

## ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ: ПРИРОДА І КРИТЕРІЇ

Войціцький В.М., Хижняк С.В., Данчук В.В.,  
Мідик С.В., Грищук І.А., Ушкалов В.О.

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, 03041, м. Київ  
svit.mid@gmail.com

Надано визначення поняттю «ризик» як загрози можливої небезпеки, що спричиняє шкоду або виникнення несприятливих наслідків певної події. Кількісною мірою ризику як загрози небезпеки є добуток вірогідності небезпеки і відповідної їй очікуваної шкоди. Поняття «ризик» є багатоплановим, здебільшого його використовують залежно від області застосування, типу і стадії аналізу тощо.

З точки зору екологічних ризиків, які є сукупністю ризиків, що загрожують стану біоти довкілля, в тому числі здоров'ю і життю людей, суттєву загрозу становлять природні (пов'язані з виявленням дії стихії незалежно від людей) та антропогенні (викликані господарською діяльністю людей) ризики.

Наведено сучасне визначення і розуміння «припустимого ринку», з яким суспільство готове миритися заради отримання можливої користі і благ. Надані з поясненням і аналізом визначення ризиків, які загрожують безпеці стану довкілля, здоров'ю і життю людей, суспільному добробуту. Розглянуто сприйняття існуючих екологічних ризиків пересічними людьми (за опитуванням населення США) та фахівцями, зокрема низкою міжнародних організацій (UNIKO, IAEA, WHO, UNEP).

Зроблено висновок, що нині найнебезпечнішими забруднювачами довкілля є важкі метали, стійкі токсичні органічні речовини, пестициди і різноманітні відходи. Наведено основні причини ризиків, їх критерії, класифікацію та оцінку за ступенем важкості можливих наслідків при їх виявленні, зокрема, екологічних ризиків.

Акцентується увага на тому, що однією з актуальних задач сучасної екології є попередження вияву екологічних ризиків або хоча б на першому етапі мінімізація можливих негативних наслідків. Основне завдання – це визначення та застосування алгоритмів можливого керування екологічними ризиками, створення стабільних умов існування екосистем. *Ключові слова:* ризики, небезпека, шкода, критерії, екологія.

### **Ecological risks: nature and criteria. Voitsitskiy V., Khyzhyak S., Danchuk V., Midyk S., Hryshchuk I., Ushkalov V.**

The concept of “risk” was defined as the threat of a possible danger that causes harm or adverse consequences of a particular event. Quantitatively, risk, as a threat of danger, is the product of the probability of danger and the corresponding expected damage. The “risk” concept is multifaceted and is usually used, depending on the scope, type and stage of analysis etc.

In terms of environmental risks, which are a set of risks that threaten the state of the environment biota, including human health and life, a significant threat is natural (associated with natural disasters) and anthropogenic (caused by economic activity of people) risks.

A modern definition and understanding of the “acceptable market” has been provided, as one with which society is willing to put up with both the potential benefits and the benefits at the moment. Explanations and analysis of the identification of risks that threaten the safety of the environment, human health and life, and public welfare were also provided. The perception of existing environmental risks by ordinary people (according to a survey of the US population) and experts, including a number of international organizations (UNIKO, IAEA, WHO, UNEP) was considered.

It was concluded that currently, the most dangerous pollutants are heavy metals, persistent toxic organic substances, pesticides and various wastes. The main causes of risks, their criteria, classification and assessment of the severity of the consequences, in particular, environmental risks, the set of risks that threaten the viability of biota, including human health and life, were described.

Attention is emphasized to the fact that one of the urgent tasks of modern ecology is to prevent the manifestation of environmental risks or at least in the first stage to minimize possible negative consequences. The main task is to define and apply algorithms of possible management of ecological risks, creation of stable conditions of existence of ecosystems. *Key words:* risks, danger, harm, criteria, ecology.

**Постановка проблеми.** Життя на Землі (як кожного індивідууму, так і угруповань живих організмів) постійно підпадає під вплив різноманітних ризиків. Це стосується і всієї біосфери, ризиком існування якої є, наприклад, можливість ядерної і термоядерної війни у всесвітньому масштабі.

Термін «ризик» (англ. “risks”) здебільшого вживають як тотожність «небезпеці»: «Ризик – це небезпека майбутньої втрати», «ризик – це небезпека виникнення несприятливих наслідків подій, які розглядаються» [1]. «Небезпека», якщо її розглядати для людей, – це «загроза людям і всьому тому, що становить для них цінність».

Ще одне визначення терміну «ризик» пов'язане з ототожненням його з можливістю несприятливого процесу чи події: «Ризик – це загроза можливості збитку (шкоди)», «ризик – це можливість (вірогідність) факту, події, що розглядається як втрата чи шкода», «ризик становить собою шанс того, що може трапитися щось небажане». Термін «ризик» розглядають також як синонім термінів «вірогідність» і «частота» [2].

**Актуальність дослідження.** Ще не склалися остаточні уявлення про більшість ризиків, які пов'язані з виявленням конкретних процесів. Здебільшого застосовуються вірогіднісні підходи, але принципо-

вим є не тільки оцінка вірогідності вияву ризиків, але і можливі наслідки. Все це повністю стосується і екологічних ризиків. Питання екологічних ризиків, їх уніфікації, загрози стану довкілля, здоров'ю і життю людей, а також можливі наслідки – це одна з актуальних проблем сучасної екології.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Природа, можливі наслідки, здатність до керування ризиками детально розглянуті для геологічних явищ (зокрема, землетрусів), можливих катастроф на небезпечних підприємствах, транспорті тощо, а після аварії на Чорнобильській і «Фокусима – 1» АЕС, особливо для аварій на радіаційно-небезпечних об'єктах [1-6]. Подібні модифіковані розробки можуть бути застосовані для будь-яких ризиків, але після узагальнення існуючих і перспективних методів оцінки ризиків, добору стратегії запобігання наслідкам або на першому етапі їх зменшення.

**Мета дослідження** – надати науково-обґрунтований аналіз екологічним ризикам, причинам їх виникнення і критеріям, що сприяє розробці і удосконаленню методів і заходів попередження або мінімізації їх вияву.

**Виклад основного матеріалу.** Оцінку вірогідності виявлення ризиків як небезпеку певного процесу або події проводили на основі визначення того, що у випадку незалежності просторової ( $P_s$ ) і часової ( $P_T$ ) вірогідностей загальна вірогідність ( $P$ ) дорівнює їх добутку [1]:

$$P = P_s \cdot P_T.$$

В інших випадках, коли небезпека виявляється за сукупності певних подій ( $S_1, S_2 \dots S_n$ ), її вірогідність дорівнює:

$$P = \sum_{i=1}^n P \left( \frac{N}{S_i} \right) \cdot P(S_i),$$

де  $P \left( \frac{N}{S_i} \right)$  – вірогідність небезпеки  $N$ , яка виявляється за умови вияву події  $S_i$ ;  $PS_i$  – вірогідність події  $S_i$ ,  $i = 1, 2$ , де  $n$  – позначення конкретної події  $S_i$ .

Ризик як кількісна міра можливої небезпеки пов'язаний зі шкодою, тому він ( $R$ ) може бути визначений як добуток вірогідності небезпеки або несприятливого наслідку певної події ( $P$ ) і визначеної величини очікуваної шкоди ( $Z$ ):

$$R = P \cdot Z.$$

Поняття «ризик» є багатоплановим, здебільшого його використовують залежно від області застосування, типу і стадії аналізу тощо. Залежно від основної причини виникнення ризиків їх класифікують на [1]:

1. Природні ризики – ризики, які пов'язані з виявленням дії стихії: виверженням вулканів, землетрусами, бурями, смерчами, повенями, підтопленнями, посухами тощо.

2. Антропогенні техногенні ризики – ризики, які зумовлені небезпеками від технічних об'єктів.

3. Антропогенні нетехногенні ризики – ризики, які виникають у результаті господарської діяльності людини (окремо від техногенних ризиків).

4. Екологічні ризики – виділені в окрему групу ризики (природні, антропогенні тощо), які пов'язані із забрудненням довкілля від різноманітних джерел, що загрожують стану біоти, в тому числі здоров'ю і життю людей.

5. Комерційні ризики – ризики, які пов'язані з небезпекою фінансових втрат внаслідок фінансово-господарської діяльності.

З точки зору безпеки важливими критеріями ризиків є [1]:

1. Індивідуальний ризик – це такий ризик, якому підлягають індивідууми в результаті впливу чинників загрози.

2. Колективні ризики – очікувана кількість як травмованих, так і загиблих індивідуумів за певний період внаслідок, наприклад, можливої аварії на промисловому підприємстві.

3. Соціальний ризик – це залежність частоти подій, у яких постраждала на деякому рівні певна кількість людей, що більше передбаченого раніше рівня.

4. Припустимий ризик – рівень ризику, з яким суспільство загалом готове миритися заради отримання певних благ і користі.

Існують такі основні різновиди ризиків [7]:

1. Ризики, які загрожують безпеці (*safety risks*). Здебільшого вони характеризуються малими вірогідностями, але важкими наслідками і швидкими виявленнями. До таких ризиків, зокрема, належать нещасні випадки на виробництві.

2. Ризики, які загрожують здоров'ю (*health risks*). Ці ризики мають високу вірогідність і часто відбуваються без важких наслідків із певною затримкою.

3. Ризики, які загрожують стану довкілля (*environment risks*). Вони можуть бути [8] природного походження (виверження вулканів, землетруси, повені, підтоплення, урагани, смерчі, селеві потоки, посухи), а також антропогенного, тобто спричинені господарською діяльністю людини (викиди і скиди різноманітних промислових, комунальних та інших підприємств, продукти згорання палива, промислове, побутове і будівельне сміття, отрутохімікати, добрива, стоки ферм і великих комплексів тощо в сільському господарстві, забруднення, пов'язані з транспортно-дорожнім і військово-промисловим комплексом).

4. Ризики, які загрожують суспільному добробуту (*goodwill risks*). Це ризики сприймання суспільством діяльності певного об'єкта (промислового, сільськогосподарського тощо), наскільки ця діяльність пов'язана з раціональним використанням природних ресурсів, як вона відображається на стані довкілля. Негативне сприйняття діяльності об'єкта, який аналізується, здебільшого виявляється швидко і є стійким.

5. Фінансові ризики (*financial risks*), пов'язані з можливими втратами власності, доходу тощо.

Аналіз ризиків здебільшого проводять за такими основними типами [2]: 1) аналіз хімічного ризику (окремо неканцерогенного і канцерогенного); 2) епі-

деміологічний (той, який пов'язаний з можливістю епідемій) аналіз ризику; 3) вірогіднісний аналіз ризику (оцінка вірогідності виявлення ризику); 4) апостеричний (набутий попередньо досвідом) аналіз ризику, а саме за статистичної обробки виявлення загрозливих подій і процесів у минулому; 5) якісний аналіз ризику (проводиться у тому випадку, коли кількісну оцінку провести не можливо, наприклад, за глобальної зміни клімату).

Всі перераховані види ризиків (але не фінансові) та їх типи аналізу, розділення яких є умовним, безпосередньо пов'язані з екологічним ризиком (*ecological risks*), який у загальному вигляді можна визначити як сукупність ризиків, що загрожують стану біоти, в тому числі здоров'ю і життю людей [3, с. 7–11].

На думку експертів Агентства із захисту оточуючого середовища США, окремо від ризиків, які безпосередньо загрожують здоров'ю людини, серйозними екологічними ризиками є [1]:

1. Глобальні зміни клімату.
2. Збільшення озонового шару в стратосфері.
3. Зміна компонентів (об'єктів) довкілля.
4. Загибель популяцій і втрати у біологічному різноманітті.

Для здоров'я і життя людей найважливішими ризиками (*health risks*) є:

1. Забруднення повітря, питної води, продуктів харчування різноманітними екоотоксикантами (викиди і скиди промисловості – стійкі органічні забруднювачі, важкі метали та інші токсичні хімічні речовини тощо); скиди підприємств сільськогосподарства, хімічні засоби захисту рослин і боротьби з ектопаразитами (особливо, пестициди); продукти згорання палива для отримання енергії; фармацевтичні препарати та сировина для їх виробництва; промислове, побутове та будівельне сміття; токсичні речовини, які використовуються військово-промисловим комплексом; транспортно-дорожні забрудники та багато інших.

2. Забруднення токсичними речовинами повітря в приміщеннях (у тому числі на робочих місцях), накопичення в них радіоактивного газу родону, що виділяється з будівельних матеріалів.

3. Підвищені рівні різноманітних випромінювань (радіоактивного, електромагнітного, акустичного і світлового).

4. Зменшення озонового шару в стратосфері, що призводить до посилення дії ультрафіолетового випромінювання на біоту.

Розділення екологічних ризиків на ті, які безпосередньо загрожують здоров'ю людей, та ті, які не загрожують, є умовним і неоднозначним. Так, такі ризики, які можуть бути спричинені забрудненнями довкілля та низка інших, є загальними як для екології довкілля, так і безпосередньо для здоров'я і життя людей. З урахуванням цього перші 20 «дуже серйозних» ризиків із довгого списку переліку по ранжиру їх джерел за даними соціального анкетування насе-

лення США (результати мають ознайомчий характер) є такими [1]:

1. Діючі полігони захоронення небезпечних відходів.
2. Недіючі полігони захоронення небезпечних відходів.
3. Забруднення води стоками промислових підприємств.
4. Хімічні токсиканти на робочому місці.
5. Розливи нафти і нафтопродуктів.
6. Руйнування озонового шару.
7. Аварії на атомних електростанціях.
8. Аварії у промисловості, які призводять до викидів і скидів забрудників.
9. Випромінювання від радіоактивних відходів.
10. Забруднення повітря викидами промислових підприємств.
11. Витік із підземних сховищ нафтопродуктів.
12. Забруднення прибережних вод.
13. Тверді відходи і сміття.
14. Пестициди для фермерів.
15. Забруднення води стоками сільськогосподарських підприємств.
16. Недостатнє очищення водоочисними спорудами.
17. Забруднення повітря транспортними засобами.
18. Залишкові кількості пестицидів у харчових продуктах.
19. Парниковий ефект.
20. Забруднення питної води.

Порівняння цього переліку із наведеною вище думкою експертів свідчить, що пересічні люди і спеціалісти по-різному оцінюють рівень небезпеки при виявленні певних екологічних ризиків. Так, соціальне опитування не виявило підвищеного занепокоєння щодо скорочення біологічного різноманіття, а також ступеня реальної загрози при вияві низки ризиків, зокрема, глобального потепління. В той же час пересічні люди надають перевагу як загрози полігонам захоронення небезпечних відходів.

Міжнародними організаціями, а саме Організацією Об'єднаних Націй із промислового розвитку (UNIDO), Міжнародним агентством по атомній енергії (IAEA), Всесвітньою організацією охорони здоров'я (WHO), Програмою ООН з оточуючого середовища (UNEP) розроблені рекомендації з оцінки та керування ризиками, які пов'язані із загрозами стану довкілля і здоров'ю людей. Основні ознаки екологічних ризиків згідно цих узагальнених рекомендацій наведено в табл. 1.

Заданими американського Товариства екологічної токсикології і хімії оточуючого середовища (SETAC) основний внесок у техногенне (спричинене технічними об'єктами) забруднення довкілля викликають важкі метали (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ag, Cd, Sh, Sb, Ce, Tm, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, U, а також As, хоча він неметал), так звана «брудна дюжина» стій-

Таблиця 1

**Основні ознаки екологічних ризиків, пов'язані із загрозою стану довкілля і здоров'ю людей**

| Категорії                      | Люди  | Довкілля   |
|--------------------------------|---|--|
| Характер впливу чинника ризику | Неперервний<br>Разовий (за аварії)  | Неперервний<br>Разовий (за аварії)   |
| Група ризику (контингент)      | Населення певної місцевості<br>Персонал підприємства  | Біота, екосистема  |
| Тривалість впливу              | Короткочасний<br>Середньої тривалості<br>Тривалий   | Короткочасний<br>Середньої тривалості<br>Тривалий  |
| Наслідки                       | За ступенем важкості:<br>фатальні (ризик смерті)<br>нефатальні (ризик травми, хвороб).<br>За часом вияву:<br>негайні, віддалені | За розподіленням:<br>локальний, регіональний, глобальний.<br>За тривалістю впливу:<br>короткочасний, середньої тривалості,<br>тривалий |

Таблиця 2

**Розподілення чинників екологічного ризику по їх внеску в техногенне забруднення на об'єктів довкілля (за даними SETAC за [7])**

| Чинник екологічного ризику   | Відносний внесок, % |
|--|---------------------|
| Важкі метали   | 28                  |
| Стійкі органічні забрудники  | 27                  |
| Змішані відходи (органічні і неорганічні)  | 20                  |
| Пестициди  | 15                  |
| Радіоізотопи (Cs-137, Sr-90 та інші)   | 6                   |
| Гази (SO і SO <sub>2</sub> , NO і NO <sub>2</sub> , CO і CO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> та інші) | 3                   |
| Мікроорганізми, які створені методами генетичної інженерії   | 1                   |

Таблиця 3

**Розподілення техногенного навантаження по об'єктах довкілля (за даними SETAC за [7])**

| Об'єкти довкілля           | Відносний внесок, % |
|----------------------------|---------------------|
| Поверхневі води            | 53                  |
| Опади                      | 32                  |
| Ґрунт                      | 12                  |
| Гірські породи (літосфера) | 9                   |
| Ґрунтові води              | 7                   |
| Повітря                    | 3                   |

ких органічних забрудників: поліхлоровані біфеніли (ПБХ), поліхлоровані дибензо-*n*-діоксини (ПХДД), поліхлоровані дибензофурані (ПХДФ), алдрин, діелдрин, дихлор-дифеніл-трихлоретан (ДДТ), ендрин, хлордан, гексахлорбензол (ГХБ), мірекс, токсафен, гептахлор, а також різноманітні відходи і пестициди. Відносний внесок найнебезпечніших чинників екологічного ризику в техногенне забруднення довкілля наведено в табл. 2.

У зв'язку з пандемією, яка спричинена коронавірусом (SARS-COV-2, який викликає хворобу COVID-19), що почалася офіційно в грудні 2019 року, людство, мабуть, перегляне «найсерйозніші» ризики і віднесе до них подібні тим, які спричинили коро-

навірус, спалахи «іспанки» у 1918 році, чуми, віспи, холери і тифу в Середньовіччя та у більш пізніший час локально в деяких країнах.

При аналізі розподілення наведених у табл. 2 чинників екологічного ризику встановлено, що основне техногенне навантаження приходить на певні об'єкти довкілля (табл. 3).

Таким чином, основними забрудниками довкілля, які спричинили техногенне навантаження на об'єкти довкілля, є важкі метали, стійкі органічні забрудники (поліциклічні ароматичні вуглеводи), різноманітні відходи і пестициди. Шляхи та механізми переносу цих речовин здебільшого відбуваються через воду як безпосередньо (поверхневим зливом), так і за допомогою процесів, що переводять ці речовини в поверхневі води (при випадінні атмосферних опадів, ерозії ґрунту, переносі вітром тощо).

**Головні висновки та перспективи використання результатів дослідження.** Екологічним ризикам притаманні такі самі критерії, що й іншим ризикам. Вони загрожують як стану довкілля, так і здоров'ю та життю людей. Особливої уваги заслуговують антропогенні (в тому числі техногенні) ризики в плані розбору та удосконалення методів і заходів керування ними з метою попередження їх вияву або на першому етапі мінімізації можливих негативних наслідків.

## Література

1. Кутлахмедов Ю.А., Матвеева И.В., Гроза В.А. Надежность биологических систем. К. : Фитосоцицентр, 2018. 352 с.
2. Музалевский А.А., Яйли Е.А. Риск: анализ, оценка, управление. Санкт-Петербург : ВВМ, 2008. 232 с.
3. Лисиченко Г.В., Забулов Ю.А., Хміль Г.А. Природний, техногенний та екологічний ризик. К. : Наукова думка, 2008. 542 с.
4. Кутлахмедов Ю.О., Войціцький В.М., Хижняк С.В. Радіобіологія : підручник. К. : ВПЦ Київський університет, 2011. 543 с.
5. Кутлахмедов Ю.А. Дорога к теоретической радиоэкологии. К. : Фитосоцицентр, 2015. 360 с.
6. Войціцький В.М., Мідик С.В., Полтавченко Т.В., Березовський О.В., Кеппл О.Ю., Велинська А.О. Моніторинг екосистем: цілі та необхідність, роль біоіндикації. *Біоресурси і природокористування*, 2019. № 3-4. С. 39-46.
7. Ваганов П.А. Как рассчитать риск здоровью из-за загрязнения окружающей среды. Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургского госуниверситета, 2008. 141 с.
8. Жирнов В.В., Савченко Д.А. Біоконверсія відходів. Частина І. К. : РРП Експо-Друк, 2017. 302 с.
9. Ваганов П.А. Экологические риски. Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургского госуниверситета, 1997. 116 с.
10. Башкин В.А. Экологические риски. Расчет, управление, страхование. М. : Высшая школа, 2007. 358 с.
11. Музалевский А.А., Карлин Л.Н. Экологические риски. Теория и практика. Санкт-Петербург : ВВМ, 2011. 447 с.