УДК: 502.1

Добровольський В.В.

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ З УРАХУВАННЯМ РИЗИКІВ

Розглянуто п'ятирівневий алгоритм визначення рівня безпеки екосистеми, яким передбачено формування екологічних характеристик, аналіз загроз, двофакторна оцінка ризику, а також шляхи і засоби зменшення небезпеки.

***Ключові слова**: безпека, небезпека, загроза, екологічний ризик, алгоритм забезпечення.*

Рассмотрено пятиуровневый алгоритм определения уровня безопасности экосистемы, которым предусмотрено формирование экологических характеристик, анализ угроз, двофакторная оценка риска, а также пути и средства уменьшения опасности.

***Ключевые слова:** безопасность, опасность, угроза, экологический риск, алгоритм обеспечения.*

The fivelevel algorithm of ecosystem's strength security determination is considered. This algorithm is foresees the forming of ecological descriptions, analysis of threats, two-factor risk estimation, and also ways and facilities of danger diminishing.

***Key words**: safety, danger, threat, ecological risk, algorithm of providing.*

Вступ

Невпинне погіршення стану природного середовища внаслідок антропогенного впливу вимагає підвищення ефективності природоохоронних заходів, що неможливо без удосконалення стандартних і дослідницьких методик та розширення наукових пошуків. Зокрема спостерігається зміна ідеології в підході до екологічної безпеки. Якщо раніше єдиним методом оцінки безпеки було порівняння рівня забруднення з гранично допустимими значеннями концентрації (скиду, викиду тощо), то в останні роки все більша увага приділяється концепції екологічного ризику [1, 12].

Методи оцінки ризику широко використовуються в різних галузях діяльності: в банківській діяльності, у страховій справі, в медицині тощо. Теоретичну основу визначення ризиків складають математична статистика і теорія імовірності. Разом з тим використання загальних теоретичних основ у кожній конкретній прикладній галузі має свої особливості. Зокрема в екології як науці використання теорії ризику ускладнюється різноманіттям методичних підходів, об'єктів, рівнів тощо.

У роботі розглядається питання екологічного ризику в контексті визначення безпеки екологічної системи.

Аналіз публікацій

Аналіз публікацій з проблем безпеки і ризику взагалі та екологічних зокрема виявляє, перш за все, розбіжності на рівні понятійному. Наприклад, у роботі [9] та ДСТУ 2860-94 ризик розглядається як міра безпеки, а в роботі [6] – як міра сталості. При цьому в ДСТУ під безпекою розуміється властивість об'єкту забезпечити **відсутність ризику** нанесення шкоди. В роботах [2, 5, 6, 8] при розгляді безпеки мова йде не про відсутність ризику, а про його прийнятний рівень. Навіть у межах однієї монографії [8] автори, вживаючи поняття «ризик» і «загроза», не звертають увагу на змістову різницю. В Законі України про охорону навколишнього природного середовища під екологічною безпекою розуміється такий стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я.

У більшості робіт ризик (у тому числі й екологічний) розглядається з позиції впливу на безпеку здоров'я людини. [1, 5, 9, 10, 11]. Щодо ризику стосовно екологічних систем відмітимо наступне. Автори монографії [8] розглядають ступені ризику нанесення збитку екологічній системі, включаючи людину. Під безпекою екологічної системи вони розуміють захист функціональних характеристик екосистеми. Критичним (пороговим) екологічним навантаженням вважається таке, що спричиняє зміни в показниках структурно-функціональної організації популяції, чи біоценозу, які перевищують межі адаптивних можливостей

екосистеми. В роботі [2] стверджується, що екологічний ризик – це імовірність загибелі біологічної системи (організму, популяції, населення). Е. Хлобистов погоджується з твердженням, що екологічний ризик – це імовірність негативних наслідків від сукупності шкідливих впливів на навколишнє середовище, що призводять до незворотної деградації екосистеми [13]. В роботі [8] значна увага приділяється визначенню екологічного ризику в умовах неповної визначеності впливу окремих чинників.

Алимов В.Т. і Тарасова Н.П. при розгляді наслідків аварії чи катастрофи враховують соціальні, економічні і екологічні прояви у вигляді прямої, опосередкованої (непрямої) і повної шкоди [1]. В роботі [10] зроблено спробу обґрунтувати рівень так званого «збалансованого ризику».

Автори роботи [9], виконавши аналіз стану науки про безпеку, запропонували багатопараметричні матриці для оцінки ризику.

Результати досліджень

Об'єктом дослідження є екологічна система (ЕС) будь-якого рівня або певний компонент ЕС (рис. 1). **Екологічна система** – це відносно стала у просторі і часі спільнота організмів та середовища їх існування, поєднаних у функціональне ціле і взаємопов'язаних потоками енергії й інформації та коло обігом речовин [3].

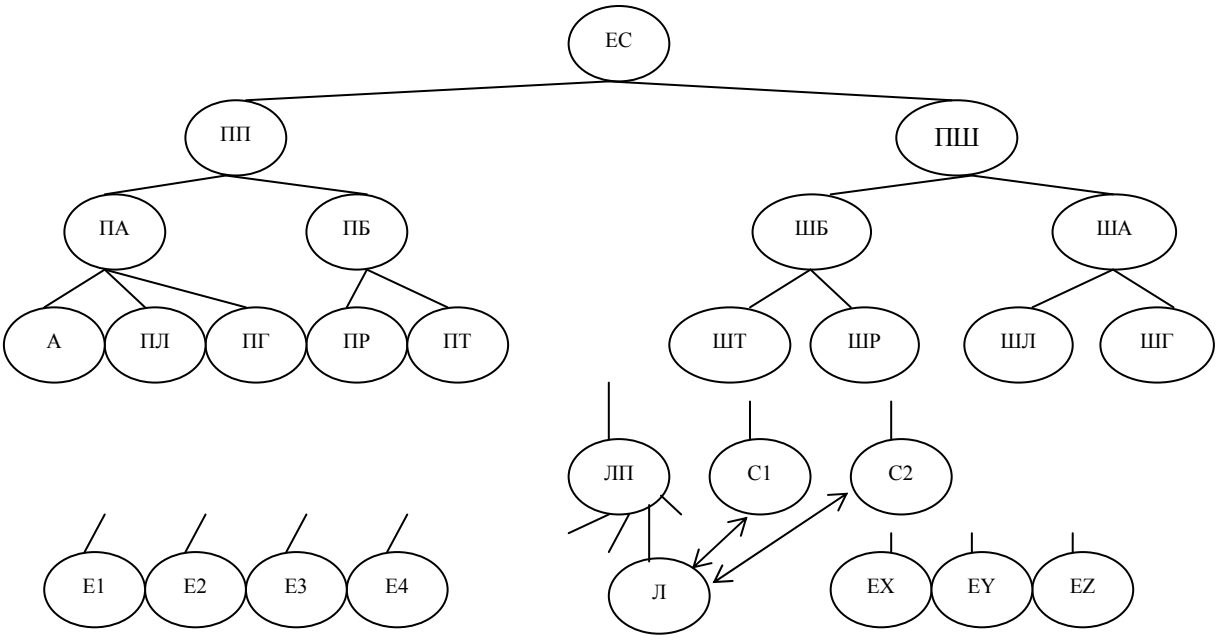

Рис. 1. Структурно-ієрархічна схема екологічної системи:

ПП і ПШ – підсистеми – природна і штучна;
ПА і ПБ – природні складові – абіотична і біотична;
ША і ШБ – штучні складові – абіотична і біотична;
А – атмосфера;
ПЛ і ШЛ – літосферні утворення – природне і штучне;
ПГ і ШГ – гідросферні утворення – природне і штучне;
ПР і ПТ – природні утворення – рослинні і тваринні;
ШР і ШТ – штучні утворення – рослинні і тваринні;
ЛП – людська популяція;
С1, С2 – соціуми (соціальні утворення);
Л – людина;
Е – елемент.

Люди включаються в екосистему у вигляді компонентів двох підсистем – природної і штучної. В природній підсистемі люди розглядаються як біологічні особини з певними потребами в природних ресурсах. А в штучній підсистемі люди представлені у вигляді соціальних утворень (соціумів), які характеризуються соціальними потребами, що включають і екологічні складові.

При аналізі проблем екологічної безпеки і ризику в основу покладені наступні властивості екологічних систем [3]:

– *Динамізм.* Будь-яка екологічна система не залишається з часом постійною, закостенілою, незмінною. В системі відбуваються зміни – щось відмирає, а щось народжується, щось руйнується, а щось будується. Зміни екологічних систем залежно від часу – їх динаміка – розглядаються в різних масштабах – від історичних до миттєвих. Доцільно при аналізі питань ризику і безпеки не розглядати історичну і сукцесійну динаміку екосистем, а обмежитись добовою, сезонною, річною та багаторічною;
– *Самоорганізованість (саморегуляція).* Будь-яка екологічна система здатна пристосуватися до змін зовнішнього середовища в певних межах, зберігати структуру й функціональні властивості, чинити опір змінам зовнішніх факторів. Сукупність самоорганізованості полягає в забезпеченні всім компонентам екосистеми – особинам, їх угрупуванням, популяціям тощо – нормальних умов функціонування, пов'язаних з використанням і трансформацією речовин та енергії й передачею інформації. Самоорганізованість підвищується при ускладненні

екологічної системи. В соціоекологічних системах природна самоорганізованість змінюється внаслідок наявності антропогенних систем управління природокористуванням. Розумне використання системи управління може підвищити можливості самоорганізованості екосистеми.

Інші умови і особливості визначення безпеки екологічної системи будуть докладно розглядатися в процесі обґрунтування алгоритму процесу, схема якого представлена на рис. 2.

Екологічна система ЕС знаходиться в динамічній рівновазі в умовах впливу зовнішніх екологічних факторів. **Екологічним фактором** (ЕФ) вважається дія внаслідок явища чи процесу природного або антропогенного походження. Зазвичай ЕФ характеризується значенням показника чи властивості суб'єкта дії. Вплив ЕФ може бути безпосереднім (прямим, контактним) стосовно об'єкта дії, яким є чи ЕС в цілому, чи її окремий компонент. Опосередковано вплив ЕФ проявляється внаслідок внутрішньосистемних взаємодій між складовими ЕС.

Будемо вважати, що дія кожного з ЕФ не виходе за межі поля, утвореного середньостатистичними значеннями багаторічних спостережень. Стан ЕС за цей період приймаємо як безпечний.

Зміна впливу будь-якого ЕС викликає відповідну зміну певного показника об'єкта впливу – компонента ЕС (елемента, угрупування, популяції тощо), що відображається і на стані ЕС в цілому. Така залежність показників об'єкта впливу від значення ЕФ називається **екологічною характеристикою** (ЕХ) [3]. Визначення ЕХ, що передбачено на рис. 2 однією з перших операцій моделювання, виконується на матеріалах експериментів на ЕС та за статистичними даними.

Наступною дією є аналіз ЕФ з метою визначення загроз ЕС. Термін **«загроза»** відображає можливість виникнення деяких умов технічного, природного, економічного або соціального характеру, за наявності яких можуть виникнути несприятливі події та процеси – техногенні катастрофи, стихійні лиха, соціальні кризи тощо [8]. Загрозою може бути будь-який ЕФ у випадку екстремального відхилення від середньостатистичного поля значень унаслідок природного катаклізму чи нестандартної ситуації в антропогенній діяльності. Виділенням загроз із масиву ЕФ закінчується перший рівень алгоритму – незагрозливі фактори вилучаються з подальшого розгляду (лінія I на рис. 2).

На другому етапі алгоритму виконується оцінка вагомості втрат ЕС від загрози. Оцінка вагомості втрат виконується з урахуванням наступного:

- просторове поширення загрози в екосистемі;
- часовий фактор загрози;
- видове поширення загрози в екосистемі;
- інтенсивність загрози, зокрема, вплив на біорізноманіття, економічні збитки, соціальні порушення, вплив на здоров'я і життя людей.

При цьому враховуються як прямі, так і опосередковані наслідки реалізації загрози.

За результатами аналізу вагомості втрат частина загроз виключається із подальшого розгляду – на цьому закінчується другий рівень алгоритму (лінія II на рис. 2).

На третьому рівні алгоритму оцінюється імовірність реалізації загрози і відсіюються загрози, імовірність яких вважається допустимою внаслідок різних причин.

Відсіювання невизначальних екологічних факторів закінчується на четвертому рівні алгоритму шляхом встановлення порогового значення ризику. В роботах [1, 2] з посиланнями на закордонний досвід, де відмовилися від поняття «нульовий ризик», рекомендується ризики розподіляти за рівнями на: припустимий (прийнятний) і неприпустимий. Порогове значення ризику встановлюється на базі вказаних рівневих. Загальної думки щодо порогових значень екологічного ризику немає.

В роботі [2] таким приймається величина ризику загибелі біологічних систем. За правилами Агентства охорони навколишнього середовища США – це імовірність пошкодження, захворювання чи смерті [5]. В роботі [13] мова йде про сукупність шкідливих впливів на навколишнє середовище, які призводять до незворотної деградації ЕС. Автори монографії [8] критичною (пороговою) концентрацією антропогенного чинника у навколишньому середовищі вважають таку, котра спричиняє статистично достовірні зміни в показниках структурно-функціональної організації біоценозу чи популяції, що перевищують межі адаптивних можливостей екологічної системи.

Ризик R є двомірною функцією, що включає як імовірність появи надзвичайної ситуації I, так і шкоду від події Ш у вигляді вартості втрачених цінностей, втрати продуктивності, витрати на усунення наслідків події тощо – R=I·Ш. У зв'язку з наявністю в понятті «ризик» економічної складової особливої уваги вимагає так званий «прийнятний» ризик – рівень ризику виправданий не лише з природоохоронних позицій, а й із соціальної та фінансової точок зору. Поняття прийнятного ризику вважається однією з основ методології визначення ризику і кількісного виміру рівня безпеки [8].

В роботі [9] економічна компонента деталізована для врахування певних показників конкретних систем. Зокрема, для урбосистеми ризик для здоров'я людей від аварій у системі водопостачання визначається п'ятипараметричною матрицею:

$$R = \frac{I \cdot C \cdot N \cdot E}{O},$$

де C – співвідношення, пов'язане з величиною втрат;

N – співвідношення, пов'язане з кількістю жителів, на яких розповсюджена загроза;

E – співвідношення, пов'язане з експлуатацією загрози;

O – співвідношення, пов'язане з охороною від надзвичайної загрози.

У роботі наведені значення показників I, C, N, E, O, визначені експертним методом.

Ризик може бути індивідуальним (організмовим), або груповим – популяційним, екосистемним. Безпека ЕС – це захищеність її функціональних властивостей.

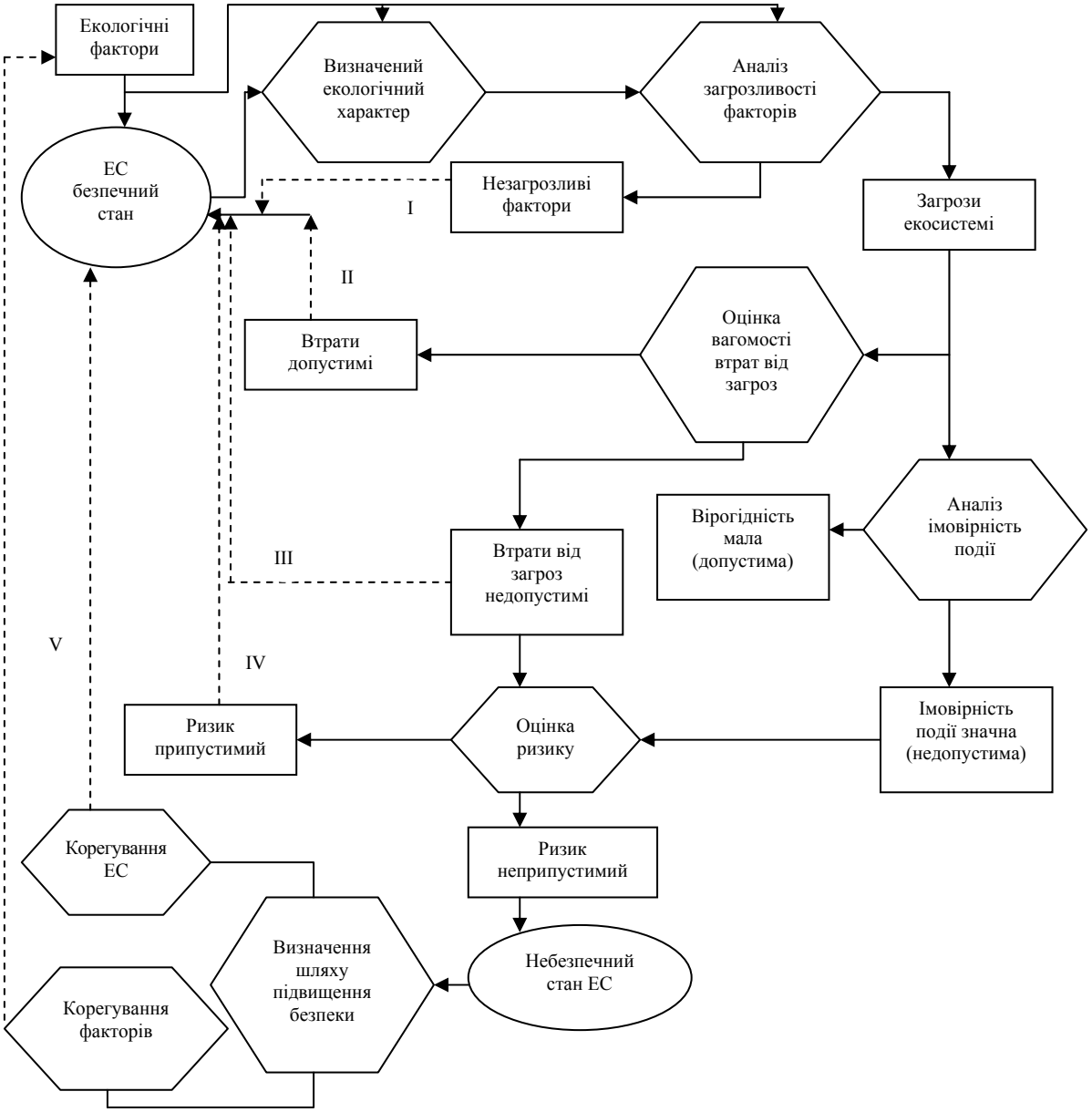

Рис. 2. П’ятирівневий алгоритм визначення безпеки екологічної системи

На п’ятому рівні алгоритму передбачається розробка заходів щодо корегування блока ЕФ або внесення змін у структуру ЕС для варіантів, коли внаслідок неприпустимості ризику ЕС загрожує небезпека. Вибір об’єкта і засобу корегування залежить від багатьох умов, зокрема, від типу загрози і особливостей ЕС.

Висновки і пропозиції

У зв’язку з тенденцією відмови розвинутих країн від концепції оцінки стану навколишнього середовища методом порівняння з ГДН, дослідження в напрямку екологічних ризиків отримують значну актуальність і важливість.

Використання екосистемного підходу забезпечує можливість створення універсального методу оцінки ризику для людей чи природних утворень від загроз будь-якого походження.

Запропонований в роботі п’ятирівневий алгоритм визначення безпеки екологічної системи дозволяє виконати фронтальний аналіз загроз із виділенням значущих та наступним розрахунком ризиків і умов мінімізації небезпеки.

Однією з найактуальніших і, разом з тим, найменш розробленою в теорії ризиків на сьогодні є проблема обґрунтування порогового значення, яке залежить головним чином від саморегулюючих властивостей ЕС та її компонентів, тобто є предметом дослідження теорії екології. Тут ефективним може виявитися синергетичний підхід та метод «екологічної ніші» [4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Алимов В.Т., Тарасова Н.П. Техногенный риск: Анализ и оценка: Учебное пособие. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 118 с.
2. Аникиев В.В., Захарова П.В. Интегральный критерий экологической безопасности // Геоинформатика, № 1, январь-март, 2002, М. – С. 18-24.
3. Добровольський В.В. Основи теорії екологічних систем: Навчальний посібник. – К.: ВД «Професіонал», 2006. – 272 с.
4. Добровольський В.В. Поняття «екологічна ніша» в екосистемології.
5. Дорогунцов С., Бутрим О. Ризик надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру // Економіка України, № 4, 2001. – С. 68-73.
6. Дрейер О.К., Лось В.А. Экология и устойчивое развитие: Учебное пособие. – М.: Изд-во УРАО, 1997. – 224 с.
7. Ілляшенко С.М., Божкова В.В. Управління екологічними ризиками інновацій: Монографія. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2004. – 223 с.
8. Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіттю України. Відпов. ред. Дудкін О.В. – К.: Вид-во «Хімджест», 2003. – 399 с.
9. Рак Я., Тхужевська-Цесляк Б., Калда Г. Риск как мера безопасности окружающей среды // Наукові праці МДГУ ім. Петра Могили, Т. 53. Вип. 40. – 2006. – С. 8-12.
10. Руденко С.В. Екологічна безпека техногенно навантажених урбанізованих екосистем. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. – М., 2007.
11. Сердюк А.М., Буравльов Є.П. Підхід до визначення ризиків у проблемі екологічного страхування // Довкілля та здоров'я, № 1, 2002. – С. 3-6.
12. Сокол А. Наука объективной необходимости // Моряк, № 47, 27.11.2003.
13. Хлобыстов Е. Экологическая безопасность и основы определения риска техногенных катастроф // Экономика Украины, № 6. – 2000. – С. 38-46.

Рецензенти: Грабак Н.Х., д.с.-г.н., професор;
Сербін С.І., д.т.н., професор

© Добровольський В.В., 2009

Дата надходження статті: 16.10.08 р.