: комфорт, мінімізація негативних впливів, сталий розвиток систем. Для техноекосистем головною причиною виникнення небезпеки є неконтрольовані викиди енергії високого рівня як природного, так і штучного походження (землетруси, повені, вибухи), внаслідок чого забруднюючі хімічні та біологічні компоненти потрапляють на людей, в екосистеми та середовище.

Існує кілька способів класифікації небезпек [1]:

- за характером походження: природні, техногенні, антропогенні, екологічні, змішані;
- за локалізацією: пов'язані з літосферою, пов'язані з гідросферою, пов'язані з атмосферою, пов'язані з космосом;
- за наслідками наслідків: втома, хвороба, травма, смерть тощо.

Відповідно до офіційного стандарту, небезпеки поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та психофізичні.

Фізичні небезпеки – переміщення машин і механізмів, збільшення забруднення повітря пилом та газом у робочій зоні, ненормальна температура повітря, підвищений рівень шуму, вібрації, тощо.

Хімічні небезпеки – загальнотоксичні, подразнюючі, канцерогенні, мутагенні тощо.

Біологічна небезпека – патогенні мікроорганізми, включаючи віруси і продукти їх обміну.

Психофізичні небезпеки – фізичні та нервово-психічні перевантаження.

Загроза – це небезпека, імовірність якої значна. Коли небезпека реалізується, виникає режим надзвичайних ситуацій (НС) різних проявів: вихід з ладу системи; збій роботи персоналу; нещасні випадки, в яких наноситься шкода здоров'ю людини; катастрофи; смертельні випадки.

Майже всі види надзвичайних ситуацій супроводжуються певними матеріальними збитками, а деколи летальними наслідками та втратою здоров'я людини.

1.2. Збиток від негативних наслідків

У результаті здійснення негативної події відбувається пошкодження різних складових соціально-економічних структур людського суспільства, екосистем, навколишнього середовища тощо. З точки зору економічних структур збитки можуть бути завдані матеріальним об'єктам економіки (руйнування будівель, промислових підприємств, обладнання тощо), змінюються фінансові показники (зменшення доходів, збільшення витрат, зменшення прибутку, зміна економічної ситуації тощо). Щодо соціальних структур, то шкода може бути завдана окремій особі, соціальній групі, соціальній структурі, суспільству, державі, нації, людству. У цьому випадку пошкодження має як матеріальні компоненти, так і компоненти, які мають

досить абстрактний характер, наприклад погіршення естетичного вигляду, зниження комфорту.

Збитки, спричинені усвідомленням небезпеки, можна виміряти різними одиницями. Матеріальні збитки зазвичай оцінюються в натуральних та грошових одиницях. В економіці шкоду зазвичай оцінюють у грошових або відносних одиницях, наприклад у частках ВВП. У залізниці прийнято оцінювати шкоду, завдану людському життю, за летальними наслідками (LI). У медицині прийнято оцінювати шкоду для здоров'я людини за кількістю поранених, травмованих та хворих на певні захворювання. В екоотоксикології шкоду для екосистем зазвичай оцінюють з точки зору маси біологічної речовини, частки скорочення популяції, частки хворих особин відносно загальної кількості особин у популяції тощо.

Останнім часом з'явилися нечіткі показники пошкоджень, які можна сформулювати словами, такими як: незначні пошкодження, катастрофічні пошкодження. На основі таких нечітких показників можна сформувати так звані шкали пошкоджень. Нечітка шкала повинна відображати всі можливі значення пошкоджень. Іншими словами, з точки зору теорії імовірностей індекси нечіткої шкали повинні утворювати повну групу випадкових подій. Випадкові події утворюють повну групу, якщо імовірність настання хоча б однієї з них дорівнює одиниці.

Нечіткі шкали для оцінювання різних явищ здавна використовуються в гідрометеорології. Прикладом може служити шкала Бофорта [2] для вимірювання сили вітру або шкала для вимірювання висот хвиль у точках. Важливо відзначити, що нечіткі шкали з'являються тоді, коли неможливо безпосередньо виміряти кількість відсотків, у цьому випадку пошкодження від негативного явища.

Існують різні роботи щодо запровадження деяких інтегральних показників збитків, наприклад у грошовому вираженні. Цей підхід особливо поширений у разі страхування потенційних збитків. Зручність такого підходу

полягає у зведенні математичної моделі вектора пошкодження до випадкового значення з зрозумілим грошовим виміром. Недоліком такого підходу є залежність концепції збитку від використовуваної грошової системи, тобто від поточного стану економіки, а також заміна одних концепцій іншими.

1.3. Ризик як міра можливої шкоди від негативних наслідків

На етапі прийняття рішення про певну економічну дію ще немає повної інформації про її позитивні та негативні наслідки. Однак є певна інформація про можливі події та їх наслідки. На основі такої інформації необхідно скласти прогноз можливих збитків та вжити заходів щодо їх зменшення. Ця інформація може бути імовірнісною або сформульованою через нечіткі множини.

Щоб спрогнозувати можливу шкоду U_A від негативної події A , ряд авторів запропонували використати так званий ризик R_A , який залежить від імовірності P_A того, що ця подія станеться:

$$R_A = R(U_A, P_A), \quad (1)$$

де R – деякий функціонал, форма якого може бути різною.

Сам тип функціоналу може бути різним, виходячи із завдань прогнозування збитків та способів використання цього оцінювання.

Наприклад як функціонал часто використовується математичне очікування випадкового значення пошкодження U_A , яке має функцію розподілу імовірностей $F_A(U)$ або щільність розподілу імовірностей $f_A(U)$, якщо U_A є неперервною випадковою величиною і може бути характеризується функцією

$$\begin{aligned} R_A &= M[U_A] = \int U_A \cdot dF_A, \\ R_A &= M[U_A] = \int U_A \cdot f_A(U) dU_A. \end{aligned} \quad (2)$$

В якості визначення ризику також можна використовувати такі параметри: дисперсія, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації випадкових пошкоджень тощо.

Важливо відзначити, що тут саме значення терміна «ризик» має суворе математичне значення і відрізняється від звичайного значення слова «ризик», яке можна знайти в різних тлумачних словниках. Однак, багато авторів відзначають неоднозначність поняття «ризик» та залежність його тлумачення від контексту його використання.

Завдання управління ризиками ґрунтується на універсальних правилах та виявленій залежності ризику від явищ, які можна контролювати або від яких можна захистити. Тут йдеться про управління ризиками у широкому та вузькому сенсі. У широкому сенсі управління ризиками – це особливий вид діяльності для пом'якшення несприятливих подій [4]. У вузькому сенсі управління ризиками означає забезпечення безпеки діяльності на основі урахування негативних подій, зменшення й усунення їх або їх наслідків.

У задачах управління ризиками важливим моментом є вибір показників збитків, які залежать від самого завдання оцінювання збитків. Спочатку цією проблемою займаються фахівці в галузі медицини, санітарії та гігієни. Їх цікавлять узагальнені показники захворювань та смертності в результаті реалізації певних негативних явищ. У нашій літературі зазвичай у цьому випадку вони використовують таке поняття, як індивідуальний та груповий ризик, або просто ризик.

Ризик у медицині, соціальній гігієні та санітарії розуміється як розрахована або інтуїтивно оцінена імовірність того чи іншого несприятливого результату тих чи інших дій окремої особи, групи осіб, організації, держави тощо. У системі соціально-гігієнічного моніторингу ми говоримо про ризик (потенційну небезпеку) для здоров'я окремої людини, групи людей, частини

населення або населення в цілому, що виникає або очікується у зв'язку з несприятливим впливом на нього певних факторів навколишнього середовища. Керівні принципи ВООЗ (1978 р.) визначають ризик як «очікувану частоту побічних ефектів, що виникають внаслідок певного впливу забруднювача». Згідно з Глосарієм US EPA, ризик – це «імовірність пошкодження, хвороби або смерті за певних обставин». Він кількісно виражається у значеннях від нуля (що відображає впевненість у тому, що шкоди не буде завдано) до одиниці (що відображає впевненість у тому, що шкода буде заподіяна). Таким чином, оцінюючи шкоду для життя та здоров'я людей, ризик – це просто імовірність однієї негативної події, котра може вплинути на життя та здоров'я людини. Зазвичай це виражається у формі $A \cdot 10^n$, наприклад $2,5 \cdot 10^{-4}$. Використовуючи ризик, ви можете оцінити кількість людей, які можуть бути наражені на небезпеку. Наприклад нехай для окремої людини ризик смерті на автомобільному транспорті протягом року становить $3 \cdot 10^{-4}$, що означає, що на кожні 10 тисяч середньостатистичних людей очікується 3 смерті на рік.

Окремою сферою ризику для здоров'я є оцінювання впливу різних забруднювачів на величину такого ризику. Хімічне навантаження на населення, як правило, викликається одночасним надходженням в організм десятків і навіть сотень хімічних речовин різними шляхами та з різних об'єктів навколишнього середовища. Крім того, їх біологічна дія може бути змінена під впливом різноманітних фізичних, кліматичних, біологічних, соціальних та інших факторів. У США та країнах Європейського Союзу активно використовується методологія оцінювання шкоди, завданої здоров'ю людини внаслідок забруднення хімічними речовинами [5].

Розділ 2

СТРУКТУРА ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКА

2.1. Критерії та ознаки екологічної безпеки

Визнання екологічної безпеки є невід'ємним атрибутом суспільного розвитку, вимагає радикальної зміни імперативів і цінностей сучасної цивілізації, їх бачення в екологічній перспективі. Це не тільки відмова від традиційного мислення, а й формування нового світогляду та стратегії постіндустріального розвитку, оскільки традиційний науково-технічний прогрес, як показала реальність, небезпечний з екологічної точки зору.

Екологічна безпека має такі особливості [1]:

1. Екологічна безпека проявляється у місцевому, регіональному та глобальному масштабах.

2. Забезпечення екологічної безпеки є основним способом розв'язання екологічних проблем, гарантує розвиток суспільства у формі, сумісній з біосферою та навколишнім середовищем.

3. Екологічна безпека передбачає розумне задоволення екологічних потреб будь якої людини та суспільства в цілому в усіх аспектах життя, гарантію проживання в екологічно чистому та сприятливому для життя середовищі.

4. Усі аспекти національної безпеки тісно взаємопов'язані, і розв'язання переважної більшості проблем екологічної безпеки можливе лише в поєднанні з іншими аспектами національної безпеки.

5. Екологічна безпека не може бути реалізована лише заради суб'єкта екосистеми (суспільства) завдаючи шкоду об'єкту (довкіллю). Цей тип розвитку суспільства характеризується екологічною безпекою, котра реалізується лише в інтересах як суб'єкта, так і об'єкта.

6. Екологічна безпека не може бути сформована шляхом порушення екологічних прав інших груп населення, як у межах екосистеми, так і за її межами.

7. Ефективна екологічна безпека базується на фундаментальних екологічних, соціальних та біосферних законах, складних і тісно пов'язаних з різними сферами суспільного життя.

Група основних критеріїв екологічної безпеки включає:

– індивідуальна (медичні або санітарні) – призначені для обмеження впливу на людину негативних факторів. Показники індивідуального ризику протягом життя або річного ризику беруться за основу кількісної оцінювання впливу людей;

– генетичні – призначені для збереження генофонду та обмеження зростання кількості генетичних захворювань у першому та / або наступних поколіннях. Критерії генетичної безпеки є частиною особистості, але через їх важливість вони віднесені до особливої групи;

– соціальні – покликані обмежити вплив небезпечного фактора на групи людей. Необхідність реалізації цього критерію усвідомили лише після ряду великих аварій, надзвичайних ситуацій;

– психологічні – відображають ступінь сприйняття / несприйняття суспільством або групою осіб рівня антропогенного чи природного антропогенного ризику;

– економічні – покликані забезпечити сталий довгостроковий економічний розвиток. Кількісним критерієм безпеки є розмір економічного збитку внаслідок великих катастроф (природних чи техногенних), які призводять до дестабілізації економічної системи;

– технічні – призначені для обмеження аварій, аномальних подій та катастроф (наприклад суворе обмеження верхнього рівня імовірності

серйозної аварії або обмеження максимально допустимої кількості шкідливих та екологічно небезпечних речовин, що використовуються в процесі);

- біологічні – призначені для збереження біорізноманіття видів (наприклад у Нідерландах скорочення видового різноманіття більш ніж на 5% не допускається). Інший критерій, запропонований до використання, – це обмеження відносного скорочення кількості осіб, чутливих до цього фактора;

- ландшафтно-географічний – фактори, що обмежують негативний вплив навколишнього середовища на вододіли, ґрунти та інші географічні елементи; крім того, у просторі структури кліматичних параметрів допустимі зони також заборонені;

- ресурсні – призначені для обмеження та регулювання інтенсивності використання відновлюваних та невідновлюваних природних ресурсів

- політичні та інформаційні – забезпечують розуміння та участь населення у процесі прийняття рішень щодо потенційно небезпечних технологій, доступ до будь-якої інформації про ці технології;

- морально-правовий – покликані формувати нові моральні категорії та цінності, пов'язані з розумінням необхідності продовження існування цивілізації.

2.2. Ієрархічна структура екологічної безпеки

Екологічна безпека має ієрархічну структуру [1] і включає три основні типи: природний, природно-антропогенний та антропогенний (рис. 1). Ця класифікація, в принципі, відповідає групам факторів, що викликають екологічні проблеми, розглянутим М. Ф. Реймерсом. Ось тлумачення цих видів безпеки.

Природна екологічна небезпека виникає в результаті дії природних факторів, процесів і явищ. Цей вид небезпеки існував до появи людини як виду і викликається, наприклад повеннями, селями, ураганами тощо.

Нині діяльність людини прямо чи опосередковано впливає на значну кількість процесів, що відбуваються на Землі та в її геосферах. Результати цієї діяльності іноді є стимулом для розвитку тих природних екологічно небезпечних явищ, які в природних умовах не могли виникнути або відбувалися б з меншою інтенсивністю чи в інший час (їх поява прискорюється).

Антропогенний тип небезпеки створюється функціонуванням сфер людського життя, чинники яких є визначальними у процесі формування небезпеки. Природно-антропогенний та антропогенний види небезпеки існують з моменту появи людини як виду.

2.3. Техногенна складова екологічної небезпеки

Природна система «суспільство – довкілля» складається з двох підсистем: природної та соціально-економічної. Природна підсистема забезпечує соціально-економічні умови існування. Природні підсистеми під впливом діяльності людини продовжують жити за своїми законами: відбуваються природні процеси обміну речовин та енергії.

Завдяки процесам саморегуляції та самоочищення, що в ній відбуваються, природна підсистема постійно прагне підтримувати рівновагу, тобто підтримувати на оптимальному рівні життєво важливі властивості довкілля (склад атмосферного газу, хімічний та біологічний склад поверхні або підземні води, тепловий режим). Однак можливі ситуації, коли в природній підсистемі можуть розвиватися незворотні процеси, з якими вона сама не справляється. Тому існує необхідність керувати цими процесами.

Соціально-економічна підсистема формується на основі природної підсистеми і включає, як елемент, техногенне середовище вищого рівня (техно-сфера). У цьому середовищі об'єкти зосереджені, дискретно

розташовані у космічному просторі, створені руками людини (стаціонарні та мобільні), покликані забезпечити життя населення. Такі об'єкти та пов'язана з ними економічна діяльність становлять техногенну небезпеку. Це пояснюється тим, що розвиток майже завжди супроводжується збільшенням використання природних ресурсів та збільшенням впливу на природне середовище. Може настати час, коли величина техногенного навантаження на навколишнє середовище перевищить допустимий рівень. У таких регіонах створюється високий рівень екологічної небезпеки, тобто значне відхилення окремих показників, що характеризують стан природного середовища, як допустимий. Саме через соціально-економічну підсистему можна керувати екологічною безпекою регіональної системи [6].

Тип техногенної небезпеки, пов'язаної з біологічними факторами, виникає під час бактеріологічного забруднення навколишнього середовища. Забруднення відбувається під час здійснення біотехнологічних процесів, бактеріологічними забруднювачами яких є мікроорганізми.

Вид техногенної небезпеки, викликаній хімічними факторами, визначається наявністю шкідливих речовин, що містяться у викидах в атмосферу, скидах у водойму, відходах. Ці фактори можуть відрізнятися, наприклад способом утворення забруднюючих речовин, ступенем токсичності шкідливих речовин, рівнем забруднення тощо.

Кожен вид небезпеки включає окремі підвиди. Отже, види, утворені фізичними факторами, характеризуються підвидами, пов'язаними з випромінюванням, шумом, вібрацією, електромагнітним забрудненням навколишнього середовища тощо.

2.4. Клас соціогенної небезпеки

У структурі соціогенних небезпек ми виділяємо шість типів (рис. 3) [6], що охоплюють основні сфери життя людини. Ця систематизація видається найбільш доцільною, оскільки дозволяє об'єктивно групувати

фактори, що утворюють небезпеку. Розглянемо види та підвиди соціогенних небезпек.

Тип небезпеки, викликані регулюючими факторами. Недосконалість нормативної бази полягає в тому, що більшість документів містять лише ті вимоги та стандарти, яким має відповідати бізнес, а заходів практично немає. Покарання за порушення екологічного законодавства не є суворим, і практично не існує системи заохочення для зменшення навантаження на довкілля. Виникає ситуація, коли об'єкт не зацікавлений у зниженні рівня небезпеки для навколишнього середовища.

Тип небезпеки формується соціально-економічними факторами. Більшість компаній дотримуються економічної моделі, в якій видно прибуток. Екологічна небезпека формується на основі пріоритету економічних інтересів над екологічними. На підприємстві часто виникає питання: купити нове технологічне обладнання або модернізувати очисні споруди. Переважний перший варіант.

Тип інформаційної та освітньої небезпеки. Сучасне суспільство називають «інформаційним», тобто інформація надзвичайно важлива. Тому дезінформація населення з екологічних питань є важливим чинником формування небезпеки. Неточна або неповна інформація іноді змушує людей вживати невідповідні дії. Досить згадати аварію на Чорнобильській АЕС, коли влада не попередила громадськість про серйозність наслідків. Кожен, незалежно від професії та місця роботи, повинен мати знання в галузі екології. Низький рівень знань та вмінь майбутніх інженерів й технологів не дозволить їм проектувати екологічно чисте обладнання.

Вид небезпеки, спричиненої науково-технічними факторами. Слід зазначити, що наукові принципи управління екологічною безпекою недорозвинені. Тому в екологічній політиці держави багато красивих гасел, але мало ефективних дій. Ці стратегічні цілі не досягаються, оскільки методи їх реалізації або неефективні, або відсутні взагалі.

Фактором формування екологічної небезпеки є недосконалість реалізації інноваційних проєктів. Інновації можна розглядати як розв'язання проблемних проблем. Якщо дійсно важливий інноваційний проєкт не реалізується або реалізується частково, отже, проблема не розв'язана.

Тип небезпеки, спричинений духовними та культурними факторами. Екологічна культура спрямована на гармонізацію суспільства з навколишнім середовищем. У нашій країні недостатній рівень екологічної культури. Наприклад експерименти з роздільним збиранням відходів показали, що значна частина населення не усвідомлює важливості цієї проблеми. Відсутність екологічної моралі слід розглядати як фактор формування екологічної небезпеки. Така поведінка не карається законом. Але громадська думка може засудити її. Безвідповідальність однієї людини може мати катастрофічні наслідки для всього суспільства.

Тип небезпеки, спричиненої організаційними й управлінськими факторами. Основною метою екологічного менеджменту є гармонізація соціального, економічного та екологічного розвитку. Але в більшості випадків необхідно встановити неефективність системи управління та контролю, про що свідчить погіршення стану навколишнього середовища. Ще одним чинником формування екологічної небезпеки є обмежена участь громадськості у розв'язанні екологічних проблем. Цей чинник має кілька складових: недорозвинену публічність, недостатню громадську активність та інші.

Розділ 3

ЕКОЛОГІЧНИЙ РИЗИК

3.1. Суть екологічного ризику

На сьогодні екологічні ризики включають ризики хімічного забруднення навколишнього середовища шкідливими й токсичними речовинами, ризики руйнування біоти, ризики перенаселення, опустелювання, вирубки лісів, виснаження природних, питних та продовольчих ресурсів. Тепер екологічні ризики включають електромагнітні й акустичні ризики. Геомагнітні дії на людину відомі давно, і зараз вони також класифікуються як екологічний ризик.

Як і у визначенні загального поняття ризику, існує декілька визначень екологічного ризику. У США, наприклад екологічний ризик є двокомпонентним [7] і включає імовірність небажаної події екологічного характеру, а також можливу шкоду від цієї події. Останнє відноситься до величини (рівня), отже, ризик визначається як добуток імовірності настання події на величину наслідків.

Ризик у сфері навколишнього середовища виражається у можливій шкоді для здоров'я людини або шкоді для навколишнього середовища і проявляється в результаті їх уразливості та існування потенційної небезпеки, пов'язаної з негативними наслідками. Екологічний ризик можна визначити як «можливість несприятливих екологічних наслідків, спричинених як антропогенними, так і природними факторами». Візьмемо до уваги, що це визначення містить складність самого поняття екологічного ризику. Справді, його складовими будуть: а) небезпечні природні та техногенні явища; б) вразливість населення; в) соціальний та природний фон розвитку подій; г) реакція населення на небезпечні явища, ступінь підготовленості до них.

Методологічно екологічний ризик – це ризик порушення динамічної рівноваги в екологічних системах, що призводить до зміни параметрів характеристик їх абіотичних та біотичних компонентів у результаті природних процесів або техногенної діяльності та перебудови екосистеми у стан з новими властивостями.

Поняття ризику для екологічних систем пов'язане з джерелами внутрішнього та зовнішнього впливу [8], значна частина яких пов'язана з господарською діяльністю людини. Для динамічних процесів, що відбуваються в екосистемах, критерії екологічного ризику адекватні для оцінювання ступеня відхилення реалізованого або очікуваного шляху еволюції екосистеми від оптимального, тобто такого, при якому шкода для довкілля дорівнює нулю або мінімізована.

Визначення та оцінювання екологічного ризику включає частини, які функціонально пов'язані між собою, дві з яких такі: 1) який інформаційний ресурс аналізу екологічного ризику; 2) чи існує можливість взаємного перетворення інформації, отриманої на основі результатів оцінювання екологічного ризику та будь-якого іншого способу опису стану та якості довкілля, що розглядається.

Той факт, що екологічний ризик завдячує своїм походженням переважно господарській діяльності людини, означає, що генезис екологічного ризику спочатку передбачає його відповідність та співвідношення з технічним ризиком.

Для системи прийняття рішень, як показує практика, корисно пов'язувати стан промислового об'єкта зі станом навколишнього середовища. Це стосується насамперед екологічних загроз, які можуть включати техногенні аварії різного рівня, хімічні, енергетичні (термічні) забруднення, вплив електромагнітних та акустичних полів, небезпечні технології тощо.

Між технічними й екологічними ризиками існує принаймні три відмінності, які полягають у наступному.

Предметна область, що вивчає техногенні впливи та техногенну безпеку, включає як умови існування живих організмів, так і взаємозв'язок між живими організмами та їх середовищем існування, але кут зору, з якого розглядаються ці питання, відрізняється, ніж в екології.

Якщо порівняти визначення технічної й екологічної безпеки, то легко побачити, що вони різні і помітні. Оскільки безпека та ризик мають спільне коріння у своєму походженні, зрозуміло, що змістовне наповнення технічного ризику завжди буде відрізнятися від змістового змісту екологічного ризику.

На національному та навіть місцевому рівнях до забезпечення технологічної й екологічної безпеки зазвичай залучаються різні структури та різні відомства.

3.2. Джерела екологічних ризиків

У рамках екологічних ризиків розглядаються небезпеки, що виникають унаслідок взаємодії суб'єктів господарювання та співіснуючих з небезпекою екосистем. У цьому формулюванні здійснюється взаємодія такого типу: «економічний суб'єкт – довкілля – екосистеми». Взаємодія здійснюється на території впливу суб'єкта господарювання. Він розуміється як територія, на котрій можна простежити зміни навколишнього середовища та екосистем, які існували до цього.

У процесі взаємодії економічного суб'єкта з живою природою, тобто з навколишніми екосистемами, які не є його власністю, він сам може негативно впливати на них. Цей вплив може бути прямим, безпосередньо спрямованим на дику природу (полювання, збирання, рибальство) або непрямим, через негативну зміну навколишнього середовища.

Прямий негативний вплив на живі організми призводить до прямої екологічної небезпеки другого типу [9]. Вона пов'язана з надмірним навантаженням на живі ресурси, що споживаються людиною.

Технічні об'єкти можуть негативно впливати на екосистеми, що функціонують нормально, а також у результаті різних інцидентів, аварій та катастроф. Для різних суб'єктів ризику ці небезпеки можуть бути прямими або непрямими. Непрямі потенційні збитки пов'язані із застосуванням законодавчих норм, а прямі – з фактичними збитками без застосування законодавства.

Джерелом екологічної небезпеки другого виду є переважно хімічні речовини, що виділяються в процесі нормальної експлуатації технічних об'єктів у навколишнє середовище. За дією на живі організми хімічні речовини поділяються на такі великі групи: біогенні речовини; розсіяні елементи; ксенобіотики; токсини.

Екотоксикологія вивчає вплив різних хімічних речовин на живі організми та людину. Основним предметом її дослідження є встановлення взаємозв'язку доза – ефект, що означає визначення частки загиблих і хворих організмів певного виду під час впливу експериментальної групи досліджуваної хімічної речовини, залежно від концентрації, експозиції часу і способу впливу. Результати таких досліджень у вигляді так званих екотоксикологічних кривих публікуються в екотоксикологічних довідниках та зберігаються у спеціальних базах даних.

У результаті дії технічних об'єктів на певній території утворюються поля різних хімічних речовин, що характеризуються стаціонарним розподілом концентрацій у просторі. Ці хімічні речовини впливають на населення і спричиняють зростання захворюваності та смертності. Підвищений рівень пов'язаний з ризиком для здоров'я та захворюваннями.

Небезпеки, пов'язані з впливом хімічних речовин на здоров'я людей, часто називають небезпекою для здоров'я. Небезпека для здоров'я – це міра ризику для здоров'я.

Таким же чином можна визначити екологічну небезпеку другого типу, пов'язану з впливом різних фізичних полів, що супроводжують нормальну

роботу технічних систем: радіації, шуму, електромагнітного випромінювання, світлових полів тощо.

Особливе місце займають екологічні небезпеки другого типу, пов'язані з розташуванням технічних приміщень під час їх нормальної роботи. Прикладом є гідротехнічні споруди, які перекривають шляхи міграції риби; сільськогосподарські поля, що позбавляють багатьох видів диких тварин природного укриття; магістралі, що перекривають шлях руху тварин. Найбільший збиток біологічному виду виникає при знищенні укриттів та місць розмноження.

Небезпека для навколишнього середовища третього виду спричинена аваріями і катастрофами технічних систем, а також залповими скидами та викидами токсичних речовин.

Існують особливі екологічні загрози четвертого виду, коли потенційна шкода виникає внаслідок погіршення параметрів дикої природи, що побічно впливає на вартість майна та прибутковість бізнесу. Прикладом є мисливські господарства, об'єкти туризму, орієнтовані на любителів тварин. Інший приклад – парки та сади, наявність яких впливає на ринкову вартість житлових будинків поблизу них.

3.3. Екологічні фактори ризику

Екологічні ризики першого виду, викликані негативним впливом екосистем та їх окремих частин на господарську діяльність, можуть впливати на суб'єктів ризику у всіх трьох сферах суспільства: населення; енергетичний сектор; комерційний сектор.

Вектор потенційної шкоди від екологічних ризиків першого виду зазвичай включає:

- матеріальні збитки в природних одиницях;
- матеріальний збиток у грошових одиницях.

Птахи, спіймані на зльоті чи посадці літаків, можуть призвести до великих економічних втрат та загибелі людей. Навіть найбільші літаки піддаються екологічному ризику типу 1.

Живі організми (сільськогосподарські рослини, худоба, домашні тварини) складають частину власності суб'єктів господарювання. Вони також взаємодіють з екосистемами та їх окремими частинами і можуть відчувати негативні наслідки у вигляді хвороб та смерті, як на рівні особин, так і на рівні біологічного виду.

У виняткових випадках, пов'язаних з вторгненням великих або отруйних тварин та комах, можуть статися смерті, травми та захворювання. Тому екологічні ризики першого виду на рівні життя та здоров'я людини включають захворювання, пов'язані з впливом живих організмів (віруси, бактерії, зовнішні та внутрішні паразити), укуси змій та отруйних комах, травми та смерть від великих тварин.

Останнім часом особливу групу екологічних ризиків першого виду становлять генетично модифіковані сільськогосподарські продукти (трансгенні продукти) [9]. Трансгенні рослини мають високу стійкість до шкідників, посухи та інших негативних факторів.

Нещодавно з'явилися нові джерела екологічної небезпеки першого виду, пов'язані з тривалими польотами орбітальних космічних станцій. Ряд експертів вважають, що в умовах постійного опромінення космосу на цих станціях можуть з'явитися мутаційні форми бактерій та мікроорганізмів, для яких на Землі немає природних ворогів.

Пошкодження дерев'яних та бетонних будівель різними грибками та бактеріями призводить до великих економічних збитків. На боротьбу з цими видами екологічних ризиків першого виду в будівництві витрачаються величезні гроші.

Перший вид екологічних ризиків також включає корозію металевих виробів, спричинену особливим типом бактерій. Величина цього першого

виду екологічного ризику є глобальною для сучасного індустріального суспільства. Водночас лише невелика кількість фахівців із корозії схильні розглядати це явище з позицій біологічної небезпеки та віднести його до екологічних проявів наслідків господарської діяльності.

У сучасних умовах екологічні ризики першого виду, пов'язані з вірусними захворюваннями, наприклад Covid-19, виглядають по-новому. Авіаційні польоти дозволили за короткий час перемістити величезні маси людей на великі відстані. Це призвело до того, що епідемії грипу, Covid-19 та пов'язані з ними пошкодження стали майже регулярним явищем. Глобальні епізоотії також широко поширені серед худоби та птиці через глобальний обіг їх м'яса та кормів на основі м'яса домашніх тварин.

Кожне джерело екологічної небезпеки першого виду можна розглядати як фактор відповідної екологічної небезпеки першого виду. Для кожного фактора необхідно вказати територію його прояву, суб'єктів ризику та їх вектори потенційних пошкоджень чи об'єктів ризику.

Екологічні ризики другого типу пов'язані з екологічними небезпеками, що виникають у процесі негативного впливу на екосистеми в процесі нормальної господарської діяльності у звичайному режимі. Як зазначалося вище, ці небезпеки класифікуються як прямі та непрямі.

Прямі екологічні ризики другого типу пов'язані з потенційною шкодою для різних суб'єктів ризику внаслідок прямого негативного впливу на живі організми (надмірне полювання, надмірний вилов риби та морепродуктів, браконьєрство тощо). Суб'єктом ризику в цьому випадку є власник живих ресурсів. Предметом ризику зазвичай є економічний збиток. Зауважимо, що з точки зору екології суб'єктом впливу є самі живі організми, але поняття ризику до них не застосовується. Суб'єктом ризику є також економічний суб'єкт, який здійснює природокористування на рівні біоресурсів.

Прямі екологічні ризики другого типу існують для будь-якої фізичної чи юридичної особи в рамках чинного законодавства про охорону живого

світу. Нанесення умисної чи ненавмисної шкоди живим організмам (рослинам, птахам, тваринам тощо), що підпадають під дію такого законодавства, тягне за собою відповідальність, передбачену законом, аж до кримінальної.

Непрямі екологічні ризики другого типу спричинені технічними об'єктами, які змінюють властивості навколишнього середовища в процесі їх регулярного функціонування. Суб'єктом ризику є також власник живих ресурсів, а також безпосередньо людина (населення, технічний персонал) на рівні життя та здоров'я. Енергетичний сектор може бути предметом ризику, якщо йому доведеться вживати заходів щодо зменшення непрямих екологічних ризиків другого типу за рахунок свого бюджету. Суб'єктом ризику також може бути підприємство, що забруднює довкілля.

Непрямі екологічні ризики другого типу, пов'язані з хімікатами, розраховуються для різних видів тварин, які складають живі ресурси. Тут також використовуються екотоксикологічні криві, але для кожного виду або класу окремо. Відомо, наприклад що риби в кілька разів більш чутливі до певних хімічних речовин, ніж люди.

Непрямі екологічні ризики другого типу пов'язані з певними фізичними полями (випромінюванням, електромагнітними полями, шумом тощо). Фізичні поля впливають на життя і здоров'я людини, а також на всі біологічні види живих організмів. Для встановлення ступеня такого впливу для кожного з полів визначаються криві взаємозв'язку між фізичними параметрами навколишнього середовища й станом здоров'я людини й окремими біологічними видами. Очевидно, що загальна кількість таких кривих може бути досить великою.

Серед непрямих екологічних ризиків другого виду особливе місце посідають ризики, пов'язані з неправильним приляганням технічних об'єктів до навколишніх екосистем, порушенням шляхів міграції, розмноження тварин, нерестовищ, знищенням укриттів. Зазвичай ці обставини виявляються лише через деякий час. Виправлення негативної ситуації здійснюється під

тиском громадськості, ухваленням спеціальних репресивних рішень органів влади і вимагає великих витрат. Ця ситуація часто супроводжується підвищеним рівнем соціальної напруженості в суспільстві, поляризацією думок та зростанням рівня конфліктів. На етапі проектування економічних об'єктів часто постає проблема їх близькості до унікальних природних біотопів та пов'язаних з ними унікальних фітобіоценозів.

Небезпека для навколишнього середовища третього виду пов'язана з екологічною небезпекою, спричиненою аваріями та катастрофами технічних систем, а також із залповими скидами та викидами токсичних речовин. Ці скиди й викиди можуть бути спричинені форс-мажорними причинами або вони можуть бути викликані негайними економічними вигодами. Частина екологічних ризиків третього виду викликана тими ж екотоксикологічними кривими або кривими залежності від фізичних полів. Однак за цих умов концентрації шкідливих речовин та значення параметрів фізичних полів можуть у багато разів перевищувати значення, характерні для екологічної небезпеки другого виду, внаслідок чого відбувається збільшення пошкоджень дикої природи. Водночас у разі аварій та катастроф технічних об'єктів,

Існують особливі екологічні загрози четвертого виду, коли потенційна шкода виникає внаслідок погіршення параметрів дикої природи, що побічно впливає на вартість майна та прибутковість бізнесу. Прикладом є мисливські господарства, туристичні об'єкти, орієнтовані на любителів тварин. Важливо відзначити, що ці ризики тісно пов'язані з чинним законодавством, тому вони також містять політичну складову.

3.4. Імовірність несприятливого впливу як індикатор екологічного ризику

Різні види діяльності характеризуються насамперед імовірністю несприятливого впливу як на людину [10], так і на навколишнє середовище.

Нехай $P = Pr(u)$ – імовірність несприятливого впливу. Несприятливий вплив може мати один або декілька наслідків для навколишнього середовища, а їх руйнівну дію у свою чергу характеризують відповідні фактори навколишнього середовища.

Кількісною характеристикою повторення побічних ефектів за певний період часу є частота подій X , що вимірюється як відношення кількості цих подій Y до відповідних часових інтервалів T :

$$X=Y/T. \quad (3)$$

Як правило, основні види діяльності, такі як виробництво різних видів продукції, транспортування та зберігання, характеризуються імовірностями, котрі значно менші за 1. У цьому випадку імовірність зручно представити у вигляді $P = 10^{n_0}$, де n_0 змінюється від 3 до 9.

Все вищесказане про імовірність несприятливої події P відноситься до імовірності первинної аварії, розвиток якої може протікати за кількома сценаріями, котрі складають повну групу несумісних подій, тобто де P^i – імовірність події, що розвиваються за першим сценарієм. Крім того, шкідливі фактори, що виникають у результаті розвитку первинної аварії, можуть призвести до появи джерел вторинних аварій, пов'язаних, наприклад з вибухами вибухонебезпечних предметів під впливом теплового випромінювання від пожежі, порушенням захисту об'єктів, що містять токсичні речовини, під впливом вибухової ударної хвилі тощо.

Нехай трапляються вторинні аварії. Тоді, позначаючи через P^{ij} імовірність вторинної аварії на i -тому об'єкті, ми отримуємо, що імовірність z -го сценарію розвитку аварії з ініційованого вторинного джерела небезпеки матиме вигляд:

$$P^{ij}_p = P_p \cdot P^i_c \cdot P^j_b. \quad (4)$$

Імовірність пошкодження об'єктів навколишнього середовища. Позначимо через $P_n = P_n(r, u, L)$ імовірність пошкодження об'єкта навколишнього середовища в результаті негативного впливу. Тут r – віддаленість об'єктів від джерел впливу, L – захист об'єкта системи від руйнівного впливу екологічного фактора u .

Тоді

$$\text{Ризик} = F \{A, C\}, \quad (5)$$

де A – частота очікуваної аварії (настання небажаної події);

C – наслідки аварії (події).

Ризик часто виражається через рівень смертельних аварій (FAR). Показник FAR відображає кількість смертей протягом 108 годин після впливу імовірних надзвичайних факторів на здоров'я людини. Отже, якщо для певного підприємства показник FAR становить 8,0 це означає, що з 1000 чоловіків і жінок, які працюють на цьому підприємстві протягом усього свого трудового життя (наприклад 50 років) з режимом роботи 50 тижнів на рік (2 тижні на відпустку) та 40 годин на тиждень через аварію могли загинути вісім осіб.

3.5. Класифікація ризиків

3.5.1. Деякі варіанти загальних класифікацій

Ризики можна класифікувати за різними схемами [11]. Наприклад на ієрархічному рівні – за масштабами проблеми. Тоді ризики будуть відповідно на глобальному, регіональному, національному та місцевому рівнях. Це так звана вертикальна шкала. Ця класифікація є виправданою, і вона дійсно застосовується повсюдно. Існує також і горизонтальна шкала. Зазвичай

це відноситься до класифікації ризиків за дисципліною (предметом) дослідження. Зупинимось на цьому детальніше.

Біологічний ризик. Біологічний ризик може виникнути двома шляхами:

1. У першому випадку небезпека для живого організму знаходиться поза ним. Ця категорія ризиків включає виникнення епідемій та екологічних катастроф.

2. Загроза живим організмам виникає в самих організмах. Це включає ризики, пов'язані з генною інженерією.

Ризик епідемії. Сьогодні поширення різних інфекцій та вірусів досягло загрозливих масштабів. Експерти вважають першочерговим завданням розробку нових вакцин. Поява таких ризиків поки не передбачається, оскільки немає загальної теорії ризиків.

Технічний ризик. Найпоширеніший вид антропогенного ризику, який розуміється дуже широко – від ризику виходу з ладу окремого блока або частини до ризику аварій та катастроф планетарного масштабу. Він тісно пов'язаний з теорією надійності та теорією безпеки, у сучасному розумінні – з безпекою життя.

Ризики генної інженерії. Небезпечна сторона генної інженерії полягає в тому, що назад для її «продукту» немає повернення. Генетично модифікований організм може розмножуватися шляхом обміну генетичним матеріалом, викликаючи несподівані наслідки для біосфери. Втручання людини призвело до того, що організми, які не роблять цього в природі, почали обмінюватися генами. Можуть виникнути несподівані побічні ефекти.

Ризики ядерної енергетики – радіаційний ризик.

Ризики техногенних аварій та стихійних лих (ризики надзвичайних ситуацій) можна класифікувати за рівнем і величиною їх впливу та можливостями контролю. Весь людський досвід показує, що повторення типів

катастроф означає, що їх можна частково передбачити й управляти на різних рівнях.

У той же час можна виявити інші ризики, пов'язані з екологічними ризиками або впливаючими на величину останніх, наприклад:

- політичні та правові ризики, пов'язані зі змінами у законодавстві та нормативно-правових актах, як і раніше є найбільш серйозними ризиками, і їх також важко урахувати та оцінити;
- операційні ризики, пов'язані з помилками операторів та менеджерів, відповідальних за екологічну політику;
- ризик «втратити прапор» – це ризик залишити бізнес будь-якої екологічної компанії.

3.5.2. Класифікація екологічних ризиків. Перший варіант

Перший варіант ґрунтується на використанні трьох понять – суб'єкт ризику, об'єкт ризику та суб'єкт ризику в контексті спектра потенційних економічних збитків. У цьому варіанті екологічні ризики класифікуються за родами. Екологічні ризики першого виду, спричинені негативним впливом екосистем та їх окремих частин на економічну діяльність, можуть впливати на суб'єктів ризику у всіх трьох сферах суспільства: населення, енергетичний сектор, комерційний сектор. Екологічні ризики другого роду пов'язані з екологічними небезпеками, що виникають у процесі негативного впливу на екосистеми в умовах нормальної господарської діяльності у штатному режимі. Ці небезпеки поділяються на прямі та непрямі.

Прямі екологічні ризики другого типу існують для будь-якої фізичної чи юридичної особи в рамках чинного законодавства про охорону живого світу. Непрямі екологічні ризики другого виду спричинені технічними об'єктами, які змінюють властивості довкілля в процесі свого нормального функціонування.

Екологічні ризики третього виду пов'язані з екологічною небезпекою, спричиненою аваріями та катастрофами технічних систем, а також скидами залпів та викидами токсичних речовин.

Екологічні ризики четвертого виду – це ризики, коли потенційна шкода виникає внаслідок погіршення параметрів дикої природи, що побічно впливає на вартість майна та прибутковість бізнесу. Прикладом є мисливські господарства, об'єкти туризму, орієнтовані на любителів тварин.

3.5.3. Класифікація екологічних ризиків. Другий варіант

У другому варіанті класифікації ураховується, що ризики, які загрожують насамперед безпеці людини, зазвичай характеризуються малою імовірністю, але важкими наслідками; вони з'являються швидко і, крім того, до них можна віднести нещасні випадки на виробництві.

З іншого боку, ризики, які загрожують здоров'ю людини, навпаки, мають досить високу імовірність, але часто не мають серйозних наслідків, багато з них проявляються з певною затримкою.

Дуже часто ризики, пов'язані із загрозою стану навколишнього середовища, є одночасно ризиками для життя та здоров'я людей. Тому класифікацію ризиків можна проводити з точки зору можливості їх аналізу. Уважається, що на сьогоднішній день сформовано шість видів аналізу ризиків, які мають такі особливості.

Епідеміологічний аналіз ризику має на меті встановити та причинно-наслідкові зв'язки між властивостями джерел ризику та кількістю індукованих захворювань. Цей тип аналізу проводиться, як правило, при вивченні професійних захворювань у людей, але через брак даних дозволяє екстраполювати результати, отримані в процесі експериментів з тваринами.

Аналіз хімічного ризику покриває ризики, які несуть неканцерогенні хімікати. Характерною рисою хімічних ризиків є те, що вони з'являються лише в тих випадках, коли доза токсиканту перевищує певне значення, яке

називається пороговим. Мета цього аналізу – знайти значення гранично допустимих концентрацій токсичних речовин у воді, повітрі та ґрунті, для яких проводяться експерименти на тваринах.

Аналіз канцерогенного ризику розглядається окремо від інших видів через його важливість та необхідність частого використання. Розвиток злоякісних утворень (ракових пухлин) може бути викликаний хімічними речовинами (канцерогенами) або іонізуючим випромінюванням. Канцерогенний ефект іонізуючого випромінювання вважається несумнівним.

Імовірнісний аналіз ризику призначений для забезпечення безпеки складних і потенційно небезпечних технологічних процесів. Важливою особливістю цього типу аналізу є використання так званого методу дерева, який ураховує всі можливі відмови обладнання, технологічних одиниць та великих блоків, а кожна несправність характеризується власною імовірністю. Це дозволяє не тільки обчислити імовірність складних подій, але й оцінити їх конкретні наслідки (наприклад викид токсиканту або радіонукліда в атмосферу).

Якісний аналіз ризику повинен використовуватися у випадках, коли кількісне урахування небезпечної події чи процесу практично неможливе. Наприклад дуже важко кількісно оцінити ризики кислотних дощів або глобальних змін клімату.

Усі перераховані види аналізу ризиків безпосередньо пов'язані з екологічними ризиками, які слід розуміти як сукупність ризиків, що загрожують здоров'ю та життю людини, та ризиків загрози стану довкілля.

Пост-хок-аналіз ризику, що включає як стихійні лиха (землетруси, повені, зсуви тощо), так і небезпечну діяльність людей (аварії на транспорті, гостре отруєння пестицидами, рак у результаті куріння тощо). Термін «Пост-хок» означає, що цей тип аналізу використовує результати статистичної обробки проявів небезпечних подій і процесів у минулому.

3.6. Невизначеність та ризик

Невизначеність – одне з центральних понять у сучасній теорії та практиці управління [12, 13]. Важливість цієї концепції пояснюється тим, що на діяльність будь-якої організації та будь-якої людини впливають невизначені фактори. У цілому, невизначеність у моделях прийняття рішень слід розуміти як наявність кількох можливих результатів кожної альтернативи. Невизначеність є необхідною та достатньою умовою існування ризику при прийнятті рішень.

Невизначеність оточення людини виникає в умовах неповної інформації про значення чинників зовнішнього чи внутрішнього середовища організації. До них належать такі фактори зовнішнього та внутрішнього середовища, значення яких невідомі або невідомі до кінця. Невизначеність навколишнього середовища, по-перше, виникає за наявності цілеспрямованої протидії з боку інших осіб чи організацій, чиї методи дії невідомі. У такому випадку говорять про «цілеспрямоване» середовище, а пов'язана з цим невизначеність, спричинена поведінкою інших, які переслідують власні цілі, називається поведінковою невизначеністю.

Невизначеність середовища, по-друге, виникає через недостатнє знання деяких явищ, які мають об'єктивний характер і супроводжують процеси прийняття управлінських рішень. У цьому випадку має місце так зване об'єктивне середовище, а пов'язана з ним невизначеність називається природною.

Невпевненість може викликати не тільки ситуація, але й особистість керівника. Це пов'язано з тим, що різні люди неоднозначно сприймають одну і ту ж ситуацію, не мають достатніх знань та досвіду, думають непослідовно, нечітко оцінюють наслідки альтернатив тощо. У зв'язку з цим вони говорять про особисту невизначеність.

Імовірнісна невизначеність включає вплив випадкових факторів – таких невизначених факторів, які при масовій появі мають властивість статистичної стійкості й описуються певним законом розподілу імовірностей.

У багатьох випадках, коли бракує об'єктивної інформації, люди часто оцінюють вірогідність подій суб'єктивно, використовуючи інтуїцію, знання, досвід та непрямі дані про ситуацію. Такі імовірності називаються суб'єктивними. Випадкові чинники є найбільш «зручним» типом невизначеності, оскільки, коли вони з'являються у великих масштабах, вони підкорюються певним закономірностям і стають передбачуваними, хоча залишаються непередбачуваними у кожному конкретному прояві.

Невпевненість у впевненості характеризується впливом невідповідних факторів, тобто факторів, що не мають властивості статистичної стійкості. У найгіршому випадку, коли взагалі немає інформації про фактори, що впливають на прийняття рішень, виникає повна невизначеність.

Найт Ф. [14] розглядав два типи невизначеності: «невимірювана невизначеність» та «вимірювана невизначеність». Він запропонував словесне формулювання цієї відмінності у формі: невизначеності першого та другого виду. Невизначеність першого виду виникає, коли варіант поведінки досліджуваної системи відомий досліднику з фіксованим набором усіх можливих варіантів, а невизначеність другого виду характеризує ситуацію, коли дослідник може адекватно описати поведінку системи з використанням теоретико-імовірнісної схеми, котра передбачає чисельну оцінювання імовірностей реалізації різних варіантів поведінки досліджуваної системи.

Отже, ризик є властивістю невизначеності, тобто є його ознакою. З цього випливає, що в реальному житті ризик скрізь. Іншими словами, ризик – це спосіб дії в умовах невизначеності, що в кінцевому результаті приводить до переважання успіху над невдачею. Різниця у розумінні ризику теоретиками та практиками призводить до невизначеності першого виду, коли дійсно неможливо визначити ступінь небезпеки.

Розділ 4

КОНЦЕПЦІЯ РИЗИКУ

4.1. Небезпека і безпека

З ризиком пов'язане поняття «небезпека» [15], яке також пов'язане як із ситуацією, так і з можливістю несприятливого результату в розвитку певних подій чи явищ, але на відміну від поняття ризику, воно не залежить від рішень та дій особи. Усі ситуації або події, які потенційно можуть призвести до несприятливого результату, можна розділити на два класи.

Перший клас містить ситуації, які можуть мати несприятливий результат і які, однак, безпосередньо не залежать від дій суб'єкта, залученого до цієї ситуації. Такі ситуації називаються небезпечними. До них належать різні ситуації у повсякденному житті людей або у їх професійній діяльності, коли «проста» людина змушена, незалежно від її волі, піддаватися можливій небезпеці, пов'язаній, наприклад з природними явищами, тероризмом, забрудненням навколишнього середовища, військовими конфліктами тощо.

Другий клас включає невизначені ситуації, результат яких безпосередньо залежить від рішень і дій людини. Такі ситуації називають ризиковими. До них належать ситуації вибору в умовах невизначеності, коли людина, приймаючи рішення, свідомо піддається небезпеці для досягнення важливого для себе результату.

Термін «безпека» також здається цілком зрозумілим будь-якій людині, але на практиці кожен розуміє це поняття по-своєму і часто трактує його так, як йому зручніше та вигідніше. Один із загальноприйнятих варіантів такий: «безпека – немає небезпеки; безпека, надійність».

Небезпека та безпека – це в «суб'єктивному» сенсі те, що організовує наш власний стан, відчуття і навіть може спонукати нас до певних дій. У рамках цієї моделі можна говорити про об'єктивні та суб'єктивні складові

небезпеки й безпеки. Це підтверджує думку, що категорія «безпека» є відносною і набуває смислового значення лише у зв'язку з конкретними умовами, факторами, подіями, об'єктами чи діями.

Крім того, ми вводимо три види небезпеки:

- 1) реальні (проявлені) небезпеки;
- 2) потенційні небезпеки (які можуть виникнути за певних умов);
- 3) уявні небезпеки.

Реальні небезпеки – це, перш за все, очевидні, об'єктивні небезпеки, існування яких підтверджено всією практикою людської діяльності. Прикладів більш ніж достатньо.

Небезпеки потенційні, і ми з ними постійно маємо справу – це відомі нам небезпеки, які можуть проявитися за певних обставин.

Нарешті, небезпеки уявні. Під уявними небезпеками необхідно розуміти ті, які існують потенційно, але ми їх не знаємо, це неідентифіковані небезпеки, іншими словами, ми нічого не знаємо про них, але вони існують, або це небезпеки, котрі ми знаємо приблизно, але ми вважаємо, що вони незначні і ними можна нехтувати.

Звичайно, цей поділ також є досить умовним, оскільки процес може розвиватися за різними сценаріями, а з точки зору поділу небезпек на види – один вид небезпеки може перетворюватися на інший і – навпаки. Але ось що зараз важливо. Це визначення небезпеки легко пов'язати з поняттям імовірності та запровадити шкалу кількісної оцінювання небезпеки шляхом оцінювання імовірності. Така шкала легко сприймається людською свідомістю, і, як ми покажемо нижче, може бути представлена різноманітними числовими значеннями, що лежать у звичних і легко інтерпретованих діапазонах 0 – 1, або 0 – 10, або 0 – 100. За необхідності ці діапазони можна легко перевести у якісну шкалу.

Щоб описати стан об'єкта, який є складною соціально-технічною та біологічною системою, спробуємо визначити безпеку через небезпеку. Адже безпека – це протилежність небезпеки, тобто її відсутність.

Тоді безпека – це поєднання умов та факторів, що забезпечують захист людини, суспільства і навколишнього середовища від природних, техногенних та соціальних катаклізмів, катастроф і дій, які можуть завдати їм неприйнятної шкоди. Запропоноване визначення безпеки є більш універсальним, оскільки говорить про те, що різні види безпеки повинні забезпечуватися в різних умовах різними факторами (методами).

Сьогодні існує близько двадцяти основних видів безпеки – державна, військова, економічна, продовольча, технологічна, екологічна, інформаційна тощо.

4.2. Моделі поведінки людини в умовах ризику

Психологи розробили кілька моделей поведінки людини, котра опиняється наодинці з ризиком. Зазвичай прийнято розглядати особливості такої поведінки в рамках конкретної теорії прийняття рішень [16, 17, 18].

Теорія суб'єктивноочікуваної корисності (теорія СОК). Суть цієї теорії можна зрозуміти на спрощеному прикладі ситуації, наведеному Гордоном Пітцем. Ця ситуація є дуже типовою, вона являє собою наступну альтернативу для особи, котра стикається з ризиком: вона може вжити певних заходів для зменшення ризику чи ні, вважаючи за краще ігнорувати ризик.

Припустимо, будівельний працівник має справу з інструментом, який може завдати шкоди очам. Перед ним стоїть вибір: працювати в умовах ризику, але вжити заходів для його зменшення – носити окуляри, або знехтувати ризиком, тобто працювати, але без окулярів.

Таким чином, існує чотири можливих сценарії розвитку подій:

- носити окуляри й уникати травм;
- носити окуляри, але все ж отримати травму;

- не носити окуляри й уникати травм;
- ігнорувати ризик (не носити окуляри) і отримати травму.

Ці сценарії аналізуються з використанням теорії очікуваної корисності. Кожен сценарій характеризується певною імовірністю та значенням корисності, що є результатом розвитку події за цим сценарієм.

Корисність сценаріїв 1 і 2 залежить від дискомфорту (як фізичного, так і психологічного), який виникає під час носіння окулярів. Корисність сценаріїв 3 та 4 визначається ступенем небажання отримати травму (це ураховує очікувані больові відчуття, вартість лікування, можливість незворотних наслідків тощо).

У цій теорії введено дві імовірності – імовірність уникнути травм під час носіння окулярів (P_1) та імовірність уникнути травм, якщо окуляри не носяться (P_2). Очевидно, $P_1 > P_2$. Зазначені імовірності називаються суб'єктивними.

Оскільки значення цих імовірностей ґрунтуються на суб'єктивному сприйнятті, цілком можливі зрушення в їх оцінюванні, що також призведе до неадекватного вибору очікуваної корисності.

Теорія гомеостазу ризику. Ця теорія ґрунтується на тому факті, що, перебуваючи у ситуації, пов'язаній з ризиком, людина прагне мінімізувати свої витрати (наприклад оптимізуючи співвідношення між витратами часу та вартістю ризику), і це бажання не визначається за результатами проведеного аналізу, а залежить лише від набутого досвіду. Щоб наочно показати, як «працює» теорія гомеостазу ризику. Вагенаар пропонує зрозуміти поведінку водія автомобіля, який вибирає оптимальну, з його точки зору, швидкість. У цьому випадку вам слід взяти до уваги дві категорії – вартість ризику та витрати часу і подивитися, як вони змінюються зі збільшенням швидкості автомобіля.

Відповідно до теорії гомеостазу ризику, слід зосередитися на мінімальній сумі вартості ризику та витратах часу Avg.

Назва розглянутої теорії не відповідає її змісту. Насправді, як показує наведений вище приклад, у кожній ситуації нічого не зберігається постійним, але сума вартості ризику та витрат часу завжди мінімізується.

Теорія прагнення до «нульового ризику». Теорія прагнення до «нульового ризику» стверджує [19], що люди схильні шукати ситуації, в яких немає ризику. Точніше, люди схильні переходити до умов, в яких вони відчувають відсутність ризику. Насправді такі рішення можуть бути помилковими, оскільки люди просто не помічають ризик, яким характеризується нова ситуація.

Як приклад, розглянемо ще раз поведінку водія, який обирає швидкість транспортного засобу. На рис. 1 показані пікові криві D_1 та D_2 , кожна з них відповідає дисперсії (розкиду) значень швидкості навколо середніх значень V і V_{\max} . Значення V – це швидкість, яку вибрав водій, а значення V_{\max} указує обмеження швидкості на даній дорозі.

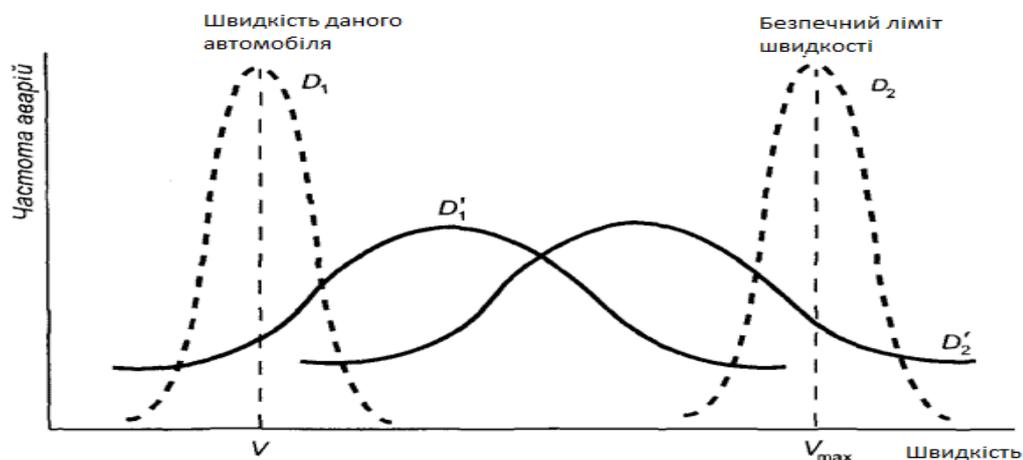


Рис. 1. Графічна ілюстрація теорії «нульового ризику»: пунктирні криві – сприйманий розподіл; суцільні криві – реальний розподіл

Значення V і V_{\max} завжди сприймаються не як фіксовані значення, а з певним розкидом, що описується кривими D_1 та D_2 . Цей розкид обумовлений тим, що людина не може однозначно відчути швидкість руху (однак чим більше досвіду водіння, тим вужчий розкид у сприйнятті швидкості).

Таким чином, ці криві характеризують психологічний ефект сприйняття водієм своєї швидкості та максимальної швидкості. Оскільки обидві криві охоплюють вузькі діапазони значень швидкості, вони не перетинаються, тому існує відчуття, що ризику немає. Дійсно, водієві здається, що область максимальної швидкості (з урахуванням сприйнятого розкиду) є відносно далекою від зони обраної ним швидкості (також з урахуванням сприйнятого розкиду). Водій вважає, що обрана швидкість створює «надійну ситуації».

Насправді, як було доведено численними експериментами психологів, у розглянутій картині є дві фундаментальні помилки.

По-перше, реальні розподіли дисперсій швидкості (спредів) зовсім не такі вузькі, як сприймаються.

По-друге, максимуми реальних кривих зміщуються відносно максимумів сприйманих розподілів, при цьому максимум лівої кривої зміщується вправо, а максимум правої кривої – вліво.

Це означає, що водій, як правило, недооцінює відстань між кривими розподілу швидкості. Більше того, практика показує, що водії, як правило, зберігають цей інтервал якомога меншим. У результаті дійсні криві D1 та D2 перекриваються. Тому на обраній швидкості V існує помітний ризик виникнення надзвичайної ситуації.

4.3. Визначення ризику. Суб'єкт, предмет і об'єкт ризику

Визначення ризику. Нині існує багато визначень поняття «ризик» [20, 21, 22, 23]. Зокрема, під ризиком розуміється дія, спрямована на залучення нової мети, досягнення якої пов'язане з елементом небезпеки, загрозою втрати чи невдачі.

Як зазначалося вище, ризик виникає лише в умовах невизначеності.

Таким чином, ризики в процесах прийняття рішень пов'язані з впливом невизначених факторів, які можуть призвести або до несприятливих, або до сприятливих результатів альтернатив.

Ризик – це поєднання трьох факторів:

- імовірність несприятливої ситуації (наприклад частіші випадки захворювань або травм певного виду);
- наслідки несприятливої ситуації;
- невизначеність оцінювання, як імовірність, так і масштаби наслідків.

Ризик не існує, якщо джерело небезпеки не встановлено або імовірність несприятливої ситуації дорівнює нулю. Небезпека визначається здатністю певної речовини, явища, події чи ситуації спровокувати появу небажаних наслідків певного типу за певних умов.

Можливість ризику вимірюється його імовірністю або частотою небажаних подій. Імовірність чисельно дорівнює відношенню кількості інцидентів до можливої кількості всіх подій того типу, що містить інцидент, тобто імовірність – це відношення двох чисел, і вона не має розмірності. Імовірність не може бути меншою за нуль (вона не може бути від’ємним числом) і не може бути більшою за одиницю.

Частота подій виражається кількістю подій за одиницю часу, або за одиницю відстані, або за одиницю площі. Це визначає одиницю вимірювання частоти подій: наприклад кількість подій на рік або, наприклад кількість подій на кілометр чи квадратний кілометр. Знаючи зв’язки та імовірність, можна обчислити частоту подій.

Другий компонент ризику – наслідки, пов’язані з втратами (збитками), спричиненими подією, – це (але не завжди) сукупне значення ризику, і його також можна обчислити: (школа для здоров’я; час, коли професійна патологія може проявитися як результат впливу певного фактора ризику; матеріальні втрати; шкода навколишньому середовищу,).

Тривимірне графічне зображення ризику показано на малюнку 2. Верхня ризику в цьому випадку відображає можливість усіх потенційних

жертв аварії отримати ушкодження для здоров'я різного ступеня тяжкості. На осі кількості жертв наноситься можлива сума жертв, від однієї до максимального числа людей, котрі перебувають у групі ризику, що відповідає сценарію інциденту.

Тяжкість пошкодження виражається у відсотках, тоді як 0% пошкодження відповідає події, котра не впливає на здоров'я людини. Поперечний переріз ризику зі 100-відсотковим пошкодженням показує імовірність загибелі людей унаслідок нещасного випадку (рис. 2).

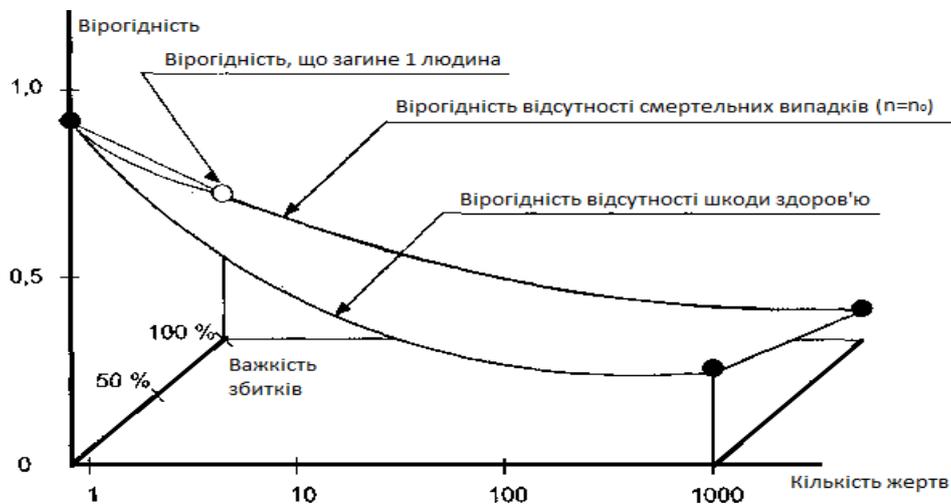


Рис. 2. Просторовий образ двокомпонентного ризику

Інші точки зору на проблему визначення ризику. Отже, підійдемо до проблеми визначення ризику з різних точок зору.

Ризик – це міра небезпеки.

Ризик – можливість несприятливих наслідків, викликаних антропогенними та природними факторами.

Ризик з точки зору процесу мислення – це певна психічна структура, створена нашою уявою з метою дослідження і пізнання ситуацій, подій, явищ тощо з метою їх оцінювання та прогнозування їх результатів.

Ризик з точки зору логіки. Аристотелівська логіка є неадекватною, коли шукають визначення ризику. Нам потрібна логіка, що містить «можливо».

Ризик з точки зору математики – це імовірність. Оцінювання невизначеності.

Ризик з точки зору фізики – це не фізична величина. Немає інструментів чи обладнання для «вимірювання» ризику.

Ризик з точки зору теорії інформації – це об'єктивний зміст зв'язку між взаємодіючими матеріальними об'єктами, який проявляється у зміні станів цих об'єктів. Ризик – це вибір одного з кількох можливих і рівних варіантів, що запам'ятовується.

Ризик з позиції синергетики – це імовірність втрати стійкості на траєкторії системи до наміченої мети.

Ризик з точки зору теорії вимірів – це величина з розміром або без нього. Ризик також може бути виражений у грошовому еквіваленті, у кількості людських жертв, у частоті подій тощо.

Ризик з позиції віднесення до науки – це міждисциплінарне поняття.

Ризик з точки зору конкретної особи – це індивідуальний ризик, ризик з точки зору конкретної окремої особи. Поняття, яке залежить від віку, освіти, рівня культури та рівня свідомості людини, а також від ситуації, в якій вона перебуває.

Ризик з позицій суспільства. Громадський ризик. Домінуюча думка в групі людей про значення певних небезпек.

Ризик з точки зору економічної парадигми. Прибутковий – нерентабельний.

Ризик з позицій системи прийняття рішень – це інструмент оцінювання та управління.

Ризик як явище використовується у багатьох природничих, технічних, гуманітарних та суспільних науках.

Ризик як прогноз – спроба передбачити майбутнє у імовірнісних термінах з урахуванням збитків або збитків.

Ризик як міра відповідальності – це процес прийняття рішення.

Ризик для окремої особи – це можлива небезпека випадкового настання негативних (особистих та майнових) наслідків.

Ризик має складну структуру, і його аналіз та оцінювання слід проводити з позицій цілісного бачення.

Суб'єкт, об'єкт та предмет ризику. Слово «суб'єкт» перекладається як особистість. Однак це лише одна з можливих трактувань слова «суб'єкт». Вираз «суб'єкт ризику» слід розуміти як присутність конкретної особи, котра може як створювати ризики, так і бути одночасно особою, котра бере на себе наслідки реалізації певних небезпек чи загроз.

Об'єктом ризику є також те, що може створити ситуацію ризику, або те, до чого можуть бути спрямовані відповідні загрози та небезпеки. Це означає, що суб'єкт ризику може перейти до об'єкта ризику. У нас така ситуація найчастіше в економіці.

Слово «об'єкт» має узагальнююче значення, а отже, більшу кількість конкретних значень. З іншого боку, відомо, що об'єкти є живими та неживими. Таким чином, суб'єкт ризику може бути як суб'єктом ризику, так і об'єктом ризику. Також слово «суб'єкт» може означати аспект наукової діяльності. У цьому сенсі, говорячи про предмет ризику, ми можемо мати на увазі той предметний напрямок, дисципліну, з позицій якої зараз розглядається це питання.

Таким чином, обговорюючи це питання, ми повинні виходити з ситуації ризику, з якою ми маємо справу зараз, і з визначення ризику, який ми використовуємо в даному конкретному випадку. Слід мати на увазі, що суб'єкт, об'єкт та суб'єкт ризику не мають сенсу в самоті. Дійсно, у ризикологічних ситуаціях у нас завжди є «джерело» ризику та «приймач» ризику, які в часових і просторових інтервалах можуть діяти по-різному. Як приклад можна вказати власника автомобіля і страхувальника у звичайній ситуації та в ситуації нещасного випадку.

Наступний приклад є ще більш симптоматичним. Можлива ситуація, коли суб'єкт і об'єкт ризику зосереджені в одній особі, у самій людині. Людина може бути джерелом ризику, водночас вона бере на себе ризик, а генеруючи специфічний ризик, людина також породжує суб'єкт ризику.

4.4. Концепція екологічної безпеки в ризикологічному аспекті

Екологічна безпека – найважливіший елемент безпеки держави та кожної окремої людини. В Україні, як і в інших державах, було прийнято низку законів, спрямованих на охорону навколишнього природного середовища та здоров'я людей. Сформовано окрему галузь законодавства під назвою «екологічне право», котра відображає питання екологічної безпеки.

Сама концепція екологічної безпеки біосфери [24] базується на здатності природних екосистем до самоорганізації, саморегуляції, самообслуговування, самоочищення та самовідтворення. Тільки біота здатна автоматично регулювати стан природного середовища таким чином, що зберігається якість води, ґрунту і повітря та їх придатність для використання живими істотами. Це досягається різноманітними механізмами регулювання кількості організмів, кожен з яких відіграє особливу роль у кругообігу біогенних речовин у біосфері.

Щодо соціально-технічних систем, то вони не здатні до самоорганізації, саморегуляції та самоочищення, а тому проблема забезпечення екологічної безпеки людини та природи є турботою самої людини.

Згідно з одним із визначень, «екологічна безпека – це процес забезпечення захисту життєво важливих інтересів особистості, суспільства, природи та держави від реальних і потенційних загроз, які становлять антропогенні чи природні впливи на навколишнє середовище». Система екологічної безпеки – це сукупність законодавчих, технічних, медичних та біологічних заходів, спрямованих на підтримання балансу між біосферою та антропогенними, а також природними зовнішніми навантаженнями.

На думку інших авторів, екологічна безпека означає «сукупність станів, процесів та дій, які забезпечують екологічний баланс у навколишньому середовищі та не призводять до життєво важливих збитків (або загроз такої шкоди) для природного середовища та людини».

Іноді екологічна безпека визначається як «стан, у якому взаємодія природного комплексу та людини визначається як стабільна (гомеостатична)». Це визначення можна сформулювати так: екологічна безпека – це стан стабільної динамічної рівноваги біосфери.

Екологічна безпека на державному рівні – це діяльність держави, спрямована на мінімізацію і усунення загроз, що виникають унаслідок антропогенного та природного впливу на довкілля. Екологічна безпека впроваджується на глобальному, регіональному та місцевому рівнях.

Для цілей кількісної оцінювання рівня екологічної безпеки розглянемо деякі додаткові поняття.

Суб'єкти екологічної безпеки – особистість, суспільство, держава, біосфера.

Об'єкти екологічної безпеки – життєві інтереси суб'єктів безпеки: права, матеріальні і духовні потреби особистості, природні ресурси та природне середовище як основа державного та суспільного розвитку.

Здоров'я – стан повного фізичного, психічного та соціального благополуччя, а не лише відсутність хвороб.

Показники, що характеризують здоров'я людини та стан довкілля, пропонуються використовувати як одиниці вимірювання безпеки. Ці показники, як зазначалося вище, можна виразити через ризик. Основним показником здоров'я є насамперед середня тривалість життя. Тривалість життя в різних країнах залежить не тільки від рівня розвитку медицини, а й від рівня соціально-економічного розвитку суспільства та стану природного середовища.

Оскільки метою безпеки є не лише охорона здоров'я населення, а й охорона навколишнього середовища, необхідно визначити показники, які кількісно оцінюють стан та якість. Такі показники включають ступінь відхилення параметрів, що описують якість компонентів природного середовища, від еталонних значень, які також можна виразити через ризик. Таку ж міру ризику можна інтерпретувати як ступінь стабільності системи в цілому.

Ядром концепції екологічної безпеки у світі є теорія екологічного ризику та її прикладна частина – визначення рівня прийняттого ризику, що з'явився у 2002 році.

Глобальний рівень управління екологічною безпекою передбачає прогнозування та відстеження процесів у стані біосфери в цілому та її складових сферах. Суть глобального контролю й управління полягає у збереженні та відновленні природного механізму відтворення навколишнього середовища біосферою, який керується сукупністю живих організмів, що її складають.

Управління глобальною екологічною безпекою є прерогативою міждержавних відносин на рівні ООН, ЮНЕСКО й інших міжнародних організацій. Методи управління на цьому рівні включають прийняття міжнародних актів з охорони навколишнього середовища в масштабах біосфери, виконання міждержавних екологічних програм, створення міжурядових сил для ліквідації екологічних катастроф.

Регіональний рівень включає великі географічні чи економічні зони, а іноді і території кількох держав. Контроль та управління здійснюються на рівні уряду держави та на рівні міждержавних відносин.

На цьому рівні система управління екологічною безпекою включає:

- екологізацію економіки;
- нові екологічно чисті технології;

– збереження темпів економічного розвитку, не заважаючи відновленню якості довкілля та сприяючи раціональному використанню природних ресурсів.

Місцевий рівень включає міста, райони, металургію, хімічну, нафтопереробну, гірничодобувну та оборонну промисловість, а також контроль викидів, стоків тощо, природоохоронну діяльність.

Розв'язання конкретних локальних проблем визначає можливість досягнення мети управління екологічною безпекою на регіональному та глобальному рівнях. Мета управління досягається при дотриманні принципу передачі інформації про стан довкілля з місцевого на регіональний та глобальний рівні.

Незалежно від рівня управління екологічною безпекою, об'єктами управління обов'язково є природне середовище, тобто комплекс природних екосистем, та соціально-природні екосистеми. Ось чому аналіз економіки, фінансів, ресурсів, правових питань, адміністративних заходів, освіти та культури обов'язково присутній у схемі управління екологічною безпекою на будь-якому рівні.

Розділ 5

ТЕХНОЕКОСИСТЕМИ ТА ТЕХНОГЕННІ РИЗИКИ

На сьогоднішній день сформувався досить добре розвинений напрямок теорії ризиків, пов'язаний з оцінкою та управлінням так званими техногенними ризиками [25 – 30]. Цей вид ризику створюється небезпеками, що існують під час будівництва, експлуатації технічних систем різної складності. Функціонування технічної системи потребує матеріального і фінансового забезпечення. У цьому технічні системи відрізняються від природних екосистем, які здатні функціонувати незалежно, без фінансового та матеріально-технічного забезпечення.

Майже всі технічні пристрої та технічні системи вписані в навколишнє середовище і взаємодіють з ним, обмінюючись речовиною, енергією і інформацією. Для більшості складних і дуже складних технічних систем такий обмін з природним середовищем настільки великий, що робить на оточуюче середовище значний вплив і викликає в ньому адаптаційні зміни. Такі зміни також можуть вплинути на навколишні екосистеми різного розміру. У цьому випадку прийнято говорити про техноекосистеми.

Роль техногенних ризиків дуже висока. Перш за все їх наслідки проявляються в самій технічній сфері. Збитки в цьому випадку пов'язані зі знищенням технічних засобів, смертю та травмами персоналу, втратою прибутку, штрафами, необхідністю усунення наслідків у технічній сфері та відновлювальними роботами. Техногенні ризики є джерелом небезпеки для третіх сторін, загрожуючи їм втратою майна, життя та здоров'я та іншими видами збитків. Часто вони пов'язані з екологічними ризиками, оскільки техногенні небезпеки викликають появу специфічних екологічних небезпек: наприклад у результаті техногенної аварії викиди токсичних хімічних речовин в атмосферу.

У свою чергу природа також робить свій небезпечний вплив на технічні системи. Природні явища є джерелами відповідних небезпек для технічних систем. Деякі природні явища впливають на правильне функціонування технічних систем і можуть спричинити в них різні надзвичайні ситуації. Наприклад обмеження видимості, пов'язане з туманом, дощем, хуртовиною, може призвести до помилок операторів (водіїв автомобілів, пілотів літаків, рульових суден тощо) та спричинити різні інциденти з технічними засобами і системами.

Більше того, масштаби потенційних пошкоджень тісно пов'язані з типом технічної системи. Наприклад фактична імовірність серйозних аварій на атомних електростанціях із пошкодженням ядра становить 0,005 замість необхідних значень 10^{-5} – 10^{-7} . На космічних ракетних кораблях фактична імовірність аварій, пов'язаних з невдалими пусками, становить $(3-7) \cdot 10^{-2}$, що набагато вище необхідних значень.

Різні небезпеки, котрі призводять до неправильної роботи технічних систем або помилок оператора, зазвичай називаються джерелами техногенних ризиків. Розрізняйте зовнішні й внутрішні джерела для кожного технічного пристрою та кожної технічної системи. Зазвичай при аналізі техногенних ризиків ці джерела обмежуються внутрішніми та зовнішніми джерелами, безпосередньо пов'язаними з функціонуванням технічної системи чи технологічної екосистеми, що розглядається.

Зовнішні джерела найчастіше включають:

- природні впливи, пов'язані з небезпечними природними явищами;
- зовнішні пожежі, вибухи;
- зовнішні техногенні впливи (зіткнення, аварії та катастрофи на інших технічних об'єктах тощо);
- зовнішні побутові впливи (відключення електроенергії, водопостачання, громадські протести);

- саботаж, терористичні акти;
- військові дії;
- інші.

До внутрішніх джерел переважно відносяться:

- помилки власних операторів;
- внутрішній саботаж;
- збої технічних пристроїв як частини технічної системи;
- руйнування несучих конструкцій унаслідок дефектів або втоми конструкційних матеріалів;
- внутрішні аварії, спричинені перебоями в подачі електроенергії, водопостачання, перериванням технологічних процесів тощо;
- внутрішні пожежі, вибухи;
- структура системи, наявність вузлів, ланцюгів, інцидентів;
- інші.

Важливо відзначити, що кожна технічна система має свій власний набір джерел небезпеки, які спрямовані на неї та виходять від неї. З ускладненням технічної системи кількість джерел небезпеки зростає. Зазвичай джерела небезпеки об'єднують у різні групи, які служать основою для факторного аналізу техногенних ризиків.

У теорії та практиці вивчення техногенних небезпек сформувався так званий фізико-хімічний напрям ідентифікації джерел техногенних небезпек у надзвичайних ситуаціях на великих промислових об'єктах. У результаті аварії або катастрофи смерть людей спричинена фізико-хімічними перетвореннями речовин, що потрапили в аварію. Ці фізико-хімічні перетворення проявляються у вигляді:

- руйнування, руйнування будівель і споруд;
- різні форми вогню;
- розкидання фрагментів та уламків обладнання;

- падіння, зіткнення або удар людини об елементи конструкції;
- вплив токсичних продуктів (токсичні пошкодження);
- пряме ураження ударними хвилями (фугасне ураження).

Важливо відзначити, що технічні системи існують у часі і мають свій життєвий цикл. У цьому циклі виділяють такі стадії:

- ідея;
- планування;
- створення;
- уведення в експлуатацію;
- експлуатація;
- ремонт та реконструкція;
- зняття зі експлуатації;
- ліквідація.

На різних етапах життєвого циклу технічної системи або техноекосистеми існують джерела небезпек або факторів ризику. Наприклад на стадії концепції закладаються стратегічні особливості технічної системи, включаючи помилки, які неможливо виправити в майбутньому. На цьому етапі багато джерел небезпеки фізично відсутні, але вони закладаються. Можна сказати, що вже на стадії проектування слід проводити прогноз техногенних ризиків. Необхідно відзначити інші групи джерел техногенних ризиків, які переважно не ураховуються фахівцями з питань техногенних ризиків, але їх важливість може мати першочергове значення для певного етапу існування технічної системи та техноекосистеми.

Перша група джерел нетрадиційних техногенних ризиків пов'язана із загальною економічною ситуацією та фінансуванням функціонування технічної системи на різних етапах життєвого циклу. До цієї групи належать:

- економічний спад у конкретній галузі;
- технічна революція в промисловості;

- втрата рентабельності функціонування конкретної технічної системи;

- недофінансування функціонування конкретної технічної системи на різних етапах її життєвого циклу.

Багато нетрадиційних техногенних ризиків спричинені неузгодженими діями осіб, які приймають рішення (ОПР) різних рівнів, як зовнішніх, так і внутрішніх. Бажано об'єднати ці ризики у другу групу. До них відносяться:

- розбіжності між органами фінансування та технічними спеціалістами щодо обсягів фінансування функціонування технічної системи на різних етапах її життєвого циклу (фінансово -техногенний ризик);

- необдумані рішення органів влади, що призводять до втрати рентабельності під час роботи технічних систем (політико-техногенний ризик);

- міжнародна політична ситуація та відповідна система міжнародних договорів (міжнародний техногенний ризик);

- недостатня кваліфікація осіб, що приймають рішення, у сфері ризиків загального та техногенного ризиків зокрема.

Третя група нетрадиційних ризиків пов'язана з матеріально-технічним забезпеченням функціонування технічних систем. До цієї групи належать:

- відсутність або недостатня кількість запасних частин і витратних матеріалів;

- неналежні роботи з технічного обслуговування;

- робота технічної системи понад стандартні часові рамки з недостатнім додатковим матеріально -технічним обслуговуванням;

- критичні обмеження на електропостачання, електропостачання, водопостачання.

Четверта група нетрадиційних техногенних ризиків пов'язана з конкуренцією. Вона включає:

- незаконне обмеження господарської діяльності, що призводить до втрати рентабельності функціонування технічної системи;
- незаконне обмеження фінансових та матеріальних ресурсів;
- неналежний вплив на керівників та персонал технічних систем;
- відведення;
- інші.

П'ята група пов'язана з характером поведінки суб'єктів ризику. Парадокси поведінки суб'єктів ризику можна розглядати як незалежні чинники техногенних ризиків. Можна виділити бездумну форму поведінки, що визначається підсвідомими мотивами суб'єкта. При альтруїстичній поведінці дії здійснюються таким чином, що суб'єкт ризику ставить інтереси інших суб'єктів ризику вище своїх. З егоїстичною поведінкою все навпаки. Маніакальні форми поведінки пов'язані з навмисним заподіянням собі шкоди заради миттєвих благ і задоволень, об'єктивна цінність яких значно нижча за потенційну шкоду для самого суб'єкта ризику. Яскравим прикладом маніакальної ризикової поведінки є куріння, вживання алкоголю,

Егоїстична поведінка ділового сектору суспільства призводить до того, що інтереси отримання прибутку ставляться вище інтересів безпеки суспільства, що призводить до збільшення ризику для третіх сторін.

Відомі також бездумні та маніакальні форми поведінки населення, які виражаються у пограбуванні та пограбуванні технічних систем, що не охороняються чи погано охороняються, а також їх руйнуванні без видимих причин чи користі. Це часто створює загрозу життю та здоров'ю самих людей, які руйнують технічні системи. Звичайні люди характеризуються недовірливим ставленням до технічних систем і підсвідомим бажанням за будь-яку ціну від них позбутися.

Техногенні фактори ризику. У ході факторного аналізу доцільно провести додаткові дослідження щодо перетворення джерел небезпеки на фактори ризику. Така можливість існує для технічних систем. Це пояснюється тим, що структура кожної конкретної технічної системи як правило добре відома. Наприклад вибух певного контейнера з бензином є джерелом техногенної небезпеки. Цей вибух називають головною подією в теорії безпеки технічних систем. Далі розглянемо причини, які можуть спричинити вибух цього контейнера: самозаймання парів бензину; удар блискавки; саботаж; іскра від допоміжного обладнання; падіння тиску парів бензину при відкритті кришки контейнера; інші.

Структурні зв'язки можна використовувати для встановлення зв'язків між негативною основною подією та її причинами. Такий аналіз у теорії безпеки технічних систем називається «подія – причина» або «ПП -аналіз». Тоді як основні події і їх причини можуть бути використані як фактори ризику. Наприклад ви можете вказати вибух як фактор, або ви можете вказати групу причин, які його спричиняють: удар блискавки, диверсія, іскра від допоміжного обладнання тощо. Очевидно, для цілей управління ризиками шляхом управління факторними ризиками краще вказати причини як фактори, а не як основні події. Однак завдання зменшення кількості факторів, що ураховуються, може змусити використовувати основні події як фактори ризику.

Іншим методом аналізу безпеки технічних систем є побудова дерева відмов. На основі цього аналізу встановлюються структурні та кількісні зв'язки між причинами і негативними основними подіями. У такому випадку відповідні збої можуть бути вказані як фактори. Наприклад несправність двигуна розглядається як фактор техногенного ризику для конкретної моделі літака. У цьому випадку несправність двигуна, що розглядається як причина негативних подій, може спричинити цілий перелік негативних

основних подій: авіакатастрофа; екстрена посадка літака; продовження польоту на меншій швидкості, коли двигуни залишаються в експлуатації.

На основі структурного аналізу взаємозв'язків між джерелами небезпеки можна простежити ланцюжок збоїв, виділити так звані вузли збоїв. Ланцюги відмов та вузли відмов також можна розглядати як незалежні техногенні ризики. Наприклад відключення електроенергії може бути вузлом у ланцюгах відмов різних підсистем у технічній системі та спричинити ряд, здавалося б, різних основних подій.

Факторний аналіз ризиків повинен супроводжуватися ідентифікацією суб'єктів ризику, а також визначенням вектора потенційної шкоди для кожного фактора ризику. Зазвичай виявляється, що техногенні ризики залежно від масштабів інциденту можуть впливати на різних суб'єктів ризику (власників, фізичних та юридичних осіб, органи влади, населення, штат, низку держав, людство, екосистеми, навколишнє середовище на різних територіях). Вектор потенційного пошкодження може містити такі компоненти:

- матеріальні збитки;
- втрата майна;
- втрата культурних цінностей;
- втрата життя;
- втрата здоров'я;
- пошкодження екосистем;
- шкода навколишньому середовищу;
- інші види пошкоджень.

Кожен із компонентів вектора потенційного пошкодження може мати список інвентаризації для багатьох позицій. Інвентаризаційні списки компонентів вектора потенційних пошкоджень пов'язані з тими об'єктами, які можуть бути пошкоджені під час інциденту з досліджуваною технічною системою. Наприклад матеріальна шкода, пов'язана з інцидентом певної

тяжкості з певною технічною системою, може бути пов'язана з такими предметами:

- повне або часткове руйнування будівель (списки будівель, які можуть перебувати в зоні ураження, із зазначенням їх інвентаризації або ринкової вартості);

- повне або часткове знищення різного устаткування (списки обладнання із зазначенням вартості);

- повне або часткове знищення майна фізичних осіб (списки осіб із зазначенням майна та їх цінностей);

- повне або часткове знищення майна юридичних осіб (списки осіб із зазначенням майна);

- претензії потерпілих сторін;

- штрафні санкції за наслідки інциденту;

- вартість реставраційних робіт;

- усунення наслідків інциденту в зоні ураження;

- інші.

Видно, що лише один фактор техногенного ризику може бути пов'язаний з цілим рядом причинно-наслідкових зв'язків з багатьма суб'єктами ризику та кількома переліченими векторами потенційного пошкодження цих суб'єктів.

На етапі виявлення факторів ризику доцільно докласти всіх зусиль для з'ясування прямих зв'язків між конкретним фактором ризику та механізмом формування конкретного типу потенційного збитку у конкретного суб'єкта ризику.

Практично для всіх складних і дуже складних технічних систем у межах техноекосистем важливими є дві групи факторів ризику. Перша з них пов'язаний із впливом стихійних лих на досліджувану технічну систему.

Друга – з регулярним і ненормальним впливом технічної системи на навколишнє середовище, у тому числі на різні екосистеми.

З іншого боку, при розгляді факторів ризику для певних екосистем або природних утворень на певних територіях відповідні екологічні ризики повинні містити групу техногенних ризиків, пов'язаних з цими територіями. Окремою темою в цьому контексті є дослідження факторів ризику техногенного походження для великих населених пунктів, які є великими техноекосистемами.

При виявленні техногенних факторів ризику широко використовуються анкети, структурні діаграми, карти потоків, моделі технологічних процесів, технологічні карти, структурно-функціональні моделі технічних систем та підсистем. Прямі перевірки використовуються обмежено, здебільшого на завершальному етапі, після ознайомлення з наявною документацією. Консультації зі спеціалістами становлять довгий і значний етап, оскільки важко очікувати від компетентності менеджера з ризиків усіх особливостей функціонування складних технічних систем.

Розділ 6

ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ

6.1. Загальні принципи та підходи до оцінювання ризику

Попри специфіку різних видів діяльності та їхню своєрідну внутрішню структуру, фундаментальні підходи до оцінювання ризиків мають багато спільного, хоча вони можуть суттєво відрізнятися за методами та способами реалізації тих чи інших положень [15, 31–34].

Одна з точок зору полягає в тому, що в системі принципів оцінювання ризиків, у тому числі екологічних, можна виділити три рівні:

– перший рівень – методологічні принципи, іншими словами, принципи, що визначають концептуальні положення, які є найбільш загальними і не залежать від специфіки виду ризику, що розглядається;

– другий рівень – це методичні принципи, тобто принципи, безпосередньо пов'язані з конкретним видом діяльності, її специфікою, ціннісними концепціями тощо;

– третій рівень – це операційні принципи, тобто принципи, пов'язані з наявністю відповідної інформації та можливостями її обробки.

Сама структура системи принципів у свою чергу повинна задовольняти певні вимоги, наприклад такі, як повнота та кластеризація.

Принцип повноти пов'язаний із побудовою такої системи, котра б урештеш усе необхідне на всіх рівнях. На сьогоднішній день неможливо задовольнити принцип повноти.

Інший принцип – кластеризація – пов'язаний з вимогою, що змістовне наповнення одного принципу не має нічого спільного з іншими принципами. Але це часто буває важко, хоча б тому, що сутність багатьох принципів часто «повзе», змінюється, модернізується тощо. Тому структури запропонованої сьогодні системи принципів не є жорстко закріпленими.

Методологічні принципи

Однорідність. Принцип однорідності ризиків означає, що для будь-якого учасника діяльності уявлення про ризик збігаються між собою, тобто якщо ризик представлений як міра небезпеки, то немає суб'єктів, які так чи інакше розглядають ризик по-різному.

Позитивність. Цей принцип ризику означає, що загальний ризик принаймні не перевищує рівень прийнятного ризику.

Об'єктивність. Принцип об'єктивності ризиків означає, що при їх оцінці необхідно забезпечити правильне відображення структури та характеристик об'єкта, що змінюється. Водночас слід прагнути спиратися на якісні (структурні, функціональні тощо) та кількісні показники процесів (з урахуванням перехідних процесів), а також, по можливості, ураховувати ступінь невизначеності об'єктивно притаманне майбутньому.

Коректність. Принцип правильності ризиків означає, що під час оцінювання повинні бути виконані певні офіційні вимоги, які можуть включати:

– інтервальну монотонність, тобто на певному інтервалі значень показників із збільшенням інтенсивності діяльності збільшується величина ризику;

– диспропорцію, тобто збільшення ризику не є прямо пропорційним збільшенню інтенсивності діяльності (у певному інтервалі зміни показників);

– транзитивність, тобто якщо перша ситуація менш ризикована, ніж друга, а друга менша за третю, то це означає, що перша ситуація менш ризикована, ніж третя;

– адитивність, тобто, якщо ризик першого виду діяльності дорівнює R_1 , а другого R_2 й обидва види діяльності виконуються одночасно, тоді загальний ризик дорівнює сумі приватних ризиків $R_{\text{заг}} = R_1 + R_2$.

Складність. Складність ризиків означає, що у своїй сукупності вони повинні утворювати замкнуту систему, котра має ієрархічну форму. Спочатку існують ризики, що виникають, тобто ризики, пов'язані з виникаючими властивостями та видами діяльності об'єкта дослідження, потім-ризики, що не з'являються, тобто ризики, що відносяться до структурних компонентів об'єкта дослідження.

Взаємозалежність. Взаємозалежність ризиків означає, що виникнення деяких ризиків або автоматично, або через складні непрямі відносини тягне за собою виникнення інших ризиків, тобто ризик + ризик = ризик. Слід мати на увазі, що всі екологічні ризики можна розділити на три групи:

- ті, що вже сьогодні допускають пряму економічну оцінювання;
- ті, що в принципі дозволяють пряму економічну оцінювання, але сьогодні немає інформаційної бази та алгоритмічного забезпечення;
- ті, які навіть принципово не допускають економічної (прямої) оцінювання. В останніх двох випадках екологічні ризики ураховуються експертно.

Природно, що номенклатура методологічних принципів не може обмежуватися шістьма перерахованими позиціями.

Методичні принципи

Якщо ми говоримо про екологічні ризики, то з усього масиву методологічних принципів можна виділити наступне.

Специфіка ризику означає, що будь-котра нова діяльність вносить щось специфічне для навколишнього середовища і може мати вплив на здоров'я людини. З точки зору екологічних ризиків, саме ця специфіка в кінцевому підсумку визначає значення конкретних показників, і величина ризику тим більша, чим значніша величина дисонансу нової діяльності.

Множинне сприйняття ризиків, пов'язані з наявністю різних сфер діяльності, що зумовлює невідповідність їх інтересів, різне ставлення до можливої шкоди. Це передбачає необхідність оцінювання ризиків з точки зору

кожного учасника діяльності (наприклад урядовців, журналістів, банкірів тощо).

Динамізм ризиків передбачає, що методологічне забезпечення ураховує мінливість ризиків і дозволяє однозначно охарактеризувати очікувану динаміку процесів.

Послідовність пов'язана з тим, що ризики починають виникати у строго визначений період (не раніше і не пізніше), а процеси запобігання мають узгоджуватися з іншими процесами.

Операційні принципи

Можливість моделювання ризиків пов'язана з тим, що ситуацію, в якій виникають ризики, можна описати за допомогою моделі. Не плутайте «принцип моделювання» та «метод моделювання» – останній використовується для розрахунку суми ризику, тоді як перший визначає «правила гри». Загалом для визначення «правил гри» необхідні принципи, а моделювання – одне з найважливіших правил третього рівня.

Принцип простоти ризику передбачає, що при оцінці ризиків вибирається метод, який є найбільш «простим» з інформаційно-обчислювальної точки зору.

Після визначення принципів оцінювання ризиків необхідно конкретно обумовити підходи до формування методологічного апарату.

У системології проблема, незалежно від її природи та методів розв'язання, трактується як абстрактна система, а при використанні понять ізоморфізму – як проста система. Ці положення можна застосувати до проблеми оцінювання ризиків. Ми будемо уявляти будь-яку ризикологічну проблему як систему і говорити про вивчення систем, розуміючи, що ця система є ризикологічною проблемою або набором ризикологічних проблем.

Як відомо, все різноманіття підходів до вивчення систем (у тому числі й на основі ризиків) у цілому поділяється на аналіз та синтез, які, у свою чергу, класифікуються по-різному.

Синтез базується, як правило, на розв'язанні проблем створення чогось нового з «цеглинок» відомого, розробленого, реалізованого раніше. Але це зовсім не означає, що аналіз і синтез протиставлені один одному, фактично вони є різними сторонами одного і того ж пізнавального процесу.

Прийнято поділяти весь масив підходів до аналізу систем залежно від ступеня проникнення у внутрішню сутність системи на два підходи: функціональний та структурний.

Функціональний підхід [35, 36] використовується там, де неможливо або з якихось причин недоцільно «потрапити у внутрішнє середовище» системи. У цьому випадку єдиний можливий – функціональний підхід.

Прогрес науки здійснюється у напрямку переходу від функціонального до структурного підходу, тобто існує процес доповнення функціонального підходу структурним, який уточнює, доповнює, пояснює та значною мірою виправляє положення, закріплені на функціональному рівні.

Таблиця 1 узагальнює деякі специфічні аспекти функціонального та структурного підходів до системного аналізу.

Таблиця 1

Особливості системного аналізу

Функціональний підхід	Структурний підхід
1	2
1. Використання абстракції типу «чорна скринька»	1. Використання абстракції типу «біла коробка»
2. Система розглядається як єдина (цілісна), далі неподільна	2. Система розглядається як сукупність окремих взаємопов'язаних частин (підсистем, модулів, блоків, елементів)

Продовження таблиці 1

1	2
3. Система представлена як елемент більш складної надсистеми	3. Система представлена як вищий, не вивчений далі рівень, який має різні значення., структурні компоненти
4. Класифікація систем базується на аналізі надсистеми	4. Класифікація систем базується на аналізі структурних компонентів системи
5, Моделювання системи базується на аналізі взаємозв'язку системи з іншими системами	5. Моделювання системи базується на аналізі взаємозв'язку елементів
6. Функціональний підхід використовується, як правило, як самостійний, часто передуючи структурному	6. Структурний підхід часто використовується разом із функціональним

6.2. Процедура аналізу ризику

Аналіз ризиків [37] визначається як систематичне використання наявної інформації для виявлення небезпек та оцінювання ризиків для окремих осіб або груп населення, майна чи навколишнього середовища.

Оцінювання ризиків – це використання наявної інформації та науково обґрунтованих прогнозів для оцінювання ризику впливу шкідливих факторів навколишнього середовища та умов на здоров'я людини. Початковий крок у процесі оцінювання ризиків – це визначення меж досліджуваного регіону та визначення джерел небезпеки.

На першому кроці аналізу техногенних викидів слід встановити їх джерела, кількісні характеристики, а також фізико-хімічні властивості речовин, що викидаються у навколишнє середовище.

Другий крок полягає в ідентифікації забруднюючих речовин, а також в описі процесу їх передачі у викидах від джерела до реципієнта (переважно за допомогою використання математичних моделей). Моделювання передачі викидів від джерела до одержувача дає можливість кількісно оцінити небезпеку.

Третій крок полягає у виявленні або встановленні залежності доза-ефекту між небезпеками та наслідками, щоб можна було кількісно оцінити ефекти чи ризик.

Для виявлення та аналізу початкових передумов можна використовувати як статистичний підхід, так і метод експертних оцінок [37]. Статистичний підхід передбачає використання апарату теорії імовірностей і рекомендується у випадках, коли накопичено значний досвід у реалізації проектів такого типу. Якщо проект такого типу реалізується вперше, то необхідно використовувати експертні оцінювання.

Оцінювання ризику включає аналіз частоти виникнення подій, аналіз наслідків та їх поєднання.

Наявність екологічного ризику означає, що існують впливи, які призводять до одного або поєднання таких наслідків:

- відхилення здоров'я людини від середньої величини, тобто до хвороби або навіть смерті людини;
- погіршення стану навколишнього середовища людини та погіршення якості природного середовища;
- значний матеріальний збиток (1% або більше ВВП).

Міра небезпеки повинна включати такі показники:

- ступінь можливості настання випадкової події – небезпечний фактор;
- ступінь значущості цієї події для людини та навколишнього середовища, якщо вона сталася;
- ступінь небезпеки, яку можна уважати «прийнятною»;

- ступінь небезпеки, яку можна уважати «надмірною»;
- ступінь небезпеки, яку можна уважати «незначною».

Сюди також слід включати такі кількісні показники:

- розмір шкоди від впливу того чи іншого небезпечного фактора;
- імовірність настання (частота виникнення) розглянутого небезпечного фактора;
- невпевненість у визначенні шкоди;
- невизначеність у визначенні імовірності.

Процес прийняття рішень на основі аналізу ризику має 4 послідовні етапи:

1. Визначення небезпек для населення і навколишнього середовища та їх моніторинг.

2. Кількісна оцінювання ступеня кожної з цих небезпек (їх імовірності, наслідки та ступінь невизначеності обох).

3. Рішення про прийнятність ризику такої економічної діяльності та про заходи щодо зменшення ризиків, які необхідно вжити (з оцінкою економічної ефективності кожного із запропонованих заходів щодо зменшення ризику).

4. Контроль за підтриманням ситуації прийнятного ризику.

У свою чергу саму оцінювання ризику також можна розділити на наступні чотири етапи:

1. Розпізнавання небезпеки – це процес визначення того, чи випадково речовина пов'язана з певною проблемою здоров'я, наприклад викликає рак або вроджені аномалії. Оскільки отримати таку інформацію для людей важко, зазвичай на цьому етапі з'ясовується, чи є ця речовина токсичною для тварин чи інших перевірених організмів.

2. Оцінювання ефекту дози – це процес опису взаємозв'язку між застосованою або отриманою дозою речовини та частотою несприятливих

наслідків для здоров'я тварин. Частина оцінювання повинна також включати метод екстраполяції даних тварин на людей.

3. Оцінювання впливу – включає визначення чисельності та характеру населення, що зазнає впливу певного токсиканту, а також періоду впливу та концентрації речовини.

4. Характеристика ризику – це інтеграція трьох вищезазначених етапів, що призводить до оцінювання ступеня впливу цього впливу на здоров'я населення.

Рівень ризику, прийняттого для певної діяльності, визначається виходячи з конкретних соціально-економічних умов конкретної країни.

На практиці розрізняють ризик, пов'язаний з професійною діяльністю, і ризик, пов'язаний з непрофесійною діяльністю (ризик для всього населення). Для фахівців, чия робота постійно пов'язана з ризиком, який вони беруть на себе добровільно і який належним чином оплачується, склалася традиція, що для нього не повинно бути гранично допустимого рівня (ГДР).

Природа факторів, що призводять до несприятливих відхилень у здоров'ї людини чи стані навколишнього середовища від їх середніх статистичних значень, пов'язана як із природними причинами, так і з техногенними. Зміни стану природного середовища можуть бути зумовлені різними причинами. Вони характеризуються різницею в масштабах і швидкості прояву, викликають специфічні наслідки для об'єктів, які зазнали впливу модифікованого природного середовища.

6.3. Індивідуальний ризик. Його сутність та особливості

Індивідуальний екологічний ризик – це ризик, який зазвичай ототожнюють з імовірністю того, що людина протягом свого життя відчує на собі наслідки негативних антропогенних впливів на навколишнє середовище [11].

Визначення індивідуального ризику – це особлива форма медичної та екологічної експертизи, метою якої є діагностика випадків захворювань, пов'язаних з навколишнім середовищем. У цьому випадку розрізняють такі діагностичні етапи:

1. Визначення внутрішньої дози. Для оцінювання індивідуального ризику важливо визначити внутрішню дозу хімікату залежно від специфічних особливостей контакту людини з навколишнім середовищем. Найбільш точним методом розрахунку внутрішньої дози є її біоіндикація, тобто лабораторне кількісне визначення забруднювачів навколишнього середовища або їх метаболітів у тканинах та органах людини. Однак для більшості найпоширеніших хімічних забруднювачів біоіндикація або неможлива, або утруднена.

Тому іншим способом визначення внутрішньої дози є розрахований. Одним із варіантів такого розрахунку є використання інформації про концентрації хімічних речовин у різних зонах перебування людини та про середній час її перебування у цих зонах.

2. Визначення біологічних ефектів (розрахунок біодози). Під біодозою найчастіше розуміють накопичену кількість побічних ефектів, спричинених впливом екоотоксиканту. У традиційній інтерпретації кумуляція означає підсумовування ефекту повторних доз забруднювачів навколишнього середовища, коли наступна доза надходить в організм раніше, ніж закінчується дія попередньої. Залежно від того, як накопичується сама речовина в організмі, розрізняють такі види кумуляції:

– матеріальна. Матеріальна кумуляція розуміється не як накопичення речовини як такої, а як участь постійно зростаючої кількості екоотоксиканту у розвитку токсичного процесу;

– функціональна. У разі функціональної кумуляції кінцевий ефект залежить не від поступового накопичення невеликої кількості отрути, а від її повторної дії на певні клітини організму. Підсумовується вплив невеликої

кількості отрути на клітини і, як наслідок, створюється накопичений ефект (біодоза);

– змішана. При кумуляції змішаного типу мають місце всі ефекти.

Існує кілька варіантів математичного розрахунку біодози. Не вдаючись у їх детальний опис, зазначимо, що всі вони ґрунтуються на використанні таких основних показників:

- максимальні та / або середні концентрації експозиції;
- тривалість одного контакту;
- частка речовини, що зберігається в організмі під час дихання;
- кумулятивні ознаки домішки;
- кількість контактів з домішкою (режим експозиції);
- загальна тривалість впливу;
- вага тіла.

3. Оцінювання побічних ефектів (діагностика). Етіологія та патогенез екологічно обумовлених станів (феномен дискомфорту, хвороби, смерті) вимагають використання як традиційних, так і спеціальних методів діагностики.

Підставами підозри щодо екологічної етіології захворювання є:

– виявлення в клінічній картині характерних симптомів, які не зустрічаються в інших нозологічних формах і не пов'язані з професійною діяльністю суб'єкта;

– груповий характер неінфекційних захворювань у районі проживання осіб, які не мають відношення до спільної професії чи місця роботи;

– наявність шкідливих або небезпечних факторів навколишнього середовища в зоні проживання суб'єкта.

Необхідно також урахувати можливість розвитку захворювання екологічної етіології після припинення контакту зі шкідливим фактором.

При проведенні медичних та екологічних досліджень, спрямованих на розробку діагностичних правил для виявлення екологічних захворювань, доцільно використовувати комбіновані підходи, засновані на використанні різних методів.

Прикладом такого підходу є використання комбінації методів математичної логіки та статистики. Початкові дані, на основі яких передбачається розробити систему правил для діагностики екологічних захворювань, повинні містити інформацію, котра стосується умов, коли виникли різні захворювання (не тільки ті, що обговорюються), і які були б описані за логічними ознаками. При аналізі таких даних доцільно поставити три основні питання:

- які поєднання ознак характерні для групи випадків, коли виникли певні захворювання;
- чи дозволяють знайдені характерні комбінації достовірно відрізнити та ідентифікувати всю групу випадків певного захворювання від інших;
- чи включає характерне поєднання ознаки, які характеризуються як фактори навколишнього середовища?

Описаний підхід дає можливість отримати відповіді на обидва запитання, і якщо відповідь на друге та третє питання є позитивною, стає можливою побудова статистично достовірної системи логічних правил діагностики екологічно викликаних хвороб.

Рівень індивідуального ризику, що перевищує гранично допустимий (ГДР), слід уважати надмірним. Будь-яка практична діяльність, котра піддає людину життю в умовах надмірного ризику, є неприйнятною.

6.4. Проблема оцінювання ризику здоров'я населення

Окремо існує проблема оцінювання ризику для здоров'я населення в різних ситуаціях. Уся система інформаційного спілкування людини з навколишнім світом базується на оцінці ризику для здоров'я.

У Статуті ВООЗ зазначено, що здоров'я населення слід розуміти як «стан повного фізичного, духовного та соціального благополуччя, а не лише як відсутність хвороб або фізичних вад». На жаль, універсальні критерії оцінювання здоров'я людини ще не розроблені, а характеристики здоров'я оцінюються за досить широким діапазоном відомих показників. Одна з точок зору фахівців щодо цієї проблеми полягає в тому, що в цьому випадку слід оцінювати лише ризик виникнення певних захворювань.

Однак у реальних умовах лікар часто стикається з ситуаціями, коли забруднення об'єктів навколишнього середовища викликає різні дискомфортні явища (поява неприємних запахів, рефлексорних реакцій тощо), що викликає потік скарг у населення. У зв'язку з цим необхідно вирішити, чи слід включати ці аспекти до загальної системи оцінювання ризиків.

Поняття небезпеки та безпеки насамперед пов'язані з інформацією про ризик для нашого здоров'я. Це загальновизнано, і на це є вагомі причини, оскільки забруднення навколишнього середовища становить небезпеку для здоров'я людини. Підстави для такого рішення наступні.

По-перше, численні скарги населення, що живе в забрудненому середовищі, на неприємні запахи, головні болі, загальне погане самопочуття та інші незручні умови.

По-друге, дані медичної статистики, що вказують на тенденцію до зростання захворюваності в забруднених районах.

По-третє, дані спеціальних наукових досліджень, спрямованих на кількісну оцінювання залежності між забрудненням навколишнього середовища та його впливом на організм.

Однак існує значна невизначеність щодо того, що становить загрозу для здоров'я та як можна визначити та кількісно оцінити вплив забруднюючих речовин на людину. Так, наприклад якщо Рекомендації Всесвітньої організації охорони здоров'я визначають ризик як «очікувану частоту небажаних ефектів, що виникають унаслідок певного впливу забруднювача», то

Американське агентство з охорони навколишнього середовища (ЕРА США) характеризує це як «імовірність травм, хвороб або смерті за певних обставин».

Іншими словами, проблема полягає у визначенні того, що слід інвестувати у концепцію ризику для здоров'я людини (населення).

Початкове припущення полягає в тому, що імовірність негативного впливу на здоров'я залежить від рівня впливу (або дози) забруднювача.

Практика проведення медичних та екологічних ініціатив у сфері охорони навколишнього середовища передбачає урахування принаймні двох видів ризику:

– ризик забруднення, що розглядається як імовірність забруднення навколишнього середовища в результаті запланованої чи надзвичайної діяльності промислових підприємств (екологічний ризик);

– ризик для здоров'я, що характеризує імовірність несприятливих наслідків для здоров'я населення в результаті фактичного чи потенційного забруднення навколишнього середовища.

Останній з цих видів ризику є предметом вивчення фахівців у галузі медичної екології. Всі ризики, згідно з традиціями в галузі медичної екології, поділяються на реальні та потенційні.

Реальний ризик – це кількісне вираження шкоди для здоров'я населення, пов'язаної із забрудненням навколишнього середовища, з точки зору додаткових випадків захворювання, скорочення тривалості життя, смертності тощо. Зазвичай визначається епідеміологічними методами при оцінці наявних ситуацій або в ретроспективних дослідженнях.

Потенційний ризик – ризик несприятливого впливу на людину, визначений як імовірність того, що цей ефект наступить за певних умов. Він може бути виражений у відсотках, частці одиниці або у випадках на 1000, 10000 тощо.

6.5. Моделі оцінювання екологічного ризику для здоров'я людини

Розглянемо алгоритм розрахунку ризику для здоров'я населення залежно від біогеохімічного стану навколишнього середовища. Поведінка забруднювачів у навколишньому середовищі, як правило, визначається складною комбінацією різних факторів і є предметом системного аналізу з використанням складних математичних моделей та систем експертного моделювання. Лише в поодиноких випадках прості рівняння можна порівняно легко застосувати для опису зв'язку між забрудненням навколишнього середовища і оцінкою ризиків для здоров'я людини та екосистем. У більшості випадків для прогнозування поведінки забруднюючих речовин, їх впливу на здоров'я людини та кількісної оцінювання екологічного ризику необхідно ввести ряд припущень та спрощень.

Також передбачається, що чим довший контакт речовини з біологічним об'єктом, тим більша імовірність токсичних ефектів. З цього висновку випливає, що для встановлення токсичності певної шкідливої речовини й обчислення екологічного ризику від її впливу необхідно знати її дозу, визначену як добуток концентрації речовини у певному субстраті (їжа, напої, повітря, ґрунт, вода та інші середовища), який потрапив в організм людини протягом певного часу. Необхідно також знати час, який забруднювач проводить в організмі. На основі цих спрощених залежностей складаються моделі для розрахунку екологічного ризику.

Моделі розрахунку екологічного ризику забруднюючих речовин для людини. Кінетика токсичної речовини в біологічних об'єктах значною мірою підкоряється експоненційній залежності, яку загалом можна записати як

$$A_t = A_{t_0} \exp \lambda(t - t_0), \quad (6)$$

де A_t – концентрація токсичної речовини в органі чи в усьому організмі за час t ; A_{t_0} – концентрація отруйної речовини в органі або в усьому організмі в початковий момент часу t_0 ; λ – постійна екскреція (екскреція) з організму, пов'язана з часом напіврозпаду життя ксенобіотика у навколишньому середовищі T за співвідношенням

$$T = \lambda / 0,693.$$

Система розрахунку екологічного ризику, прийнята в США та європейських країнах на основі цих підходів, передбачає використання наступного рівняння:

$$R = [1 - \exp(-UR \cdot C)], \quad (7)$$

де R – ризик несприятливого впливу, що визначається як імовірність (у частках одиниці) настання цього ефекту за певних умов; C – реальна концентрація або доза речовини, що має шкідливий вплив; UR – це одиниця ризику, що визначається як коефіцієнт (коефіцієнт) частки ризику залежно від величини ефективної концентрації (дозы).

Для оцінювання імовірності неканцерогенного ризику також ураховується співвідношення між хронічним впливом (мг / кг • добу) та експозицією, що не має шкідливого впливу (без ефекту), виражене в (мг / кг • добу).
Тоді

Імовірність прояву ризику = Хронічний вплив / Безефектний вплив

Імовірність прояву ризику виражається в безрозмірних величинах, таких як $n \cdot 10^{-1}$ або $n \cdot 10^{-6}$, тобто як кількість випадків на 10 або 1 000 000 осіб.

При оцінці канцерогенного ризику канцерогенний ефект обчислюється як імовірність перевищення ризику раку:

Імовірність перевищення канцерогенного ризику = [потенціал ракової хвороби (мг / (кг•добу)⁻¹)] · [хронічний вплив (мг / кг•добу)].

Потенціал раку (Q^*) обчислюється на основі екотоксикологічних досліджень з лабораторними тваринами, і результати екстраполюються на людей з використанням ваги людини та тварин та факторів площі поверхні.

Критерії оцінювання ризику. Під час розроблення правил щодо максимальної концентрації забруднюючих речовин в атмосфері під час експериментальних досліджень було встановлено, що граничні концентрації слід приймати як мінімальні значення, що спричиняють вплив токсичного впливу з імовірністю щонайменше 16%.

Іншими словами, при досягненні граничних концентрацій шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу, 16 із 100 людей можуть піддаватися гострому токсичному впливу. Таким чином, граничні концентрації відрізняються від ГДК, нижче яких ризик захворювання або прояву токсичних ефектів, у тому числі тривалих, практично не виражений.

Порогові концентрації $C_{\text{пор}}$ пов'язані з максимальними непрацюючими ГДК за допомогою такого рівняння:

$$\text{ГДК} = C_{\text{пор}} / K_b,$$

де K_b – коефіцієнт безпеки, який залежить від класу небезпеки речовини та наявності експериментальних даних про його небезпеку.

Залежно від класу небезпеки визначаються такі значення K_b для шкідливих речовин в атмосфері:

1 -й клас небезпеки – більше 7,5;

2 клас небезпеки – 6,0 – 7,5;

3 -й клас небезпеки – 4,5 – 6,0;

4 клас небезпеки – 3,0 – 4,5.

Як реальна концентрація при розрахунку екологічного ризику, як правило, обирається середня концентрація речовини, що потрапляє в організм людини протягом його життя. Для запобігання гострим (негайним) токсичним ефектам необхідно застосовувати максимальний разовий ГДК.

Розрахунок ризику токсичних наслідків хронічного (тривалого) впливу забруднюючих речовин в атмосфері ґрунтується на такому принципі: якщо максимальна неактивна концентрація (тобто ГДК) гарантує, з імовірністю менше 5 %, відсутність токсичного ефекту протягом усього життя людини, то мінімальна ефективна (тобто порогова) концентрація гарантує з вірогідністю 95% її появу.

6.6. Модельні підходи до оцінювання ризику екосистем

Нормалізація якості навколишнього середовища (наприклад атмосферного повітря). Найсильніший вплив на атмосферу надають будь-які форми діяльності господарських об'єктів, незалежно від їх типу: промислові, енергетичні, транспортні, сільськогосподарські, побутові й інші підприємства. Особливості забруднення атмосферного повітря у містах пов'язані з високою концентрацією підприємств у міській зоні, де не тільки обсяг викидів на одиницю території, а й їх структура різко зростає.

Речовини, які забруднюють атмосферу, можуть бути твердими, рідкими чи газоподібними і чинити шкідливий вплив на навколишнє середовище безпосередньо після хімічних перетворень в атмосфері або в поєднанні з іншими речовинами.

Забруднюючі речовини можна згрупувати за принципом дії: алергени, важкі метали, радіоактивні речовини, канцерогени та мутагени.

Постійно виявляються викиди з недостатньо вивченими характеристиками впливу на організм людини. Для таких речовин на початковому етапі, до розробки стандартів ГДК, тимчасово встановлюються допустимі рівні опромінення (ДРО).

Для оцінювання впливу забруднення повітря на стан зелених насаджень в останні роки були розроблені фототоксичні ГДК (ГДК_{фт}). Вони мають подібну структуру нормування, але їх застосування утруднене через різноманітність видів рослин та їх фізіологічні відмінності (наприклад

трав'янисті, чагарники, листяні чи хвойні дерева тощо), що впливає на стійкість певного виду щодо різних забруднень.

Для характеристики рівня забруднення атмосфери певної території протягом тривалого періоду часу слід ураховувати фонову концентрацію окремих забруднювачів та узагальнений показник – індекс забруднення повітря (ІЗА), розрахований як сума концентрацій провідних забруднювачів (зазвичай 5 речовин, ІЗА5), нормованих (розділених) на значення їх ГДК. Згідно з ІЗА5, рівень забруднення вважається нормальним, якщо $ІЗА5 < 5$, підвищений – з 5 до 6, високий – з 7 до 13 і надзвичайно високий – зі значенням $ІЗА5 > 13$. Більшість міст – промислових центрів України мають високий і дуже високий рівень забруднення повітря.

Концепція критичних навантажень. Методологічні та методологічні підходи для кількісної оцінювання та картографування значень критичних навантажень щодо кислотності, азоту та сірки описані у відповідних методологічних рекомендаціях, розроблених за наукової підтримки Конвенції про трансграничне забруднення на великі відстані.

Концепція критичних навантажень успішно використовується в різних інтегрованих моделях скорочення викидів. Для розрахунку критичних навантажень азоту та сірки в Європі використовується модель карти ЕМЕР, котра оцінює загальне осадження сірки та сполук азоту для мережі ЕМЕР ($50 \cdot 50 \text{ км}^2$), що охоплює всю Європу. Для кожної комірки ЕМЕР розраховується одне критичне значення навантаження, яке відповідає умовам 95% захисту екосистем. Термін «95% захист» означає, що екосистеми, які займають щонайменше 95% площі клітини, захищені від шкідливих впливів. Узагалі значення критичних навантажень згідно з Конвенцією про трансграничне забруднення повітря на великі відстані складаються зі значень, розрахованих кожною країною окремо для її території. Ці розрахунки проводяться на більш детальному рівні.

6.7. Якісні та напівкількісні методи оцінювання ризику

Згідно з однією з можливих класифікацій, існує чотири основні методи оцінювання ризиків, включаючи екологічні, і досить велика кількість спеціальних методів [5, 11]. Розглянемо основні методи.

Інженерний метод представлений так званим логіко-ймовірнісним розглядом можливого сценарію розвитку подій. У цьому випадку використовуються поняття «дерево подій» або «дерево помилок».

Модельний метод представлений у літературі найбільш широко. Більшість модельних методів оцінювання ризиків базуються на статистичних даних та застосуванні методів теорії імовірностей.

Метод експертного судження залишає багато можливостей для отримання «бажаного» результату в оцінці ризику. Все залежить від чесності вчених, які проводять таку оцінювання. Звичайно, точність цієї оцінювання в деяких випадках є низькою, оскільки вона є якісною, а не кількісною і являє собою певну суму окремих думок.

Метод соціального опитування можна лише якісно визначити панівне ставлення цієї групи людей до ризику та його величини. Проте цей метод досить поширений. Він може дати абсолютно протилежні результати, залежно від формулювання питання й особливостей груп людей, які беруть участь в опитуванні.

Метод експертних оцінок та метод соціального опитування можуть лише якісно визначити рівень екологічного ризику. Щодо інженерних та модельовальних методів, то вони означають кількісну оцінювання ризику. Хоча часто це можна зробити на рівні точності, що дозволяє говорити лише про напівкількісну оцінювання.

При аналізі й оцінці ризику можна використовувати широкий спектр методологічних прийомів. Кожен метод оцінювання ризику був розроблений для певних типів завдань і, звичайно, не є універсальним, тому має свої переваги та недоліки, що зумовлює обмежені сфери їх застосування.

6.7.1. Група методів оцінювання небезпеки та небезпечних ризиків

Метод систематичного аналізу ризиків. Цей метод, що дедалі ширше застосовується у зарубіжній та вітчизняній практиці, використовується для визначення рівня небезпеки промислових об'єктів. Відповідно до цього методу, аналіз небезпеки об'єкта проводиться в кілька етапів.

На першому етапі проводиться попередній аналіз небезпеки, який має переважно якісний характер. Збирається та вивчається інформація, що характеризує:

- будову, складові частини об'єкта та їх розташування, основні технологічні процеси, що здійснюються в різних складових частинах об'єкта;
- технологічні схеми, котрі визначають порядок здійснення процесів та відображають матеріальні й енергетичні потоки; використовуване обладнання та його надійність;
- фізико-хімічні, термодинамічні та інші властивості речовин та матеріалів, що використовуються на об'єкті;
- стан та якість технічної документації, правил та норм безпеки, що діють на об'єкті;
- час роботи персоналу, його розміщення на об'єкті тощо.

На другому етапі проводиться:

- системний аналіз небезпек, включаючи аналіз можливих наслідків аварій, інцидентів;
- оцінювання можливих частот або імовірності їх виникнення на основі математичного моделювання цих процесів.

Нарешті, на третьому етапі завершується системний аналіз небезпек шляхом прогнозування та оцінювання надзвичайного ризику.

Детермінований метод. Детермінований підхід використовується для опису та моделювання проектування, а також інцидентів на основі проектування, що стосуються технічних систем. Цей метод передбачає аналіз послідовності стадій у розвитку небажаних подій, починаючи від

початкової події через послідовність очікуваних стадій процесу до стаціонарного стану системи.

Хід аварійного процесу вивчається та прогнозується за допомогою математичного і фізичного моделювання, для чого проводяться численні лабораторні й польові експерименти. Детермінований підхід дає змогу виявити причини інцидентів, розробити метод захисту на рівні проектних рішень та зменшити імовірність інциденту через вибір матеріалів і конструктивних рішень.

Недоліками цього методу є складність, висока вартість, імовірність пропуску важливого фактора ризику, недооцінювання випадкових складових ризику. Сам метод пов'язаний з дорогими дослідженнями, які можуть просто зробити його неприйнятним.

Феноменологічний метод. Він базується на визначенні можливості чи неможливості небезпечних процесів у технічних системах, спираючись на закони природи. Цей метод не дуже підходить для розгалужених складних процесів.

Ряд оцінок ризиків ґрунтується на феноменологічному підході, коли можливість або неможливість екстрених процесів ґрунтується на фізичних чи інших відомих законах природи. За допомогою цього методу визначаються зони відсутності техногенних ризиків, пов'язаних з аваріями та катастрофами.

Однак практика показала, що робота технічних пристроїв завжди пов'язана з різними інцидентами (поломки, аварії, катастрофи). Деякі з цих інцидентів були ураховані при проектуванні. Їх називають нормальними або проектними інцидентами, аваріями. Для них розробляються захисні заходи та організаційні заходи для їх запобігання та усунення.

Метод «індексу небезпеки». Метод можна охарактеризувати як інтегральний, тобто метод, при якому деталі процесу не ураховуються. Основною ідеєю такого підходу є оцінювання ризику та побудова на цих даних

схеми управління ризиками з використанням деяких числових значень індексів ступеня небезпеки або відхилень від якості конкретної системи, що розглядається.

У методі використовуються приблизні оцінювання небезпек, наприклад за допомогою шкідливих факторів. Як міру небезпеки вводяться деякі легко визначені інтегральні показники, котрі називаються індексами небезпеки. Прикладом може служити індекс пожежно-вибухової безпеки Dow, який використовується для оцінювання пожежно-вибухової безпеки. Він використовується для оцінювання того, яку небезпеку представляє певна технічна система з точки зору можливих пожеж та вибухів. Індекс обчислюється за формулою

$$D_{ow} = F \cdot M, \quad (6)$$

де F – так званий індикатор вузлової небезпеки; M – матеріальний фактор.

Вузловий показник F у свою чергу обчислюється за формулою

$$F = f_1 / f_2$$

де – f_1 показник загальних небезпек; f_2 – показник конкретних небезпек.

Матеріальний коефіцієнт M – це кількісна міра інтенсивності виділення енергії хімічними речовинами, які є або можуть бути в технічній системі чи її вибраній частині. Він пов'язаний з речовинами, що використовуються, тому для технічної системи складається список усіх потенційно небезпечних хімічних речовин та вказується їх приблизна кількість. Кожній речовині присвоюється власний матеріальний коефіцієнт, який береться з відповідних нормативних документів. Загальний матеріальний коефіцієнт

технічної системи визначається як середньозважене значення вихідних матеріальних факторів. Вагу речовин визначають залежно від кількості використаних речовин. Матеріальний коефіцієнт, як правило, становить від 1 до 40.

Індекс загальної небезпеки f_x характеризує особливості процесу, котрі не мають прямого відношення до матеріалів, але які можуть збільшити суму пошкоджень. Серед них:

- переміщення матеріалів;
- тип реакцій, що використовуються в процесі обробки;
- наявність проходів, дренажів.

Він береться зі спеціальних таблиць для кожної позиції і є сумою всіх таких ознак.

Кожна з цих позицій оцінюється за таблицями й узагальнюється.

Можна сказати, що метод «індексу небезпеки» в цілому знайшов дуже широке застосування у сфері техногенних небезпек. Водночас дослідники в галузі безпеки технічних систем пов'язують різні конструктивні особливості технічних систем (розміри, вагові характеристики, характеристики міцності тощо) у різні комплекси величин, які називаються індексами небезпеки, безпеки, ризику тощо.

Імовірнісний метод. Він містить як оцінювання імовірності настання небажаної події, так і розрахунок імовірності розвитку події за іншим сценарієм. Основні обмеження методу пов'язані з неможливістю застосування теорії імовірності у випадку, коли статистичних даних недостатньо. Метод простіший за детермінований і широко використовується на практиці.

У імовірнісному аналізі оцінюється імовірність інциденту, обчислюється імовірність конкретного сценарію інциденту, аналізуються розгалужені та перетинаються ланцюги подій. У цьому випадку обчислювальні моделі виявляються значно спрощеними порівняно з детермінованим підходом з відповідними моделями. У цих випадках широко використовуються

метод побудови дерева помилок, РN -аналіз та метод Монте -Карло, який також називають методом статистичного моделювання.

Відмінною рисою всіх вищезазначених методів як у детермінованому, так і в імовірнісному підході є побудова певної моделі досліджуваної технічної системи. Ця модель може ураховувати різні істотні фактори, включаючи взаємний вплив навколишнього середовища та технічної системи. Таким чином, на відміну від методу статистичних характеристик, усі інші методи оцінювання техногенних ризиків базуються на моделюванні.

6.7.2. Група методів, що використовуються для оцінювання як техногенного, так і екологічного ризику

Метод зниження ризиків. Метод зменшення ризику дає змогу впроваджувати техногенні та екологічні ризики у формі ітераційного процесу.

Нехай значення екологічного (техногенного) ризику R_0 , шкоди Y_0 та ціни екологічного (техногенного) ризику G_0 будуть відомі в початковий момент часу. Заходи (витрати $Z_{\text{доп}}$) для зменшення ризику та збитків у такій сумі становлять

$$z_{\text{доп}}^{R_0} + z_{\text{доп}}^{Y_0} = z_{\text{доп}}^{G_0}. \quad (7)$$

Якщо це значення разом із новим значенням G_1 виявиться меншим за початкове значення G_0 , то витрати, спрямовані на зниження ризику, призвели до позитивних результатів.

Логічні методи аналізу: метод події та метод помилки – «дерево подій» та «дерево помилок». Обидва ці методи можна використовувати як у якісному, так і в кількісному аналізі ризиків.

Метод подій ґрунтується на з'ясуванні логічних зв'язків між елементарними подіями. Аналіз починається з виявлення основної небажаної події

та встановлення логічних зв'язків між проміжними подіями першого, другого та третього ступенів до основної (стимулюючої) події. Діаграма формується шляхом з'єднання елементарних подій сценарію ризику з логічними символами «р» або «vili». На діаграмах використовуються різні умовні позначення (символи), які можна включити до комп'ютерних програм, що виконують математичні обчислення. Кінцевим результатом є діаграма – дерево з багатьма гілками, які послідовно визначають імовірність можливої події (рис. 3).

Метод аналізу помилок (МАП) – це дедуктивний метод, який можна використовувати для розпізнавання причинності певної небажаної події або помилки.

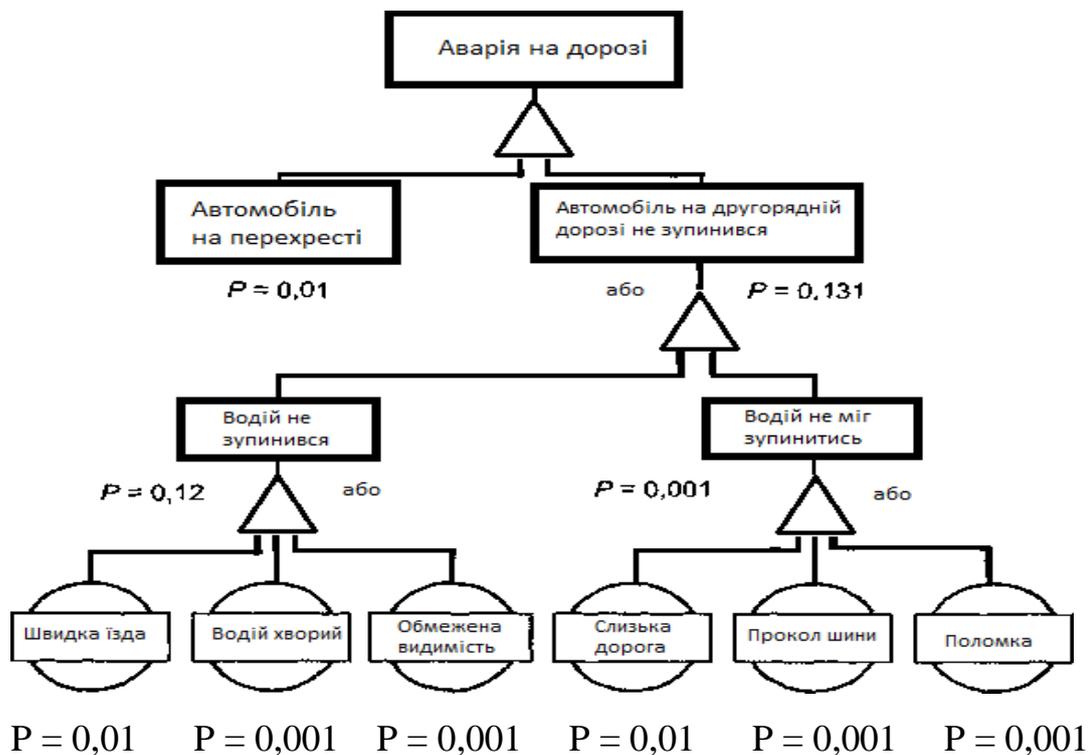


Рис. 3. Схематичне зображення методу «Дерево помилок», застосованого до ситуації «ДТП на головній дорозі»

На «дереві помилок» можна показати можливі причини аварії та імовірність їх виникнення. У цьому прикладі імовірність нещасного випадку

становить $P = 0,001$ або 1 у 1000 випадках. Це означає, що якщо щорічно другорядною дорогою проїжджає 6000 транспортних засобів, то щорічно відбувається 6–7 ДТП.

Таким чином, метод «Дерево помилок» – це графічний спосіб відстеження окремих можливих інцидентів з оцінкою імовірності як кожного окремого інциденту, так і загальної імовірності основної події.

Цінність цього методу полягає в тому, що він дозволяє на початковому етапі визначити послідовність тих подій, які впливають на основну подію, і тим самим розкрити можливі наслідки кожної з ініціюючих подій, а також передбачити одночасне прийняття кількох рішень в умовах невизначеності, які залежать від наслідків попереднього.

Поряд з «деревом подій» та «деревом помилок» часто використовується близький до них метод «дерево відмов». Основною метою методу побудови дерева помилок є оцінювання імовірності виходу з ладу певної системи, що складається з елементів із заданими імовірностями виходу з ладу.

Нехай одночасно перевіряється N однорідних елементів, агрегатів, систем. Під час випробування реєструється кількість несправних елементів у момент часу t . Тоді імовірність виходу з ладу $Q(t)$ залежить від часу t і розуміється як частка елементів m , що вийшли з ладу у момент часу t , від загальної кількості випробуваних елементів N з нескінченною кількістю випробувань n :

$$Q(t) = m/N$$

Імовірність відмови $Q(t)$ та імовірність безвідмовної операції $P(r)$ утворюють повну групу випадкових подій, тобто $Q(t) + P(r) = 1$.

Технічна система, що складається з багатьох елементів, схильних до збоїв, замінюється в методі побудови дерева відмов певною структурною моделлю. У ній вибрані елементи, підрозділи або підсистеми розглянутої технічної системи пов'язані ланцюжками подій, де одна несправність може спричинити певні події з урахуванням збоїв або роботи системи захисту.

Метод дерева відмов дає змогу відслідковувати наслідки збоїв у кількох точках технічної системи, оцінювати їх вплив. Зауважте, що в самому методі побудови дерева помилок оцінюється лише імовірність інциденту, але збиток від нього не оцінюється. Отже, у цьому методі немає прямої оцінювання ризику, а лише імовірність настання негативної події.

Для того, щоб оцінити шкоду, пов'язану з інцидентом, необхідно застосувати додаткові спеціальні методи.

Статистичний метод. Дозволяє математично виразити імовірність настання ризикових подій та розмір фінансових збитків (він може бути використаний за умови прояву ризику в діяльності конкретного підприємства або на подібних підприємствах).

Підхід базується на обробці статистичних даних про надзвичайні випадки з використанням традиційних методів математичної статистики. Отримані показники імовірності аварій і тяжкості їх наслідків (пошкоджень) можуть бути безпосередньо використані для оцінювання та аналізу екологічного ризику. При використанні цього методу слід урахувувати велику кількість факторів, що впливають на виникнення аварій:

- кількість та ефективність захисних заходів, що проводяться на об'єкті;
- стан захисних засобів;
- кваліфікація виробничого персоналу;
- розміщення населення та виробничих приміщень поблизу підприємства;
- метеогеографічні та топографічні умови, що характеризують об'єкт;
- можливість прояву небезпеки об'єкта не тільки в разі аварій, але і під час нормальної експлуатації, через те, що будь-який об'єкт має викиди газів, рідкі стоки та відходи, що містять небезпечні та шкідливі речовини.

Усі ці фактори при використанні методу статистичного аналізу аварій призводять до збільшення складності процесу отримання необхідної інформації, а за його відсутності – до ненадійних результатів.

Статистичний метод оцінює деякі характеристики збитків, усереднених за час та простір від різних техногенних причин чи інцидентів. Кількість статистичних характеристик техногенних ризиків може бути досить великою. З них найбільш часто використовуються:

- частота інцидентів певної категорії, наприклад аварій на залізничному транспорті, на рік на певній території, 1/рік;
- середній матеріальний збиток за інцидент для конкретної території, наприклад у мільйонах доларів / інцидент;
- середній природний збиток на інцидент для конкретної території, наприклад середня кількість розливої нафти в тонах / інциденті.
- індивідуальний ризик смерті, пов'язаний з технічним джерелом, 1/рік;
- індивідуальний ризик для здоров'я, 1/рік.

Перевагою статистичного напрямку оцінювання техногенних ризиків є простота запроваджених оцінок техногенних ризиків, можливість їх використання у прямому порівнянні з іншими видами ризиків та зрозумілість для широкого кола користувачів і суб'єктів ризику. Недоліком цього напрямку є досить висока вартість процесу збору необхідної первинної інформації, її статистичної обробки, а потім поширення інформації про ризики серед зацікавлених сторін, включаючи суб'єктів ризику, органів контролю та контролю.

Метод експертних оцінок. Найпоширеніші методи експертного огляду можна розділити на три групи – індивідуальні, колективні та комбіновані. Вони схематично показані на рис. 4.

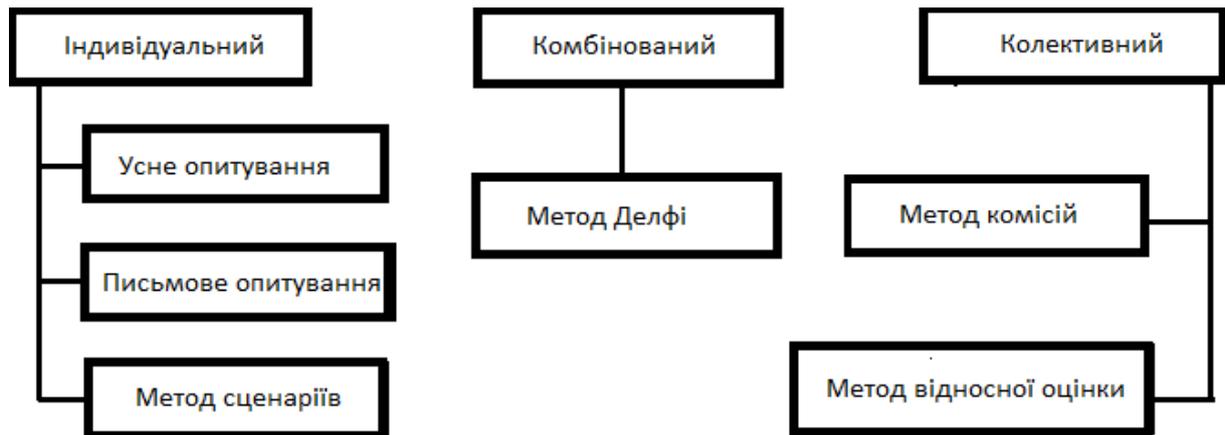


Рис. 4.Схема рецензування

Окремі методи в основному використовуються для оцінювання відомого об'єкта згідно з перевіреними критеріями. Наприклад якщо проводиться перевірка безпеки праці, дотримання норм пожежної безпеки тощо. Оцінювання експертів таких перевірок обмежується висновками «так» – «ні» або «відповіді» – «не відповідає», які вказуються у заздалегідь розробленій анкеті. Цей вид аудиту більшою чи меншою мірою є рутинною роботою, котра не вимагає глибокого знання сутності аналізованого ризику. У зв'язку з цим індивідуальна оцінювання експертів допустима у тих випадках, коли необхідно зробити незначні висновки або прийняти неважливі рішення.

Робота експертної комісії виражається у відкритому обговоренні проблем та оцінок та колективному прийнятті рішень. Переваги обох типів методів – як індивідуальних, так і колективних – об'єднані комбінованим методом, який називається методом Делфі. Він базується на індивідуальних експертних оцінюваннях. Однак, якщо під час опрацювання результатів опитування виявляються занадто великі розбіжності у думках, скликається експертна комісія для спільного обговорення та уточнення критеріїв оцінювання. Після оцінювання комісії процедуру повторюють.

Метод оцінювання техногенного та екологічного ризику на основі застосування гранично допустимих стандартів утилізації відходів у

природне середовище. Регулювання техногенних впливів з використанням гранично допустимих викидів (ГДВ) в атмосферу та гранично допустимих скидів (ГДС) у водойми ґрунтується на забезпеченні стандартів ГДК у пунктах управління. Для атмосферного повітря це межа санітарно-захисної зони підприємства. Для стоків у водойми, що знаходяться в межах населеного пункту – ГДК за місцем викиду. Якщо викид розташований за межами населеного пункту – за 1 км нижче за течією річки або за 0,5 км від місця викиду в застоюну водойму.

Норми утворення та захоронення твердих побутових відходів (ТПВ) визначаються на основі комплексного аналізу технологічних процесів та регіональних особливостей природного середовища.

Як зазначалося вище, при проектуванні технологічного процесу (виду економічної діяльності) обов'язково розробляється спеціальний розділ «Оцінювання впливу на довкілля (ОВД)», який узагальнює всі дані про джерела утворення виробничих відходів, їх утилізацію у природне середовище, склад та ефективність очисних споруд, конструкцій. ОВД містить перелік заходів щодо захисту навколишнього природного середовища за нормальних умов експлуатації та у разі несприятливих погодних умов, включаючи охорону атмосферного повітря, поверхневих і ґрунтових вод, ґрунту, надр, флори та фауни. Перевага методології ОВД полягає у створенні науково обґрунтованої системи прийняття рішень щодо екологічної безпеки проектів, упровадження яких може негативно впливати на природне середовище. ОВД є основними матеріалами для впровадження державної та громадської екологічної експертизи.

6.7.3. Методи, що використовуються переважно для оцінювання екологічного ризику

Метод Монте-Карло. Цей метод [38, 39] використовується, коли необхідно вибрати найвищу імовірність або впевненість щодо ризику чи

невдачі. Метод заснований на визначенні стохастичних параметрів шляхом вибору випадкових чисел. Наприклад у хімічній технології відомо, що розподіл молекул речовини у певному процесі залежить від термодинаміки цього процесу (другий закон термодинаміки). У стані термодинамічної рівноваги тепловий рух молекул речовини характеризується середньою кінетичною енергією E , котра залежить від температури та кількості ступенів свободи молекул, а один ступінь свободи відповідає енергії

$$E = 1/2kT,$$

де k – постійна Больцмана, і вона тісно пов'язана з термодинамічною імовірністю W_n та ентропією системи S ($S = k \ln W_n$).

Таким чином, у методі Монте-Карло можна визначити кількість ступенів свободи, що характеризує можливість процесу в певному діапазоні температур. Для різних етапів процесу можна отримати різні т. зв. числа Монте-Карло M , які характеризують можливість окремих стадій (наприклад у цьому випадку 3-я стадія дає найбільший вихід речовини в якійсь реакції синтезу):

$$\bar{M} = \frac{1}{N} \frac{\sum_{i=1}^N M(C_i) e^{-E(C_i)/kT}}{\sum_{i=1}^N e^{-E(C_i)/kT}}, \quad (8)$$

Метод аналізу Маркова. Цей аналіз ґрунтується на лінійних диференціальних рівняннях, які обираються для встановлення можливих збоїв протягом певного періоду часу t або швидкості поширення й усунення збоїв. Діаграма Маркова (ланцюг), спрощена схема якої наведена нижче (рис. 5),

відображає закономірності відмов та їх усунення. Показана система працює = «0» і пошкоджена (збій) – = «1».

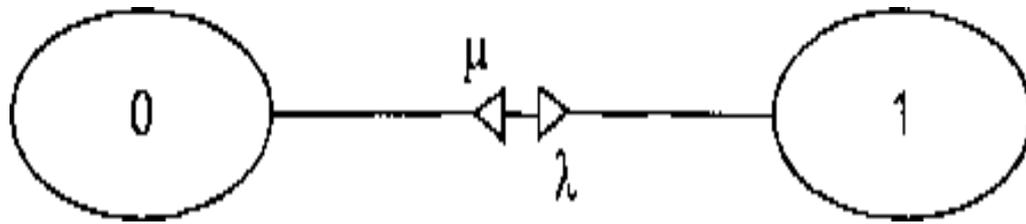


Рис. 5. Спрощена схема діаграми Маркова.

Несправність (що характеризується параметрами μ і λ) може бути усунена негайно, або на її усунення може знадобитися певний час (P_0 і P_1 – величини, що визначаються конкретними умовами задачі, наприклад імовірністю станів (події)). Цей зв'язок можна обчислити математично:

$$\begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t), \\ \frac{dP_1(t)}{dt} &= -\lambda P_0(t) - \mu P_1(t). \end{aligned} \quad (9)$$

6.7.4. Модельні та інші методи оцінювання екологічного ризику

Кваліметричний метод моделювання. Кваліметричне моделювання базується на концепції якості об'єкта (екосистеми), що розглядається, і полягає у побудові та вивченні математичних моделей, котрі описують ці якості. У процесі побудови кваліметричних моделей визначається узагальнений показник небезпеки об'єкта, який формується на основі оцінювання конструктивних щодо інших ознак (властивостей) об'єкта, які можуть вплинути на рівень безпеки. Кваліметричні моделі, складені на основі ретельного морфологічного аналізу, призначеного для «розсічення» об'єкта, також підходять для оцінювання рівня небезпеки промислових об'єктів, а отже, ризиків аварій, їх масштабів та впливу на екосистеми.

Оцінювання екологічного ризику на основі *критеріального методу*. Метод критерію пов'язує разом проблему екологічної безпеки та проблему ризику. Одна з ідей у цьому випадку полягає в тому, що існує міждисциплінарний підхід та модель із кількох джерел і, відповідно, численні ризики. Дійсно:

- по-перше, це різні джерела небезпеки з власними розподілами імовірностей з точки зору масштабу та швидкості події;
- по-друге, це різні об'єкти захисту зі своїми функціями чутливості щодо такого типу впливу;
- по-третє, це різні методи запобігання несприятливих подій, протидії наслідкам, методи їх локалізації, пом'якшення, усунення тощо.

Цей метод оцінювання та управління ризиком найчастіше пов'язаний з основним критерієм, що стосується тривалості життя окремої людини. Цей метод ураховує два основні типи впливу на здоров'я людини:

- 1) вплив на навколишнє середовище;
- 2) техногенний вплив.

Перший визначається на основі ГДК та ГДР, а другий – ГДВ та ГДС.

Найбільше критикується критеріальний метод, точніше, не сам метод, а основа для посилення. Тобто критикуються самі ГДК та їх похідні. Підставою для такої критики можна назвати такі положення:

- цей метод вимагає забезпечення «абсолютної безпеки», котра не є ні науковою, ні досяжною;
- слабка наукова обґрунтованість ГДК, ГДР та їх похідних. Немає «порогу» для багатьох речовин;
- немає ГДШВ (максимально допустимий шкідливий вплив) при аваріях та катастрофах для людей та навколишнього середовища;
- критерії безпеки для повільно працюючих процесів не визначені;

- критерії допустимого соціально-психологічного впливу не визначені;
- відсутність вищезазначених критеріїв не дає змоги порівнювати безпеки різного характеру та визначати найбільш суттєві;
- кінцева мета екологічної та технічної політики не визначена;
- не існує принципів і критеріїв, згідно з якими влада повинна витрачати кошти на збільшення тривалості життя (тривалість життя);
- нові економічні та політичні умови в країні та регіонах не відображаються належним чином.

Через наявність таких істотних недоліків фахівці все частіше схильються до переходу від критеріального методу до методу повного аналізу ризиків.

Метод «усунення» невизначеностей. Назва методу не може уважатися загальною визначеною. Це метод багаторазового переосмислення з різних позицій та різних фахівців початкової інформації про об'єкт нашої уваги і впливу на цей об'єкт з метою управління ризиками, яким він піддається, з точки зору різних наук та дисципліни.

Метод аналізу загального ризику та встановлення його рівня. У цьому методі рівень ризику означає, що критерій контролю слід встановлювати на різних рівнях різними способами, наприклад:

1. Для рівня управління – як критерій, що визначає середні витрати на утримання безпеки.
2. Для регіонального рівня – як критерій визначення оптимальних витрат.
3. Для рівня територій – як критерій, що визначає прийнятний показник впливу на населення територій.
4. Для окремого об'єкта – як безпосередній допустимий рівень впливу цих об'єктів.

Метод аналізу доцільності витрат. Знаючи статтю витрат, в якій екологічний ризик найбільший, можна знайти спосіб його зменшення. Компанія не аналізує джерела ризику, але приймає ризик як цілісну величину, ігноруючи таким чином його складові.

Аналітичний метод. Він поєднує як можливість факторного аналізу параметрів, що впливають на екологічний ризик, так і визначені можливі шляхи зниження його рівня шляхом впливу на них.

Метод аналізу чутливості (вразливості) людини та / або навколишнього середовища. Потрібна мінімальна вихідна інформація. Він не ураховує, наскільки імовірні чи реальні очікувані зміни окремих факторів, а також те, наскільки зміни параметрів проекту можуть мати спільний, а не ізольований характер.

Метод аналізу сценаріїв виникнення та розвитку небажаних подій. Він передбачає одночасну зміну кількох параметрів у будь-якому процесі чи події. Зміна дозволяє лише визначити імовірнісний (з точки зору експерта) діапазон змін у результаті процесу чи явища у разі найбільш невдалих (песимістичних) або найбільш успішних (оптимістичних) змін внутрішніх чи зовнішніх параметри.

Спосіб використання аналогів. Він дає можливість виявити рівень ризику в будь-якому напрямку діяльності підприємства, коли немає чіткої підстави для порівнянь. Якщо минулі та теперішні показники не ураховуються в межах одного етапу, імовірність отримання помилки дуже велика.

Інформаційний метод оцінювання екологічного ризику. Інформація як інструмент оцінювання та управління набуває все більшого поширення у всьому світі. На основі вихідних даних будується «інформаційна картина», за допомогою якої здійснюється аналіз ризику за описаними вище схемами.

Методи оцінювання ризиків, засновані на урахуванні факторів ризику з позицій їх значущості. По суті, це варіант методу експертної оцінювання з усіма властивими йому перевагами та недоліками.

Методи оцінювання багатофакторних екологічних ризиків. Одним із сучасних рішень таких проблем є застосування методології порівняльної оцінювання ризиків (ПОР). Методологія ПОР – це «порівняння та визначення пріоритетів ризиків». Для проведення ПОР організуються незалежні експертні групи, кожна з яких має справу лише з одним із існуючих ризиків (щоб уникнути «забруднення результатів»). Застосування цієї методики, як правило, виявляється досить дорогим (вимагає залучення великої кількості експертів). Однак у ситуації серйозних багатофакторних ризиків це може бути єдиним більш-менш надійним рішенням.

Однак високий рівень витрат на проведення ПОР – не єдина і навіть не основна проблема методології. Її основні проблеми:

- проблема спілкування з суспільством (окремі сегменти якого з максимальною емоційністю сприймають «свої» ризики);
- проблема комунікації між експертними групами ПОР та керівництвом спільного проекту.

6.8. Матриця ризику. Сценарій перший

У багатьох країнах ЄС, США, Індії та Китаї, особливо в останні роки, набули поширення так звані матриці ризиків, які значно полегшують процес аналізу й оцінювання ризиків. Методологія оцінювання ризиків, запропонована у проекті згаданого стандарту, базується на використанні діаграм у системі координат «Імовірність події – наслідки події». Матриця ризику [40] показує залежність рівня (категорії) ризику від співвідношення імовірності події та тяжкості її наслідків (рис. 6).

Загальна характеристика інструментарію. Матриця – це прямокутна система координат. На одній осі матриці показана імовірність, на іншій

– наслідки. Імовірності та наслідки поділяються на кілька категорій. Для кожної категорії імовірностей та наслідків формуються відповідні критерії.

МАТРИЦЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОШЕННЯ ДО РИЗИКУ

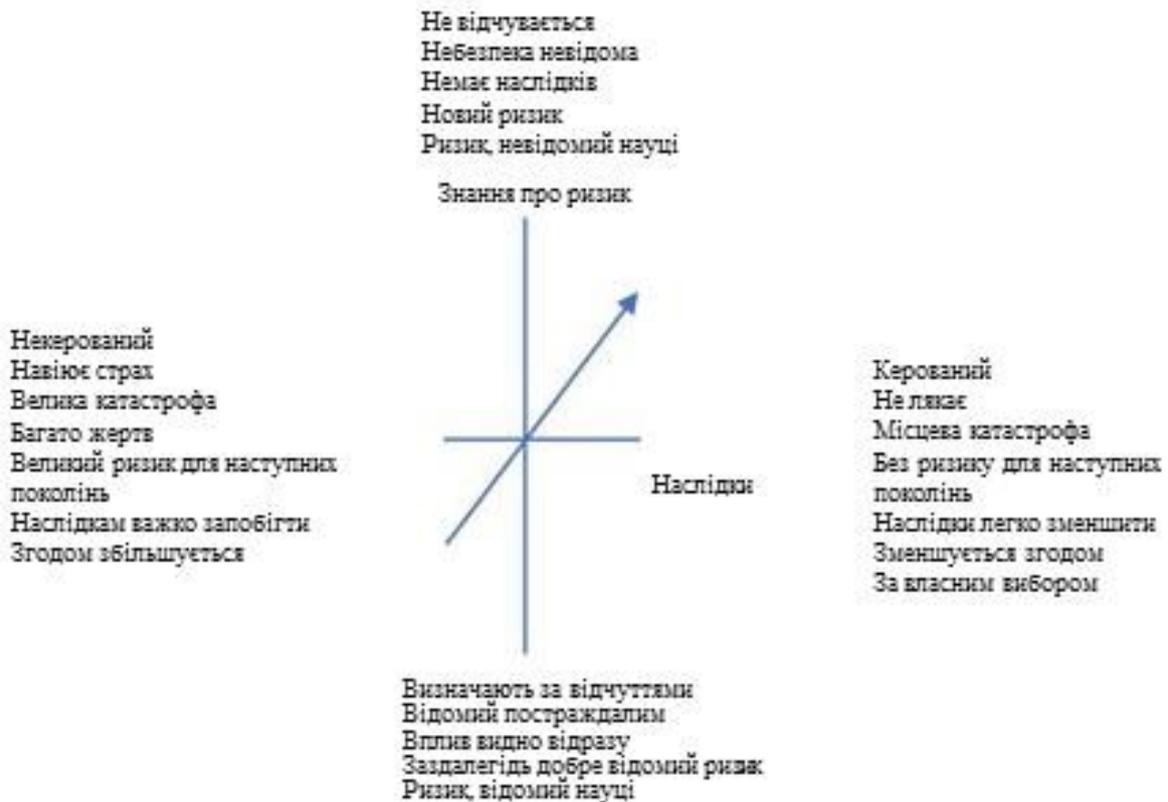


Рис. 6. Допоміжна інформації для кращого сприйняття матриць ризиків

На перетині категорій імовірності та шкоди визначається величина ризику. Для кожного рівня ризику встановлюються дії та терміновість заходів для мінімізації можливих наслідків ризикової ситуації.

6.9. Матриця ризику. Сценарій другий

Варіація, представлена тут, є Британським стандартом BS 8800. Цей метод має високий рівень складності. У британському стандарті матриця ризику формується за допомогою серії таблиць.

Таблиця 3

Величина ризиків

Імовірність	Ефекти		
	Малий	Середній	Значний
Мала	1. Незначний ризик	2. Низький ризик	3. Помірний ризик
Середня	2. Низький ризик	3. Помірний ризик	4. Значний ризик
Висока	3. Помірний ризик	4. Значний ризик	5. Неприйнятний ризик

У таблиці 3 прийнято три рівні тяжкості наслідків та імовірності заподіяння шкоди. Спочатку ступінь тяжкості наслідків, спричинених ситуацією, визначається за допомогою трьох різних елементів у верхньому рядку таблиці, а потім оцінюється імовірність заподіяння шкоди за допомогою першого стовпця. На перетині вибраних напрямків з'явиться значення знайденого рівня ризику. Значення ризику відрізняються від мінімального значення ризику 1 (незначний ризик) до максимального значення 5 (неприйнятний ризик).

Таблиця 4

Критерії визначення імовірності події

Імовірності	Ознаки імовірності подій
1. Імовірність низька	Подія, що трапляється рідко і нерегулярно. Наприклад взимку поверхня тротуарів стає слизькою від льоду.
2. Імовірність середня	Подія, котра відбувається час від часу, але нерегулярно. Наприклад під час обслуговування ліфта вантаж потрібно піднімати вручну.
3. Імовірність висока	Подія, котра відбувається часто і регулярно. Регулярний рух навантажувача викликає небезпеку зіткнення

Потім визначаються ознаки (критерії) імовірності подій (табл. 4) та тяжкість наслідків (табл. 5).

Таблиця 5

Критерії визначення тяжкості наслідків

Ефекти	Ознаки наслідків
1. Незначні	Ця подія викликає короточасну хворобу або проблеми зі здоров'ям, які не вимагають звернення до лікаря
2. Середні	Подія має значні та тривалі наслідки. Включає звернення за медичною допомогою. Характеризується відсутністю на роботі від 3 до 30 днів. Наприклад порізана рана або незначні опіки
3. Значні	Подія спричиняє постійні та безповоротні пошкодження. Включає серйозне лікування і викликає більше 30 днів відсутності на роботі. Наприклад серйозне професійне захворювання, остаточна інвалідність або смерть

Нарешті, згідно з табл. 6 можна визначити необхідність заходів щодо зниження ризику.

Таблиця 6

Значення ризику та необхідність дій

Величина ризику	Необхідні заходи для зниження ризику
1	2
Невеликий значний ризик	Ризик настільки малий, що ніяких дій не потрібно
Низький ризик	Заходи необов'язкові. Ситуацію необхідно контролювати
Помірний ризик	Вживати заходів для зменшення ризику. Дії слід планувати та проводити точно за графіком. Якщо ризик спричиняє серйозні наслідки, необхідно більш точно з'ясувати імовірність події.

1	2
Значний ризик	Зменшення величини ризику вкрай необхідне. Дії потрібно починати терміново. Роботи з ризиками повинні бути негайно припинені і не можна розпочинати їх до зменшення ризику.
Неприпустимий ризик	Усунення ризику є обов'язковим. Дії потрібно починати терміново. Роботи в небезпечних умовах необхідно негайно припинити і не розпочинати до усунення ризику.

6.10. Метод розділу ризику.

Карти ризиків як важливий елемент системи оцінювання та управління ризиками широко використовуються. Одним із методів відображення ризику для управління ним є відомий голландський метод (рис. 7 та таблиця 7).

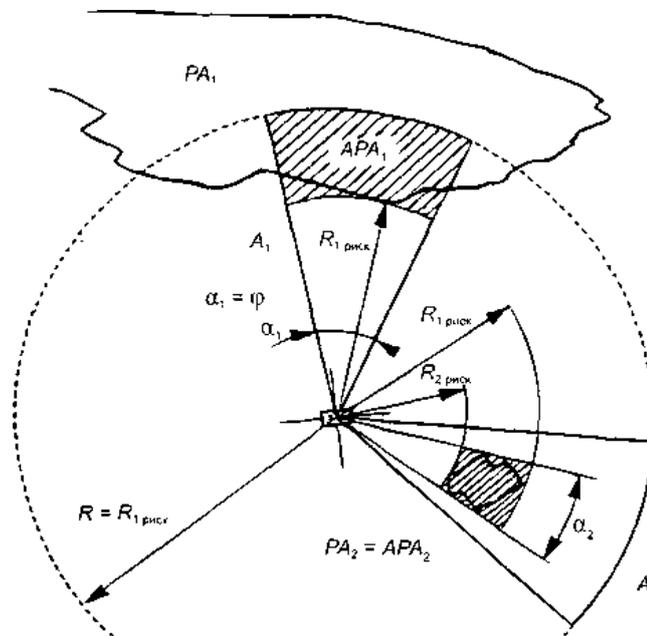


Рис. 7. Ілюстрація графічної оцінювання впливу для певної категорії небезпеки (сектор слід вибирати там, де, за розрахунками, отримується найбільша кількість жертв)

Пояснення до рисунка 5

Позначення	Назва показників
R	Максимальна відстань поширення ураження
A	Площа ураженої ділянки
RA	Населені райони
ARA	Населені райони, схильні до надзвичайного впливу
Rmin	Мінімальна відстань від епіцентру небезпечної діяльності до населеного пункту
Rmax	Максимальна відстань від епіцентру небезпечної діяльності до населеного пункту
#	Кут сектора ураження
a	Кут сектора, включаючи постраждалу заселену територію

У центрі кола знаходиться небезпечний об'єкт (у цьому прикладі – нафтопереробний завод). Карта ризику вказує на зони, які піддаються найбільшим загрозам і руйнуванням у разі вибуху або пожежі (зони високого ризику), див. рис. 5. Така карта ризику доступна закладу і є документом, з яким необхідно діяти у разі надзвичайної ситуації.

6.11. Модель оцінювання ризику з використанням розподілу Вейбулла-Гніденко.

Було запропоновано кілька математичних моделей для опису зв'язку між дозою та відповіддю. Нижче ми розглянемо дві з них – модель оцінювання ризику з використанням розподілу Вейбулла-Гнеденко та лінійно-квадратичну модель.

Розподіл Вейбулла-Гнеденко описується виразом

$$F(x) = 1 - \exp(-ax^b) \quad (7)$$

де a і b – позитивні параметри.

При вивченні впливу токсичної речовини на здоров'я людини роль незалежної змінної відіграє доза цієї речовини D . Функція $q_e(D)$ моделює взаємозв'язок «доза – відповідь» і оцінює частоту ризику, що вводиться токсикантом:

$$q_e(D) = 1 - \exp(-aD^b). \quad (8)$$

Вираз (8) можна лінеаризувати за допомогою подвійного логарифму

$$\ln[-\ln(1 - q_e(D))] = \ln a + b \ln D. \quad (9)$$

Це співвідношення можна використовувати як рівняння лінійної регресії. Його параметри a і b можна знайти, якщо є принаймні дві пари значень, отриманих з токсикологічних (експериментальних) досліджень. Якщо було виявлено, що значення D_1 відповідає частоті $q_{e,1}$, а значення D_2 – частотність $q_{e,2}$, то коефіцієнти рівняння лінійної регресії обчислюються за формулами:

$$\begin{aligned} b &= \{\ln[-\ln(1 - q_{e,2})] - \ln[-\ln(1 - q_{e,1})]\} / \ln(D_2/D_1), \\ a &= -\ln(1 - q_{e,1}) / D_1^b \quad \text{или} \quad a = -\ln(1 - q_{e,2}) / D_2^b. \end{aligned} \quad (10)$$

Знаючи коефіцієнти a і b , можна визначити дозу токсиканту, що відповідає частоті пов'язаного ризику,

$$D = \{[-\ln(1 - q_e)]/a\}^{1/b}. \quad (11)$$

6.12. Лінійно-квадратична модель оцінювання ризику

Лінійно-квадратична модель використовує таку залежність між дозою токсиканту та реакцією:

$$q_e = aD + bD^2. \quad (12)$$

Якщо в результаті експериментальних досліджень є дві пари значень, то легко знайти коефіцієнти a і b . Нехай значення D_1 відповідає частоті q_{e1} , а значення D_2 – частоті q_{e2} , тоді ці коефіцієнти обчислюються за формулами:

$$\begin{aligned} b &= (q_{e1}/D_1 - q_{e2}/D_2) / (D_1 - D_2), \\ a &= (q_{e1} - bD_1^2) \text{ або } a = (q_{e2} - bD_2^2) / D_2. \end{aligned} \quad (13)$$

Значення дози, що відповідає значенню частоти ризику q_e , визначається з квадратного рівняння, що випливає з виразу (12):

$$\begin{aligned} bD^2 + aD - q_e &= 0, \\ D &= (-a \pm (a^2 + 4bq_e)^{1/2}) / 2b. \end{aligned} \quad (14)$$

Модель лінійно-квадратичного оцінювання використовується, наприклад у радіобіологічних дослідженнях для опису залежності між дозою іонізуючого випромінювання та наслідками, які вона спричиняє (загибель клітин, хромосомні аберації, поява злоякісних новоутворень тощо).

6.13. Оцінювання ризику здоров'ю при впливі безпорогових токсикантів. Фактор ризику.

При оцінці ризику загрози здоров'ю внаслідок впливу канцерогенних речовин використовуються два важливі положення.

По-перше, загально визнано, що канцерогени не мають порогової дози, їх дія починається вже при найменших кількостях, що надходять в організм людини.

По-друге, вважається, що імовірність розвитку раку (тобто канцерогенного ризику) прямо пропорційна кількості (дозі) канцерогену, що вводиться в організм. Поєднання цих двох позицій називається безпороговою лінійною моделлю.

Лінійний характер зв'язку між канцерогенним ризиком і дозою канцерогенної речовини виражається простою формулою

$$r = F_r \cdot D, \quad (15)$$

де r – індивідуальний канцерогенний ризик; його слід розуміти як додатковий ризик (на додаток до вже існуючої імовірності захворіти на рак) онкологічного захворювання, викликаного надходженням цього канцерогену; D – доза канцерогену, котра потрапила в організм людини; F_r – це коефіцієнт пропорційності між ризиком і дозою, що називається фактором ризику.

Фактор ризику F_r показує, як швидко зростає імовірність раку зі збільшенням дози канцерогену, що надходить в організм людини з повітрям, водою або їжею. Фактор ризику також називають фактором нахилу, оскільки він характеризує нахил лінії «доза-ризик». Очевидно, що чим більший кут нахилу, тим більша загроза здоров'ю.

Одиниця фактора ризику F_r $[\text{мг}/\text{кг} \cdot \text{добу}]^{-1}$ – це зворотна одиниця середньодобової норми споживання канцерогену. Фактор ризику кількісно характеризує збільшення загрози здоров'ю внаслідок щоденного споживання цього канцерогену в кількості 1 мг на 1 кг ваги

Способи вираження фактора ризику. Фактор ризику F_r , як зазначено вище, є ризиком на одиницю дози небезпечної речовини і виражається

у зворотних міліграмах (мг^{-1}). Іноді потрібно надати залежність ризику R не від дози, а від концентрації речовини:

$$R = F_r \cdot c. \quad (16)$$

Якщо концентрація має розмір $\text{мкг}/\text{м}^3$ (у випадку, коли забруднювач знаходиться у повітрі), то фактор ризику слід віднести до одиниці концентрації і, отже, виразити у $(\text{мкг}/\text{м}^3)^{-1}$. Співвідношення між значеннями фактора ризику, вираженими у (мг^{-1}) та $(\text{мкг}/\text{м}^3)^{-1}$, виглядає наступним чином:

$$F_r (\text{мкг}/\text{м}^3)^{-1} = F_r (\text{мг}^{-1}) \cdot 10^{-3} \cdot v \cdot t, \quad (17)$$

де v – інтенсивність щоденного надходження забруднювача в організм, а t – тривалість надходження. Цей коефіцієнт може бути використаний, якщо визначено щоденне споживання забрудненого повітря та встановлено час впливу забруднювача на групу ризику.

6.14. Оцінювання джерел небезпеки і ризику

Розробка політики щодо зменшення ризиків аварій та інших надзвичайних ситуацій та пом'якшення їх наслідків пов'язана з оцінкою, аналізом та управлінням величиною техногенного навантаження на компоненти довкілля. Це завдання включає екологічні, технічні, соціально-економічні аспекти і розв'язується в системному аналізі штучних (геотехнічних) та природних систем.

При визначенні ступеня техногенної небезпеки й екологічного ризику, за наявності або при проектуванні технічних засобів, постає проблема вибору найкращого варіанта. Нехай кількість варіантів E_n , що розглядається, і кількість варіантів, що задовольняють поставленій меті E_0 , тоді правило відбору для розв'язання задачі має вигляд:

$$E_0 = \langle E_{i_0} | E_{i_0} \in E_{II} \wedge e_{i_0} = \max_i e_i \rangle, \quad (18)$$

тобто множина E_0 оптимальних варіантів складається з варіантів E_{j_0} , що належать множині E_{II} , та оцінок e_1 , для яких максимальною серед оцінок є $\max_i e_i$.

При оцінці впливу небезпечного об'єкта на здоров'я населення розмір населення можна використовувати як незалежний критерій:

$$SPF = \frac{\sum_{R=1}^{80} P(R) R^{-1,5}}{\sum_{R=1}^{80} Q(R) R^{-1,5}}, \quad (19)$$

де SPF – критерій для населення району, де знаходиться небезпечний об'єкт; R – відстань до промислового майданчика, км; $P(R)$ – кількість людей, що живуть на відстані від $(R-1)$ до R , $Q(R)$ – кількість людей, які б жили в цій зоні з рівномірною щільністю населення 390 осіб/км².

Цей підхід ґрунтується на виборі функції переваги. У деяких випадках така функція будується на основі табличних шкал, складених за даними експертних оцінок, і є скалярною функцією векторного аргументу

$$f(e) = f[f_1(e_1), f_2(e_2) \dots, f_n(e_n)]. \quad (20).$$

Тип цієї функції визначається тим, як оцінюється внесок кожного конкретного критерію.

Конкретний подальший розрахунок можна проводити різними методами. Давайте розглянемо деякі з них.

6.15. Методи оцінювання екологічного ризику на основі концепції ГДК

Сценарій перший. Нормування якості основних компонентів природного середовища полягає у встановленні меж допустимих змін їх властивостей. Гранично допустима концентрація (ГДК) забруднюючих речовин у повітрі, воді та ґрунті, встановлена санітарно-гігієнічними методами, використовується як кількісний показник забруднення навколишнього середовища. Якість природного середовища за рівнем забруднення вважається задовільною, якщо виконуються дві основні умови:

1. Концентрація окремих забруднювачів: C має бути меншою, ніж їх ГДК:

$$C_i \leq ГДК_i. \quad (21)$$

2. За наявності групи односпрямованих речовин, одночасно присутніх у повітрі, сума співвідношень їх концентрацій має бути меншою за одиницю.

Відповідно до значень ГДК, визначають ступінь тяжкості екологічної ситуації.

Однак ГДК не відображають токсикологічного навантаження на екосистему в цілому, оскільки не ураховують процеси накопичення речовини в біологічних об'єктах. Це означає, що реакція екосистеми на забруднення може не відповідати первісній оцінці.

Таким чином, нормування, тобто процедура підтримки екологічного ризику на прийнятному рівні з використанням ГДК, не стимулює обмеження викиду токсичних відходів будь-якого агрегатного стану, а спрямована на локальний захист окремих компонентів природного середовища, а не всієї екосистеми в цілому.

Сценарій другий. У цьому методі регулювання техногенних впливів на природне середовище що означає підтримання екологічного ризику на прийнятному рівні за допомогою санітарно-гігієнічних норм. ГДК реалізується через їх похідні: максимально допустимі викиди в атмосферу – ГДВ і гранично допустимі скиди у водойми – ГДС. Цей тип нормування ґрунтується на забезпеченні значень ГДК на межі санітарно -захисної зони підприємства або на проектній ділянці водного об'єкта. Норми утворення та видалення ТПВ визначаються на основі комплексного аналізу технологічних процесів та регіональних особливостей природного середовища.

При проектуванні технологічних процесів (видів економічної діяльності) обов'язково розробляється спеціальний розділ «Оцінювання впливу на довкілля» (ОВД), який узагальнює дані про джерела утворення газу та пилу, рідких і твердих відходів, методи їх утилізації, склад та ефективність роботи очисних споруд.

Основною перевагою такого підходу є створення науково обґрунтованої системи прийняття рішень щодо екологічного ризику, пов'язаного з реалізацією проектів, економічної діяльності, котра може негативно вплинути на природне середовище. ОВД є основним документом, який узагальнено містить усі матеріали, необхідні для державної екологічної експертизи.

Сценарій третій. В одній з моделей кількісна оцінювання співвідношення «доза – ефект» базується на системі ГДК. Дійсно, залежна від дози реакція організму зазвичай визначається експериментально на рівні достатньо високих, чітко діючих доз, а оцінювання реального рівня забруднення здійснюється шляхом екстраполяції.

Таким чином, при відносно тривалому впливі токсичної речовини в умовах стабільного рівня співвідношення «доза – час – ефект» виражається таким рівнянням:

$$E = E_m - \exp[-k^n \cdot A \cdot C^n (t_{заг} - t_{рівн})], \quad (22)$$

де E – токсичний ефект при даній концентрації та заданому часі впливу; E_m – максимальний ефект; n – стехіометричний коефіцієнт біологічної відповіді; k – константа швидкості обмежувальної реакції; $t_{\text{заг}}$ – загальний час впливу ксенобіотиків; $t_{\text{рівн}}$ – час на встановлення рівноваги між концентраціями ксенобіотиків у зовнішньому середовищі та в організмі; A – коефіцієнт розподілу організм – середовище; C – концентрація отруйної речовини в навколишньому середовищі.

Це рівняння застосовується до речовин загальної токсичної дії. Для хімічних речовин із селективною токсичністю до експоненціального коефіцієнта необхідно внести додатковий коефіцієнт, щоб урахувати цю специфічність.

Для практичного застосування системи оцінювання ризиків використовуються простіші формули, основними з яких є лінійні або лінійно-експоненціальні моделі.

$$\text{Ризик} = UR \cdot C \cdot t; \quad (23)$$

$$\text{Ризик} = 1 - \exp(-UR \cdot C \cdot t), \quad (24)$$

де ризик – це ризик несприятливого впливу, що визначається як імовірність того, що цей ефект наступить за певних умов; C – реальна концентрація (або доза) речовини, що має вплив протягом часу t ; UR – одиниця ризику, що визначається як фактор частки збільшення ризику залежно від значення ефективної концентрації (дозы).

При цьому порогова модель передбачає наявність порогу, нижче якого досліджуваний фактор практично не працює.

$$\text{Ризик} = H \cdot (C - C_1), \quad (25)$$

де R – функція Хевісайда [$H(x) = 0$ для $x < 0$ і $H(x) = 1$ для $x > 0$];

C – концентрація фактора впливу;

C_1 – порогова концентрація.

6.16. Енергетична оцінювання техногенного та екологічного ризиків

Для урбанізованих регіонів з великою кількістю різнотипних природних та економічних об'єктів рівень ризику можна визначити, оцінивши максимально допустиме техногенне навантаження на основі енергетичного підходу. Достатньо визначити максимально допустиме споживання енергії усіма природними об'єктами, що знаходяться на досліджуваній території ($E_{\text{пд}}$), та фактичне споживання палива і енергії усіма господарськими об'єктами на цій території (E). У цьому випадку $E_{\text{пд}}$ діє як енергетичний еквівалент загального максимально допустимого техногенного навантаження. Якщо $E_{\text{пд}} = E$, екологічна технологічна спроможність території не перевищена, а екологічний ризик тим менший, чим більша різниця між $E_{\text{пд}}$ та E .

Розрахунок проводиться за формулою

$$E_{\text{пд}} = g \cdot (72R + 123W + 0,6P) \cdot S - kN, \quad (26)$$

де $E_{\text{пд}}$, т/рік – гранично допустиме споживання палива та енергії в еквівалентах палива на досліджуваній території;

g – безрозмірний коефіцієнт «антропогенного насичення» території:

$$g = l + lgI, \quad (27)$$

де I – енергодинамічний індекс, що дорівнює:

$$I = 1 + (0,01 \cdot r \cdot E) / r_0 \cdot R_s \cdot S, \quad (28)$$

де r , осіб/км² – середня щільність населення регіону; r_0 , осіб/км² – середня щільність населення регіону; R_s , ккал / (см²·рік) – загальна сонячна радіація; E , т/рік – середньорічне споживання палива та енергії усіма господарськими об'єктами досліджуваної території; V_t , м³/(кг·добу) – середньорічний модуль поверхневого стоку; P , т/(км²·рік) – питома продукція сухої речовини біомаси:

$$P = P_k \cdot S_k / S, \quad (29)$$

де P_k , т/(км²·рік) – зональне значення середньої питомої продуктивності рослинного покриву; S_k , км² – площа, зайнята рослинністю; S , км² – загальна площа території; $k = 1$ т.у.п./(особо·годину) – нормативний мінімум споживання енергії в побуті на людину; N , людей – загальна чисельність населення.

Витрати палива та енергії на території визначаються за формулою:

$$E = 123C + 143T + 0,85U + 1,552P + 0,38D, \quad (30)$$

де C , млн. кВт·год/рік – споживання електроенергії; T , тис. Гкал/рік – імпортна тепла енергія; U , т/рік – кількість спаленого вугілля; P – рідке паливо, D – дрова.

Порівняння числових значень $E_{\text{пд}}$ та E показує ступінь перевищення гранично допустимого рівня техногенного навантаження на природне середовище.

Будь-який технологічний процес реалізується шляхом подачі енергії на перероблену речовину. При цьому змінюється не тільки форма та розмір вихідного матеріалу, але часто і його фізичні властивості та хімічний склад. Можна стверджувати, що чим більше енергії витрачається на одиницю

переробленої речовини, тим більш небезпечним є готовий продукт та відходи для біоти.

Щодо потоків відходів, котрі надходять у природне середовище, можна виділити дві складові енергії – теплову та хімічну. Перша з них швидко розсіюється в навколишньому середовищі. Однак її вплив не можна ігнорувати, оскільки він може активувати незворотні хімічні реакції між інгредієнтами промислових відходів та природним середовищем. Таким чином, будь-який техногенний об'єкт генерує ентропію в природне середовище. Виходячи з вищесказаного, оцінювання екологічної безпеки та рівня техногенного ризику може бути виконана шляхом аналізу загального споживання енергії.

6.17. Оцінювання техногенного і екологічного ризику на основі екологічно-економічних показників ефективності виробництва

Як основний критерій технічної та екологічної безпеки, а отже, і рівня ризику, використовується коефіцієнт екологічної та економічної ефективності (оптимальності) технологічних процесів:

$$K_{\epsilon} = \frac{Q_{\phi}}{Q_p} \cdot \frac{M_{\text{пр}}}{M_c + M_p} \cdot \frac{m_{\text{пдз}}}{m_{\phi}} = k_1 k_2 k_3, \quad (31)$$

де k_1 – коефіцієнт використання виробничих потужностей;

Q_{ϕ} – фактичні та розрахункові показники);

k_2 – коефіцієнт використання матеріальних ресурсів, що характеризує технологічний випуск продукції ($M_{\text{пр}}$ – маса продукції з урахуванням перероблених відходів, M_c і M_p – маса сировини та допоміжних матеріальних ресурсів);

k_3 – коефіцієнт навантаження на навколишнє середовище ($m_{\text{пдз}}$ і m_{ϕ} – нормативно допустимі максимальні викиди забруднюючих речовин у

навколишнє середовище – ПДВ, ПДС, обсяги утворення відходів та фактичне значення в одиницях відносної токсичної маси).

Висновки щодо ступеня екологічної безпеки виробництва можна зробити за допомогою табл. 8.

Таблиця 8

Оцінювання екологічної небезпеки промислового об'єкта

Значення K_e	Аналіз та висновки щодо екологічної небезпеки
$K_e > 0,8$	Екологічно чисте виробництво, що відповідає сучасним екологічним стандартам якості
$0,8 > K_e > 0,5$	Екологічно менш небезпечне виробництво, підвищена безпека може бути забезпечена покращенням очисних споруд
$0,5 > K_e > 0,3$	Екологічно небезпечне виробництво; необхідна модернізація технологічного процесу, збільшення ресурсозбереження
$K_e < 0,3$	Виробництво абсолютно не відповідає сучасним вимогам, необхідно припинити його діяльність

6.18. Методика оцінювання екологічного ризику на основі показників якості, індикаторів та індексів.

Розглянемо оцінювання екологічних ризиків, пов'язаних із втратою якості основних компонентів природного середовища внаслідок техногенного навантаження. Основні складові навколишнього середовища: атмосферне повітря, вода, ґрунт.

Компоненти – це дисциплінарні галузі, в яких здійснюється вивчення навколишнього середовища – хімічна, фізична, біотична.

Напрямки (класи) – аспекти дослідження в межах кожного із компонентів: склад, властивості, процеси, явища (ефекти).

Індикатор – це мітка, сигнал, показчик або міра властивості, міра значення, міра параметра характеристики процесу. Індикатор також можна

визначити як еквівалент індукованого явища. Таким чином, індикатор може бути або фізичним (вимірюваним) значенням, або нефізичним (значення, яке не вимірюється за допомогою приладів). У категорії екології показники класифікуються таким чином: прості показники; узагальнені (агреговані) показники; інтегральні показники; складні показники.

Показники повинні відповідати певним вимогам (правилам відбору), тобто бути: науково обґрунтовані; мати чітке тлумачення; мати здатність до агрегації; мати необхідну чутливість.

Простий фізичний показник називається числовим значенням певної вимірюваної величини, що задовольняє правилам відбору.

Сукупний показник називається «сумою» простих показників, сформованих за узгодженими правилами. Загалом, сукупний показник – це «сума» пріоритетних показників для певного об'єкта, що вивчається, у кожному з класів в одному окремо взятому компоненті.

Інтегральний індикатор – це сума всіх можливих показників того самого початку та розміру в заданому класі, сформованих відповідно до узгоджених правил.

Складний індикатор – це сума показників, сформованих за узгодженими правилами, взятими з різних класів або різних компонентів, чи з різних класів і різних компонентів одночасно. В останньому випадку інформація складається з елементів різної природи, точності та розмірів. Ця класифікація дає змогу виправити та гармонізувати питання термінології у проблемі показників та індексів.

Індекс – міра відхилення від рівня, взятого за базовий.

Індекс – це величина, побудована на основі показників.

Індекс якості – це показник якості досліджуваного об'єкта, виражений за допомогою індикаторів і корелюючий з мірою ризику. Простий індекс якості визначається таким чином:

$$\chi_{1\varphi} = m_{ij}/n_{ij}, \quad (32)$$

де m_{ij} – кількість повних ознак якості, n_{ij} – кількість тих ознак, що збігалися при порівнянні вимірюваних та еталонних ознак. Індекс якості є безрозмірним, а його можливі числові значення знаходяться в діапазоні від нуля до одиниці. Показники якості також можуть бути простими, агрегованими, цілісними та складними. У формулі (32) i та j перераховують вимірне значення та клас відповідно.

Екологічний ризик. Екологічний ризик можна розглядати як імовірнісний показник рівня екологічної небезпеки та величини збитків. Це значення пропорційне відхиленню від якості і пов'язане з індексом якості співвідношенням:

$$R_{ij} = k(1 - \chi_{ij}). \quad (33)$$

У формулі (33) k – поправочний коефіцієнт, і з нього також впливає, що діапазон чисельного варіювання R_{ij} також включається в інтервал від 0 до 1, а зі збільшенням якості ризик зменшується. Якість та ризик можна виміряти на порівняльних лінійних шкалах.

Небезпека для навколишнього середовища – загроза зміни складу або властивостей навколишнього середовища, чи поява змін, пов'язаних із виникненням у ньому небажаних процесів через антропогенний вплив. Зміст такого визначення імовірнісний. Це означає, що діапазон змін цього значення також варіюється від 0 до 1. Щодо людини, то екологічна небезпека є загрозою для здоров'я та життя людини.

Екологічна безпека $S = 1/\Omega$ зворотна екологічній небезпеці величина. Діапазон змін від 1 до нескінченності. Для практичних цілей цілком достатньо оперувати діапазоном 1-10.

Прийнятний рівень ризику. Як показують дослідження та практика порівняння різних методів оцінювання екологічного стану атмосферного повітря у великих містах, рівень прийняттого ризику за шкалою 0 -1 відповідає чисельному значенню, рівному 0,3 – 0,4. Усі ризики вище цих значень слід уважати неприйнятними. Рівень екологічної безпеки, відповідає рівню прийняттого ризику 2,5 – 3,3.

Кількісні оцінювання якості навколишнього середовища або його окремої основної складової можна проводити:

- 1) за допомогою показників;
- 2) за допомогою індексів якості;
- 3) за допомогою поняття екологічного ризику.

Простий показник води або атмосферного повітря можна розрахувати за запропонованою нами формулою

$$C_i/M_i = \alpha_i(M_i - F_i)/M_i, \quad (34)$$

У цій формулі C – виміряна концентрація забруднюючих речовин, i – її номер; M_i – значення концентрації конкретного забруднювача, що впливає на здоров'я людини (так зване значення ефективної концентрації); F_i – це фонове значення концентрації певного забруднювача (можна взяти значення ГДК, але не обов'язково). Безрозмірний коефіцієнт α показує, котра частина небезпечної зони являє собою відношення фактичної концентрації до ГДК.

Діапазон значень концентрації забруднюючих речовин, що лежить між фоновими значеннями та ГДК, будемо називати безпечною зоною, а значення концентрації забруднюючих речовин, що знаходяться в діапазоні $(M - F)$, є небезпечними концентраціями забруднюючих речовин.

Параметр a , що дорівнює $\beta=1/a$ – це екологічний показник, оскільки він відповідає правилам відбору, сформульованим вище. За кількісним значенням екологічний показник може бути меншим або більшим за одиницю. З формули (34) слідує, що $\beta = (M_i - F_i)/C_i$. Екологічний показник тут простий.

Щоб побудувати агрегований екологічний показник у простому випадку невзаємодіючих забруднювачів, можна використати співвідношення (модель адитивної небезпеки)

$$1/\beta_{\text{agr}} = 1/\beta_1 + 1/\beta_2 + \dots + 1/\beta_n, \quad (35)$$

де n – кількість забруднюючих речовин, що підлягають контролю.

Щоб встановити кількісну залежність між показниками та ризиком, можна скористатися результатами розрахунків ІЗА для міста в середньому за період приблизно 10 років. Повітря вважається задовільним, навіть якщо концентрація двох основних забруднювачів вище ГДК. Тоді прийнятний рівень ризику $R_{\text{пр}} = 0,33$.

Виходячи з цього, можна обчислити співвідношення між узагальненим (агрегованим) показником та основними значеннями, введеними в цей підхід, щоб використати результати, отримані при розрахунку якості атмосферного повітря в будь-якій урбанізованій зоні. Результат представлений у табл. 9.

Сукупний (узагальнений) екологічний показник, індекс якості та ризик, побудований таким чином, як показує практика їх застосування, мають високу чутливість і більш повно відображають екологічну ситуацію в атмосферному повітрі з точки зору його забруднення пріоритетними забруднювачами порівняно з традиційним підходом.

Взаємозв'язок між числовим значенням узагальненого (сукупного) показника та мірою екологічного ризику

Числові значення узагальненого показника $\beta_{\text{агр}}$	Якісні характеристики рівня екологічного ризику	Приблизне числове значення рівня екологічного ризику R
0,01–0,1	Катастрофічний	Ризик близький до одиниці
0,1–0,15	Поза межний	0,9
0,15–0,2	Критичний	0,8
0,2–0,4	Небезпечний	0,7
0,4–0,8	Перехідна зона числових значень екологічного ризику	0,7–0,5
0,8–1,0	Допустимий	0,5
1–2	Прийнятний	0,4
2–4	Задовільний	0,3
4–7	Ризик незначний	0,2 і менше
Понад 8	Фонове знання	0

6.19. Американські та європейські методології оцінювання ризику здоров'я населення.

У 90-х роках ХХ ст. фахівці ЕРА (Американське агентство навколишнього середовища) у тісному контакті з європейськими вченими розробили методологію оцінювання ризиків для здоров'я людей [34], що виникають унаслідок присутності небезпечних речовин в основних компонентах навколишнього середовища.

Шкода для здоров'я оцінюється у двох вимірах:

1. Імовірність захворіти на рак.
2. Індекс ризику неракових захворювань.

Розв'язання проблеми оцінювання ризику традиційно поділяється на чотири етапи:

- ідентифікація небезпеки;
- оцінювання співвідношення «доза–ефект»;
- оцінювання впливу;
- характеристика ризику.

Ідентифікація небезпеки. Небезпека – це здатність хімічної сполуки завдати шкоди організму та / або відносна токсичність речовини або суміші речовин. Ідентифікація небезпеки – це процес встановлення причинно –наслідкового зв'язку між впливом хімічної речовини і частотою та / або тяжкістю несприятливих наслідків для здоров'я.

Таким чином, на першому етапі визначається перелік хімічних забруднювачів, типових для певної території та потенційно небезпечних для здоров'я населення.

Для другого етапу система підтримує кореляційний та регресійний аналіз взаємозв'язку між концентраціями забруднюючих речовин та відповідними експозиціями та дозами, з одного боку, та реальними показниками здоров'я населення (захворюваність, смертність тощо), з іншого боку. Він передбачає використання співвідношень «доза–відповідь», рекомендованих ЕРА. Вони узагальнюють величезний досвід світових токсикологічних та епідеміологічних досліджень. Однак вони мають дуже загальний характер і мають великі «фактори безпеки», тому в деяких випадках краще використовувати емпіричні моделі, побудовані на основі епідеміологічних даних щодо певної небезпеки.

Для третього етапу система підтримує режим налагодження моделі формування ризику – середовище для розробки сценаріїв впливу та розподілу населення на групи ризику, адаптовані до розглянутої небезпеки, включаючи регіональні особливості. Наразі набір сценаріїв та груп експозицій

ґрунтується на даних ERA, але цей набір можна розширити. У результаті процесу налагодження може бути розроблена «модель впливу» регіону.

Четвертий етап (характеристика ризику) – включає розподіл ризику (територіальній, часовій, статевій та віковій когортах, забруднюючих речовинах тощо) та є узагальненням результатів попередніх етапів. Етап характеристики ризику включає, крім кількісних значень ризику, аналіз та характеристику невизначеностей, пов'язаних з оцінкою, та узагальнення всієї інформації про оцінювання ризику. На четвертому етапі робиться спроба зменшити невизначеність у таких сферах:

- невизначеність, викликана проблемами вибірки;
- невпевненість у моделях експозиції або реакції на дозу;
- невизначеність, пов'язана з формуванням вихідної вибірки баз даних;
- невизначеність, викликана неповнотою використаних моделей.

Алгоритм оцінювання ризиків. Навколишнє середовище представляється як сукупність взаємодіючих шарів – носіїв забруднюючих речовин. В якості їх кількісних характеристик використовуються дані про концентрації забруднюючих речовин у носіях. Значення цих концентрацій є або даними моніторингу, або результатом розрахунків за стандартними методами. Вхідними даними останніх є або дані екологічних паспортів підприємств – джерел викидів, або результати розрахунків потужності викидів, отримані за допомогою стандартних моделей.

На другому етапі з нормативної бази даних формується вибірка. Вона містить стандартні показники токсичності для забруднюючих речовин, включених на першому етапі розрахунку:

WofE – якісний показник канцерогенності забруднювача, визначений з таблиць, але не використаний безпосередньо у розрахунках;

SF – імовірність захворіти на рак у разі одноразової дози LADI, 1 мг/кг на добу;

RfD – порогова доза неракового забруднювача, мг/кг на добу.

Алгоритмічна оцінювання ризику ґрунтується на наборі типових випадків контакту людини з носіями забруднюючих речовин (так звані «контактні середовища»). Сукупність всіх видів шляхів для всіх видів груп називається матрицею експозиції. Для кожного елемента матриці впливу розраховується доза забруднювача:

$$LADI = (C_1/W) \cdot V \cdot F \cdot D/T, \quad (36)$$

де LADI – середня добова доза протягом життя, мг/(кг•добу);

C – концентрація забруднювача в контактному середовищі, мг/м³;

W – маса тіла особини, кг;

V – споживання фізичною особою певного контактного середовища, м³/добу;

F – частота контактів з перевізником, днів/рік;

D – період, за який екстраполюються поточні умови впливу, роки;

T – період усереднення дози, днів.

Ця формула відноситься до третього з кроків, перерахованих вище. На четвертому етапі для кожного елемента матриці експозиції розраховуються показники ризику:

$$ILCR = SF \cdot LADI, \quad (37)$$

де ILCR – це імовірність захворіти на рак, безрозмірна величина (звичай виражена в одиницях 1/10⁶).

Тоді

$$HI = LADI/RfD, \quad (38)$$

де НІ–індекс небезпеки отримання неракової хвороби (НІ – безрозмірне значення).

Внутрішня модельна система. Система внутрішніх моделей – це послідовний ланцюжок модельних блоків, призначених відповідно для розрахунку норми викидів забруднюючих речовин, характеристик їх поширення в різних середовищах, рівня ризику для здоров'я, показників захворюваності та смертності населення. Кожен блок має модель (процесор інформації), вхідними даними та можливістю адекватно представляти результати на виході. Вхідними даними для кожного блока моделі можуть бути:

- вимірювальні та статистичні дані (з бази даних та знань, експертних систем);
- результати модельних розрахунків, що надходять з результатів попереднього блока, або обох одночасно, і з ваговими внесками, які ураховують рівень невизначеності в кожному з них.

Внутрішня модель організована ієрархічно та містить кілька рівнів просторової, часової та демографічної (соціальної) організації, що відповідають принаймні регіону (області), місту (району). У моделі буде постійно відбуватися фоновий процес, який відповідає за координацію різних рівнів подання інформації.

Параметри моделі. В принципі, система може сама встановлювати будь–які параметри використовуваних моделей шляхом оптимізації критеріїв користувача для цих параметрів. Однак на практиці при великій кількості безкоштовних параметрів необхідний обсяг даних перевищує обсяг фактично доступних баз даних. Тому експерт у режимі налагодження моделі вибирає ряд параметрів, фіксує, а потім не змінює.

У цьому випадку пакет варіантів проблеми може містити різні значення параметрів, заданих різними експертами. Система розглядає їх як рівноправні, але в процесі розрахунку деякі варіанти параметрів, установлені

експертом, можуть «згасати» через неоптимальність за критеріями користувача.

Вибірка даних. Ви можете створити вибір даних з бази одним із трьох способів.

Спосіб 1. Зразок для виконання завдання. Використовуються дерева координат, які відображають розв’язану проблему. Інформація з бази даних зчитується у зазначену структуру куба даних відповідно до зв’язку «поле бази даних – координата», визначеної моделлю бази даних. Дані в базі шукаються за допомогою запиту SQL або іншого подібного методу.

Спосіб 2. Вибір для бази даних. Дерева координат генеруються з кодів даних, наявних у базі даних. Потім коди автоматично замінюються значущими іменами координатних інтервалів. Наприклад коди діагнозів згідно МКБ – на назви діагнозів. Бази даних скануються послідовно, і інформація розміщується у кубі даних відповідно до їх кодів. Цей метод є швидшим за перший для великого обсягу куба даних. Однак потрібно вручну вибрати коди, необхідні для певного завдання.

Спосіб 3. Завантаження готового зразка. Вибір, створений методами 1 і 2, може зберігатися на диску у внутрішньому форматі, тобто у вигляді кубів даних та відповідних дерев координат для кожного блока. При наступному запуску системи цей зразок можна буде прочитати безпосередньо в пам’яті, що набагато швидше, ніж методи 1 і 2.

Будь-який зразок, отриманий таким чином, можна попередньо виправити.

Система відліку. Усі кількісні змінні взяті в будь-якій системі відліку. Тривіальна система відліку за замовчуванням відповідає абсолютному значенню змінної. Розрахунковий цикл у загальній концепції складається з наступних етапів:

- технології виробництва та викиди забруднюючих речовин;
- поширення забруднюючих речовин у навколишньому середовищі;

- реакції організму на забруднюючі речовини: ризик захворювання;
- проявів ризику у вигляді захворюваності та смертності;
- критеріїв оцінювання стану здоров'я;
- економічного еквіваленту шкоди для здоров'я;
- економічних критеріїв вибору «чистої» технології;
- розрахунка плану виконання обраних заходів.

Розділ 7

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ В ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТАХ

7.1. Екологічне забезпечення інвестиційного процесу

Екологічні інвестиції – матеріальні ресурси, витрачені на природоохоронну діяльність – можуть здійснюватися як самостійно, так і як частина інвестиційного процесу.

Екологічна підтримка інвестиційного процесу – розробка спеціальних умов, вимог та рекомендацій щодо обраного виду діяльності, забезпечення мінімізації впливу на навколишнє середовище запланованого виду економічної діяльності та урахування екологічної ситуації на конкретному місці для виконання планів з метою запобігання непередбаченим екологічним наслідкам, які можуть виникнути під час інвестицій.

Під екологічним забезпеченням інвестиційного процесу розуміють комплекс інженерно–екологічних досліджень, що проводяться з метою екологічного обґрунтування будівельної та іншої господарської діяльності, а також розроблення заходів щодо мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище та пов'язаних із ним соціальних, економічних й інших наслідків для підтримки оптимальних умов життя населення.

Екологічне забезпечення інвестиційного процесу є одним із найважливіших механізмів регулювання розвитку матеріально-технічного балансу природного та антропогенного територіального комплексу [41].

До завдань екологічного забезпечення інвестиційного процесу відносяться:

– всебічне вивчення території включаючи разом з урахуванням її природних й техногенних умов, економічного використання та соціальної сфери;

- оцінювання екологічного стану умовно–природних, природно–антропогенних та антропогенних компонентів екосистем, аналіз їх стійкості до запланованих техногенних впливів та здатності до адаптації чи відновлення;

- розробка прогнозу змін складових екосистем під час реалізації запланованої господарської діяльності на всіх етапах інвестиційного процесу;

- оцінювання екологічного ризику;

- розробка умов та рекомендацій щодо здійснення господарської діяльності з метою мінімізації шкідливого впливу на довкілля, пропозиції та обґрунтування екологічних та компенсаційних заходів для збереження та реабілітації екологічної ситуації;

- реєстрація, а за необхідності–розробка заходів щодо збереження соціально–економічних, історичних, культурних, релігійних та інших інтересів місцевого населення;

- розробка програм організації місцевого екологічного моніторингу, що відповідає етапам (етапам) реалізації інвестиційного плану з метою запобігання несприятливим наслідкам унаслідок технологічних помилок та своєчасного коригування інвестиційного пакета пропозицій.

Нормативною базою екологічного забезпечення інвестиційного процесу є законодавчі та нормативні документи державного, відомчого та регіонального рівнів.

Екологічне забезпечення інвестиційного процесу здійснюється на всіх етапах його реалізації:

- попередня інвестиційна концепція;

- передпроектні дослідження;

- складання бізнес–плану;

- техніко–економічне обґрунтування впровадження (проект);

- реалізація проекту;

– подальша підтримка та впровадження, за необхідності, структурних змін у технологічних схемах при здійсненні господарської діяльності.

Доінвестиційна документація включає два етапи: формування передінвестиційної концепції; передпроектні дослідження. Загальною вимогою до інвестиційної документації є значення інформації, що дозволяє попередньо оцінити наслідки запланованої діяльності та можливість раціонального природокористування за різних сценаріїв розвитку подій.

На етапі доінвестиційної концепції з точки зору екології слід проаналізувати фундаментальну можливість реалізації запланованого виду економічної діяльності.

На етапі передпроектних досліджень слід розробити загальну концепцію економічного виду діяльності. Саме в цей період визначаються можливі витрати, які понесе інвестор на наступних етапах реалізації інвестиційного плану.

Обґрунтування інвестицій включає розробку бізнес –плану та техніко –економічне обґрунтування економічної діяльності або будівельного проекту [42]. В екологічному обґрунтуванні інвестицій вивчаються природні й антропогенні умови для здійснення запланованої господарської діяльності з урахуванням існуючих та прогнозованих джерел впливу, можливих наслідків змін природних та антропогенних екосистем й умов життя населення в результаті планової господарської діяльності. На цьому етапі також необхідно отримати достатню кількість матеріалів для розробки комплексу додаткових природоохоронних заходів з метою мінімізації екологічного ризику.

При складанні бізнес –плану господарської діяльності необхідно урахувати витрати, пов’язані з використанням природних ресурсів. Необхідно розуміти, що в цьому контексті мова йде не тільки про виплати за використані природні ресурси, а й про екологічні податки, акцизи, екострахування, штрафи та платежі за природні ресурси. Також у бізнес –плані необхідно звернути увагу на витрати, пов’язані із застосуванням специфічних

екологічно чистих технологій та спеціального обладнання, призначеного для управління якістю навколишнього середовища, а при розрахунку вартості експлуатації цього обладнання необхідно брати до уваги його знос і, як наслідок, втрату якості та ефективності використання, а також витрати, пов'язані з його реконструкцією.

Період будівництва або введення в експлуатацію включає моніторинг дотримання вимог екологічного законодавства, а також виконання конкретних умов, закладених у проекті та спрямованих на мінімізацію впливу на навколишнє середовище протягом періоду впровадження (будівництво, підготовка до ведення господарської діяльності тощо). На цьому етапі необхідно організувати систему місцевого моніторингу навколишнього середовища для своєчасного впровадження, за потреби, коригування матеріалів проектування.

Період експлуатації. Протягом усього періоду господарської діяльності (експлуатації об'єкта) необхідно здійснювати регулярний моніторинг стану технологічних агрегатів, дотримуватися регламенту технологічних процесів, передбачених проектом, контролювати задекларовані параметри впливу на довкілля. У разі виявлення порушень, а також при визначенні неефективності спеціального обладнання, призначеного для управління якістю навколишнього середовища, слід внести корективи у технологічні процеси, що передбачає матеріальні витрати.

7.2. Інвестиційні проблеми в природних зонах

Оздоровлення території. В даний час у багатьох мегаполісах світу реальним способом відновлення ландшафтних комплексів долин є залучення коштів від приватних інвесторів. Водночас слід широко використовувати сучасні міжнародні підходи, пов'язані з парадигмою «продаж земель комерційного будівництва – рекультивация природних комплексів». Разом з тим зазначається, що природні території необхідно охороняти та розвивати

з урахуванням можливості використання їх для дозвілля, забезпечення духовних, рекреаційних потреб людей, а також для збільшення зайнятості населення. Інвестиційна привабливість цих проектів значною мірою залежить від екологічного стану території, пропонованої для відновлення, та оцінювання її стану.

Межі інвестиційних майданчиків. Для містян території з природною ситуацією необхідні перш за все для реалізації потреб у відпочинку та створення візуального комфорту. Але в той же час ідеальна планувальна структура міських зелених зон може виглядати як сітка з певними пропорціями, залежно від того, яку площу потрібно мати для розвитку певного виду рекреаційної діяльності. Однак важливою обставиною є те, що міська територія – це складно побудована система, структура планування котрої визначається природними ландшафтами, а у функціональному плані взаємопов'язана із природною системою, що знаходиться за містом, яку вона не повинна руйнувати.

Таким чином, екоінвестиції на території мають свої специфічні характеристики, залежно від природної функції території в екосистемі міста. З цього випливає, що механізми та схеми підготовки інвестицій як у проектній, так і в економічній сферах розроблені для будівництва на територіях, які не обтяжені екологічними обмеженнями, не працюють у сфері інвестицій на територіях природних комплексів.

Для управління інвестиційними й екологічними ризиками необхідні наступні кроки:

- зміна об'єкта інвестування, пов'язана з отриманням прибутку від екологічного стану територій, визначає необхідність інвестування не лише в об'єкт будівництва, а й на територію, що його оточує;

- інвестиції повинні здійснюватися не тільки на будівельному майданчику, який передається для передачі в інші руки, а й у діяльності, що регулюється керуючою компанією;

– проектні пропозиції й система їх оцінювання повинні містити не тільки конструкції будівель та споруд та планувальні рішення на території, а й схеми управління ситуацією, правила ведення господарської діяльності протягом певного періоду, що пов'язано із підтримкою екологічного балансу через певний період роботи цього господарського об'єкта.

Беручи до уваги високу імовірність екологічного ризику на розглянутих територіях ПК, необхідно законодавчо оформити у формі методологічних рекомендацій систему страхування екологічних ризиків, або, іншими словами, створити систему економічного поділу відповідальності інвестора за можливий економічний збиток внаслідок господарської діяльності або виникнення обставин непереборної сили.

7.3. Екологічне оцінювання проектів та оцінювання ризику економічної діяльності

Незважаючи на те, що методи аналізу ризиків охоплюють різні види факторів небезпеки та стосуються об'єктів, включаючи майно та об'єкти живої природи (екосистеми), здоров'я людини є основним аспектом у практиці оцінювання ризиків. Розроблено велику кількість методологічних матеріалів щодо оцінювання ризиків для здоров'я від впливу різних забруднювачів, значна частина яких була підготовлена Агентством з охорони навколишнього середовища США (ЕРА США) і широко використовується у всьому світі. Інструменти оцінювання проектів, включаючи оцінювання ризиків для вивчення наслідків економічної діяльності на довкілля, обговорюються нижче.

Екологічне оцінювання проектів. Екологічне оцінювання проектів (ЕОП) – це процес систематичного аналізу й оцінювання впливу запланованої економічної діяльності на навколишнє середовище та застосування результатів цього аналізу для планування та прийняття рішень щодо здійснення цієї діяльності в рамках інвестицій проекту.

Оцінювання ризиків включає аналіз ризиків та управління ризиками. Аналіз ризиків, як правило, визначається як точний, науково обґрунтований процес кількісної оцінювання частоти та величини збитків, що виникають унаслідок конкретної небезпеки. Результати аналізу ризиків є вихідними даними для управління ризиками – системою прийняття рішень про ризики, пов'язані з господарською діяльністю людини, та їх подальша реалізація.

Традиційно аналіз ризику передбачає розрахунок величини несприятливих наслідків та імовірності їх настання, тобто математичний процес із обов'язковими кількісними даними «наприкінці». Однак якісні рейтинги («високий», «середній», «низький» ризик) також прийнятні. Оцінювання значущості ризиків дозволяє відповісти на питання про те, наскільки значними є оцінювані ризики від запланованої економічної діяльності для тих, на кого вони можуть вплинути прямо чи опосередковано.

Сучасні підходи до інтеграції оцінювання ризиків до системи екологічного оцінювання економічних проєктів. Є дані про те, що оцінювання ризиків використовуються на практиці при екологічному оцінюванні проєктів з високим потенціалом екологічної небезпеки («небезпечні об'єкти»). Це вимагає ретельного аналізу соціальних (у тому числі санітарно-епідеміологічних) аспектів проєкту. До цієї категорії належать промислові та сільськогосподарські об'єкти, експлуатація яких пов'язана з виробництвом, зберіганням великих обсягів пестицидів; установки для утилізації ядерних відходів, установки з переробки токсичних відходів та сміттєспалювальні установки для переробки твердих побутових відходів (ТПВ).

Більшість моделей для включення питань громадського здоров'я до екологічного оцінювання містять елементи екологічного ризику (ЕР) або відповідають логіці парадигми ЕР. Вони пов'язують ідентифікацію небезпеки для здоров'я, що виникає внаслідок реалізації проєкту, з такими етапами оцінювання ризиків, як визначення цілей оцінювання або відбору проєктів. Оцінюванка впливу на довкілля (ОВД) повинна містити тлумачення

небезпеки для здоров'я, пов'язаної з проектом. В обох схемах існує спільність між управлінням ризиком для здоров'я та визначенням та оцінкою заходів щодо пом'якшення наслідків запланованої економічної діяльності.

Оцінювання ризику широко трактується як «метод» для оцінювання впливу запланованої економічної діяльності на здоров'я людини на етапі прогнозування та визначення масштабів впливу під час ЕОП. Однак у цьому випадку екологічний ризик не розглядається як окремий метод, а скоріше як загальний «підхід» – комплексна методологія оцінювання впливу, котра включає набір методів (або методологій), що застосовуються поетапно під час процесу оцінювання ризиків.

Іншим перспективним застосуванням оцінювання ризиків в екологічній оцінці є постпроектний моніторинг та аналіз. Наприклад вибір об'єктів, які підлягають моніторингу, може ґрунтуватися на їх внеску у загальний рівень канцерогенного ризику.

Модель інтегрованої процедури оцінювання ризиків у системі екологічного оцінювання проектів можна розглядати як основу для систематичного та всебічного обліку впливу на громадське здоров'я інвестиційних проектів з високим потенціалом небезпеки для здоров'я населення, у тому числі хімічних заводів, атомних електростанцій, гребель водосховищ, підприємств з обігу з відходами виробництва та споживання.

Кінцевим продуктом визначення цілей екологічного оцінювання має бути «Технічне завдання для оцінювання впливу», яке містить перелік факторів несприятливого впливу на здоров'я, пов'язаних з ним небезпек, і котрі можна розділити на групи відповідно до методів, що використовуються для їх детального визначення аналіз.

Прогноз та оцінювання величини очікуваного впливу. Значність прогнозованих ризиків слід оцінити на наступному етапі – оцінювання значущості впливів. У цьому випадку розрахунки ризику для здоров'я (кількісного та якісного) перевіряються на їх допустимість за допомогою

регуляторних та / або технічних критеріїв: стандартів якості навколишнього середовища або меж впливу (навантаження).

Іншим аспектом оцінювання значущості впливів є сприйняття їх суспільством. Участь зацікавлених сторін, включаючи широку зацікавлену громадськість, в обговоренні наслідків передбачуваної економічної діяльності для здоров'я населення є ключовим фактором на цьому етапі. Результат аналізу впливу використовується при розробці заходів пом'якшення, спрямованих на запобігання або мінімізацію негативних наслідків реалізації інвестиційних проектів.

Продуктом етапу документування результатів процесу екологічного оцінювання є висновок про Оцінку впливу на довкілля (ОВД). На підставі висновків, зроблених за результатами оцінювання впливу, приймається рішення про найбільш прийнятні шляхи та засоби здійснення запланованої економічної діяльності.

Постпроектна діяльність у сфері екологічного оцінювання спрямована на перевірку того, як вплив реалізованого інвестиційного проекту пов'язаний з прогнозами, зробленими на етапі проектування; як впроваджуються запропоновані заходи пом'якшення на практиці; наскільки ефективні ці заходи. Точність прогнозів перевіряється шляхом моніторингу стану навколишнього середовища, що дозволяє за необхідності коригувати заходи управління ризиками на етапі експлуатації об'єкта.

Широка участь громадськості в обговоренні наслідків запланованої економічної діяльності та впливу на здоров'я населення, зокрема, гарантує послідовне формування розуміння реальних і передбачуваних ризиків, пов'язаних із запланованою діяльністю.

Розділ 8

УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ

Говорячи про проблему управління ризиками, слід зазначити, що єдиний підхід тут ще не розроблений.

Останнім часом сфера застосування технологій управління ризиками та використовуваних інструментів значно розширилася.

Виникнення сучасних підходів до оцінювання й управління ризиками можна віднести до 1975 р., оскільки саме з цього часу значний прошарок знань, накопичених ученими з різних наукових галузей, почав поступово використовуватися фахівцями в галузі екологічного регулювання, залученими у розробці методів оцінювання ризиків. Тож до 1986 року Агентство з охорони навколишнього середовища США (ЕРА США), створене наприкінці 1970 –х років, розробило та опублікувало близько 30 документів (близько 5000 сторінок) щодо процедури проведення оцінювання та аналізу ризиків. Одночасно були прописані рекомендації для управління ризиками.

Однак зі збільшенням кількості існуючих стандартів оцінки ставали менш гнучкими та менш адекватними досліджуваним ситуаціям, що призвело до формування певних стереотипів, котрі створили завищення реального ступеня загрози під гаслом збереження безпеки суспільства і появи нових перешкод на шляху побудови теорії управління ризиками.

8.1. Основні принципи та сценарії управління ризиками

Управління ризиками ґрунтується на принципі оптимізації балансу між вигодами та збитками. Стратегічною метою управління ризиками є прагнення підвищити рівень добробуту суспільства (максимізація матеріальних і духовних благ) з обов'язковим виконанням такої умови: жодна практична діяльність, спрямована на досягнення мети, не може бути виправдана, якщо

вигода від неї для суспільства в цілому не перевищує завданої шкоди (обґрунтування практичної діяльності).

Принцип 1. Він поєднує дві фундаментальні, аксіоматичні заяви, які формують стратегічний ланцюжок управління ризиками в процесі сталого розвитку.

Тільки ураховуючи всі «за і проти» (користь і шкоду) будь-якої діяльності, можна дати відповідь на питання про її корисність, доцільність. У той же час, беручи до уваги той факт, що користь і шкоду від конкретної діяльності можуть «отримати» різні члени суспільства, вважається за необхідне виходити з принципу загального блага цієї діяльності.

Насправді, характерною рисою нашого життя є ситуації, коли негативні та позитивні результати будь-якої діяльності розподіляються вкрай нерівномірно між членами суспільства. Не виключено, що певна група населення зазнає збитків від діяльності, корисної для іншої групи.

Щоб усунути це протиріччя, необхідно ввести певні обмеження щодо практичної діяльності, які б гарантували реалізацію матеріальних і духовних потреб кожної окремої особистості за умови забезпечення її особистої безпеки. З цією метою пропонується доповнити цей принцип такими положеннями.

Положення (А). Діяльність, в якій окремі особи піддаються надмірному ризику, не може бути виправданою, навіть якщо ця діяльність приносить користь суспільству в цілому.

Положення (В). Члени суспільства добровільно погоджуються на наявність у їхньому житті певного, що не перевищує надмірного, ризику від тієї чи іншої діяльності, необхідної для задоволення їхніх матеріальних та духовних потреб.

Положення (С). Потрібно вжити всіх можливих заходів для захисту кожної людини від надмірного ризику. Витрати на ці заходи (грошова компенсація, переміщення населення, створення захисних бар'єрів тощо)

включаються до загальної вартості такого проекту чи виду діяльності, а, отже, ураховуються при оцінці корисності реалізація цього проекту чи виду діяльності для суспільства в цілому.

Ці положення вимагають уведення поняття «надмірний рівень ризику», яке останнім часом набуло поширення у практиці безпеки. Його впровадження ґрунтується на аксіоматичному формулюванні концепції гранично допустимого рівня ризику для окремої особи. ГДР ризику має бути достатньо низьким, щоб не викликати жодних занепокоєнь у людини.

Принцип 2. Принцип оптимізації захисту від небезпеки. Тактична мета управління ризиками – прагнути до збільшення середньої статистичної тривалості активного життя.

Принцип 3. Принцип регіональності. Політика управління ризиками буде ефективною і послідовною, лише якщо управління ризиками включає весь спектр небезпек, що існують у регіоні, і вся інформація про рішення, прийняті у цій сфері, буде доступна без обмежень для найширших верств населення (регіональний імператив).

Принцип 4. Принцип екологічного імперативу. Політика управління ризиками повинна реалізовуватися в рамках жорстких обмежень щодо техногенного впливу на природні екосистеми (екологічний імператив).

Процес управління ризиками складається з наступних етапів:

- ідентифікація ризиків;
- оцінювання ризику;
- вибір методів управління ризиками та їх застосування.

Ідентифікація ризиків – це систематичне виявлення та вивчення ризиків, характерних для певного виду діяльності. Вона визначає:

- небезпеки, що становлять загрозу;
- ресурси підприємства, на які загрози можуть вплинути;
- фактори, що впливають на імовірність реалізації ризику;
- збитки, які виражають вплив ризику на ресурси.

Можливі такі сценарії управління ризиками:

- скасування;
- запобігання та контроль втрат;
- страхування;
- поглинання.

Скасування виключає будь-яку діяльність у зоні ризику. Метод є абсолютно надійним, але його широке застосування означає повне згортання діяльності.

Запобігання і контроль втрат означає впровадження запобіжних заходів, які виключають або зменшують ризик небажаного процесу.

Страхування – це розподіл можливих збитків між великою групою фізичних та юридичних осіб, що зазнають однакового типу ризику.

Поглинання передбачає визнання ризику без розподілу його через страхування.

Управління ризиками має дві основні цілі:

- аналіз величини екологічного ризику та прийняття рішень, спрямованих на його зниження до меж, відповідних прийнятному рівню ризику;
- аналіз ціни екологічного ризику та впровадження методів його зниження.

Алгоритм стратегії управління ризиками ґрунтується на логічних операціях вибору напрямку дій залежно від виконання критеріїв прийнятності величини та ціни екологічного ризику [4, 5].

Якщо оцінювання величини екологічного ризику показує, що він невеликий порівняно з незначним рівнем ризику, то екологічний ризик вважається незначним, і подальші кроки не потрібні.

Якщо ризик знаходиться у діапазоні між незначним і максимально допустимим, то на основі оцінювання ризику розраховується вартість екологічного ризику. Якщо він відповідає зазначеним вимогам, подальших заходів не планується. Якщо ціна екологічного ризику перевищує допустимий

рівень, то необхідно впроваджувати заходи, спрямовані на зменшення ризику та запобігання збиткам.

Якщо екологічний ризик у результаті оцінювання перевищив гранично допустимий рівень, то необхідно:

– оцінити заходи щодо підвищення технічної безпеки техногенного об'єкта, спрямовані на зменшення імовірності негативних наслідків (основний напрямок);

– оцінити ефект підвищення охорони об'єктів довкілля (додатковий напрямок).

Якщо досягається прийнятний рівень екологічного ризику, залежно від його величини, реалізується або перший, або другий варіант.

8.2. Цикл управління ризиками

Цикл управління ризиками як ітераційний процес ґрунтується на здатності ефективно знижувати вартість екологічного ризику з урахуванням вартості заходів зі зменшення ризиків. Особливість підходу полягає в переважній орієнтації не на суворі стандарти, а на такі рішення, які є розумними з економічної точки зору.

Існує дві основні фази управління ризиками. Основи поділу управління ризиками на етапи закладені у звіті «Оцінювання ризиків на рівні федерального уряду: управління процесами», підготовленому Національною науковою радою Національної академії наук США ще в 1983 році [43].

На першому етапі поетапний процес складається з визначення небезпеки, оцінювання «дози–відповіді», оцінювання впливу, характеристики ризику. Будь–яке оцінювання ризику починається з виявлення небезпеки або визначення проблеми.

Після того, як небезпеки були виявлені, наступним кроком є визначення потенційної шкоди об'єктам навколишнього середовища; вплив відбувається, коли тіло контактує з небезпекою, тобто спільна поява в часі та

місці (просторі) небезпеки та «рецептора» (індивіда). Іншими словами, безпека є ризиком лише за наявності такого контакту.

Метою оцінювання «дози–відповіді» є визначення взаємозв'язку між ступенем впливу небезпеки та розміром та імовірністю побічних ефектів. При характеристиці ризику оцінювання експозиції та дози–реакції поєднуються для надання кількісних оцінок ризику та пов'язаних з ними невизначеностей.

Цей крок є «мостом» між оцінкою ризику й управлінням ризиками. В аналізі безпеки кінцеві результати чітко визначені. Прикладами таких результатів є смертність, жертви та економічні збитки.

Більшість великих аварій пов'язані з однією або кількома з наведених нижче причин:

- виділення токсичних речовин;
- викид горючих речовин, їх розлив, пожежа чи вибух;
- неконтрольована хімічна реакція.

Небезпека зберігання хімічних речовин збільшується при їх зберіганні у значних кількостях під тиском і температурі вище температури кипіння.

У більшості випадків компанії з великими аваріями зазнають величезних фінансових втрат і втрачають репутацію. Тому запобігання нещасним випадкам вимагає значних зусиль та фінансових витрат на всіх етапах циклу управління.

8.3. Аспекти управління ризиками.

Метою управління ризиками є пошук та прийняття науково обґрунтованих, економічно ефективних, комплексних заходів, спрямованих на зменшення або запобігання ризику ситуацій, небезпечних для здоров'я людини, а також ризику втрати якості компонентів природного середовища з урахуванням соціальних, культурних, етичних, політичних та правових характеристики [43]. Це визначення управління ризиками набагато ширше, ніж

традиційне, яке використовувалося досі і зводиться до розгляду процесу оцінювання альтернативних регуляторних заходів та вибору оптимального з них. Відповідно до нового підходу, перед традиційним визначенням альтернатив велика увага приділяється виявленню проблеми та аналізу всіх пов'язаних з цим ризиків.

Однак підвищені вимоги щодо забезпечення екологічної безпеки на сучасному етапі вимагали пошуку альтернативних підходів до аналізу та управління ризиками.

Схема управління ризиками покликана допомогти менеджерам з ризиків усіх категорій, чи то представникам урядових кіл, приватного бізнесу чи окремих осіб, у процесі прийняття адекватних та ефективних рішень у сфері управління ризиками. Схема складається з 6-ти послідовних кроків:

- виявлення проблеми та її розгляд у контексті конкретної ситуації;
- аналіз ризику, пов'язаного з існуванням цієї проблеми в її контексті;
- ретельне вивчення можливих підходів до розв'язання проблеми та зниження ступеня існуючої небезпеки;
- прийняття рішення про реалізацію тієї чи іншої альтернативи;
- виконання рішення;
- оцінювання отриманих результатів.

Кожен крок Рамки управління ризиками ґрунтується на трьох основних принципах.

Перший принцип – широкий контекст. Схема розглядає проблеми здоров'я людини та навколишнього середовища в контексті реального світу, а не спрощені моделі, зосереджені на оцінці ризику, пов'язаного з впливом певного хімічного елемента на певне довкілля. Метою цього підходу є передбачення найбільш імовірних наслідків управлінських рішень, прийнятих менеджерами з ризиків, та допомога спрямувати сили і ресурси на ті проблемні вузли, де їх використання дасть максимальні результати.

Другий принцип – участь зацікавлених сторін. Залучення зацікавлених сторін має вирішальне значення для прийняття й успішного впровадження науково обґрунтованих та економічно ефективних рішень щодо управління ризиками.

Третій принцип – ітерація (процес послідовних наближень). Цінна інформація може з'явитися на будь-якій стадії процесу управління ризиками.

8.4. Класичні методи управління ризиками

Згідно [4, 5], «сутність управління ризиками полягає у діяльності різних рівнів органів управління, що діють на основі сучасних наукових досягнень у сфері ризику, надаючи інформаційно-аналітичну підтримку для прийняття рішень». Легко побачити, що таке формулювання має загальний характер і навряд чи може вказати шляхи керування цим ризиком.

Інша думка є у твердженні, що «управління ризиками – це процес ідентифікації, оцінювання, вибору та впровадження комплексу дій та заходів, спрямованих на зменшення ризику надзвичайних ситуацій, що завдають шкоди здоров'ю людини та навколишньому середовищу.

Отже, завдання управління ризиками вимагає виявлення та попереднього вивчення окремих його частин (елементів) та усієї схеми управління. Важливим етапом у цій роботі є визначення кількості цих основних елементів загальної схеми, їх функціонального призначення, зв'язків між ними, як прямих, так і зворотних, та методів їх побудови.

Найбільш адекватними методами контролю можна назвати наступні:

– управління як функція. Сприйняття менеджменту як функції є класичним прикладом «суб'єктивного підходу»;

– Управління як процес. Менеджмент, розуміється як процес, є однією з найпоширеніших точок зору. Ось деякі визначення як приклад.

8.5. Управління ризиками як елемент концепції безпеки

Будь-котра екологічна проблема, чи то загроза безпеці навколишнього середовища, чи здоров'ю людини, може існувати у трьох формах: реальна, потенційна та уявна загроза.

Охарактеризувати проблему означає визначити, що є її джерелом і хто або на що впливає. Наприклад опис екологічної проблеми включає визначення забруднюючих речовин чи інших подразників, які є першопричиною небезпечної ситуації, встановлення джерел забруднення та, нарешті, визначення цієї частини населення та / або екологічної ніші, безпеці якої загрожує розглянута проблема.

Необхідною умовою ефективного управління ризиками є розуміння та подальша розробка проблеми в контексті її оточення. При цьому необхідно урахувати наступне:

- дані про шкідливий вплив з різних джерел (контекст кількох джерел);
- дані про шкідливий вплив кожного середовища (контекст кількох середовищ);
- дані про шкідливий вплив, викликаний поєднанням хімічних елементів (контекст множинності агентів);
- дані про шкідливі наслідки, що виникли внаслідок настання інших видів небезпечних ситуацій та їх наслідки (контекст численних ризиків).

Багато екологічних проблем не тільки мають численні джерела виникнення, але й тісно переплітаються з іншими небезпеками, які становлять загрозу для здоров'я людини та навколишнього середовища. Це вимагає урахування контексту багатьох ризиків. У таких випадках менеджери з ризиків повинні розглядати екологічні проблеми в контексті численних джерел та численних ризиків, щоб розробити найефективніші шляхи їх розв'язання.

Як неодноразово зазначалося, процес збору, обробки й аналізу отриманих даних називається оцінкою ризику, а висновки, отримані в результаті процесу оцінювання ризику, – характеристиками ризику.

Іноді доводиться приймати рішення, виходячи з принципу обережності. Однак у будь-якому випадку слід уникати виникнення ситуацій «паралічу в результаті аналізу», в котрих необхідність отримання нової інформації використовується як виправдання для того, щоб не прийняти рішення чи відкласти його прийняття на невизначений строк. Коли наявної інформації достатньо для прийняття рішення, або коли збір нових даних принципово не змінить цілей та стратегій процесу управління ризиками, не варто відкладати (а тим більше уникати) прийняття остаточного вибору альтернативного рішення. Технологію інформаційної цінності можна використати для визначення перспективних кроків, які необхідно зробити в майбутньому.

Аналіз альтернатив прийняття рішень з управління ризиками. Як правило, фахівці у сфері управління ризиками мають можливість вибрати оптимальну альтернативу рішення у кожному конкретному випадку. На цьому етапі впровадження алгоритму управління ризиками менеджери з ризиків і представники зацікавлених сторін, які їм допомагають, розглядають та обговорюють можливість та ефективність застосування певних заходів. Іноді лише деякі варіанти розв'язання з усієї різноманітності альтернатив будуть визнані фахівцями доцільними та прийнятними. Однак, найімовірніше, таке поєднання кількох найефективніших заходів у цій ситуації – для зменшення ступеня загрози або для повного усунення небезпеки. Як тільки можливі альтернативи майбутнього рішення будуть визначені, настане час оцінити кожен з них з точки зору ефективності, здійсненності, витрати та потенційні вигоди та ураховуючи імовірні правові, соціальні, культурні й політичні наслідки прийняття того чи іншого варіанта. На основі цього аналізу буде побудовано оптимальне рішення, розроблене стосовно конкретної ситуації. Ключові питання етапу аналізу можна сформулювати так:

- Які розміри прогнозованих витрат на реалізацію обраного рішення?
- Які очікувані переваги (рентабельність) обраного рішення?
- Як реалізуються принципи об'єктивності і екологічної справедливості?
- Кому вигідне це конкретне рішення і хто відповідатиме за покриття витрат?
- Наскільки доцільним є прийняття та впровадження обраної альтернативи з точки зору наявних ресурсних і часових обмежень, а також з урахуванням правових, політичних, законодавчих та технологічних обмежень?
- Чи існує імовірність того, що поряд зі зменшенням ступеня деяких ризиків реалізація прийнятого рішення спричинить за собою появу чи поштовх до розвитку інших?

Під час аналізу альтернатив запропонованого рішення особливу увагу слід приділити можливості несприятливих наслідків як побічному ефекту реалізації того чи іншого варіанта. Одним з найпоширеніших наслідків такого роду є імовірність збільшення ступеня ризиків, котрі виходять за рамки дослідження, тоді як основні зусилля менеджерів з ризиків спрямовані на зменшення загрози, яку несе досліджувана проблема. Побічні ефекти від реалізації прийнятого рішення також можуть проявлятися у культурній, етичній, політичній, соціальній та економічній сферах. Наприклад погіршення економічної ситуації в регіоні, проблема екологічної справедливості, загроза до існуючих місцевих спільнот, стосунків між людьми, сім'ями, соціальними групами.

Оцінювання ефективності впроваджених заходів з управління ризиками. Кілька рішень з управління екологічними ризиками були розроблені, оцінені та впроваджені легко і без ускладнень. Труднощі, пов'язані, наприклад з оцінкою спостережень за зміною кількості випадків раку, очевидні, оскільки розвиток пухлини після прямого впливу факторів може зайняти кілька років. Навпаки, інші наслідки забруднення навколишнього

середовища набагато легше виявити через те, що вони проявляються швидше – наприклад вроджені дефекти, анемія внаслідок проковтування свинцю або астма, спричинена оксидами сірки в атмосфері.

Іншою проблемою, пов'язаною з оцінкою ефективності вжитих заходів, є той факт, що більшість екологічних ризиків, котрі загрожують здоров'ю людей, занадто малі в порівняно з іншими ризиками, наслідки яких легко ідентифікувати, наприклад:

- виробничі травми;
- дорожньо–транспортні пригоди;
- дитяча смертність;
- загальний рівень раку або вроджених вад.

Тому менеджери з ризиків повинні спиратися на непрямі показники, які сигналізують про можливість зменшення загроз для здоров'я постраждалого населення, таких як скорочення промислових викидів, зменшення шкідливих наслідків або поступове чисельне зменшення біологічних ознак, котрі вказують на вплив забруднення. На етапі розвитку, коли область досліджень наразі розробляє методологію застосування заходів управління ризиками та оцінювання отриманих результатів, ще рано говорити про якісь значні досягнення й успіхи. Зокрема, слід уважно розглянути наступні аспекти:

- вивчення взаємозв'язку шкідливих впливів та наслідків, які вони спричиняють при попаданні в організм людини чи навколишнє середовище;
- установлення регіональних відмінностей у домінуванні того чи іншого захворювання як реакції організму на забруднення навколишнього середовища, а також тенденцій розвитку ситуації (збільшення та зменшення кількості випадків прояву шкідливих наслідків) та небезпечних факторів;
- створення надійної бази даних, котра об'єднує всю наявну інформацію в єдине ціле і дозволяє, наприклад отримувати інформацію про рівні

захворювань різного характеру із зазначенням конкретних екологічних причин, котрі їх викликають;

– виявлення найважливіших екологічних причин, які викликають незворотні зміни в організмі людини та відповідають за виникнення серйозних захворювань.

Описана методологія оцінювання безпеки та небезпеки на основі аналізу ризиків за останні 20 років набула поширення у багатьох розвинених країнах світу. Найбільше ця методологія застосовується у сфері екологічної безпеки, зокрема безпеки людей, природи, промислових об'єктів тощо, але з кожним роком аналіз ризиків усе частіше використовується в економіці, політиці, соціології тощо.

Необхідно мати на увазі, що небезпека (загроза) – це властивість, характеристика джерела впливу або середовища проживання (місцезнаходження), а безпека – це характеристика об'єкта, що охороняється. Тобто це дві відносно незалежні категорії, які допускають існування високого рівня безпеки з високим рівнем небезпеки.

Методологія управління екологічною безпекою на основі аналізу ризиків передбачає відповідність таким вимогам:

– по–перше, оцінювання всієї сукупності ризиків, що діють у суспільстві, до та після прийняття відповідного рішення;

– по–друге, аналіз витрат на впровадження цього рішення;

– по–третє, аналіз переваг від прийняття цього рішення – не тільки економічного (а частіше лише фінансового), а й соціального, політичного, екологічного й інших.

Таким чином, методологія аналізу ризиків дозволяє вибирати стратегію управління ризиками під час прийняття рішення, виходячи з балансу витрат (збитків), вигоди та ризиків.

Принципова відмінність цієї методології від традиційної полягає в тому, що вона розглядає безпеку не як гуманітарну науку, а як

міждисциплінарний науковий напрям, що вимагає точного кількісного підходу як до оцінювання безпеки, так і до оцінювання небезпеки. Ресурси суспільства завжди будуть обмежені, і в цьому випадку, щоб забезпечити захист життєвих інтересів особистості, суспільства та держави від загроз, рівень безпеки має відповідати ступеню загрози, а це вимагатиме точної оцінювання як рівня безпеки, так і ступеня загрози.

Методологія безпеки визначає таку послідовність дій на основі аналізу ризику:

1) сформулювати цілі та критерії безпеки, необхідні для оцінювання ступеня досягнення цих цілей;

2) встановити «шкалу» для кількісної оцінювання рівня безпеки. Одиниці цього «масштабу» відрізняються від одиниць «масштабу загрози». Рівень екологічної безпеки визначається рівнями здоров'я людини та станом природного середовища. Відповідно, показники, що визначають здоров'я людини та якість навколишнього природного середовища, можна використовувати як одиниці вимірювання екологічної безпеки. Безпека та небезпека – це взаємопов'язані, але незалежні категорії, які характеризують суспільний розвиток. Визначаючи поняття безпеки, важливо не ототожнювати безпеку людини та розвиток людини. Оскільки людський розвиток є більш широким поняттям, визначеним у Звіті про розвиток людської діяльності 1993 року.

Безпека людини означає, що люди можуть вільно і безпечно робити свій вибір, будучи відносно впевненими, що можливості, які вони мають сьогодні, не будуть повністю втрачені завтра. Існує зв'язок між розвитком людини та безпекою людини: прогрес в одній галузі розширює можливості прогресу в іншій. Однак поломка в одній області також збільшує ризик поломки в іншій.

Отже, необхідно:

– встановити «шкалу» для вимірювання загроз небезпечних факторів від різних видів небезпеки, від небезпеки можливих аварій на промислових підприємствах до загроз стихійного лиха. Ця шкала повинна надавати можливість вимірювати, оцінювати та порівнювати такі різноманітні небезпечні фактори, як екологічні, економічні, техногенні, військові й інші;

– розробити методологію, котра дозволила б установити надмірний рівень загрози, рівень загрози, прийнятний для людини та природного середовища, та рівень загрози, яким можна знехтувати під час управління безпекою та ризиками. Надмірні, прийнятні й незначні рівні ризику повинні бути закріплені законодавством;

– розробити методи управління безпекою, включаючи комплекс законодавчих, адміністративних та інженерних заходів, реалізація яких дозволила б побудувати систему захисту від надмірного рівня загрози.

8.6. Управління екологічними ризиками

Завдання управління екологічними ризиками, мабуть, є найскладнішим викликом у теорії ризиків. Це пояснюється складним механізмом формування екологічних ризиків усіх видів, включаючи взаємодію господарської діяльності людини, біотопів та біоценозів на певній території. До цього часу формальні методи аналізу, оцінювання та прогнозування ризиків часто виявлялися непридатними через малу кількість початкової інформації про потенційні збитки та їх зв'язок з екологічними факторами. У такому середовищі слід використовувати та використовуються загальні евристичні методи управління ризиками.

Перш за все слід використовувати метод уникнення ризику. Це означає, що не слід проводити екологічно ризиковані експерименти щодо впровадження чужорідних організмів для їх економічної експлуатації. Це може і часто призводить до непередбачуваних екологічних ризиків I типу. Яскравий приклад – імпорт кроликів в Австралію.

Кроликів було завезено в Австралію і випущено в дику природу незабаром після колонізації. Основним рушійним мотивом було бажання розвинути їх на нових територіях у дикій природі з метою розвитку хутрової промисловості в новій англійській колонії. Спочатку бізнес розвивався чудово. Тоді сільське господарство стало локомотивом економіки колонії, якій популяція кроликів почала завдати величезної шкоди. Початкова економічна вигода була набагато меншою за наступні збитки.

Раніше було зазначено, що екологічні ризики поділяються за походженням на ризики першого, другого, третього та четвертого виду. Керуються ними різними способами. Однак у них є одна спільна риса. Управління екологічними ризиками має вписуватися в загальну систему управління господарською діяльністю певної території, тобто це питання є прерогативою урядового сектору, який встановлює правила гри для комерційного сектору та населення.

Важливим методом управління екологічними ризиками другого та третього виду для комерційного сектору є екологічне страхування. Воно може бути обов'язковим або добровільним. Однак практика такого страхування зустрічає труднощі при адекватній оцінці екологічних ризиків, а також надійності самих страхових компаній.

Населення, для якого екологічні ризики другого та третього виду можуть бути досить високими, мають різні способи управління цими ризиками. У країнах з розвиненим громадянським суспільством, де уряд змушений рахуватися з громадською думкою, цільові кампанії та дії відіграють величезну роль.

Управління екологічними ризиками четвертого виду здійснюється на основі компенсаційних методів, серед яких основне місце посідають позови до винних у негативних подіях, що призвели до економічного збитку через погіршення екологічних характеристик поблизу економічних об'єктів.

Також можливе страхування екологічних ризиків четвертого типу за наявності розвиненої системи страхування всередині країни.

8.7. Методика управління ризиками РМІ

Американський інститут управління проектами (РМІ), який розробляє та публікує стандарти у сфері управління проектами, значно переглянув розділи, що регулюють процедури управління ризиками. Нова версія РМІ описує шість процедур, які є кроками в процесі управління ризиками.

Відповідно до підходу РМІ, управління ризиками—це процеси, пов'язані з ідентифікацією, аналізом ризиків та прийняттям рішень, які включають максимізацію позитивних та мінімізацію негативних наслідків настання ризикових подій. Процес управління ризиками проекту зазвичай включає такі процедури.

Планування управління ризиками – вибір підходів та планування діяльності з управління ризиками проекту.

Визначення ризиків – встановлення ризиків, котрі можуть вплинути на проект, та документування їх характеристик.

Якісна оцінювання ризиків – якісний аналіз ризиків та умов їх виникнення з метою визначення їх впливу на успіх проекту.

Кількісна оцінювання – кількісний аналіз вірогідності та впливу наслідків ризиків на проект.

Планування реагування на ризики – визначення процедур та методів для пом'якшення негативних наслідків ризикових подій та використання потенційних переваг.

Моніторинг та контроль ризиків – безперервне спостереження ризиків, виявлення залишкових ризиків, упровадження плану управління ризиками проекту та оцінювання ефективності дій щодо мінімізації ризиків.

Усі ці процедури взаємодіють між собою, а також з іншими процедурами. Кожна процедура виконується принаймні один раз у кожному проекті.

Хоча представлені тут процедури вважаються дискретними елементами з чітко визначеними характеристиками, на практиці вони можуть перетинатися і взаємодіяти.

Планування управління ризиками. Планування управління ризиками – процес прийняття рішень щодо застосування та планування управління ризиками для конкретного проекту. Цей процес може включати організаційні рішення, персонал процедур управління ризиками проекту, вибір бажаної методології, джерела даних для ідентифікації ризиків, часові рамки для аналізу ситуації. Важливо планувати управління ризиками відповідно до рівня і типу ризику та важливості проекту для організації.

Ідентифікація ризику. Ідентифікація ризику визначає, які ризики можуть вплинути на проект, та документує характеристики цих ризиків. Ідентифікація ризику не буде ефективною, якщо вона не буде проводитися регулярно протягом усього проекту.

Якісне оцінювання ризику. Якісне оцінювання ризику – процес представлення якісного аналізу ідентифікації ризиків та ідентифікації ризиків, що потребують швидкої реакції. Це оцінювання визначає ступінь серйозності ризику. Наявність супровідної інформації полегшує визначення пріоритетів різних категорій ризику. Якісне оцінювання ризику – це оцінювання умов виникнення ризиків та визначення їх впливу на проект за допомогою стандартних методів і засобів.

Кількісне оцінювання ризику. Кількісне оцінювання ризику визначає імовірність ризиків та вплив наслідків ризиків на проект, що допомагає групі керівників проекту приймати правильні рішення та уникати невизначеностей. Кількісне оцінювання ризику дозволяє визначити:

- імовірність досягнення кінцевої мети проекту;
- ступінь впливу ризику на проект та суму непередбачених витрат і матеріалів, які можуть знадобитися;

- ризики, що потребують швидкої реакції та більшої уваги, а також вплив їх наслідків на проект;
- фактичні витрати, приблизні терміни завершення.

Планування реагування на ризики. Планування реагування на ризики – це розробка методів і технологій зменшення негативного впливу ризиків на проект. Забезпечує ефективність захисту проекту від впливу ризиків на нього. Планування включає визначення та розподіл кожного ризику за категоріями. Ефективність проекту реагування безпосередньо визначає тиме, яким буде вплив ризику на проект – позитивним чи негативним.

Моніторинг та контроль. Задача моніторингу – виявляти ризики, визначати залишкові ризики, забезпечувати виконання плану ризиків та оцінювати його ефективність з огляду на зниження ризику. Записуються показники ризику, пов'язані з виконанням умов виконання плану. Моніторинг та контроль супроводжують процес реалізації проекту.

Метою моніторингу та контролю є з'ясування таких питань:

- система реагування на ризики впроваджена відповідно до плану;
- відповідь досить ефективна або потрібні зміни;
- ризики змінилися порівняно з попереднім значенням;
- настання впливу ризиків;
- вжиті необхідні заходи;
- вплив ризиків був запланованим або випадковим результатом.

8.8. Системний підхід до управління ризиками

8.8.1. Класична концепція

Системний підхід у цьому контексті означає управління ризиками з використанням системи управління. Такою системою може бути, доречі, одна людина. Системою управління також може бути група осіб, що

приймають рішення, системи влади відповідного рівня і відповідальності, організаційні структури та спеціально створені органи.

Давайте уявимо схему управління у вигляді послідовності послідовних кроків:

- цілепокладання, тобто чітке формулювання мети в контексті конкретної ситуації та конкретного об'єкта;
- аналіз та ідентифікація компонентів ризику, пов'язаних з існуванням цієї проблеми;
- вивчення можливих методів та підходів щодо зниження рівня існуючих і потенційних небезпек;
- планування заходів та прийняття рішення про здійснення заходу;
- перша ітерація виконання прийнятого рішення;
- осмислення та оцінювання отриманих результатів, прийняття рішення щодо доцільності повторення використання запланованих заходів.

Ці шість кроків можна розглядати як своєрідну програму, до якої потрібно додати два важливі моменти:

- 1) можливість залучення зацікавлених сторін;
- 2) можливість повторення необхідних кроків у разі появи нових даних, які змінюють саму схему управління ризиками або ставлять під сумнів процес управління в цілому.

Кінцевою метою сформульованого підходу є створення моделі, на основі якої:

- 1) можливий короткостроковий прогноз найбільш імовірних наслідків прийнятих управлінських рішень;
- 2) надання допомоги у спрямуванні сил та ресурсів на територію, де їх використання може дати помітні результати.

Однак слід розуміти, що кожен із представлених етапів є досить складною структурно – смисловою структурою, і кожен крок у свою чергу може включати багато елементів. Оцінюючи вищевикладене, можна зробити

висновок, що для ефективного оцінювання рівня ризику з метою подальшого управління ним необхідно застосовувати системний підхід, зміст якого (в одному з кількох можливих варіантів) графічно показаний на рис. 7.



Рис. 7. Варіант системного підходу як попередній етап на шляху розв'язання проблеми управління ризиками

Певною мірою можна зменшити імовірність помилок, якщо ітерацію (метод послідовних наближень) включити до процесу управління ризиками в умовах їх множинності як необхідний елемент.

Ітерація необхідна, оскільки нова цінна інформація може з'явитися на будь-якому етапі процесу управління ризиками. Вищезазначена можлива схема управління ризиками дозволяє багаторазово повторювати будь-який крок програми (алгоритму) при появі нових даних, котрі ставлять під сумнів зроблені раніше висновки, що визначає гнучкість процесу управління та

відкриває можливість розглядати кожну конкретну ситуацію у широкому контексті свого оточення.

Таким чином, однією з передумов ефективного управління ризиками є розуміння та подальша розробка проблеми в контексті її середовища з урахуванням ітерації. У цьому випадку необхідно урахувати такі дані.

Дані з кількох джерел (модель з декількома джерелами). Чи об'єкт та населення зазнають однакових чинників чи ні?

Дані про небезпеку, створену людиною (багатокомпонентна модель). Чи може будівництво технічних споруд призвести до появи нових небезпечних явищ та процесів?

Дані про шкідливий вплив об'єкта на навколишнє середовище та людей, отримані шляхом аналізу всього комплексу джерел небезпеки (модель множинності джерел впливу). Чи взаємодіють ці джерела між собою? Чи сукупні наслідки?

Дані про вплив, що виникає внаслідок настання інших видів небезпечних ситуацій та їх наслідків (модель множинних ризиків). Наскільки велика небезпека від конкретного об'єкта порівняно з іншими ризиками?

Схоже, такий погляд на проблему управління ризиками в контексті їх множинності зменшить невизначеність у процесі прийняття рішень та зменшить кількість помилок при оцінюванні рівня ризику.

8.8.2. Сучасні варіації у системному підході до управління ризиками

Новий контекст розглядається як область знань, що містить набір методів і прийомів, а також ідей та концепцій, об'єднаних у поняття «системний підхід» у новій інтерпретації. Нове розуміння означає, що при системному підході властивості частин можна вивести лише з організації цілого.

Системне мислення. Системне мислення означає розміщення чогось у ширшому контексті цілого. Згідно принципів системного мислення, нові

властивості системи в цілому виникають в результаті взаємозв'язку та взаємодії між її частинами.

Системний підхід з нетрадиційної точки зору. Найважливішою концепцією системного підходу в новій інтерпретації є розуміння конфігурації відносин у системі. Відносини – це те, що об'єднує об'єкт. Це дуже важливий момент, оскільки в традиційному системному підході з використанням моделі структури системи структура включає різні величини (наприклад енергію, масу та інформацію).

Другим важливим моментом системного підходу є концепція організованої складності. На кожному рівні складності спостережувані явища мають властивості, яких немає на нижчих рівнях. В силу вищесказаного, у системному підході, у новому контексті, слід встановити порогові рівні складності, які зараз ми здатні зрозуміти та описати.

Менеджмент як відносини. Вище ми розглянули управління як функцію і як процес. Ці точки зору різняться залежно від поставленого завдання. Підходи до її розв'язання також різноманітні.

Тепер можна підійти до проблеми контролю щодо співвідношення між контрольованою та контрольною системами, оскільки системний підхід у новій інтерпретації означає, що обидві ці системи є частиною системи більш високого рівня складності. Відносини – це прояви взаємозв'язку явищ. Відносини виступають як ознаки, що належать кільком об'єктам, які є частиною системи.

Відповідно до нового підходу, перед традиційним визначенням альтернатив велика увага приділяється виявленню проблеми в цілому та аналізу всіх ризиків, пов'язаних з нею.

Об'єкт управління. Урбанізовані території, до яких належать населені пункти, столичні міста, промислові та прибережні зони, є складними багатокомпонентними системами та містять різні рівні складності, які підпорядковуються різним законам функціонування. Це означає, що на

кожному рівні необхідно застосовувати власні закони. Така система завжди містить щонайменше три основні компоненти – природний, техногенний та людський.

Перший компонент – це природний, має багато рівнів складності, включаючи ті, які сучасна наука поки що не в змозі розглянути – немає відповідних моделей, методів та інструментів.

Другий компонент – це все, що створено людиною, у порівнянні з першим, має незрівнянно нижчі рівні складності.

Третій компонент – це сама система управління.

Тому, якщо мова йде про систему в цілому, то при описі першої складової необхідно використовувати моделі, які співвідносяться з моделями другої та третьої складових. Іншими словами, рівні складності трьох основних підсистем повинні бути вирівняні як по вертикалі, так і по горизонталі. Критерієм такої угоди можуть бути властивості, котрі повинна мати система в цілому.

Постановка цілей. Отже, ціль можна сформулювати таким чином: забезпечити управління всією системою в цілому таким чином, щоб не перевищувався верхній рівень прийняттого екологічного ризику (або нижчий допустимий рівень екологічної безпеки). Це означає необхідність підтримувати значення параметрів, що описують властивості системи, у межах їх зазначених значень. Оскільки фактор ризику в цьому випадку розглядається як інструмент, мета містить завдання управління ризиками як основну підціль.

Спосіб досягнення мети. У розробленій методології досягнення мети можливе шляхом виявлення, оцінювання та управління ризиками, пов'язаними з усіма підсистемами, включаючи систему управління.

Загальне розуміння проблеми управління ризиками. Взагалі, управління ризиками розуміється як виявлення і оцінювання ризиків, вибір, обґрунтування та реалізація набору дій та заходів, спрямованих на

зменшення масштабів ризиків несприятливих ситуацій, шкоди для здоров'я людини та навколишнього середовища на основі конфігурації відносин і структури системи в цілому.

Спільне застосування двох основних підходів – «об'єктивного» та «суб'єктивного» буде методологічно виправданим.

«Об'єктивний підхід» управління ризиками починається з суті проблеми, а потім переноситься до прийнятих рішень для людини. В рамках цього підходу осмислюються цілі, формулюються відповідні їм принципи та пропонуються методи оцінювання проєктів.

«Суб'єктивний підхід» походить від людини і повертається до прийнятих рішень, до ризиків, що виникають внаслідок них. Цей підхід тісно пов'язаний з моделюванням та психологією людини. Суть методу полягає в тому, щоб запропонувати офіційні процедури, критерії, методи, які дають приблизно такий самий результат у стандартних ситуаціях, як і той, що дає особа, котра приймає рішення.

Суб'єктивний підхід є класичним прикладом сприйняття контролю як функції.

Методи зміни стану системи. Існує два основних способи зміни стану системи – силовий та параметричний. У розробленій методології система контролю рекомендує використовувати обидва методи впливу, оскільки система управління знаходиться «всередині» загальної системи і є її частиною.

Параметри об'єкта та параметри управління. Параметри системи – це набір величин різного характеру, точності та розмірів, за допомогою яких можна адекватно відобразити взаємозв'язки та взаємозв'язки між частинами системи, а також властивості системи в цілому. Важливо, що в часовому інтервалі впровадження процесу управління ризиками ці значення можна розглядати як постійні або такі, що незначно змінюються.

8.9. Управління ризиками об'єктів промисловості

8.9.1. Загальна концепція управління екологічними ризиками промислового об'єкта

Управління екологічними ризиками промислового підприємства має здійснюватися в рамках системи екологічного менеджменту на етапах планування, організації та реалізації екологічних дій і заходів, сприяючи оптимізації управлінських рішень.

Об'єктивною основою побудови системи управління екологічними ризиками на підприємстві є концепція прийняттого ризику. Зміст цієї концепції ґрунтується на трьох різних рівнях екологічного ризику:

- початковий рівень екологічного ризику, тобто рівень ризику ідеї для розвитку економічної діяльності без урахування заходів для її аналізу; це невідомий, неоцінений ризик а, отже, має достатньо високий рівень через неготовність менеджера до екологічних подій, що виникають;
- оцінений рівень екологічного ризику з урахуванням заходів щодо його аналізу, в результаті яких отримано реальну оцінювання рівня ризику;
- кінцевий (остаточний, прийнятний) рівень екологічного ризику з урахуванням розроблених і проведених активних та пасивних заходів щодо зниження його початкового рівня.

Основні положення концепції прийняттого ризику у випадку екологічного ризику можна представити таким чином:

- екологічний ризик часто є керованим параметром, на рівень якого можна і потрібно впливати;
- високий рівень початкового екологічного ризику не повинен служити підставою для відмови у прийнятті будь-якого економічного рішення;
- детальний аналіз екологічного ризику та розробка заходів щодо зменшення його негативних наслідків, як правило, дозволяють приймати економічні рішення, які фактично реалізуються на прийнятному або допустимому рівні екологічного ризику;

– завдання управління екологічними ризиками полягає у збалансуванні зисків, отриманих від виконання економічного рішення, та можливих збитків.

Таким чином, управління екологічним ризиком промислового підприємства є балансуванням між рівнем можливих втрат та потенційною вигодою від реалізації екологічно ризикованого економічного рішення шляхом використання різних методів впливу на рівень екологічного ризику.

При управлінні екологічними ризиками промислового підприємства слід ураховувати їх характер.

Природні й екологічні ризики, як правило, вони не мають особливого впливу на промислове підприємство, тому видається доцільним залишити їх «без фінансування».

Як методи впливу на рівень технічних та екологічних ризиків промислового підприємства пропонується використовувати такі:

- уникнення ризиків;
- зменшення ризиків;
- збереження (прийняття) ризиків;
- передача (передача) ризиків.

Ухилення від екологічних ризиків означає відмову від технічних та технологічних дій та заходів, що тягнуть за собою реалізацію неприйняттого рівня ризиків.

Збереження екологічних ризиків на поточному рівні може означати:

– відмова від будь-яких дій, спрямованих на відшкодування шкоди, що виникає внаслідок реалізації ризиків («без фінансування»);

– створення на підприємстві спеціальних резервних фондів (фондів самострахування або фондів ризику), з яких буде здійснено компенсацію збитків у разі несприятливої екологічної події;

– отримання державних субсидій, позик та позик для компенсації втрат і відновлення виробництва.

Трансляція екологічних ризиків передбачає збереження їх існуючого рівня з передачею повністю або частково третім сторонам. Це, наприклад страхування.

З усіх перерахованих вище методів впливу на рівень технічних та екологічних ризиків вирішальну роль відіграє їх зменшення, що передбачає зменшення або розміру можливої екологічної шкоди, або імовірності настання екологічних подій і ґрунтується на екологізації промислового виробництва.

8.9.2. Управління екологічними ризиками при поводженні з твердими відходами

Серед пріоритетних завдань у сфері поводження з ТПВ можна виділити два основних:

1. Забезпечити належний санітарний стан міста в межах допустимого рівня екологічного ризику;

2. Розробити нові системи, схеми та технології поводження з твердими відходами, забезпечуючи ефективне їх функціонування і зводячи до мінімуму загрози для населення і навколишнього середовища.

Розв'язання цих завдань може значно зменшити екологічні ризики у цій сфері діяльності.

Перевезення твердих побутових відходів. Існують різні системи транспортування твердих відходів з місць їх утворення на підприємства для їх переробки, знищення та утилізації. Дві найбільш часто використовувані системи – це одноступенева (пряма) та двоступенева.

Одноступенева система використовується для прямого вивозу твердих побутових відходів з місць їх утворення на об'єкти для їх переробки,

знищення та утилізації, двоступенева – при використанні перевантажувальних станцій (СПС) або проміжних пунктів збору відходів (ПЗВ).

Існує залежність ризикологічних та економічних показників діяльності підприємства від технології, що використовується для вивезення твердих побутових відходів. При одноетапній системі доставка твердих побутових відходів здійснюється шляхом збору сміттєвозів низької й середньої вантажопідйомності безпосередньо до місць їх переробки, знищення або розміщення на сміттєзвалищах. Недоліками цієї системи є:

- збільшення транспортних витрат за рахунок використання збірних сміттєвозів малої та середньої вантажопідйомності як транспортних засобів;
- перевантаження транспортної мережі міста;
- подовження порожніх ходів сміттєвозів;
- великі викиди забруднюючих речовин в атмосферу через використання більшої кількості транспортних засобів (більша питома витрата палива на тон–кілометр);
- неможливість використання високопродуктивного ущільнювального обладнання для зменшення обсягів транспортованих відходів.

Двоступенева система транспортування твердих побутових відходів включає такі технологічні процеси:

- збирання і транспортування ТПВ з місць їх утворення та накопичення за допомогою збиральних сміттєвозів;
- часткове сортування та додаткова переробка твердих відходів із вилученням елементів відходів з них;
- накопичення та перевантаження твердих відходів у транспортні сміттєвози;
- транспортування твердих побутових відходів на сміттєзвалища або місця захоронення.

Сміттєперевантажувальні станції також можна використовувати для ущільнення твердих відходів. У цих випадках вантажопідйомність транспортних сміттєвозів використовується більш повно.

Як впливає з розрахунків, найбільш обґрунтованими є схеми транспортування ТПВ із застосуванням перевантажень. Ці схеми передбачають економію палива та мінімальний загальний пробіг вантажних автомобілів, що у свою чергу більш ніж удвічі зменшує негативний вплив на навколишнє середовище.

Основними факторами, котрі впливають на вибір системи транспортування ТПВ, є:

- умови утворення відходів;
- система збору відходів;
- віддаленість місць утворення відходів від об'єктів для їх переробки, знищення й утилізації;
- екологічна ситуація;
- економічні можливості.

Системи збору твердих побутових відходів у великих містах розвинених країн базуються на роздільному зборі відходів, що дає змогу зменшити обсяги відходів, які знищуються та утилізуються на звалищах.

Звалища твердих побутових відходів. Традиційно побутові відходи вивозилися на спеціальні території, розташовані поблизу населених пунктів. З часом, через постійну загрозу здоров'ю населення, пов'язану зі сміттєзвалищами (отруєння підземними водами, розмноження переносників хвороб, неприємний запах, дим від частого самозаймання), влада почала приймати більш жорсткі правила їх розміщення, проектування й експлуатації. Негативне ставлення населення та нові екологічні стандарти ускладнювали відкриття нових полігонів (або «звалищ для утилізації твердих побутових відходів», як їх почали називати).

Процеси на звалищах твердих побутових відходів. Насамперед ці процеси визначаються кількістю твердих відходів, їх морфологічним складом та властивостями. На сміттєзвалищах тверді відходи послідовно проходять п'ять стадій розкладання:

- під час короткочасної аеробної фази, одразу після утилізації відходів, їх органічні компоненти під впливом атмосферного кисню перетворюються на вуглекислий газ та воду;

- під час першої анаеробної фази активність ферментуючих і кислотоутворюючих бактерій зростає; утворюються леткі жирні кислоти, які прискорюють реакцію середовища і збільшують рухливість важких металів;

- на наступній фазі анаеробного розкладання активність метаноутворюючих мікроорганізмів зростає, тоді як рухливість важких металів зменшується внаслідок утворення їх сульфідів;

- на наступній фазі стабілізується утворення метану, вміст якого становить 50–60% від загального утворення газів, а утворення жирних кислот та водню зменшується;

- в кінці процесу розкладання в товщі звалища залишаються лише важкі речовини та такі, що не розкладаються. Поступово атмосферний азот і кисень проникають глибоко на звалище.

До небезпечних проблем, пов'язаних з утворенням газів, відносяться:

- неприємні запахи, особливо від продуктів, отриманих на проміжної та кінцевої фазах кислотного розкладання, таких як сірковуглець, жирні кислоти та меркаптани;

- погіршення здоров'я людини через задушливу дію газів;

- пожежо– та вибухонебезпечність і гальмування росту рослин.

Дренажні води характеризуються коричневим або навіть чорним кольором, таким як суспензія та неприємний запах, високим вмістом органічних та неорганічних речовин, таких як хлориди, сульфати та аміак.

Концентрація органічної речовини у дренажних водах залежить від стадії процесу розкладання в тілі звалища і відповідно від віку звалища. Води, що витікають з «молодих» звалищ, збагачуються органічними кислотами. Зі старінням сміттєзвалища вміст органічних речовин зменшується, а кількість стійких органічних забруднювачів зростає.

Способи зменшення екологічного ризику при поводженні з твердими відходами. Стратегія сталого розвитку та забезпечення прийняттого рівня екологічної безпеки тісно пов'язана з управлінням екологічними ризиками у сфері відходів. На жаль, на сьогоднішній день проблема поводження з ТПВ з точки зору науки про ризик ще не отримала належного розв'язання.

Одним із можливих підходів є те, що весь процес поводження з ТПВ розкладається на елементарні етапи (процедури). У кожному з них визначаються реальні, потенційні й уявні ризики, проводиться їх ідентифікація, аналіз та дається відповідна характеристика.

З найзагальнішої точки зору слід сказати, що зменшення екологічних ризиків можливе, якщо ви дотримуєтесь принципу запобігання відходам або значного скорочення їх кількості.

Поки що цей принцип не був реалізований через низку причин, зокрема менталітет громадян. Але з цього випливає, що розвиток нових технологій має бути орієнтований саме на такі підходи, коли принцип «контролю за відходами» замінюється принципом «запобігання відходам».

У цілому, стратегія поводження з відходами включає як завдання загального кількісного скорочення відходів, так і завдання якісного скорочення кількості відходів. Друга мета зосереджена на скороченні відходів, які є особливо небезпечними для здоров'я людини, у короткостроковій перспективі, тоді як перша передбачає скорочення всіх відходів, включаючи відходи, що підлягають вторинній переробці. В обох випадках автоматично зменшуються екологічні ризики.

Як наслідок, стратегію поводження з твердими відходами й пов'язаний з цим прояв екологічного ризику можна звести до таких положень:

- максимальна повна переробка та повторне використання неминучих відходів;
- мінімізація вмісту забруднюючих речовин у твердих відходах;
- надійне та екологічно чисте захоронення та обробка відходів, які не підлягають вторинній переробці;
- оптимізація завдання транспортування твердих побутових відходів з місць їх концентрації на полігон;
- запобігання виникненню побічних проблем, пов'язаних із сучасними методами утилізації відходів;
- вжиття жорстких заходів щодо осіб та організацій, які пропагують та організовують несанкціоновані звалища.

8.9.3. Управління екологічним ризиком від автомобільного транспорту

Екологічний ризик, що виникає внаслідок впливу транспорту на місцевому, регіональному та глобальному рівнях, необхідно компенсувати за допомогою ряду заходів управління. По–перше, необхідно зменшити витрату палива, що зменшить споживання викопного палива (нафти, газу). По–друге, необхідно встановити передові технологічні глобальні стандарти на викиди у повітря для всіх видів транспорту. По–третє, кожна країна повинна розробити та впровадити програму контролю викидів для всіх джерел і видів транспорту. Крім того, при плануванні транспортних систем необхідно використовувати системний підхід, спрямований на комплексне розв'язання екологічних проблем.

Управління екологічними ризиками. Внесок мобільних джерел у забруднення атмосфери неухильно зростає, перевищуючи в останні роки

позначку 80% від маси всіх забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу.

Ступінь екологічного ризику визначається складом компонентів та розміром питомих викидів забруднюючих речовин. Ці показники залежать від виду палива, спожитого автомобілем. Загальна маса забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу, з урахуванням їх класу небезпеки для здоров'я населення, виявляється приблизно в 2,5 рази меншою. Таким чином, збільшення частки транспортних засобів з дизельними двигунами може позитивно вплинути на рівень забруднення повітря в місті. Ця тенденція спостерігається у структурі парку автобусів та вантажних автомобілів і практично відсутня серед легкових автомобілів. Найсучаснішими тенденціями подолання екологічних ризиків автотранспортних систем є їх переведення на електродвигуни та водневі системи.

У результаті впровадження вищезазначених заходів загальні викиди від транспортних засобів постійно зменшуються, а середня швидкість транспорту, що використовується для транзиту на цих ділянках, зросла в 2–3 рази. Частково скорочення викидів від автомобільних доріг відбулося через інші фактори: оснащення міських транспортних засобів нейтралізаторами, використання високоякісного моторного палива, перетворення транспортних засобів на зріджений газ. Таким чином «екологічного ризику» також зменшується, хоча це зниження ще недостатньо виражене.

8.9.4. Екологічний ризик від магістральних нафто– і газопроводів

Інтенсивний розвиток систем транспортування нафти і газу в Західній Європі, колишньому СРСР, США та Канаді призвів до створення міжміських та складних мереж трубопроводів у різних регіонах. Зони впливу газопроводів охоплюють величезні території. Порушення герметичності магістральних газопроводів може призвести до значних екологічних наслідків як для здоров'я людей, так і для екосистем. Особливо небезпечними є розриви

газопроводів, що транспортують газ, котрий містить сірководень та інші шкідливі сполуки. Аварії на підводних газопроводах, будівництво й експлуатація яких спричинена розробкою морських родовищ, можуть призвести до забруднення навколишнього середовища.

Поряд з екологічними проблемами, аварії на магістральних нафто- і газопроводах призводять до прямих економічних втрат, пов'язаних із втратами газу, простоями трубопроводів, витратами від недостатнього постачання газу тощо.

Відомо також, що як під час аварій, так і під час нормальної роботи газокompресорних станцій (ГКС) відбувається викид різних газоподібних сполук органічної і неорганічної природи. Загальні втрати газу в газотранспортних системах залежать від довжини газопроводів та кількості газокompресорних станцій, і через останні в атмосферу викидається до 500 000 тонн різних забруднювачів. До них належать оксиди сірки та азоту, метан, сірководень, органічні сполуки важких металів та інші органічні речовини. Тривалість життя багатьох з цих сполук становить від кількох хвилин до кількох днів.

8.9.5. Управління екологічними ризиками в сільському господарстві

Незважаючи на різноманітність, сільськогосподарські системи мають одну спільну рису: усі вони продовжують глибоко впливати на екосистеми та ландшафти. У процесі розвитку агроекосистем рослинність перетворюється з природного покриву на орну землю чи пасовище. У сільськогосподарських системах відбувається трансформація природного, багатого на флору рослинного покриву, часто багатоярусного, до однієї культури за певний сезон чи рік або до сівозміни з обмеженим набором видів сільськогосподарських рослин.

Екологічні та геоекологічні проблеми сільського господарства є універсальними і в тій чи іншій мірі зустрічаються у всьому світі. Ці проблеми відображають бажання фермерів отримувати прибуток за рахунок максимальної врожайності, зберігаючи (і, якщо це можливо, збільшуючи) природну родючість ґрунту.

Управління екологічними ризиками, що виникають унаслідок використання різних пестицидів, пов'язане з урахуванням екологічних, екотоксикологічних та агрохімічних параметрів лікарських засобів. Так, розглянемо управління ландшафтно-біогеохімічним циклом азоту в агроекосистемах. Азот – один з тих біофільних елементів, глобальний біогеохімічний цикл якого в природних умовах був майже повністю замкнутий. Це означає, що протягом певного часового інтервалу статті прибутку біогеохімічного циклу, пов'язані з фіксацією молекулярного азоту, були збалансовані за статтями витрат, представленими насамперед денітрифікацією.

У природних системах, де немає зв'язків, пов'язаних із надходженням добрив, імпортом та експортом продукції, сума статей доходу біогеохімічного циклу і сума статей витрат збалансовані. В ідеалі це повинно бути в антропогенно модифікованих системах, і тоді біогеохімічний цикл азоту буде замкнутий. Однак цього не відбувається.

Збільшення дози сільськогосподарських угідь сприяє як великому надходженню азоту в агроекосистеми з мінеральними добривами, так і зменшенню їх втрат під час вилуговування та денітрифікації порівняно з лісовими екосистемами, де природні біогеохімічні цикли елементів, включаючи азот, є практично закриті. Потрапляння азоту до лісових екосистем відбувається переважно з атмосферними опадами та, меншою мірою, через біологічну фіксацію (дерева-симбіонти, такі як вільха та дикобобові), тоді як видалення азоту незначно виражене у вигляді поверхневого стоку.

Таким чином, управління біогеохімічними циклами біофільних елементів, насамперед азоту та фосфору, є ключем до управління екологічними

ризиками в агроекосистемах. Наближення значень ландшафтно-біогеохімічного та регіонального балансу в агроекосистемах до природних дозволяє зменшити екологічний ризик при збереженні екологічно оптимальної врожайності вирощуваних культур.

8.10. Управління ризиками в умовах природних та техногенних катастроф.

Основними причинами збільшення масштабів та ризику природних і техногенних катастроф є різке збільшення населення світу й розвиток різних галузей промисловості, технологій та інфраструктури, що руйнують природу.

Слід зазначити, що більшість техногенних аварій трапляються з вини персоналу небезпечних об'єктів. Іншими словами, людський фактор є одним із вирішальних: у 60% авіакатастроф, 80% аварій на морі та 60% аварій на промислових підприємствах винні люди.

Усі надзвичайні ситуації, як правило, мають також екологічні наслідки. Зони найбільшого екологічного ризику – це промислові центри та великі міста, і насамперед столичні міста.

Активна господарська діяльність людини створює нові потенційно небезпечні галузі й технології. Кількість небезпечних об'єктів зростає. Відповідно зростає кількість аварій та катастроф. Існують великі втрати як у людському, так і в матеріальному вимірі. На тлі постійно зростаючої кількості стихійних лих спостерігається загальне зниження рівня безпеки для життя людей.

Особливості ризику виникнення надзвичайних ситуацій істотно залежать від природи явища (виверження вулкана, вибух на хімічному заводі, розрив греблі тощо), у чому проявляється його вплив на навколишнє середовище (затоплення території водою або її поховання під лавою тощо). і яке вторинне руйнування воно породжує.

У регіонах Землі з підвищеним ризиком поняття «життя в групі ризику» має бути основним принципом життя. Ризик слід розглядати як невід’ємну складову життя. Не можна розглядати це як рідкісне чи випадкове явище в ланцюжку подій.

Досвід показує, що загрози можна передбачити та запобігти, а в деяких випадках передбачити, наслідки можна звести до мінімуму, що виправдовує витрати на дослідження різних видів ризиків з метою вжиття пріоритетних заходів при плануванні дій, спрямованих на управління ризиками.

Причини та наслідки великих катастроф. В останні десятиліття увага все більше зміщується від небезпеки до ризику. Від селевих потоків, тайфунів, повеней, землетрусів, від того, що лежить поза людиною, до техногенних, екологічних, соціальних катастроф, пов’язаних з рішеннями, прийнятими людьми.

Вперше особлива увага громадськості та науковців до великих промислових аварій була повернута після аварій 70–80-х років ХХ століття на хімічних заводах у Фліксборо (Англія, 1974 р.) та Сєвезо (Італія, 1976 р.), Внаслідок чого тисячі людей отримали травми, завдана непоправна шкода навколишньому середовищу, величезні ресурси (матеріальні, людські, тимчасові тощо) були витрачені на усунення їх наслідків. У природній і техногенній сфері спостерігається зростання двох видів небезпек.

По-перше, це загально визнані екологічні небезпеки для навколишнього середовища як середовища проживання та життєдіяльності, спричинені постійним негативним антропогенним впливом на нього. Зростання цих впливів у поєднанні з глобальними природними процесами клімату та зміною навколишнього середовища може призвести до екологічних катастроф у глобальному та національному масштабах.

П-друге, стрімкий розвиток науково-технічного прогресу у цивільному та оборонному секторах у багатьох країнах світу призвів до значного розриву між експоненційно зростаючими загрозами у природній і

технологічній сфері та здатністю окремих країн та світового співтовариства як цілком протистояти цим загрозам. Таким чином, природні та техногенні катастрофи здатні створювати і посилювати загрози в соціально–політичній, економічній та демографічній сферах.

Найнебезпечніші галузі промисловості. За ступенем потенційної небезпеки, що призводить до катастроф у техногенній сфері цивільного комплексу, як найбільш небезпечні можна виділити об'єкти ядерної, хімічної, металургійної й гірничодобувної промисловості, унікальні інженерні споруди (греблі, естакади, нафтоховища), транспортні системи (аерокосмічні, надводні та підводні, наземні), що перевозять небезпечні вантажі та великі маси людей, газопроводи, нафтопроводи та газопроводи та продуктопроводи. Сюди ж можна віднести багато об'єктів оборонного комплексу: ракетно-космічні й авіаційні системи з ядерними та звичайними зарядами, атомні підводні човни, склади звичайної та хімічної зброї.

Величина ризиків та величина збитку. Для забезпечення техногенної безпеки слід урахувати, що у світовій цивільній та оборонній сфері налічується до 10³ об'єкти ядерної техніки мирного та військового призначення, понад 5–10⁴ ядерної зброї, до 8 • 10⁴ тонн хімічної зброї масового ураження, сотні тисяч тонн вибухових, високоактивних отруйних речовин, десятки тисяч об'єктів з великими запасами потенційної та кінетичної енергії газів і рідин.

Досягнутий рівень обґрунтування безпеки потенційно небезпечних об'єктів під час проектування є надзвичайно важливим. Що стосується аварій великомасштабних складних технічних систем, в яких за нормальних умов експлуатації виникають небезпечні пошкодження, то рівень прогнозування безпеки та надійності становить 10–100%. Небезпечні та катастрофічні збої великих і середніх масштабних складних технічних систем за нормальних умов експлуатації прогноуються значно меншою мірою – від 1 до 10%.

Джерела нещасних випадків і катастроф, залежні від людини. Поняття складної системи (СС) включає системи «людина–машина», що складається з обладнання, комп'ютерів, програмного забезпечення та дій персоналу. Структурно складні системи мають принаймні одну з двох характерних ознак:

- існують логічні зв'язки між елементами системи, такі як І, АБО, НЕ, є повторювані елементи та цикли;
- існує багато рівнів станів елементів і самої системи.

Виникнення надзвичайних ситуацій, аварій та катастроф у таких СС, як атомні електростанції, запуски ракетних комплексів, нафтогазопереробна та інша хімічна промисловість, магістральні трубопроводи і транспортні системи, зазвичай називають рідкісними випадковими подіями. Проте з точки зору їх наслідків, пов'язаних з викидом радіоактивних і токсичних речовин, вибухами з розсіюванням частин конструкцій, великими вогняними фронтами, забрудненням навколишньої території, найбільші з них можна порівняти зі стихійними лихами.

Причинами аварій та катастроф у СС залежно від самих розробників, виробників та споживачів є:

- недостатня якість проектів;
- недостатня якість тестів розробки;
- недостатня якість експлуатаційних випробувань;
- недостатня якість моніторингу в процесі експлуатації;
- знос обладнання, що працює;
- зниження якості персоналу внаслідок соціальних факторів;
- помилки обслуговуючого персоналу;
- шахрайство з персоналом у бізнесі;
- терористичний акт;
- хакерські атаки.

Під дією цих причин окремо та спільно відбуваються аварії та катастрофи з людськими жертвами і великими матеріальними збитками. Існує небезпека як безпосередньо для персоналу, що обслуговує систему, так і для навколишнього середовища та населення регіону. Аварії і катастрофи призводять до великої шкоди та зниження рівня життя населення.

Моніторинг та ризик. Моніторинг є невід'ємною частиною систем безпеки екологічних, технічних, економічних, організаційних та соціальних систем.

Для складних технічних комплексів, споруд, які експлуатуються протягом тривалого часу, причиною аварій та катастроф може бути погіршення властивостей матеріалів, граничні рівні накопичених пошкоджень, утворення та неконтрольоване поширення тріщин, кавітація, знос, протікання фланцевих з'єднань, зниження опору ізоляції кабельних ліній внаслідок старіння полімерних покриттів тощо.

Шляхи зменшення ризиків та пом'якшення наслідків надзвичайних ситуацій впливають із загальних принципів забезпечення безпеки у природній та техногенній сферах:

- пріоритет безпеки;
- високий рівень державного регулювання;
- заборонні механізми порушення еволюційного розвитку;
- використання методів аналізу ризиків;
- неминучість відповідальності;
- примусове відшкодування шкоди;
- наявність інформації;
- декларативний порядок діяльності;
- аналіз надзвичайних ситуацій.

8.11. Ризики надзвичайних ситуацій та управління ними

Відповідно до двох основних факторів ризику – характеру небезпеки та вразливості населення, існують також дві основні концепції зниження ризику.

Згідно з першою з них, яку іноді називають поведінковою (нині домінуючою), зменшення ризику слід здійснювати шляхом боротьби з самими небезпечними явищами, використовуючи різноманітні технічні засоби.

Другий концепція, названа структурною концепцією, базується на передумові, що розв’язання проблеми стихійних лих має забезпечуватися шляхом оптимізації соціально–економічних умов і, таким чином, зменшенням вразливості населення.

На ризик небезпечних подій істотно впливають раптовість, інтенсивність, швидкість, тривалість і частота їх розвитку. Наприклад не були виявлені чіткі, практично значущі часові закономірності розвитку землетрусів та вивержень вулканів. Таких закономірностей у розвитку техногенних катастроф немає (хоча, звичайно, існують певні зв’язки між ними та природними явищами).

Щоб проаналізувати ризик виникнення надзвичайних ситуацій, необхідно визначити, для яких видів ризиків цей аналіз слід проводити. У загальному випадку дуже важко розробити таку класифікацію з тієї причини, що існує багато природних і техногенних катастроф. Тому можна піти іншим шляхом і запропонувати більш спрощені варіанти такої класифікації. Наприклад це може виглядати так, як зазначено нище.

Види ризиків за об’єктами дослідження:

- людина: індивідуальний ризик, генетичний ризик;
- суспільство: соціальні, психологічні, моральні, правові, політичні, демографічні, технічні, економічні, ресурсні;
- середовище: біологічні, екологічні, географічні.

Види ризиків за типом впливу:

- хімічний;
- радіаційний;
- біологічний;
- пожежо– та вибухонебезпечний;
- транспортний (автомобільний, річковий, морський, залізничний, повітряний, трубопровідний);
- стихійні лиха тощо.

Типи ризиків за типами параметрів пошкодження, що розглядаються:

- ризик травмування людини;
- ризик смертельної події;
- ризик нанесення матеріальної шкоди;
- ризик заподіяння шкоди навколишньому середовищу;
- інтегральний ризик.

На цій основі для управління ризиками доцільно запровадити такі додаткові категорії ризику:

- індивідуальний ризик;
- соціальний ризик;
- прийнятний ризик;
- неприйнятний ризик;
- незначний ризик;
- вимушений ризик;
- непрофесійний ризик.

Таким чином, у представленій класифікації ризик пов'язаний з:

- 1) параметрами пошкодження;
- 2) виявленням та запровадженням додаткових ризиків виключно для цілей управління.

Розділ 9

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В УПРАВЛІННІ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ

Геоінформаційна система (ГІС) зазвичай розуміється як спеціальна інформаційна система, апаратно–програмне забезпечення, машинно–машинний комплекс, що забезпечує збір, зберігання, обробку, відображення та розповсюдження просторових координатних даних, інтеграцію даних та знань про територію для їх ефективного використання у розв’язанні наукових та застосувань, пов’язаних з інвентаризацією, аналізом, моделюванням, прогнозуванням та екологічним менеджментом [44].

ГІС містить дані про просторові (географічні) об’єкти – цифрові уявлення (моделі) реальних об’єктів, локалізованих у межах певної території (рельєфу). Серед них за характером просторової локалізації розрізняють точкові, лінійні й ареальні просторові об’єкти, поверхні (рельєфи) та тіла відповідно нульові, одно–, дво– та тривимірні. Кожна ознака містить два типи характеристик:

1. Просторові тополого–геометричні та метричні характеристики.
2. Непросторові атрибути, що описують внутрішні властивості (значущі характеристики об’єктів).

Повний опис просторових об’єктів у ГІС складається, таким чином, із взаємопов’язаних описів, їх топології, геометрії й атрибутів, сукупність яких формує просторові дані (географічні дані, геопросторові дані, геодані).

Спосіб опису даних називається поданням або моделлю просторових даних. Найбільш широко використовуються дві універсальні моделі: векторна і растрова.

ГІС підтримується апаратним, програмним, інформаційним, математичним, лінгвістичним, юридичним, ергономічним, організаційним, кадровим забезпеченням.

ГІС розрізняються за тематикою інформаційного моделювання. Існують екологічні ГІС, земельні інформаційні системи (ЗІС), міські або муніципальні ГІС, ГІС з метою запобігання та локалізації наслідків надзвичайних ситуацій тощо.

Проблемна спрямованість ГІС в управлінні екологічними ризиками визначається розв'язаними в ній науково–прикладними завданнями [45, 46]. Ці завдання включають наступне:

- інвентаризація екологічних небезпек;
- аналіз пов'язаних ризиків;
- оцінювання загроз;
- моніторинг;
- управління та планування;
- підтримка прийняття рішень.

Упровадження ГІС–це багатоетапний процес, що включає вивчення предметної області та вимог користувачів до системи, її техніко–економічне обґрунтування (аналіз витрат і зисків), проектування системи, детальне проектування на рівні досліджень та розробок, тестування та створення прототипів, експериментальна й штатна робота.

Просторова географічна інформація є цінним науковим продуктом і водночас товаром. Саме з цієї причини розробці та вдосконаленню ГІС на державному рівні у розвинених країнах приділяється серйозна увага. Багато з них створили спеціальні центри, які розробляють сотні ГІС для різних цілей. Джерела просторової інформації численні і різняться за якістю та точністю [47, 48, 49]. Це карти, повітряні та космічні знімки, матеріали статистичної звітності, дані гідрометеорологічних спостережень, дані

геоекологічного моніторингу тощо. Збір, зберігання, обробка та зв'язування всіх цих даних у цифровій комп'ютерній формі здійснюється ГІС.

Однією з найважливіших функцій ГІС є надання користувачеві чіткого завдання для розв'язання управлінських проблем, тобто надання комп'ютерної підтримки для прийняття рішень.

Ось чому можна і потрібно розглядати ГІС–технологію як сучасну комп'ютерну інформаційну технологію для картографування та аналізу об'єктів реального світу, а також подій, що відбуваються у навколишньому середовищі, у нашому житті та роботі. ГІС надає користувачеві інформацію, як правило, у вигляді карт, діаграм або таблиць. Слід зазначити, що ГІС об'єднують просторову інформацію найрізноманітніших типів та різних форм подання в єдину систему, створюють узгоджену структуру для аналізу географічних даних. Оцифровуючи карти та інші джерела просторової інформації, ГІС здатна відкрити нові способи маніпулювання географічними знаннями та робить процедури та покази загальнодоступними, на основі даних про географічну близькість, для виявлення зв'язків між різними процесами та явищами. Іншими словами, ГІС є інструментом управління інформацією будь–якого типу з точки зору її просторового розташування.

ГІС можна класифікувати по–різному. Один із способів – розділити ГІС за напрямками:

- призначення – багатофункціональні, спеціалізовані;
- за тематичною спрямованістю – загальногеографічні, галузеві;
- орієнтація на проблему – інженерія, майно, природні ресурси, довкілля, обробка даних дистанційного зондування;
- за ієрархічним рівнем – глобальний, державний, регіональний, місцевий, муніципальний;
- за способами подання інформації – двовимірні (x, y), тривимірні (x, y, z), просторово–часові (x, y, t / x, y, z, t);

- за формами подання інформації – растрові, векторні, растрово–векторні;

- за структурою подання інформації – ланцюгово–вузлові, об’єктні.

Просторові дані про об’єкт у ГІС мають таку структуру:

- опис метрики – це перелік координат точок, які визначають положення об’єкта;

- семантичний опис є переліком властивостей об’єкта та містить дані про його кількісні та якісні характеристики у розмірі, визначеному вимогами до цієї інформації;

- графічний опис – це спосіб відображення об’єкта на екрані монітора або графічній копії. Як правило, графічний опис виражається в легенді карти. вимоги до картографічної інформації визначаються характером вирішуваних завдань.

З наведеного короткого аналізу ГІС випливає, що основний акцент розробників таких систем робиться на складанні електронних карт. Сучасні комп’ютерні технології дозволяють у повній мірі скористатися перевагами електронних карт над картою, надрукованою на папері, а саме: відображення у будь–якому масштабі, оперативне внесення змін, отримання довідкової інформації про будь–які об’єкти, виконання просторових запитів, оперативна видача необхідних копій, можливість інтеграції ГІС в автоматизовані інформаційні системи будь–якого типу. ГІС також найбільше підходить для завдань, пов’язаних із інвентаризацією різних видів запасів.

Література

1. Шмандій В.М., Клименко М.О., Голік Ю.С., Прищепка А.М., Бахарев В.С., Харламова О.В. Екологічна безпека: підручник.– Херсон: Олді–плюс, 2013. – 366 с.

2. Huler, Scott. Defining the wind: the beaufort scale, and how a 19th-century admiral turned science into Poetry (англ.). — Crown, 2004. — ISBN 1–4000–4884–2.

3. Волошин, О. Ф. Моделі та методи прийняття рішень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. /О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко. – 2–ге вид., перероб. та допов. – К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». – 2010. – 336 с.

4. Управління ризиками [Електронний ресурс] : навчальний наочний посібник для студентів спеціальності 073 «Менеджмент» / М. О. Кравченко, К. О. Бояринова, К. О. Копішинська : КПП ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 18 Мбайт). – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 432 с. – Назва з екрана.

5. Екологічний ризик: методологія оцінювання та управління: навч. посібник / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.В. Барбашев, Ю.Л. Забулонов, Ю.Є. Тищенко. – К.: Наук, думка, 2014. – 328 с.

6. Екологічна безпека та економіка : монографія / М.І. Сокур, В.М. Шмандій, Є.К. Бабець, В.С. Білецький, І.Є. Мельнікова, О.В. Харламова, Л.С. Шелудченко. – Кременчук, ПП Щербатих О.В., 2020 – 240 с.

7. Kolluru R. V. Health risk assesment: principles and practices // Risk assesment and management handbook. For environmental, health, and safety professionals. – New York, 1996. – P. 123–151.

8. Ілляшенко С.М. Управління екологічними ризиками інновацій / С.М. Ілляшенко, В.В. Божкова. – за ред. д.е.н., проф. С.М. Ілляшенка. —

Суми.: ВТД «Університетська книга», 2004. –214 с.

9. Ліпкан В.А. Національна безпека України : [навчальний посібник] / Ліпкан В.А. – Київ : КНТ, 2009. – 286 с.

10. Grandell, J. Aspects of risk theory [Text] / J. Grandell. — New York – Heidelberg– Berlin: Springer–Verlag, 1992. — 175 p.

11. Лисиченко Г. В., Забулонов Ю. Л., Хміль Г. А. Природний, техногенний та екологічний ризику: аналіз, оцінювання, управління. Київ: Наукова думка, –2008. –542 с.

12. Рішняк І.В. Системний аналіз категорії ризику та невизначеності. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Інформаційні системи та мережі. –2003. –№ 489. –С.263–275

13. Кабаченко Д.В. Прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності та ризику. Економічний вісник. –2017. –№ 2. –С.107–115.

14. Frank H. Knight,. Risk, uncertainty and profit. Risk, uncertainty, and profit, Boston MA: Hart, Schaffner and Marx; Houghton Mifflin, 1921.

15. Концепція управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 22 січня 2014 р. № 37–р.

16. Половян Н. С. Моделювання поведінки систем в умовах ризику // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. –№ 2 (27), –2012. –264с.

17. Безпека життєдіяльності [текст] : підручник / [О. І. Запорожець, Б. Д. Халмурадов, В. І. Применко та ін.] – К. : «Центр навчальної літератури», 2013. – 448 с. –ISBN 978–617–673–150–4.

18. Загальна теорія здоров'я та здоров'язбереження : колективна монографія / За заг. ред. проф. Ю.Д. Бойчука. – Харків: Вид. Рожко С.Г., –2017. – 488 с.

19. Baron, Jonathan. Thinking and deciding (неопр.). — Cambridge: Cambridge university press, 2003. — С. 506. — ISBN 978–0521659727.

20. UNISDR. Терминологический Глоссарий по снижению риска бедствий. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : [https://www.preventionweb.net/files/7817 UNISDRTerminologyRussian.pdf](https://www.preventionweb.net/files/7817_UNISDRTerminologyRussian.pdf)

21. Сендайська рамкова програма зі зниження ризиків стихійних лих на 2015–2030 роки від 18.03.2015р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [www.preventionweb.net/files/43291 sendaiframeworkfordrren.pdf](http://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf).

22. Стандарти й методика оцінювання ризиків для різних зацікавлених сторін в Україні: подальші кроки реалізації міжнародних стандартів щодо гарантування безпеки постраждалих від насильства стосовно жінок та домашнього насильства Аналітичний звіт Лорі Манн, Тамара Бугаєць, 10 Червня 2020 р.

23. Рибалова О. В., Белан С. В., Артем'єв С. Р. Визначення екологічного ризику погіршення стану атмосферного повітря з урахуванням хімічної небезпеки регіонів України. Проблеми надзвичайних ситуацій. –2013. –No 18. –С.196–209.

24. Екологічні основи збалансованого природокористування у агросфері : навчальний посібник / за ред. С. П. Сонька та Н. В. Максименко. — Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. — 568 с.; іл. — (Навчально–наукова серія «Бібліотека еколога»). ISBN 978–966–285–251–6

25. Орел С.М Ризик. Основні поняття [Текст]: [навч. посіб. для студ. за фах. «Екологія, охорон. навк. серед.»] / С.М. Орел, М.С. Мальований. — Львів: НУ «Львівська політехніка», –2008. — 88 с. — ISBN 978–966–553–723–6.

26. Ayyub B.M. risk analysis in engineering and economics. — Boca Raton: Chapman & Hall / CRC Press, 2003.

27. Прогнозирование экологических рисков с использованием анализа

иєрархов и теории нечетких множеств [Текст]: Міжнародна науково–практична конференція «І-й Всеукраїнський з'їзд екологів»: Тези доповідей. Україна, м. Вінниця, 4–7 жовтня 2006. – 2006. – С.25. – ISBN –966–641–185–7

28. Рудько Г.І. Екологічна ризики при розробці родовищ корисних копалин / Г.І. Рудько, О.І. Бондар // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2005. – №5. – С.75–83.

29. Аналіз причин порушення екологічної безпеки під час роботи компресорних станцій / Д.Ф. Тимків, В.М. Юрчишин, Р.Г. Онацко, М.М. Белей // Нафтова газова промисловість. – 2007. – № 1. – С.58–60.

30. Уряднікова І.В. Екологічні ризики, що виникають під час експлуатації систем водопідготовки в теплоенергетиці та їх мінімізація / І.В. Уряднікова // Безпека життєдіяльності. – 2008. – № 5–6. – С.39–41.

31. Європейська комісія. Посібник з оцінювання ризиків на робочому місці Люксембург : Бюро офіційних публікацій Європейських Співтовариств 1996 р. – 57 с. – 17.6 x 25 см – ISBN 92–827–4278–4.

32. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. Затверджено наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 04.12.2002 №637.

33. Hope B. K. An examination of ecological risk assessment and management practices. Environment International. 2006. Vol. 32. P.983 – 995.

34. EPA 530–D–99–001C. Screening level ecological risk assessment Protocol for hazardous waste combustion facilities. Vol. 3. Washington, DC, 1999. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.csu.edu/cerc/researchreports/documents/ScreeningLevelEcologicalRiskAssessmentProtocolHazardousWasteCombustionFacilitiesVolume3.pdf>. 22.10.2021.

35. Кузьмін О. Є., Мельник О. Г., Муқан О. В., Сиротинська Н. М., Управління ризиками в системі процесно–структурованого менеджменту.

[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=530>. 22.10.2021

36. Боровик М. В. Ризик–менеджмент : конспект лекцій для студентів магістратури усіх форм навчання спеціальності 073 «Менеджмент» / М. В. Боровик ; Харків. нац. ун–т міськ. госп–ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 65 с.

37. Вітлінський В. В., Верченко П. І. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком: Навч.–метод. посібник для самост. вивч. дисц. — К.: КНЕУ, 2000. — 292 с. –ISBN 966–574–019–9.

38. Metropolis, N., Ulam, S. The monte carlo method, — Journal of the American Statistical Association, 1949. –№ 247. –P.335 — 341.

39. Foulkes W. M. C., Mitas L., Needs R. J. and Rajagopal G. Quantum Monte Carlo simulations of solids, — Reviews of modern physics. –2001. –№73. –33р.

40. Балджи М.Д. Економічний ризик та методи його вимірювання. Навчальний посібник.– Харків: Промарт, –2015. – 300 с.

41. Марушевський Г., Ігнатенко О., Практичний посібник для посадових осіб органів державної влади та органів місцевого самоврядування «Методичні рекомендації для проведення стратегічної екологічного оцінювання документів державного планування», Київ, 2019 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://pleddg.org.ua/wp-content/uploads/2019/05/MP-SEO_web.pdf. 22.10.2021

42. Економічна теорія: Політекономія: Підручник / За ред. В.Д. Базилевича. — 6–те вид., перероб. і доп. — К.: Знання–Прес, 2007. — 719 с. –ISBN 966–311–049–Х

43. Національні системи оцінювання ризиків і загроз: кращі світові практики, нові можливості для України : аналіт. доп. / [Резнікова О. О.,

Войтовський К. Є. Лепіхов А. В.] ; за заг. ред. О. О. Резнікової. Київ : НІСД, 2020. 84 с. – ISBN 978–966–554–325–1.

44. Бондар О.І., Машков О.А., Пашков Д.П., Ващенко В.М., Шевченко Р.Ю. Моніторинг навколишнього середовища засобами ГІС : навчально–методичні та практичні рекомендації. – Київ, ДЕА, –2018. – 72 с.

45. Геоінформаційні технології в екології : навчальний посібник / Пітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич Ю.Г., Пляцук Л.Д., Шапорев В.П., Моїсеєв В.Ф. – Чернівці, 2012. – 273с.

46. Геоінформаційні системи в екології. – Електронний навчальний посібник / Під ред. Є. М. Крижановського. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 192 с.

47. Дані OpenStreetMap у форматі shape–файлів / Geofabrik [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://download.geofabrik.de/> – набори шарів геоданих у форматі shape–файлів для різних країн світу, що регулярно генеруються на основі даних OpenStreetMap.

48. Global Map / International steering committee for global mapping (ISCGM) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.iscgm.org/cgibin/fswiki/wiki.cgi?page=Summary> – набір геоданих роздільною здатністю 1 км (масштаб 1:1 000 000) для всієї земної поверхні, що складається з наступних тематичних шарів: абсолютні висоти, рослинність, наземний покрив, гідрографія, землекористування, транспортна мережа, адміністративні межі, центри народонаселення.

49. SRTM 90m digital elevation data (SRTM DEM) / Consortium for Spatial Information (CGIAR–CSI) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://srtm.csi.cgiar.org/> – глобальна ЦМВ роздільною здатністю 3 кутові секунди (≈ 90 м на екваторі), отримана на основі даних радіометричного знімання земної поверхні.

Навчальне видання

Бредун Віктор Іванович

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск О.В. Степова
Комп'ютерна верстка В.І. Бредун
Коректор І.Л. Петренко

Підписано до друку «_____» 2021 р. Папір ксерокс.
Формат 60x88 1/16. Друк RISO
Обл. – вид. арк. 8,7. Тираж 50 примірників

0447

Поліграфічний центр
Національного університету «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»
36601, м. Полтава, пр. Першотравневий, 24
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного ре-
єстру видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції
Серія ДК № 3130 06.03.2008 р.

Віддруковано в авторській редакції з оригінал–макета ПЦ НУПП