



ЕКОЛОГІЧНИЙ РИЗИК НА РІЗНИХ РІВНЯХ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ, ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЙОГО ОЦІНКИ

УДК 519.713: 504.064

КОЗУЛЯ Тетяна Володимирівна

Доктор технічних наук, професор кафедри
Кафедра комп'ютерного моніторингу і логістики
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Наукові інтереси: прийняття рішення в системі екологічного моніторингу; моделювання фізико-хімічних процесів у природних системах.

E-mail kozulia@kpi.kharkov.ua

ЄМЕЛЬЯНОВА Дар'я Ігорівна

Аспірант, кафедра комп'ютерного моніторингу і логістики
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Наукові інтереси: системний аналіз, екологічний моніторинг, концепція сталого розвитку

E-mail sone4ko-2008@yandex.ru

ВСТУП

Встановлення оптимальних зв'язків між сферою техногенезу, його зростаючими темпами розвитку та станом навколишнього природного середовища (НПС) в умовах впливу зовнішніх техногенних факторів, здійснюється на базі соціально-еколого-економічних моделей в системі екологічного моніторингу і управління [1–6]. Детальний аналіз класичних уявлень щодо функціонування природних екосистем, процесів і явищ показав необхідність не просто враховувати зовнішній антропогенний вплив на розвиток цих систем, а визнати тісний зв'язок між розвитком екосистем і соціально-економічного середовища, встановити причинно-наслідкові зв'язки ідентифікованої небезпеки як прояв певних процесів.

На основі теоретичного аналізу існуючих підходів вивчення механізмів функціонування природних систем, особливостей саморегулювання і самовідновлення екосистем в умовах техногенезу зроблено висновки щодо необхідності і доцільності формування корпоративного підходу з метою впровадження в систему екологічного моніторингу цілісної соціально-еколого-економічної системи як корпоративної екологічної системи – концеп-

ція КЕС (структура аналітичної системи, заснованої на систем-системному підході дослідження складних природно-техногенних об'єктів (кооперативні зв'язки), який включає сучасні положення термодинамічної теорії рівноваги і синергетики, ризик-аналізу як основи вирішення практичних задач в межах техногенної безпеки, корпоративного екологічного менеджменту) [7].

МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Екологічна стійкість системи природно-територіальних комплексів (ПТК) ґрунтується на синергетичності ефектів негативного впливу, їх ролі в самоорганізації і стабілізації стану природно-техногенних систем і визначається на основі причинної моделі «вплив – навантаження – стан – реакція». Мета роботи полягає в удосконаленні теоретичних, методичних положень комплексної екологічної оцінки стану техногенно-навантажених територій на основі імовірнісних методів оцінки збитків і рівня екологічної безпеки при застосуванні ризик-аналізу на основі наукових знань у системі «соціально-економічна діяльність – природне середовище» з розширенням інформаційної складової «техноген-

ний об'єкт – НПС – людина». Відповідно до цільового дослідження у роботі поставлені такі задачі:

- 1) визначення доцільності запровадження ризик-аналізу в систему комплексного оцінювання екологічності системних об'єктів техногенно-природного походження;
- 2) встановлення складових ризик-аналізу для системи «вплив – навантаження – стан – реакція» з визначенням інформаційного забезпечення для комплексної екологічної оцінки стану об'єктів НПС.

ДОСЛІДЖЕННЯ І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

Комплексна оцінка екологічності стану регіонів на основі визначення екологічних ризиків є основою безпечного природокористування та нормативного обмеження антропогенного навантаження на рівні сталості природних екосистем в умовах розвитку регіонів.

Враховуючи соціально-еколого-економічну змістовність системних об'єктів, екологічний ризик – це характеристика прояву негативних ефектів в екосистемах, як

природної складової навколишнього середовища людини, і як наслідок невідповідності стану здоров'я населення його допустимим відхиленням. Причиною порушень стаціонарного природного стану систем в складних об'єктах дослідження є природні чинники, але здебільше в останній час це дія факторів техногенного навантаження на довкілля, посилення тенденцій незворотної деградації екосистем у разі вибуху акумульованої «негативної енергії, ентропії», підвищення інтенсивності соціально-економічного розвитку і його руйнівного впливу на НПС.

Процедура оцінки екологічних ризиків полягає у послідовному розв'язку задач, розподілених на три взаємопов'язані етапи: ідентифікація небезпек, оцінка ризику впливів і характеристика ризику, що є основою обґрунтованих управлінських рішень стосовно зниження небезпеки та уникнення появи і розвитку несприятливих ефектів (рис. 1) [8–10].

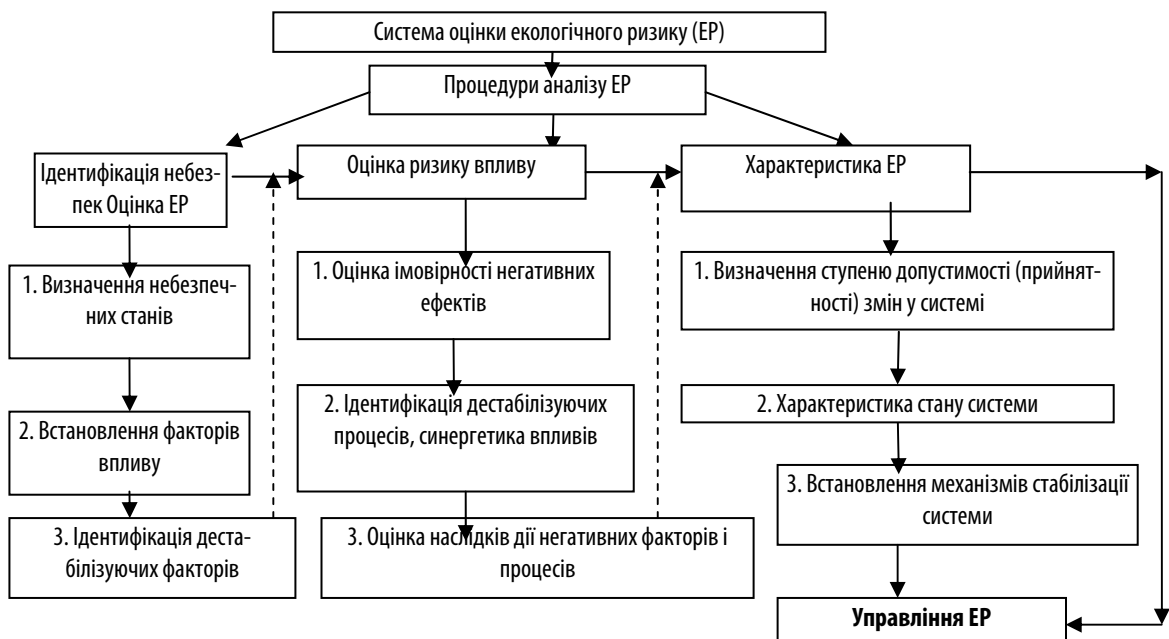


Рисунок 1 – Схема структури системи оцінки екологічного ризику: - - ➔ - інформаційно-керуючі зв'язки в систем-системному об'єкті дослідження, ➔ - інформаційні зв'язки

Виходячи з необхідності надання обґрунтованої інформації для прийняття зваженого рішення з управління екологічним ризиком, запроваджено методичне забезпечення щодо встановлення кількісних характеристик стану систем природно-техногенного комплексу відпові-

дно до аналітичної системи «фактор впливу – стан системи – трансформаційні процеси – синергетичні ефекти – стан системи». Система оцінки детермінованого екологічного ризику використовує фіксовані значення токсичності і концентрацій забруднювачів у природних об'єктах.

Показником детермінованого ризику є співвідношення токсичності та концентрації. Імовірнісний підхід відповідає класичному визначенню поняття ризику і дає змогу врахувати варіабельність і невизначеність розподілу негативного фактору впливу в об'єктах НПС. Результатом оцінки такого ризику є розрахована ймовірність прояву несприятливих наслідків від ідентифікованих порушень в системах НПС за період негативної дії усіх джерел забруднення (рис. 2) [11].

Таким чином, запропоноване методичне забезпечення встановлення екологічного стану системного об'єкта дозволяє комплексно вирішувати питання екологічного управління як для окремої системи, де виявлені ризик-ефекти, так і об'єкта в цілому, тобто передбачено поділ процесу дослідження і врахування усіх отриманих результатів. Загалом відповідно до ієрархії декомпозиції вивчення об'єкта з оцінки його екологічності розрізняють мікро-, макро- і глобальний рівень дослідження (табл. 1).

Таблиця 1

Особливості проведення ю аналізу екологічного ризику на мікро – і макрорівнях

| Складові аналітичної процедури | Рівні дослідження об'єктів ризик-аналізу екологічності | |
|--------------------------------|---|--|
| | Мікрорівень | Макрорівень |
| Мета | Оцінка прямих збитків від техногенного явища | Визначення наслідків від екологічних збитків для компонентів ПТК |
| Модель аналізованої системи | Детерміновані функції відповідності | Функція імовірнісних характеристик |
| Загальний вигляд моделі | Risk=M(x), де M(x) – математичне очікування негативного явища | Risk=P(x)·M(x), де P(x) – імовірність негативного впливу на компоненти ПТК |
| Кількісний аналіз | $\text{Risk} = \frac{1}{\text{CL}_{50}} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ГДК}_i}$ де CL ₅₀ – смертельна концентрація токсиканта у відході як критерій токсичності, C _i – вміст токсичних речовин у компонентах НПС | $\text{Risk} = (-P_i) \ln P_i,$ де P _i – імовірність негативного впливу на i-й компонент НПС: $P_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_{\min} \cdot K} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_{\min}^2} \cdot x\right],$ де K – значення класу безпеки, σ _{min} – нормований показник |

Загальна модель оцінки екологічного ризику на мікрорівні прийнята у такому вигляді:

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

де M – множина чинників ризику;
q_p – чинник p-го типу ризику.

Для оцінки екологічного ризику доцільно використовувати системний аналіз багатофакторних ризиків для i-х компонентів НПС в узагальненій формі, що дозволяє використати запропоновані підходи визначення ризику для розв'язання задач за конкретними умовами.

Кожний j-й показник складової системи x_{ij} q_p-го чинника ризику визначається інформаційним вектором I_{ipj} :

$$I_{ij} = \{x_{ij} \mid x_{ij} = \langle x_{jq} \mid q = 1, n \rangle; x_{ijk} \in Z_{ijk}; j \in N_p\}. \quad (2)$$

Екологічний чинник ризику q_p загалом характеризується показником антропогенного навантаження H_p і природними чинниками.

Антропогенне навантаження як причина порушення стійкості екосистем встановлюється відповідно до значень j-х показників h_{pj} [8]:

$$H_p = \{h_{pj} \mid p \in N; j = 1, n_p\}, N \in [1, n], \quad (3)$$

де H_p – сучасний рівень антропогенного навантаження на i-й компонент НПС, що викликає p-й вид ризику появи негативних наслідків для екосистеми;

N – кількість чинників ризику p-го виду впливу антропогенного навантаження на i-й компонент об'єкта природного середовища.

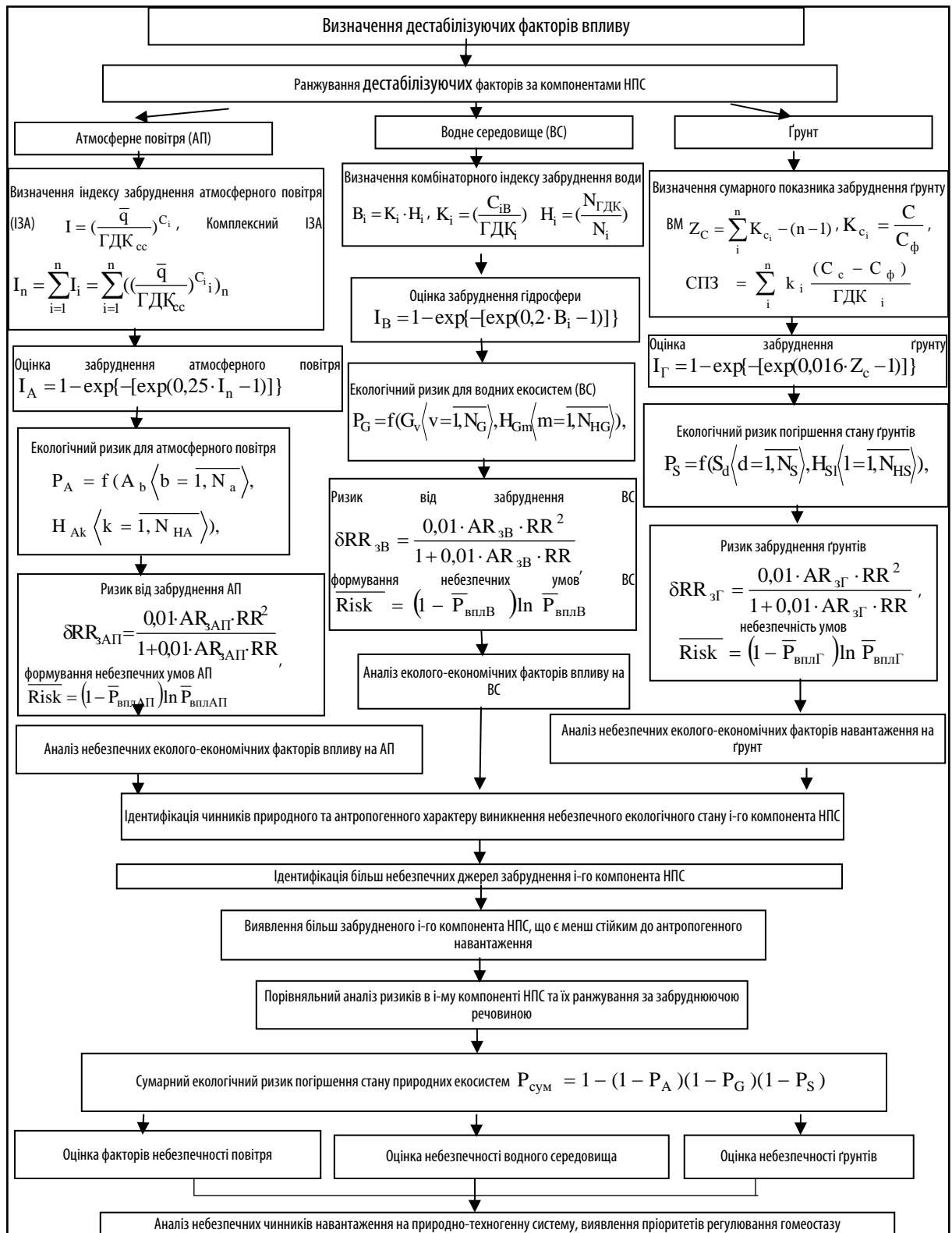


Рисунок 2 – Схема алгоритмічного забезпечення аналізу екологічних ризиків

На мікрорівні (місцевому) впровадження методики оцінки екологічного ризику передбачає аналіз технологічних та економічних можливостей підприємства з реалізації заходів, спрямованих на мінімізацію небезпеки з урахуванням імовірності реалізації екологічного ризику в умовах дії ідентифі-

кованих негативних факторів, що дозволяє визначити умови, за яких ризик залишається прийнятним, встановлюються регулюючі заходи повернення природної безпечності для систем і об'єктів навколишнього середовища в межах екологічного управління (рис. 3) [9, 11].

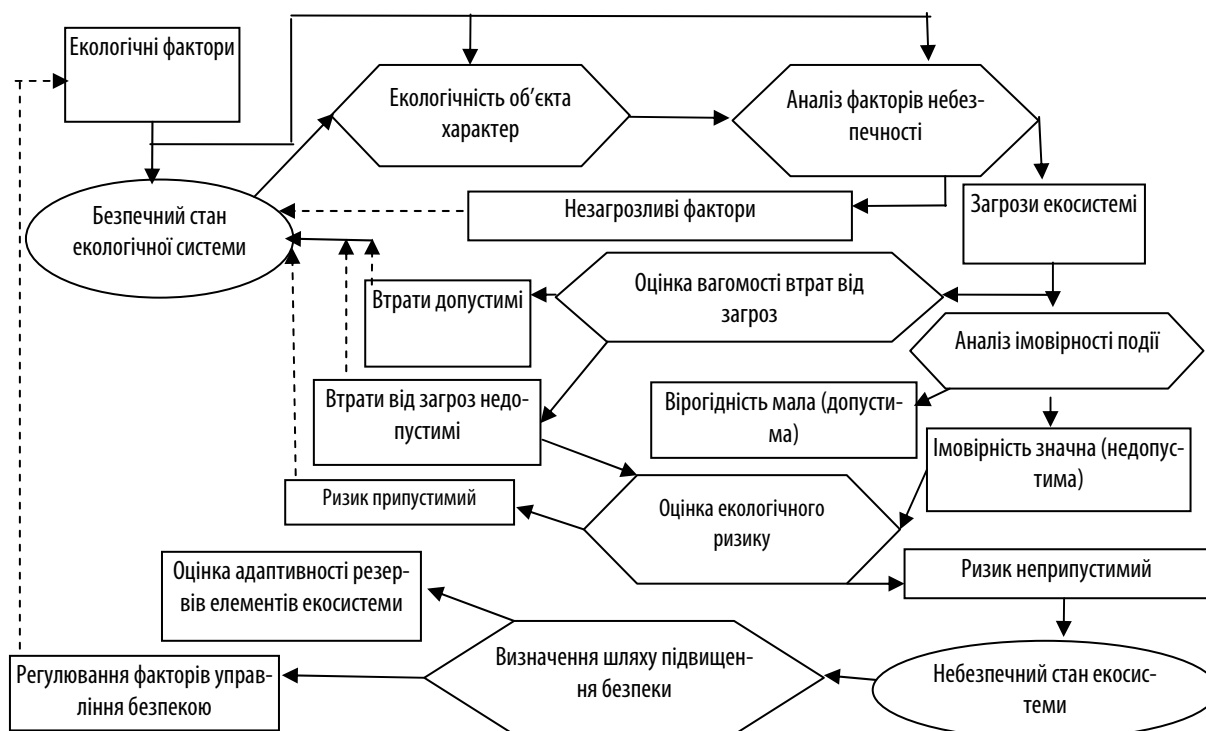


Рисунок 3 – Блок-схема ризик-аналізу і оцінки екологічності на рівні екосистем: → - інформаційно-керуючі зв'язки в систем-системному об'єкті дослідження, - -> - інформаційні зв'язки

Методика оцінки екологічного ризику на макрорівні (державному рівні) передбачає ідентифікацію регіонів (областей) України значного рівня екологічної небезпеки на основі аналізу небезпечності стану компонентів довкілля, встановлення пріоритетності проблем порушення природної якості навколишнього середовища з метою ефективного усунення ризикових факторів впливу на об'єкти НПС, науково-практичного обґрунтування заходів поліпшення стану компонентів і систем природного середовища.

Екологічний ризик (P) на макрорівні як ймовірність порушення стійкості об'єктів довкілля залежить від існуючого стану екосистемі (K_i) і впливу сучасного або потенційного антропогенного навантаження (H_i) на територіальні комплекси, визначається узагальненою функцією $P = f_i(K_i, H_i)$

Імовірність порушення екологічної стійкості та розвитку деградаційних процесів i -ї складової природно-

техногенного комплексу при наявності негативних чинників розраховується за формулою [8–10]:

$$P = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - P_i), \quad (4)$$

де P_i – ймовірність порушення стійкості екосистем, визначеної i -ї складової ПТК.

Оцінка екологічного ризику при сучасному стані i -го компоненту НПС визначається за формулою [8]:

$$P_i^c = f_i(K_i^c, H_i^c), \quad (5)$$

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

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

На основі проаналізованих методів оцінки екологічних ризиків (рівні дослідження (1–5)), інформаційних систем

оцінки ЕР (рис. 4) у роботі запропоновано інформаційне забезпечення комплексного оцінювання екологічності та

рівня небезпечності стану природно-територіальних і природно-техногенних комплексів (рис. 5).

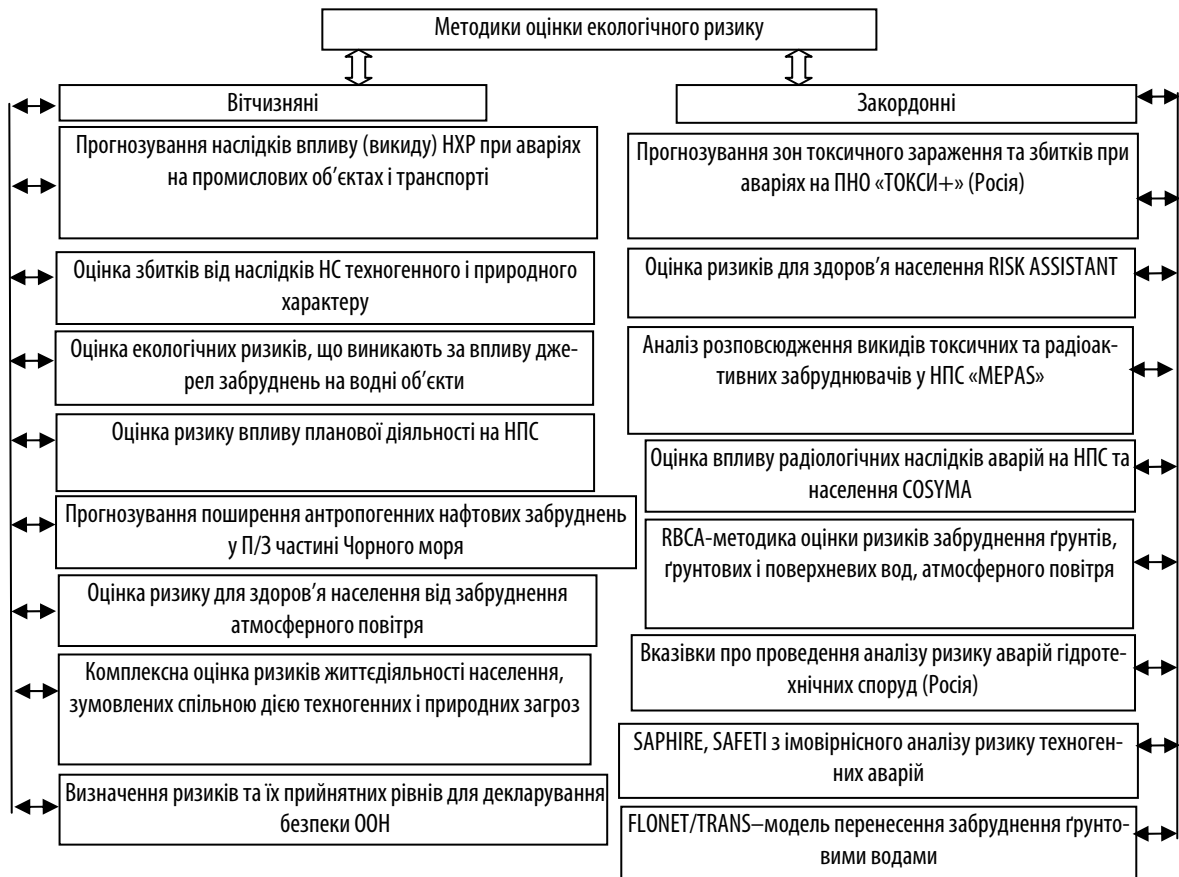


Рисунок 4 – Закордонні системи інформаційного забезпечення оцінки ризику і небезпеки

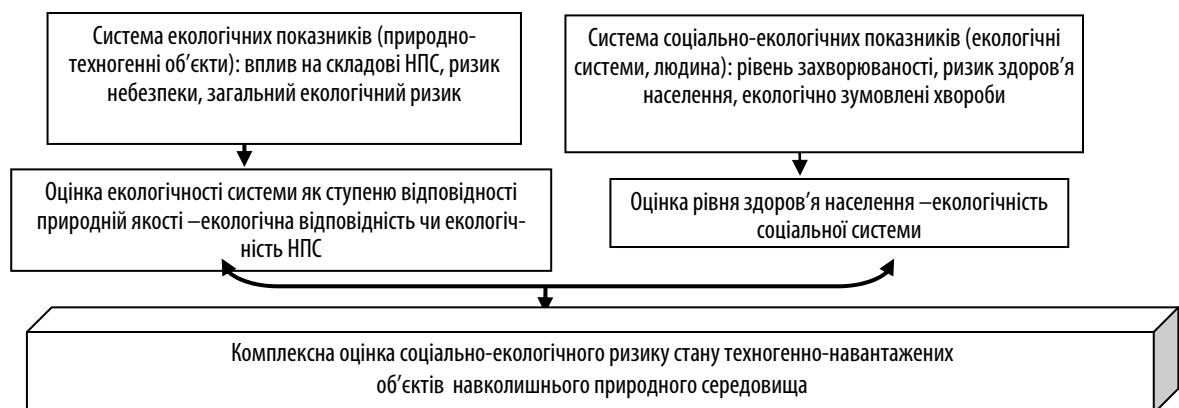


Рисунок 5 – Модель комплексної оцінки екологічного ризику стану ПТК

Таким чином, використання методики комплексного визначення екологічних ризиків для окремих складних систем (еколого-економічна, соціально-екологічна, соціально-економічна і соціально-еколого-економічна відповідно до концепції сталого розвитку) показує необхідність

створення нового підходу до комплексної оцінки екологічності системних об'єктів. Для визначення оптимального методу оцінки екологічного ризику необхідно враховувати походження факторів негативного впливу (явища), процеси у екологічній системі, якій нанесені збитки, кін-

цевий стан екосистеми (наслідки дії негативного фактора для компонентів НПС і здоров'я населення) (рис. 6).

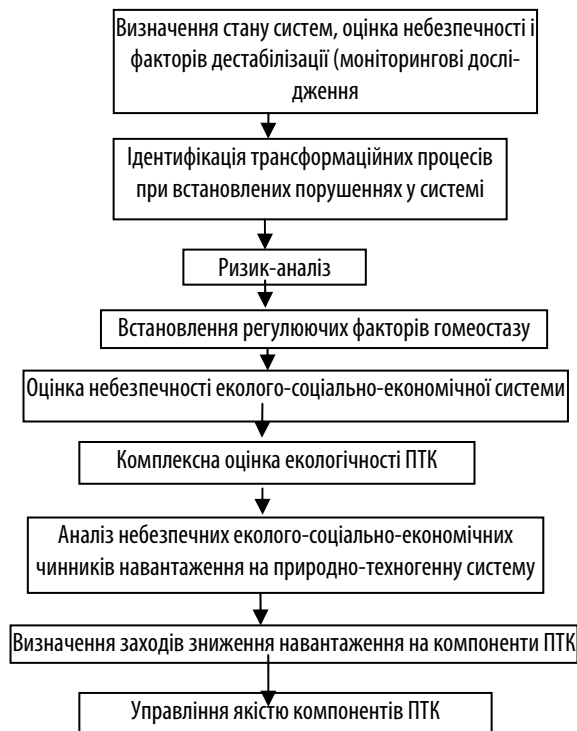


Рисунок 6 – Схема комплексної оцінки екологічності системних об'єктів

Комплексне використання методів оцінки екологічних ризиків, заснованих на показниках небезпечності явищ й джерел їх виникнення, екологічних збитків, негативного

впливу на здоров'я населення, стійкості території до техногенного впливу з врахуванням початкового стану об'єкта негативного впливу дозволяє комплексно розв'язати задачу ідентифікації ризику і визначення заходів їх регулювання системи «стан₁ – процес – стан₂».

ВИСНОВКИ

Використання комплексного підходу з аналізу екологічності складних об'єктів, заснованих на самоорганізації систем через кооперативні зв'язки, корпоративності їх структури, визначило за необхідне сформулювати універсальне методичне забезпечення оцінки екологічних ризиків на макро- і мікрорівнях системних досліджень «техногенний об'єкт – НПС – людина» на базі використання знань з теорії синергетики, ентропії, інформації, що дозволило отримати такі результати:

1. сформулювати обґрунтовану систему комплексного оцінювання екологічності системних об'єктів техногенно-природного походження (рис. 2, 3, 5);
2. надати послідовність реалізації ризик-аналізу для системи «вплив – навантаження – стан – реакція» з визначенням комплексної екологічної оцінки стану об'єктів НПС (рис. 6).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Zgurovskiy M. Z. Staliy rozvitok v globalnomu i regionalnomu vimirah / M. Z. Zgurovskiy – K.: Vid-vo «Politehnika», 2006. – 85 s.
2. Pahomova N. V. Jekologicheskij menedzhment / N. V. Pahomova, A Jendres, K. Rihter. – SPb.: Piter, 2003. – 544 s.
3. Shevchuk V. Y. Ekologichne upravlinnya / V. Y. Shevchuk, Y. M. Satankin, H. A. Bilyavs'kyy – K.: Lebid', 2004. – 430 s.
4. Izrajel' J. A. Jekologija i kontrol' sostojanija prirodnoj srody / Ju. A. Izrajel' – M.: Gidrometeoizdat, 1984. – 56 s.
5. Dorohuntsov S. I. Upravlinnya tekhnohenno-ekologichnoyu bezpekoyu u paradyhmi staloho rozvytku: kontseptsija systemno-dynamichnoho vyrishennya / S. I. Dorohuntsov, O. M. Ral'chuk – K.: Naukova dumka, 2001. – 173 s.
6. Bodrov V. I. Matematicheskie metody prinjatija reshenij / Bodrov V. I., Lazareva T. J., Martem'janov J. F. – Tambov: Izd-vo Tamb. gos. tehn. un-ta, 2004. – 124 s.
7. Kozulia T. V. Teoretiko-prakticheskie osnovy metodologii kompleksnoj ocenki jekologichnosti territorial'nyh i ob'ektovyh sistem. Monografija / T. V. Kozulja. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2014. – 298 s. 124 s.
8. Zvyagintseva G.V. Printsipi otsinki ekologichnih rizikiv pri zabrudnenni navkolishnogo prirodnogo seredovischa / G.V.Zvyagintseva // Zb. tez dopovidy uchastnykiv III Vseukr. nauk-prakt. konf. «Ohorona navkolishnogo seredovischa promislovih regioniv yak umova stalogo rozvitku Ukrainy». Zaporizhzhya: Finvey, 2007. – S. 156-159.
9. Boyko T.V. K voprosu opredeleniya riskov pri otsenke vozdeystvija tekhnogenyih ob'ektov na okruzhajuschuyu sredy / T.V.Boyko // Vostochno-evropejskij zhurnalпередових технологій. Tehnologija neorganicheskikh i organicheskikh veschestv i ekologiya. – 2008. – №4/6 (34) – S.37–41.
10. Kovalenko G. D. Ekologichnij rizik pogirshennya stanu navkolishnogo prirodnogo seredovischa Ukrainy pri zberezheni isnyuchih tendentsiy antropogennogo navantazhennya [Tekst] / G. D. Kovalenko, G. V. Plven, O. V. Ribalova // Ekologichna bezpeka: problemi i shlyahi virishennya : zb. nauk. prats mizhnar. nauk.-prakt. konf. – Kharkiv, 2009. – T. 1. – S. 52-56.
11. Kasimov A. M. Metodicheskoe i informacionnoe obespechenie kompleksnoj ocenki prirodno-tekhnogenyih ob'ektov / Kasimov A. M., Kozulia T. V. Emeljanova D. I., Kozulia M. M. // Jekologicheskij vestnik Severnogo Kavkaza, Krasnodar, 2014. – T.10. – №1. – S. 58–63.