

# ІНДИКАТОРИ ЗМІНИ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ТЕПЛОХОЛОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

*Запропоновано індикатори зміни рівня екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення при впровадженні альтернативних джерел енергії.*

**Ключові слова:** індикатор, екологічна безпека, системи теплохолодозабезпечення, альтернативні джерела енергії.

*Предложены индикаторы смены уровня экологической безопасности систем теплохолодообеспечения при внедрении альтернативных источников энергии.*

**Ключевые слова:** индикатор, экологическая безопасность, системы теплохолодообеспечения, альтернативные источники энергии.

*Indicators of ecological safety level change during adoption of alternative energy sources are given*

**Key words:** indicator, ecological safety, alternative sources of energy.

**Вступ.** Метою досліджень в галузі екологічної безпеки є формування системи індикаторів, банку даних для їх розрахунку та порівняння рівня величин показників екологічної безпеки з середнім рівнем аналогічних показників в інших країнах. Складність вибору та обґрунтування критеріїв оцінки екологічної безпеки полягає в великій кількості різноманітних показників, які характеризують стан природно-антропогенного середовища, а також їх різноплановості, яка практично виключає можливість єдиної кількісної міри порівняння і оцінки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У відповідності до рекомендацій Комісії зі сталого розвитку при ООН та Комісії з глобальної екології [1], запропоновано новий підхід до проблеми екологічної безпеки, заснований на екологічній парадигмі. Перевага нового підходу, на відміну від старого, загально-прийнятого, який опирається на «забруднювально-ресурсну» парадигму, полягає в тому, що комплексну оцінку рівня екологічної безпеки пропонується проводити на основі нової організаційної структури екологічного контролю та інформаційної моделі шляхом залучення спеціально сформованих нових показників стану довкілля – індикаторів та індексів якості. Ці показники пов'язані з рівнем екологічного ризику та дозволяють вести кількісну оцінку рівня екологічної безпеки та рівня екологічного ризику [1]. Такий підхід відрізняється від загальноприйнятого ще й тим, що не потребує залучення граничнодопустимих концентрацій в якості бази для підрахунку, котрі, як відомо, є санітарно-токсикологічними, а не екологічними нормативами [2].

Індикаторами екологічної безпеки [3] є показники, що характеризують ступінь захищеності від негативного екологічного впливу з урахуванням досягнення цілей соціально-економічної системи. Індикатор – це і вказівник, і символ одночасно, йому надається значення міри величини, міри властивості, міри процесу [2].

Дослідженнями в галузі індикаторів екологічної безпеки території займалися В. М. Лагутін, Я. Рак, В. В. Анікієв, П. В. Захарова, В. М. Шмандій, О. В. Бикова, М. Х. Царану, Т. І. Крилова [3, 4, 5, 6, 9, 10] та ін. Однак, питання вибору індикаторів зміни рівня екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення при впровадженні в них альтернативних джерел енергії залишаються маловивченими.

**Метою роботи** є вибір індикаторів зміни рівня екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення при впровадженні альтернативних джерел енергії.

**Матеріал і результати дослідження.** Індикаторами екологічної безпеки [10] є показники, що характеризують ступінь захищеності від негативного екологічного впливу з урахуванням досягнення цілей соціально-економічної системи.

При аналізі проблем екологічної безпеки слід проаналізувати загрози для навколишнього середовища внаслідок функціонування систем теплохолодозабезпечення та ризику від систем теплохолодозабезпечення

За А. Б. Качинським [3], видобуток, переробку та використання енергетичних ресурсів, а також забруднення навколишнього середовища в процесі енергопостачання будівель можна віднести до складу саме першої головної компоненти екологічної безпеки

України, яка пояснює 41,1 % загального вкладу компонент у структуру екологічної безпеки.

Традиційно процеси гарячого водопостачання, опалення та охолодження будівель за рахунок викопних паливних ресурсів здійснюються такими шляхами:

- Теплопостачання будівлі за рахунок індивідуальної газової котельної установки, охолодження – за рахунок роботи електричного кондиціонера;
- Теплопостачання будівлі за рахунок теплової енергії, виробленої на централізованій котельній станції, охолодження – за рахунок роботи електричного кондиціонера;
- Теплохолодозабезпечення будівлі за рахунок електричної енергії, виробленої на електростанції.

При задоволенні потреб будівель в теплохолододопостачанні за рахунок традиційних джерел енергії здійснюється негативний вплив на навколишнє середовище. Характерними рисами такого впливу є постійна та всезростаюча інтенсивність, багатоплановість (одночасний вплив на різні компоненти довкілля: атмосферу, гідросферу, літосферу, біосферу), різноманітність (відчуження територій, порушення природних ландшафтів, хімічне та радіоактивне забруднення, теплові, радіаційні, акустичні та інші фізичні впливи) та масштабність (прояв не лише в локальному і регіональному, а й у глобальному масштабі) [7].

Вивчивши негативні ефекти впливу традиційних систем теплохолодозабезпечення на довкілля, в якості основних загроз екологічній безпеці можна виділити:

- забруднення атмосферного повітря газоподібними викидами систем теплохолодозабезпечення внаслідок спалювання традиційних енергетичних ресурсів;
- теплове забруднення навколишнього середовища внаслідок виділення теплової енергії і системах теплохолодозабезпечення при спалюванні традиційних палив, транспортуванні тепла та охолодженні енергетичних установок;
- використання кисню повітря для процесу горіння традиційного палива в системах теплохолодозабезпечення;
- утворення твердих відходів в процесі функціонування систем теплохолодозабезпечення;
- відчуження території під розміщення систем теплохолодозабезпечення та їх відходів;
- забруднення водних ресурсів скидами стічних вод у водні об'єкти системами теплохолодозабезпечення;
- незворотне водовикористання систем теплохолодозабезпечення на процеси підпитки технічних водопроводів;
- шумове забруднення навколишнього середовища внаслідок функціонування систем теплохолодозабезпечення;
- радіаційне забруднення довкілля внаслідок функціонування систем теплохолодозабезпечення;
- вплив на біологічне різноманіття екосистеми внаслідок функціонування систем теплохолодозабезпечення;

– рівень захворюваності людей внаслідок функціонування систем теплохолодозабезпечення.

Зменшення обсягів використання традиційних енергоносіїв у системах теплохолодозабезпечення, зниження їх негативного впливу на довкілля і підвищення рівня екологічної безпеки можливе за рахунок використання альтернативних джерел енергії. Тому оцінка індикаторів екологічної безпеки альтернативних систем теплохолодозабезпечення базується на визначенні енергоресурсозберігаючого ефекту, досягнутому за рахунок впровадження альтернативних джерел енергії. Провівши аналіз переліків існуючих індикаторів екологічної безпеки [2, 4, 5, 9, 10] та загроз для навколишнього середовища пропонується для оцінки екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення застосовувати такі індикатори:

- $I_{3A}$  – індикатор забруднення атмосферного повітря, який характеризує обсяг газоподібних викидів в атмосферне повітря системами теплохолодозабезпечення на одиницю виробленої ними енергії;
- $I_{3T}$  – індикатор теплового забруднення навколишнього середовища, який характеризує обсяг теплового забруднення довкілля системами теплохолодозабезпечення, на одиницю виробленої ними енергії;
- $I_{BO2}$  – індикатор використання кисню, який характеризує обсяги використання кисню для процесу горіння традиційного палива системами теплохолодозабезпечення, на одиницю виробленої ними енергії;
- $I_{3Г}$  – індикатор утворення твердих відходів, який характеризує обсяг твердих відходів систем теплохолодозабезпечення, на одиницю виробленої ними енергії;
- $I_{BT}$  – індикатор відчуження території, який характеризує площу території, зайнятої системами теплохолодозабезпечення та їх відходами, на одиницю виробленої ними енергії;
- $I_{3B}$  – індикатор забруднення водних ресурсів, який характеризує обсяг скидів забруднюючих речовин у водні об'єкти системами теплохолодозабезпечення, на одиницю виробленої ними енергії;
- $I_{BB}$  – індикатор водовикористання, який характеризує обсяги незворотного використання води системами теплохолодозабезпечення, на одиницю виробленої ними енергії;
- $I_{3Ш}$  – індикатор шумового забруднення, який характеризує рівень акустичного впливу на навколишнє середовище внаслідок функціонування систем теплохолодозабезпечення;
- $I_{3P}$  – індикатор радіаційного забруднення, який характеризує рівень радіаційного забруднення від систем теплохолодозабезпечення на одиницю виробленої ними енергії;
- $I_{BP}$  – індикатор впливу систем теплохолодозабезпечення на біологічне різноманіття екосистеми, який характеризує кількість зниклих видів живих організмів на території та зниклих особин кожного виду внаслідок функціонування систем теплохолодозабезпечення;

–  $I_{ЛЗ}$  – індикатор рівня захворюваності людей внаслідок функціонування систем теплохолодозабезпечення.

При виборі індикаторів екологічної безпеки застосовувався підхід, заснований на порівнянні

$$I_{ЗА} = \frac{k_{ЗА-А}}{k_{ЗА-Т}}$$

$$I_{ВТ} = \frac{k_{ВТ-А}}{k_{ВТ-Т}}$$

$$I_{ВО2} = \frac{k_{ВО2-А}}{k_{ВО2-Т}}$$

$$I_{БР} = \frac{k_{БР-А}}{k_{БР-Т}}$$

$$I_{ЗТ} = \frac{k_{ЗТ-А}}{k_{ЗТ-Т}}$$

$$I_{ЗВ} = \frac{k_{ЗВ-А}}{k_{ЗВ-Т}}$$

$$I_{ЗШ} = \frac{k_{ЗШ-А}}{k_{ЗШ-Т}}$$

$$I_{ЛБ} = \frac{k_{ЛБ-А}}{k_{ЛБ-Т}}$$

$$I_{ЗР} = \frac{k_{ЗР-А}}{k_{ЗР-Т}}$$

$$I_{ВВ} = \frac{k_{ВВ-А}}{k_{ВВ-Т}}$$

$$I_{ЗР} = \frac{k_{ЗР-А}}{k_{ЗР-Т}}$$

де  $I_{ЗА}$  – індикатор забруднення атмосферного повітря;  $I_{ЗТ}$  – індикатор теплового забруднення навколишнього середовища;  $I_{ВО2}$  – індикатор використання кисню;  $I_{ЗГ}$  – індикатор утворення твердих відходів;  $I_{ВТ}$  – індикатор відчуження території;  $I_{ЗВ}$  – індикатор забруднення водних ресурсів;  $I_{ВВ}$  – індикатор водовикористання;  $I_{ЗШ}$  – індикатор шумового забруднення;  $I_{ЗР}$  – індикатор радіаційного забруднення;  $I_{БР}$  – біологічного різноманіття екосистеми;  $I_{ЛЗ}$  – індикатор рівня захворюваності людей внаслідок функціонування систем теплохолодозабезпечення;  $k_{ЗА-А}$ ,  $k_{ЗА-Т}$  – обсяг газоподібних викидів в атмосферне повітря альтернативними та традиційними системами теплохолодозабезпечення на одиницю виробленої ними енергії, відповідно, г/Дж;  $k_{ЗТ-А}$ ,  $k_{ЗТ-Т}$  – обсяг теплового забруднення довкілля альтернативними та традиційними системами теплохолодозабезпечення, на одиницю виробленої ними енергії, відповідно, Дж/Дж;  $k_{ВО2-А}$  – обсяги використання кисню для процесів горіння палива альтернативними та традиційними системами теплохолодозабезпечення, на одиницю виробленої ними енергії, відповідно, г/Дж;  $k_{ЗГ-А}$ ,  $k_{ЗГ-Т}$  – обсяг твердих відходів альтернативних та традиційних систем теплохолодозабезпечення, на одиницю виробленої ними енергії, відповідно, г/Дж;  $k_{ВТ-А}$ ,  $k_{ВТ-Т}$  – площа території, зайнятої альтернативними та традиційними системами теплохолодозабезпечення та їх відходами, на одиницю виробленої ними енергії, відповідно, м<sup>2</sup>/Дж;  $k_{ЗВ-А}$ ,  $k_{ЗВ-Т}$  – обсяг скидів забруднюючих речовин у водні об'єкти альтернативними та традиційними системами теплохолодозабезпечення, на одиницю виробленої ними енергії, відповідно, г/Дж;  $k_{ВВ-А}$ ,  $k_{ВВ-Т}$  – обсяги незворотного використання води альтернативними та традиційними системами теплохолодозабезпечення, на одиницю виробленої ними енергії, відповідно, м<sup>3</sup>/Дж;  $k_{ЗШ-А}$ ,  $k_{ЗШ-Т}$  – рівень акустичного впливу на навколишнє середовище внаслідок функціонування альтернативних та традиційних систем теплохолодозабезпечення, відповідно, дБ;  $k_{ЗР-А}$ ,  $k_{ЗР-Т}$  – рівень радіаційного забруднення від альтернативних та традиційних систем теплохолодозабезпечення на одиницю виробленої ними енергії, відповідно, Бк/Дж;  $k_{БР-А}$ ,  $k_{БР-Т}$  – кількість зниклих видів та особин кожного виду на одиницю виробленої альтернативними та традиційними системами теплохолодозабезпечення енергії, відповідно,

шкоди, заподіяної довкіллю, на одиницю виробленої енергії для різних типів систем теплохолодозабезпечення. Значення даних індикаторів пропонується розраховувати за такими залежностями:

ос./Дж;  $k_{ЛЗ-А}$ ,  $k_{ЛЗ-Т}$  – рівень захворюваності людей внаслідок функціонування альтернативних та традиційних систем теплохолодозабезпечення, відповідно, ос./тис.ос.·Дж.

Для комплексної оцінки екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення при впровадженні в них альтернативних джерел енергії пропонується застосовувати індекс екологічної безпеки, який виражається через індикатори та корелюється з мірою екологічного ризику.

Розрахунок індексу екологічної безпеки ведеться з урахуванням коефіцієнтів вагомості (цінності) середовищ, для яких було оцінено індикатори екологічної безпеки:

$$IEE = \sum (I_i \cdot d_i)$$

де  $I_i$  – індикатор екологічної безпеки для  $i$ -того середовища;  $d_i$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -того середовища.

Коефіцієнти вагомості середовищ призначаються експертами на основі експертних оцінок. При виборі коефіцієнтів вагомості має зберігатися така умова:

$$\sum d_i = 1$$

Розраховувавши значення обраних індикаторів та індексу, можна буде порівняти рівні негативного впливу на довкілля різними типами систем теплохолодозабезпечення, а отже, й оцінити рівень їх екологічної безпеки. Отже, запропонований методичний підхід дозволяє вдосконалити механізми екологічної безпеки в галузі промислової безпеки та технологічних основ екологічно безпечного розвитку промисловості, енергетики і транспорту, а саме, систем теплохолодозабезпечення.

Подальша оцінка екологічної безпеки регіону засновується на визначенні екологічних ризиків, зокрема, такого елементу системи екологічної безпеки України як ризик неефективного використання природних ресурсів, а саме, традиційних паливних ресурсів. Оцінку екологічного ризику для систем теплохолодозабезпечення пропонується проводити з урахуванням запропонованих індикаторів екологічної безпеки:

$$R = \sum (Y_i \cdot P(I_i) \cdot d_i)$$

де  $R$  – екологічний ризик;  $Y_i$  – відносний розмір екологічної шкоди для  $i$ -того середовища, грн./т,

грн./Дж, грн./кВт, грн./ос. тощо;  $P(I_i)$  – ймовірність спричинення екологічної шкоди для  $i$ -того середовища з урахуванням індикаторів екологічної безпеки;  $d_i$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -того середовища.

Виявлення механізмів формування екологічної безпеки окремих компонентів довкілля дозволить в майбутньому розробити методику управління екологічною безпекою території в цілому, мінімізувати вірогідність виникнення негативних екологічних наслідків. При формуванні методики управління варто впровадити державну інформаційно-аналітичну систему для надання своєчасної і достовірної інформації про забруднення довкілля і заходи щодо його охорони; цільову програму в галузі енергозбереження та підвищення екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення за рахунок вітрогеліоустановок; економічне стимулювання впровадження альтернативних джерел енергії; систему додержання установлених нормативів якості довкілля за рахунок впровадження вітрогеліосистем теплохолодозабезпечення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ключевые вопросы охраны окружающей среды при объединении электроэнергетических рынков ЕС и СНГ. Union of the electricity Industry «Eurelectric», Электроэнергетический Совет СНГ. Совместная рабочая группа ЭЭС СНГ – ЕВРЭЛЕКТРИК «Рынки», ноябрь 2005, 108 с.
2. Адам А. М. Природные ресурсы и экологическая безопасность Западной Сибири / А. М. Адам, Р. Г. Мамин // Эко-бюллетень. – 2000. – № 7. – С. 11–15.
3. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення [монографія] / Качинський А. Б. [Електронний ресурс] – Режим доступу до монографії: <http://www.niss.gov.ua/book/Kachin/index.htm>.
4. Быкова Е. В., Царану М. Х., Крилова Т. И. Подходы к формированию системы экологических индикаторов как составляющей системы индикаторов энергетической безопасности.
5. Аникиев В. В. Интегральный критерий экологической безопасности / В. В. Аникиев, П. В. Захарова // Геоинформатика. – 2002. – № 1. – С. 8–16.
6. Клименко Л. П. Ресурсозбереження при впровадженні вітрогеліоустановок в системи теплохолодостачання будівель (на прикладі Миколаївської області) / Л. П. Клименко, Н. О. Воскобойнікова // Наукові праці: Науково-методичний журнал. Т.73. Вип. 60. Техногенна безпека. – Миколаїв: Видавництво МДГУ ім. Петра Могили, 2007. – С. 11–19.
7. Нечаева Т. П. Фактори екологічного впливу електроенергетичних об'єктів на довкілля / Нечаева Т. П., Шульженко С. В., Сас Д. П., Парасюк М. В. // Проблеми загальної енергетики. – 2008. – № 18. – С. 53–60 // [www.ienergy.kiev.ua](http://www.ienergy.kiev.ua). – 17.05.2010. – 93,1 КБ.
8. Шмандий В. М. Стратегия управления экологической безопасностью: общие теоретические положения и региональный аспект / В. М. Шмандий // Вісник КДПУ. – Кременчук: КДПУ. – 2003. – Вип. 2 (19). – С. 160–163.
9. Стратегія екологічної безпеки (регіональний контекст) [ред. М. І. Долішнього, В. С. Кравцова]. – Львів, 1999. – 243 с.
10. Лагунін В. М. Методи та засоби управління екологічною безпекою в умовах виникнення екстремальних ситуацій у навколишньому середовищі / В. М. Лагунін // Радиоэлектроника и информатика. – 2004. – № 2. – С. 163–168.

Рецензенти: д.б.н., проф. Томілін Ю. А.,  
к.т.н., доц. Добровольський В. В.

© Клименко Л. П., 2011

© Воскобойнікова Н. О., 2011

В процесі управління екологічною безпекою застосовуватиметься концепція ненульового ризику, оскільки повністю відмовитись від традиційних енергетичних ресурсів в системах енергозабезпечення на сьогодні неможливо.

## Висновки

1. Запропоновано методичний підхід, який дозволяє вдосконалити механізми екологічної безпеки в галузі промислової безпеки та технологічних основ екологічно безпечного розвитку промисловості, енергетики і транспорту, а саме, систем теплохолодозабезпечення.

2. Обрані індикатори дозволяють оцінити зміну рівня екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення при впровадженні в них альтернативних джерел енергії.

3. В процесі управління екологічною безпекою застосовуватиметься концепція ненульового ризику, оскільки повністю відмовитись від традиційних енергетичних ресурсів в системах енергозабезпечення на сьогодні неможливо.

Стаття надійшла до редколегії 25.05.2011 р.