

*Дослідження спрямовано на розроблення інструментів підтримки стратегічного екологічного оцінювання проектів розвитку різномасштабних територіальних утворень та урбоєкосистем у поєднанні з концепцією оцінки впливів на навколишнє середовище. Запропоновано інструмент підтримки стратегічного екологічного оцінювання проектів розвитку різномасштабних територіальних утворень та урбоєкосистем у поєднанні із ОВНС. Застосований підхід дозволяє встановити зв'язок між об'єктом, екосистемою та територією*

*Ключові слова: стратегічне екологічне оцінювання, оцінювання впливів на навколишнє середовище, екологічний ризик*

*Исследование направлено на разработку инструментов поддержки стратегической экологической оценки проектов развития разномасштабных территориальных образований и урбоэкоосистем в сочетании с концепцией оценки воздействий на окружающую среду. Предложен инструмент поддержки стратегического экологического оценивания проектов развития разномасштабных территориальных образований и урбоэкоосистем в сочетании с ОВОС. Примененный подход позволяет установить связь между объектом, экосистемой и территорией*

*Ключевые слова: стратегическая экологическая оценка, оценка воздействий на окружающую среду, экологический риск*

# ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ОБ'ЄКТУ В СТРАТЕГІЧНОМУ ТЕРИТОРІАЛЬНОМУ ПЛАНУВАННІ

**Т. В. Бойко**

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: tvbojko@gmail.com

**І. М. Джигирей**

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: dzhygyrey@gmail.com

**А. О. Абрамова**

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: alla\_abramova@ukr.net

\*Кафедра кібернетики

хіміко-технологічних процесів

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний

інститут ім. Ігоря Сікорського»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

## 1. Вступ

В даний час світовою спільнотою значні зусилля спрямовані на вирішення екологічних проблем. Сучасне стратегічне екологічне оцінювання є систематичним процесом щодо можливих наслідків реалізації планів розвитку індустріальних регіонів. Методи оцінювання впливів на навколишнє середовище проєктованої виробничої діяльності дозволяють кількісно вимірювати екологічний ризик. В практиці сьогодення кількісні методи оцінювання ризиків є досить розвинутими і впровадженими. Тоді є актуальним визначення взаємодії стратегій та розроблених методів. Це надасть можливість більш обґрунтовано розробляти цільові програми розв'язання окремих екологічних проблем територій. Для зменшення екологічної напруженості необхідно постійно оцінювати наслідки впливу господарської діяльності на навколишнє природне середовище. Необхідно шукати також оптимальні рішення, що сприяють запобіганню можливого несприятливого впливу, наслідками якого є негативні зміни в навколишньому середовищі.

Облік екологічних складових у процесі прийняття рішень ще на стадії планування і проєктування виявляється набагато дешевшим, ніж проведення заходів щодо нейтралізації, компенсації, відшкодування заподіяного економічного збитку. Як свідчить міжнародна практика, при вирішенні подібних завдань високу

ефективність демонструє стратегічна екологічна оцінка (СЕО). Екологічна оцінка може здійснюватися на рівні окремих проєктів (оцінка екологічних проєктів) і на рівні «стратегічних» документів» (стратегічна екологічна оцінка).

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

До стратегічних документів, що підлягають СЕО, відносяться плани розвитку територій чи галузей господарства, програми, політики, стратегії та інше. Завдяки СЕО, на більш високому рівні (розробки програм/планів) закладаються основи для екологічної оцінки проєктів.

В даний час найбільш значущим законодавчим документом, який визначає мінімальні загальні процедури для СЕО, є Європейська Директива 2001/42/ЄС з оцінки екологічних наслідків реалізації окремих планів і програм [1]. У Директиві прописана процедура проведення систематичної оцінки, заснованої на екологічній оцінці проєктів і відкритій з участю різних зацікавлених сторін та громадськістю процедури СЕО. Велику увагу в Директиві приділяється розробленню екологічної доповіді.

Основні положення Директиви по СЕО були в основі Протоколу про стратегічну екологічну оцінку до Конвенції про вплив на навколишнє середовище в

трансграничному контексті. Відмінність Протоколу від Директиви полягає в тому, що:

- Протокол включає у якості об'єктів SEO законодавчі акти;
- особлива увага в Протоколі приділяється оцінці впливу на здоров'я населення;
- у Протоколі прописується необхідність участі громадськості та консультації із зацікавленими сторонами в процесі проведення SEO.

На сьогоднішній день накопичений значний матеріал з проведення SEO в різних країнах світу, публікуються численні монографії та керівні доповіді по реалізації SEO, обговорюються найбільш ефективні підходи і методологія проведення SEO та залучення громадськості, тобто питанням SEO приділяють увагу у багатьох країнах світу [1–11].

У країнах СНД SEO розглядається як новий інструмент оцінки стратегічних документів. В даний час проводяться проекти з побудови потенціалу в країнах (Україна, Росія, Словаччина) щодо ефективного впровадження SEO, реалізуються пілотні проекти з метою набуття досвіду проведення SEO. Відповідно до Протоколу про SEO, під стратегічної екологічної оцінкою розуміється «оцінка можливих екологічних наслідків, включаючи вплив на здоров'я населення, яка передбачає визначення сфери охоплення оцінки та підготовку екологічної доповіді, залучення громадськості та проведення консультацій, прийняття до уваги екологічного звіту та результатів участі громадськості та консультацій при розробці плану або програми» [2].

Викладені положення Директиви [1], як базові, були розвинуті в Протоколі про стратегічну екологічну оцінку до Конвенції про оцінювання впливу на навколишнє середовище у трансграничному контексті [3].

У свою чергу, представники України у 2003 році на V Всеєвропейській конференції міністрів охорони навколишнього середовища «Довкілля для Європи» (м. Київ, Україна) підписали Протокол про SEO до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище (ОВНС) в трансграничному контексті. Цей протокол про SEO ратифіковано у 2015 році [4]. SEO широко застосовується в різних видах і формах і в багатьох країнах і континентах (станом на 2013 рік – понад 50 країн). При цьому важливо відзначити, що багато країн почали впроваджувати SEO ще до того, як приєдналися до Протоколу з SEO. У ряді країн, що не є сторонами Протоколу, SEO і подібні оцінки проводяться на підставі національного законодавства (наприклад, у Канаді, Китаї). Його основними перевагами є запобіжний характер процедури, що дає змогу інтегрувати висновки у програму чи план, попередивши небажані наслідки. Ще однією перевагою є застосування комплексного підходу до оцінки компонентів природного середовища та здоров'я людини. У процес також залучені експерти і громадськість [5].

Україна намагається запроваджувати певні напрацювання ЄС щодо збереження природного середовища, в тому числі і через екологізацію територіального планування [6]. Проблемою є відсутність сучасної повномасштабної територіальної оцінки екологічної ситуації у складі проектів будівель і споруд. Державні містобудівні норми ДБН А.2.2-1-2003 [7] поширюються лише на об'єкти будівництва та лише обмежено зачіпають інфраструктуру території. Виходячи з

необхідності стратегічних підходів, ОВНС потребує розвитку щодо територіальної та стратегічної процедури. Особливо це важливо для проведення SEO регіональних програм щодо промислових підприємств. Результати ОВНС можуть бути вихідними даними для подальшого територіального планування, наприклад SWOT-аналізу або сценарного аналізу [8]. Кількісне оцінювання, в свою чергу, може слугувати індикаторами реалізації стратегій.

Досвід впровадження SEO у поєднанні з ОВНС широко застосовується за межами України [9], дослідження довели, що SEO є одним з прийнятних методів досягнення цілей сталого розвитку, при якому адміністративна політика, плани і програми оцінюються на регулярній і комплексній основі.

Інтеграція показників проекту за даними ОВНС в модель регіону дасть можливість оцінювати негативні наслідки та мінімізувати екологічний ризик. Такі можливості застосування SEO і ОВНС розкрито у роботі [10], що доводить необхідність розвитку ОВНС та підходів до оцінювання ризиків. Оцінюванню стратегічних ризиків присвячена робота [11], що пропонує застосовувати оцінки експертів та соціально-економічних оцінок, але вона носить більше концептуальний характер.

Об'єктом дослідження є взаємозв'язок SEO та проектів ОВНС у напрямку розроблення підходів до оцінювання екологічного ризику техногенних об'єктів. Проблемним місцем у даному дослідженні є те, що SEO носить тільки описовий характер та на теперішній час ведеться інтенсивна робота щодо розроблення законів у напрямку проведення SEO в Україні.

---

### 3. Мета та задачі дослідження

---

Метою дослідження є розроблення інструментів підтримки стратегічного екологічного оцінювання проектів розвитку різномасштабних територіальних утворень та урбоекосистем у поєднанні із ОВНС.

Для досягнення цієї мети потрібно:

- дослідити стан проблеми оцінювання SEO в Україні;
- встановити зв'язок SEO та ОВНС;
- запропонувати процедуру оцінювання екологічної безпеки територіальних утворень для проведення стратегічної екологічної оцінки.

---

### 4. Співставлення процедур екологічного аналізу

---

Провівши дослідження процедур ОВНС та SEO, можна виділити такі відмінності, що представлено у табл. 1.

Для того, щоб процедура SEO була ефективною і забезпечувала врахування екологічних міркувань, вкрай важливо координувати саму SEO з розробкою таких документів:

- Стратегічна екологічна оцінка, повністю інтегрована в процес розроблення документів планування;
- Стратегічна екологічна оцінка, частково інтегрована в процес розроблення документів планування;
- Стратегічна екологічна оцінка, проведена ретроспективно або ізолювано від процесу планування.

Процедура ОВНС також потребує перероблення з огляду на:

- недостатнє оброблення територіальних питань у методології ОВНС;
- відсутність ОВНС розробки планів, програм і політик на місцевому чи державному рівнях у галузі будівництва [12, 13].

Перспектива розвитку ОВНС полягає у розмежуванні розділів на такі:

- ОВНС проєктованих об'єктів (об'єктна ОВНС);
- ОВНС інженерно-освоюваних територій, яка необхідна при реалізації схем районного планування, генпланів міст, промвузлів, проєктів розвитку регіонів (територіальна ОВНС);
- ОВНС розроблюваних планів, програм і політик на місцевому чи державному рівнях у галузі будівництва (стратегічна ОВНС).

З точки зору ідеї гармонізації взаємодії людини і природи вважаються доцільними розроблення та введення в дію державних будівельних норм щодо об'єктної, територіальної та стратегічної ОВНС у поєднанні із концепцією СЕО.

4. Перелік екологічних, санітарно-епідеміологічних, протипожежних і містобудівних обмежень.

5. Дані щодо ставлення громадськості та інших зацікавлених сторін до планованої діяльності і пов'язаних з нею проблем, які потребують вирішення;

6. Перелік використаних нормативно-методичних документів.

7. Опис методів прогнозування динаміки показників навколишнього середовища і обґрунтування розрахункових періодів прогнозу.

8. Дані про структурні підрозділи виконавця та перелік субпідрядних організацій і фахівців, котрі виконували ОВНС.

9. Перелік і короткий аналіз попередніх погоджень і експертиз, включаючи і громадську експертизу; перелік джерел інформації, використаних при розробленні матеріалів ОВНС [14].

Метою територіальної ОВНС є об'єктивне визначення прийнятності та доцільності планування території або розміщення окремого екологічно небезпечного об'єкта за критерієм безпеки навколишнього середовища і фіксація об'єктивних екологічних аспектів планування в юридичному полі. У територіальній ОВНС необхідно передбачати [14]:

Таблиця 1

Співставлення процедур екологічного оцінювання

Оцінка впливів на навколишнє середовище	Відмінності між ОВНС та СЕО	Стратегічна екологічна оцінка
Окремі проєкти	Рівень рішення	Документи стратегічного планування
Поєднання питань проєктного значення і технічних питань	Визначення завдань	Поєднання питань політики, обговорень із зацікавленими сторонами та експертних висновків
Полюві дослідження, аналіз зразків, статистичні дані	Основні джерела даних	Звіти за станом навколишнього середовища, літературні та фондові матеріали, статистичні дані, діючі та намічені плани і програми, нормативно-правові акти
Переважно кількісні	Дані	Головним чином якісні, описові
Більш точно	Рівень точності при виявленні впливу	Менш точно
Місця розташування об'єкта, застосовувані технології	Альтернативи	Цілі та пріоритети програми; альтернативні варіанти діяльності; альтернативні умови здійснення
Екологічне обґрунтування прийнятності проєкту, необхідних природоохоронних заходів	Результат	Екологічне й соціальне обґрунтування переважних альтернатив, територіальні схеми

Об'єктна ОВНС містить:

1. Відомості про документи, які є підставою для розроблення матеріалів ОВНС у складі інвестиційної програми чи проєкту будівництва.

2. Перелік джерел потенційного впливу планованої діяльності на навколишнє середовище з урахуванням її альтернативних варіантів.

3. Коротку характеристику видів впливу планованої діяльності на навколишнє середовище та їх перелік.

1. Максимально можливе забезпечення прийнятних умов проживання населення та експлуатаційної надійності існуючих об'єктів.

2. Розглянути екологічний стан території.

3. Визначити його несанкціоновані зміни на розрахунковий період будівництва.

4. Тільки при позитивному результаті, розміщувати заплановані об'єкти так, щоб не порушувати допустимі санітарні норми. У стратегічній ОВНС необхідно передбачити оцінку впливу на навколишнє середовище розроблюваних планів, програм і політик на місцевому чи державному рівнях у галузі будівництва [14].

Поєднання основних положень СЕО та вдосконаленої процедури ОВНС уможливають створення процедури оцінювання екологічної безпеки територіальних утворень для проведення стратегічної екологічної оцінки. У якості основного показника екологічної безпеки доцільно використати показник екологічного ризику техногенних об'єктів, що обґрунтовано авторами у праці [15].

У разі оцінювання екологічного ризику запропоновано застосування об'єктного підходу із врахуванням етапу життєвого циклу техногенного об'єкту. Особливим випадком, якому характерна значна невизначеність, є надзвичайна ситуація, яка може бути природного чи техногенного походження.

**5. Результати досліджень. Визначення екологічного ризику для стратегічного проєктування територій**

Стратегічне екологічне оцінювання є методологією сталого розвитку територій. Методи ОВНС є інструментом впровадження в практичну роботу проєктування розвитку індустріальних екологічних систем.

Авторами розроблений метод оцінювання екологічного ризику проєктованих промислових об'єктів [16, 17], який отримав свій розвиток для територіальних утворень у даній роботі.

Основою запропонованого методу є залежності для визначення екологічного ризику (1)–(3) [16, 17]:

$$R_E = \sum_{i=1}^m r_i, \tag{1}$$

$$r_i = a_i \cdot e^{b_i \cdot I_i}, \tag{2}$$

$$r_{i,k} = c_i \cdot e^{d_i \cdot I_{i,k}}, \tag{3}$$

- $R_E$  – інтегральний екологічний ризик;
- $r_i$  – ризик змін стану  $i$ -ої складової навколишнього середовища (НС) (атмосфери, поверхневих вод, ґрунтів);
- $a, b$  – розрахункові коефіцієнти, що пов'язані із специфікою складової НС (табл. 2);
- $e$  – експоненціальна функція;
- $I_i$  – індекс оцінювання рівня екологічної небезпечності впливу на  $i$ -ту складову НС;
- $r_{i,k}$  – ризик змін стану  $i$ -ої складової НС  $k$ -ої речовини (для оцінки індивідуального впливу кожної речовини);
- $c, d$  – розрахункові константи, що пов'язані із специфікою речовини складової НС ( $c=1 \cdot 10^{-8}$ ,  $d=4,931$ );
- $I_{i,k}$  – індекс оцінювання рівня екологічної небезпечності впливу  $k$ -ої речовини на  $i$ -ту складову НС.

Коефіцієнти, що пов'язані із специфікою складової НС (табл. 2), отримано із використанням методу нелінійної регресії для функції виду (2). За вихідні дані прийняті рівні шкали оцінювання екологічної небезпечності впливу на складові НС ( $I_i$ ) [16, Table 3] та рівні шкали класифікації ризику змін стану НС (табл. 3) ( $r_i$ ). Розрахункову процедуру реалізовано у пакеті Mathcad, результати розрахунку представлено на рис. 1 (на прикладі атмосфери).

Таблиця 2

Вплив на навколишнє середовище	Значення коефіцієнтів	
	$a_i$	$b_i$
Хімічне забруднення атмосфери (i=1)	$a_1=5,17 \cdot 10^{-9}$	$b_1=11,29$
Хімічне забруднення поверхневих вод (i=2)	$a_2=4,84 \cdot 10^{-13}$	$b_2=21,054$
Хімічне забруднення ґрунтів (i=3)	$a_3=6,083 \cdot 10^{-8}$	$b_3=5,48$
Шумове забруднення (i=4)	$a_4=1 \cdot 10^{-6}$	$b_4=-37,05$
Інфразвукове забруднення (i=5)	$a_5=8 \cdot 10^{-10}$	$b_5=7,67$
Ультразвукове забруднення (i=6)	$a_6=1 \cdot 10^{-8}$	$b_6=6,89$
Електромагнітне, вібраційне забруднення (i=7–14)	$a_{7-14}=1 \cdot 10^{-8}$	$b_{7-14}=4,95$
Радіоактивне забруднення (i=15)	$a_{15}=2,47 \cdot 10^{-9}$	$b_{15}=8,93$

**Нелінійна регресія (атмосфера)**

$i := 1..4$  ORIGIN := 1  $F1(x, a, b) := a \cdot \exp(b \cdot x)$   $x := 0, 0,1.. 0,5$

$$F2(x, k) := \begin{pmatrix} k_1 \cdot \exp(k_2 \cdot x) \\ \exp(k_2 \cdot x) \\ k_1 \cdot x \cdot \exp(k_2 \cdot x) \end{pmatrix}$$

$p := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$  Початкові наближення

$I := \begin{pmatrix} 0 \\ 0,38 \\ 0,45 \\ 0,67 \end{pmatrix}$  Рівні шкали оцінювання екологічної небезпечності впливу на атмосферу

$r := \begin{pmatrix} 10^{-8} \\ 10^{-7} \\ 10^{-6} \\ 10^{-5} \end{pmatrix}$  Рівні шкали класифікації ризику змін стану навколишнього середовища

Вектор P повертає значення  $a$  і  $b$  для найкращого середньоквадратичного наближення для F1

$P := \text{genfit}(I, r, p, F2)$

$P = \begin{pmatrix} 5,174 \times 10^{-9} \\ 11,294 \end{pmatrix}$   $a := P_1 = 5,174 \times 10^{-9}$   
 $b := P_2 = 11,294$

$F1(x, a, b) = \begin{pmatrix} F1(I_1, a, b) \\ F1(I_2, a, b) \\ F1(I_3, a, b) \\ F1(I_4, a, b) \end{pmatrix}$

5,174·10 <sup>-9</sup>
1,601·10 <sup>-8</sup>
4,952·10 <sup>-8</sup>
1,532·10 <sup>-7</sup>
4,74·10 <sup>-7</sup>
1,467·10 <sup>-6</sup>

Розрахунок середньоквадратичного відхилення

$\sigma := \sum \left[ \frac{\sqrt{(r - Fr)^2}}{4} \right]$   $\sigma = 1,131 \times 10^{-7}$

Рис. 1. Результати розрахунку коефіцієнтів  $a$  та  $b$  (на прикладі атмосфери)

Оцінювання рівня ризику змін стану  $i$ -ої складової НС здійснюється відповідно до запропонованої шкали (табл. 3).

Таблиця 3

Рівень	Значення ризику $R_E, r_i$
Неприйнятний	$>10^{-6}$
Умовно-прийнятний	$10^{-6}-10^{-7}$
Прийнятний	$10^{-7}-10^{-8}$
Безумовно прийнятний	$<10^{-8}$

На основі отриманого значення приймається рішення про прийнятність проєкту по кожному забруднювачу щодо складової НС та в цілому.

На кожному етапі життєвого циклу об'єкту виникають загрози незворотніх змін у навколишньому природному середовищі, які можна виміряти значенням екологічного ризику.

При розробленні методів прийняття оптимальних рішень найбільш прийнятним є об'єктний підхід. Об'єкт, що знаходиться на певній території, інформаційно можна описати векторною функцією виду  $\Phi(\vec{\alpha})$ , а вектор параметрів об'єкта  $\vec{\alpha}$  знайти за залежністю (4):

$$\vec{\alpha} = \left\{ \begin{matrix} y_1(x_1, x_2, \dots, x_k) \\ y_2(x_1, x_2, \dots, x_k) \\ \dots \\ y_n(x_1, x_2, \dots, x_k) \end{matrix} \right\}, \quad (4)$$

де  $y_i(x_1, x_2, \dots, x_k)$  – функція, що описує  $i$ -ту властивість об'єкта, яка визначається сукупністю  $k$  вихідних змінних. В окремому випадку функція може бути константою.

Значення властивостей об'єкта розглядаються як в залежності від етапів життєвого циклу, часу, а також від ймовірності виникнення деякого аварійної події. Якщо індустріальну екологічну систему розглядати як багатопараметричний об'єкт, то її можна інформаційно описати аналогічно виразу (4).

Взаємодія техногенного об'єкта та індустріальної екологічної системи описується матрицею взаємодій. Зміна властивостей промислового об'єкта буде викликати зміну властивостей системи. Матриця взаємодій має наступний вигляд:

$$M = \begin{pmatrix} m_{11} & \dots & m_{1i} & \dots & m_{1n} \\ m_{21} & \dots & m_{2i} & \dots & m_{2n} \\ \dots & & & & \\ m_{j1} & \dots & m_{ji} & \dots & m_{jn} \\ \dots & & & & \\ m_{n1} & \dots & m_{ni} & \dots & m_{nn} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

де  $m_{ij}$  – елемент, що показує чи є зв'язок між об'єктом та системою чи ні. Зв'язок може здійснюватися за кількома параметрами.

Слід зазначити, що визначення складових виразів (4) і (5) настільки складна задача, що для практичного використання виникає значна невизначеність навіть для невеликих об'єктів. Враховуючи, що взаємодія складових екологічної системи із об'єктом характеризується відповідним значенням ризику, тоді його визначення дозволить значно спростити задачу.

Якщо з одного боку, для опису об'єкту можна використати вираз (4), а з іншого боку, в якості його властивості, використати індекс оцінювання рівня екологічної небезпечності, то для оберненої задачі неважко отримати наступну залежність [16, 17]:

$$I_{ij} = \frac{1}{b_j} \ln \left( \frac{r_i}{a_j} \right). \quad (6)$$

У роботі [17] доведено, що індекс оцінювання рівня екологічної небезпечності розраховується за математичною залежністю (7):

$$I_{ij} = 1 - e^{-e^{-y'_j}}, \quad (7)$$

де  $y'_j$  – відповідні показники забруднення  $j$ -ої складової НС.

Тоді,  $y'_j$  можна розрахувати за залежністю (8):

$$y'_j = \ln \left( \ln \left( 1 - \frac{1}{b_j} \ln \left( \frac{r_i}{a_j} \right) \right) \right). \quad (8)$$

Таким чином, показники забруднення складових НС представлено у табл. 4 (для окремих забруднювачів) та табл. 5 (для інтегральних показників).

Таблиця 4

Показники  $y'_j$ , що враховують особливості промислового об'єкта (по забруднювачу)

Складова НС	Математична залежність $y'_j$	Умовні позначення
Атмосфера (i=1)	$y'_{ik} = -2 \cdot ПЗ_k + 1$ $ПЗ_k = C_k / (ГДК_k \cdot K_k)$	$ПЗ_k$ – показник забруднення $k$ -ої речовини, $C_i$ – середньодобова концентрація $k$ -ої речовини, мг/м <sup>3</sup> ; $ГДК_k$ – гранично-допустима концентрація, мг/м <sup>3</sup> ; $K_k$ – значення коефіцієнтів, що враховують клас безпеки $k$ -ої речовини
Поверхневі води (i=2)	$y'_{ik} = -2 \cdot I_k + 1$ , $I_k = C_k / ГДК_k$	$I_k$ – індекс $k$ -го показника забруднення; $C_k$ – концентрація речовини (у ряді випадків використовують значення фізико-хімічного параметра), мг/л; $ГДК_k$ – встановлена величина нормативу для відповідного типу водного об'єкта, мг/л
Ґрунти (i=3)	$y'_{ik} = -2 \cdot Kc_k + 1$ , $Kc_k = C_k / C\phi_k$	$Kc_k$ – коефіцієнт концентрації хімічної речовини; $C_k$ – фактичний вміст забруднюючої речовини у ґрунтах, мг/кг; $C\phi_k$ – фоновий вміст забруднюючої речовини у ґрунтах, мг/кг

Таблиця 5

Показники  $y'_j$ , що враховують особливості промислового об'єкта (за інтегральними показниками)

Складова НС	Математична залежність $y'_j$	Умовні позначення
Атмосфера (i=1)	$y'_i = -0,25 \cdot КП + 1$ ,	КП – кратність перевищення нормативів
Поверхневі води (i=2)	$y'_i = -0,33 \cdot I_E + 1,33$ ,	$I_E$ – інтегральний екологічний індекс
Ґрунти (i=3)	$y'_i = -0,016 \cdot Zc + 1$ ,	$Zc$ – сумарний показник забруднення

Згідно із даними табл. 4, 5, можна провести узгальнення:

$$y'_{ik} = k_1 y_{ik} + k_2, \quad (9)$$

де  $k_1, k_2$  – розраховані коефіцієнти.

Важливим завданням є розрахунок функцій  $u_{ik}$  (4), що враховують особливості об'єкта. З урахуванням (8), (9) маємо:

$$\ln \left( \ln \left( 1 - \frac{1}{b_j} \ln \left( \frac{r_i}{a_j} \right) \right) \right) = k_1 y_{ij} + k_2,$$

$$y_{ij} = \frac{1}{k_1} \left( \ln \left( 1 - \frac{1}{b_j} \ln \left( \frac{r_i}{a_j} \right) \right) \right) - \frac{k_2}{k_1}. \tag{10}$$

Значення коефіцієнтів  $k_1, k_2$  представлено у табл. 6.

Таблиця 6

Розраховані коефіцієнти  $k_1, k_2$

Складова НС		Коефіцієнти	
		$k_1$	$k_2$
Атмосферне повітря	по речовині	-2	1
	в цілому	-0,25	1
Поверхневі води	по речовині	-2	1
	в цілому	-0,33	1,33
Ґрунти	по речовині	-2	1
	в цілому	-0,016	1

Коефіцієнти взаємодій  $m_{ij}$  матриці М (5) можна розрахувати відповідно до математичної залежності (11):

$$m_{ij} = \beta \cdot y_{ij}, \tag{11}$$

–  $\beta$  – інформаційна матриця параметрів об'єкту, що враховує специфіку розташування промислових об'єктів на певних територіях [15]. Елементи матриці  $\beta$  можуть набувати значень 0 та 1, які вказують на відсутність або наявність впливу відповідно;

– індекси  $i, j$  вказують на складову НС та забруднювач відповідно.

Величина потенціального територіального ризику представляє собою максимальне значення для конкретних об'єктів впливу, що знаходяться у даній точці простору, які можна інтерпретувати концентраційними колами від початку координат. На практиці важливо знати розподіл потенціального ризику для окремих джерел безпеки.

## 6. Обговорення результатів стратегічного екологічного оцінювання на прикладі проекту електропідстанції

Екологічне оцінювання виконано для проекту щодо побудови додаткової електропідстанції на території заводу.

Надходження забруднюючих речовин в атмосферне повітря потенційно може відбуватися на стадії експлуатації і на стадії будівництва об'єкту. Джерелами забруднення атмосферного повітря при експлуатації є вентилятори припливно-витяжної системи. На підставі аналізування характеру використовуваного технологічного устаткування на підстанції і його роботи можна відзначити, що джерела утворення забруднюючих речовин в атмосфері на період експлуатації відсутні. Джерелами забруднення атмосферного повітря при будівництві будуть працюючі будівельні механізми і транспорт, а також пилові матеріали, що недбало зберігаються на тимчасових складах, ґрунті роботи.

Згідно із робочим проектом на період будівництва передбачаються наступні види робіт, пов'язані з утворенням забруднюючих речовин:

- земляні роботи (виїмки з котлованів і траншей, зворотні засипки);

- монтаж бетонних, з/б і будівельних металоконструкцій із застосуванням зварювальних робіт;

- монтаж технологічного устаткування;

- пристрій піщаної підстави; робота автотранспорту і спецтехніки на будівельному майданчику.

Основні показники та результати розрахунку кількісних показників забруднення атмосфери представлено у табл. 7, 8.

Найбільші викиди є по азоту діоксиду і пилу, але вони не перевищують ГДК, тому спеціальні захисні заходи на період проведення будівельних робіт не потрібні. Як видно з отриманих результатів (табл. 8), стан щодо рівня забруднення атмосферного повітря проекту електропідстанції оцінюється як умовно-прийнятний.

Проби ґрунтів на вміст в них забруднюючих речовин відбирали на трьох майданчиках.

Як показують дані (табл. 9, 10), фактичного вмісту важких металів в пробах ґрунту, майданчика електропідстанції в цілому ґрунти не забруднені.

Таблиця 7

Показники забрудненості повітряного басейну в період будівельних робіт

№ п\п	Найменування речовин	ГДК м. р., мг/м <sup>3</sup>	С м. р., мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Показник забруднення ПЗ	Індекс по речовині І	Ризик г	Значення у
1	Манган Mn	0,01	0,0003	2	0,0150	0,3155	4,74·10 <sup>-8</sup>	0,689
2	Діоксид азоту NO <sub>2</sub>	0,09	0,0066	2	0,0366	0,3269	5,01·10 <sup>-8</sup>	0,698
3	Сажа	0,15	0,0092	3	0,0204	0,3183	4,81·10 <sup>-8</sup>	0,692
4	Діоксид сірки SO <sub>2</sub>	0,50	0,0118	3	0,0078	0,3118	4,65·10 <sup>-8</sup>	0,687
5	Оксид вуглецю CO	5,00	0,0590	4	0,0029	0,3093	4,60·10 <sup>-8</sup>	0,685
6	Вуглець C12-C19	1,00	0,0177	4	0,0044	0,3101	4,61·10 <sup>-8</sup>	0,686
7	Пил з SiO <sub>2</sub>	0,30	0,1179	3	0,1310	0,3800	6,51·10 <sup>-8</sup>	0,739

Таблиця 8

## Кількісні показники забруднення атмосфери

Показник	Значення показників
Сумарний показник забруднення атмосфери	62,118
Гранично-допустиме забруднення	264,323
Кратність перевищення	0,236
Індекс забруднення атмосфери	0,323
Ризик впливу об'єкта на атмосферу	$1,99 \cdot 10^{-7}$
Значення у	5,56
Рівень ризику	Умовно-прийнятний

Таблиця 9

## Дані фактичного вмісту важких металів в пробах ґрунтів майданчику електростанції

№ п. п.	Найменування показника	Фонові концентрації ґрунту, Сф мг/м <sup>3</sup>	Концентрація та коефіцієнт забруднення ґрунтів					
			Проба № 1		Проба № 2		Проба № 3	
			С, мг/м <sup>3</sup>	Кс	С, мг/м <sup>3</sup>	Кс	С, мг/м <sup>3</sup>	Кс
1	Меркурій Hg	0,01	–	–	–	–	0,1	10
2	Плюмбум Pb	10	8	0,8	6	1,7	17	1,7
3	Цинк Zn	50	30	0,6	110	2,2	105	2,1
4	Купрум Cu	20	10	2	20	1	30	1,5
5	Хром Cr	90	–	–	2	0,02	–	–
6	Нікол Ni	40	20	1	30	0,75	30	0,75
7	Барій Ba	50	25	3,2	180	3,6	160	3,2
8	Бром Br	5	–	–	–	–	14	2,8
9	Стронцій Sr	300	30	0,1	25	0,083	40	0,13
10	Кадмій Cd	0,5	0,2	3,4	1,8	3,6	–	–

Таблиця 10

## Результати розрахунку кількісних показників екологічної безпеки для ґрунтів

№ п. п.	Найменування показника	Кількісні показники екологічної безпеки					
		Проба №1		Проба №2		Проба №3	
		Ризик $r_k$	у	Ризик $r_k$	у	Ризик $r_k$	у
1	Меркурій Hg	–	–	–	–	$1,38 \cdot 10^{-6}$	4,091
2	Плюмбум Pb	$6,24 \cdot 10^{-7}$	1,411	$1,38 \cdot 10^{-6}$	4,091	$1,38 \cdot 10^{-6}$	4,091
3	Цинк Zn	$3,24 \cdot 10^{-7}$	1,111	$1,38 \cdot 10^{-6}$	4,091	$1,38 \cdot 10^{-6}$	4,091
4	Купрум Cu	$1,38 \cdot 10^{-6}$	4,091	$1,00 \cdot 10^{-6}$	1,858	$1,38 \cdot 10^{-6}$	4,091
5	Хром Cr	–	–	$4,80 \cdot 10^{-6}$	0,691	–	–
6	Нікол Ni	$1,00 \cdot 10^{-6}$	1,858	$5,37 \cdot 10^{-7}$	1,325	$5,37 \cdot 10^{-7}$	1,325
7	Барій Ba	$1,38 \cdot 10^{-6}$	4,091	$1,38 \cdot 10^{-6}$	4,091	$1,38 \cdot 10^{-6}$	4,091
8	Бром Br	–	–	–	–	$1,38 \cdot 10^{-6}$	4,091
9	Стронцій Sr	$5,96 \cdot 10^{-8}$	0,724	$5,68 \cdot 10^{-6}$	0,717	$6,49 \cdot 10^{-6}$	0,738
10	Кадмій Cd	$1,38 \cdot 10^{-6}$	4,091	$1,38 \cdot 10^{-6}$	4,091	–	–

Таблиця 11

## Кількісні показники забруднення ґрунтів і ризику впливу на ґрунти

Найменування показника	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3
Сумарний показник забруднення ґрунту	11,100	12,956	22,183
Індекс забруднення ґрунтів	0,3556	0,3640	0,4082
Ризик впливу об'єкта на ґрунти	$4,27 \cdot 10^{-7}$	$4,47 \cdot 10^{-7}$	$5,7 \cdot 10^{-7}$
Значення у	89,97	90,78	95,30
Рівень ризику впливу на ґрунти	Умовно-прийнятний	Умовно-прийнятний	Умовно-прийнятний

Як видно з отриманих результатів (табл. 11), стан щодо рівня забруднення ґрунтів проекту електропідстанції оцінюється як умовно-прийнятний.

Згідно із об'єктним підходом до оцінювання екологічної безпеки, складемо матрицю коефіцієнтів М (12):

$$M = \begin{bmatrix} 0,689 & 0 & 0 \\ 0,698 & 0 & 0 \\ 0,692 & 0 & 0 \\ 0,687 & 0 & 0 \\ 0,685 & 0 & 0 \\ 0,686 & 0 & 0 \\ 0,739 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1,411 \\ 0 & 0 & 1,111 \\ 0 & 0 & 4,091 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1,858 \\ 0 & 0 & 4,091 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,724 \\ 0 & 0 & 4,091 \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{Mn} \\ \text{NO}_2 \\ \text{Сажа} \\ \text{SO}_2 \\ \text{CO} \\ \text{C12-C19} \\ \text{пил з SiO}_2 \\ \text{Hg} \\ \text{Pb} \\ \text{Zn} \\ \text{Cu} \\ \text{Cr} \\ \text{Ni} \\ \text{Ba} \\ \text{Br} \\ \text{Sr} \\ \text{Cd} \end{matrix} \quad (12)$$

У матриці М (12) перші три стовпці характеризують результати екологічного оцінювання впливу відповідних забруднювачів (останній стовпчик) на складові НС: атмосферу, поверхневі води та ґрунти відповідно. Розраховані результати показують наявність зв'язку між об'єктом та системою із урахуванням відсутності

впливу на поверхневі води (по ґрунтам для проби № 1). Отримані значення розповсюджуються по території підприємства з урахуванням санітарно-захисної зони.

### 7. Висновки

1. Встановлено, що проблемним місцем є те, що СЕО носить тільки описовий характер, але на теперішній час ведеться інтенсивна робота щодо розроблення законів у напрямку впровадження СЕО в Україні.

2. Розроблено інструмент підтримки стратегічного екологічного оцінювання проектів розвитку різномасштабних територіальних утворень та урбоекосистем у поєднанні із ОВНС. Запропоновано процедуру оцінювання екологічної безпеки територіальних утворень для проведення стратегічної екологічної оцінки. Така процедура заснована на застосуванні методик на основі використання індексів та екологічних ризиків. При цьому використано об'єктний підхід, що дозволяє встановити зв'язок між об'єктом, екосистемою та територією.

3. Здійснено апробацію запропонованого підходу на прикладі проекту електропідстанції, розраховано кількісні показники забруднення атмосфери та ґрунтів. Побудовано матрицю взаємозв'язків об'єкту дослідження та екологічної системи з метою встановлення зв'язку між об'єктом та системою.

### Подяки

Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці Держаного фонду фундаментальних досліджень за конкурсом Ф64.

### Література

1. Directive 2001/42/EC of the European Parliament and of the Council of 27 June 2001 on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment [Electronic resource]. – Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32001L0042>
2. Dalal-Clayton, B. Strategic Environmental Assessment: A Sourcebook and Reference Guide to International Experience. OECD, UNEP and IIED in association with Earthscan Publications [Text] / B. Dalal-Clayton, B. Sadler. – London, 2005. – 24 p. – Available at: <http://pubs.iied.org/pdfs/G02193.pdf>
3. SEA Protocol to the UN ECE Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context [Electronic resource]. – Available at: <http://www.unece.org/env/eia/welcome.html>
4. Закон України «Про ратифікацію Протоколу про стратегічну екологічну оцінку до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у трансграничному контексті» [Текст]. – Верховна Рада України, 2015. – № 562-19. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/562-19>
5. Бойко, Т. В. Аналіз об'єктів планування у стратегічному екологічному оцінюванні на основі індикаторного підходу [Текст]: міжнар. наук.-практ. конф. / Т. В. Бойко, І. М. Джигирей // Комп'ютерне моделювання в хімії і технологіях та системах сталого розвитку. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – С. 219–225.
6. Куйбіда, В. С. Територіальне планування в Україні: європейські засади та національний досвід [Текст] / В. С. Куйбіда, Ю. М. Білоконь. – К.: Логос, 2009. – 108 с.
7. ДБН А.2.2-1-2003. Зміна № 1. Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд [Текст]. – К.: ДП «Укрархбудінформ» Мінрегіонбуд, 2010. – 10 с.
8. Руденко, Л. Г. Досвід застосування стратегічної екологічної оцінки в процесі планування в Україні [Текст] / Л. Г. Руденко, С. А. Лісовський, Є. О. Маруняк // Український географічний журнал. – 2016. – № 2. – С. 3–12. doi: 10.15407/ugz2016.02.003
9. Sharifzadegan, M. H. Assessing the Strategic Plan of Tehran by Sustainable Development Approach, using the Method of “Strategic Environmental Assessment (SEA)” [Text] / M. H. Sharifzadegan, P. J. Gollar, H. Azizi // Procedia Engineering. – 2011. – Vol. 21. – P. 186–195. doi: 10.1016/j.proeng.2011.11.2003



10. Strategic Environmental Assessment [Text]. – Guidance Notes on Tools for Pollution Management. – Available at: <http://siteresources.worldbank.org/INTRANETENVIRONMENT/Resources/244351-1279901011064/GuidanceNoteonSEA.pdf>
11. Dagonneau, J. Strategic risk appraisal. Comparing expert- and literature-informed consequence assessments for environmental policy risks receiving national attention [Text] / J. Dagonneau, S. A. Rocks, G. Prpich, K. Garnett, E. Black, S. J. T. Pollard // Science of The Total Environment. – 2017. – Vol. 595. – Vol. 537–546. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.293
12. Постанова «Про затвердження Програми перегляду державних будівельних норм і правил на період до 2015» [Текст]. – Кабінет Міністрів України, 2011. – № 471. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/471-2011-%D0%BF/page>
13. Розпорядження «Про затвердження Концепції реалізації державної політики з нормативного забезпечення будівництва в Україні на період до 2015» [Текст]. – Кабінет Міністрів України, 2010. – № 1436-р. – Режим доступу: <http://old.minregion.gov.ua/attachments/content-attachments/1907/konceptianormzabezbud.pdf>
14. Абрамова, А. О. Перспективні напрямки розвитку процедури оцінки впливів на навколишнє середовище [Електронний ресурс] / А. О. Абрамова // Наукова Україна. – 2016. – Режим доступу: [http://globalnauka.com/naukova\\_ukraina/1490.html](http://globalnauka.com/naukova_ukraina/1490.html)
15. Бойко, Т. В. Системний аналіз взаємодії техногенного об'єкта та екологічної індустріальної системи [Текст]: міжнар. наук.-практ. конф. / Т. В. Бойко, А. О. Абрамова // Комп'ютерне моделювання в хімії і технологіях та системах сталого розвитку. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – С. 226–231.
16. Boyko, T. Definition of environmental risk as integral criterion in assessing of man-caused load [Text] / T. Boyko, A. Abramova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2014. – Vol. 3, Issue 10 (69). – P. 4–7. doi: 10.15587/1729-4061.2014.24316
17. Абрамова, А. О. Индексна оцінка рівня екологічної безпеки проєктованих промислових об'єктів [Текст] / А. О. Абрамова // Технологический аудит и резервы производства. – 2012. – Т. 6, № 1 (8). – С. 39–40. doi: 10.15587/2312-8372.2012.5468

ТОЛЬКО ДЛЯ ЧЛЕНОВ

