

І.В. Дубовик, здобувач

Кременчуцький державний політехнічний університет імені Михайла Остроградського

### ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ТЕХНОГЕННО НАВАНТАЖЕНИХ УРБООКОСИСТЕМ

(Представлено к.х.н., доц. Козловською Т.Ф.)

*Розглянуті питання щодо вирішення проблем техногенно-хімічного забруднення природних поверхневих вод. Представлені основні підходи до встановлення рівнів екологічного ризику як інструментарію при визначенні ступеня екологічної небезпеки через еколого-термодинамічні характеристики водних екосистем в умовах їх стійкого органічного забруднення. Запропоновані загальні шляхи виведення водних екосистем на рівень допустимої екологічної небезпеки.*

**Вступ.** Хімічні речовини, які присутні в гідросфері внаслідок забруднення скидами підприємств, знаходяться у вільному та перетвореному станах. У зв'язку з цим виникає необхідність визначення умов формування техногенно-хімічного забруднення поверхневих вод та розробка методів щодо зниження рівнів екологічної небезпеки зазначеного компонента біосфери.

**Аналіз попередніх досліджень.** Антропогенне забруднення природного середовища призвело до порушення рівноваги в біосфері і перетворилося на суттєву проблему. На теперішній час встановлено, що різноманітні антропогенні чинники довели до рівня, які перевищують допустимі, несприятливо впливають на стан здоров'я населення [1]. Попередніми дослідженнями [2] було визначено наявність та вміст специфічних органічних речовин типу бензолів, фенолів, ксилолів та ксиленолів у природних поверхневих водах Кременчуцького та Дніпродзержинського водосховищ, проаналізовані існуючі види захворювань людини, виникнення яких могло бути спричинено шкідливим впливом зазначених забруднювачів.

Якість природних вод істотно змінюється при проходженні системи: джерело водопостачання → водопідготовка → водопровідна мережа. Значне різноманіття шкідливих речовин, які одночасно впливають на стан здоров'я населення, обумовлено станом природних вод, недотриманням промислових технологій і виробництв, одночасною присутністю у воді хімічних речовин природного та техногенного походження.

Все це ускладнює визначення впливу водного чинника в еколого-епідеміологічних дослідженнях, вибір пріоритетних речовин для контролю, встановлення чисельності населення, яке піддається впливу шкідливих речовин. Тому оцінка впливу хімічних забруднювачів на формування якості природних вод є необхідним етапом аналізу та визначення рівнів екологічної небезпеки та ризику несприятливих змін у природних та штучних нерівноважних водних екосистемах.

**Матеріал і результати досліджень.** У своїх дослідженнях ми спиралась на основні положення теорії формування екологічної безпеки [3] та математико-прогностичні підходи [4] щодо визначення й забезпечення нормативного стану компонентів урбанізованих екосистем.

Основою для встановлення безпечних рівнів впливу забруднень природних вод ми вважаємо концепцію порогу шкідливої дії, яка стверджує, що для кожної забруднюючої речовини, яка викликає ті чи інші несприятливі ефекти, можуть бути знайдені дози (концентрації), при котрих зміни функцій складових урбоекосистеми будуть мінімальними (прийнятними).

Значимість і прийнятність рівня екологічної небезпеки повинна визначатися хімічними, медико-біологічними, гігієнічними підходами, а також соціально-економічними критеріями. Це дозволить визначити наслідки впливу різних хімічних речовин на урбоекосистему та людину зокрема. Адекватна оцінка шляхів забезпечення екологічної безпеки поверхневих вод повинна відповідати стратегії екологічної безпеки та стійкого розвитку.

На нашу думку, величина впливу хімічної речовини може бути визначена через кількість агенту – критичне навантаження, - що надійде до урбоекосистеми протягом визначеного проміжку часу:

$$\sum_{i=1}^n E = \sum_{i=1}^n C_i \cdot \lambda_i \cdot \tau_i, \quad (1)$$

де  $\Sigma E$  – сумарний вплив хімічних речовин, які знаходяться в компонентах навколишнього природного середовища;  $C_i$  – концентрація  $i$ -ої шкідливої речовини, мг/дм<sup>3</sup>;  $\lambda_i$  – швидкість надходження шкідливої речовини в зазначений компонент біосфери;  $\tau_i$  – тривалість впливу, годин, діб, років.

Таким чином, усі ці величини характеризують умовну межу впливу шкідливої речовини і характеризують стан водної екосистеми, при якому екологічна небезпека знаходиться на низькому, прийнятному рівні.

Однак це не означає, що шкідливий ефект цілком відсутній та існує достатня гарантія безпеки. Перевищення меж безпечного впливу також не обов'язково призведе до виникнення небезпеки. Можна лише вести мову про зростання в цьому випадку рівня екологічної небезпеки (рис. 1).

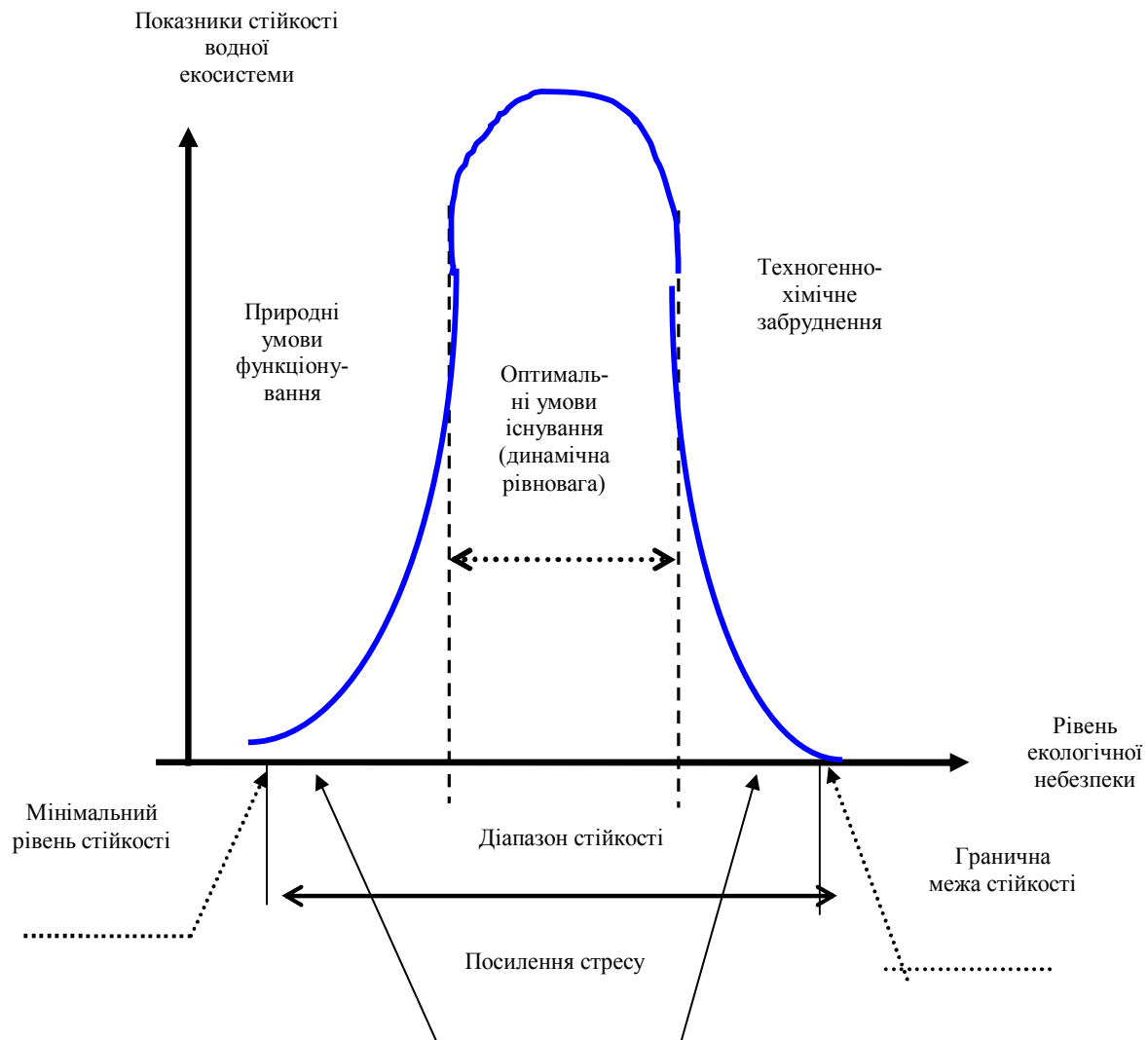


Рис. 1. Існування водних екосистем в умовах техногенно-хімічного забруднення поверхневих природних вод

Екологічна небезпека, як правило, пов'язується з виникненням загрози погіршення якості природного середовища, дегармонізації і порушення саморегуляції природних процесів, ураження людей, обумовлених визначеними природними й антропогенними впливами. Цілком зрозуміло, що для вживання адекватних заходів із забезпечення екологічної безпеки необхідна кількісна міра цієї загрози.

На нашу думку, за кількісну міру екологічної і будь-якої іншої небезпеки, у силу випадковості та стохастичності природи цілого ряду чинників, пов'язаних з її виникненням, можуть бути прийняті імовірність виникнення несприятливої екологічної обстановки або еколого-термодинамічна рівновага процесів будь-якої природної/штучної екосистеми.

Математичне очікування усіх видів збитків, обумовлених дією шкідливих факторів, на наш погляд, застосовувати нераціонально, оскільки в умовах економічної нестабільності такі величини будуть достатньо формалізованими або абстрактними.

Оскільки екологічна небезпека виникає, головним чином, при надмірних техногенних впливах і різного роду небезпечних природних явищах, то кількісну міру цієї небезпеки логічно пов'язувати з імовірнісними характеристиками техногенних і небезпечних природних впливів на навколишнє середовище.

У загальному випадку рівень екологічної небезпеки пропонується в більшості відомих підходів визначати, як [5]:

– імовірність виникнення техногенних аварій, катастроф, небезпечних природних явищ і можливим екологічним, економічним та іншим збитком, які наносяться навколишньому середовищу і здоров'ю людини;

– ступінь негативного впливу на людину і навколишнє середовище техногенних і природних процесів при збереженні на макрорівні рівноважного стану екосистеми;

– вірогідність переростання нормальної екологічної обстановки в напружену, критичну, кризову і катастрофічну, виникнення зон надзвичайної екологічної ситуації і зон екологічного лиха.

На даний час екологічний ризик, зазвичай, інтерпретується як імовірнісна міра виникнення явищ техногенного і природного характеру, а також екологічних змін, що супроводжуються формуванням і дією шкідливих факторів, і нанесеного при цьому соціального, економічного та екологічного збитків [5]. Відповідно до цього, при визначенні рівня ризику його величину в загальному випадку подають у вигляді добутку трьох компонентів [6]:

$$R = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3, \quad (2)$$

де  $R$  – рівень ризику, тобто імовірність нанесення визначеного збитку людині і навколишньому середовищу;  $R_1$  – імовірність (у ретроспективі - частість) виникнення події чи явища, що обумовлює формування і дію шкідливих факторів;  $R_2$  – імовірність формування визначених рівнів фізичних полів, ударних навантажень, полів концентрацій шкідливих речовин у різних середовищах та їх дозованих навантажень, а також екологічних факторів, що здійснюють шкідливий вплив на навколишнє середовище;  $R_3$  – імовірність того, що зазначені вище рівні полів, навантажень і факторів призведуть до певного збитку: погіршення стану здоров'я і зниження безпеки життєдіяльності людей, у тому числі до летальних результатів, зменшення чисельності популяцій тих чи інших тварин і рослин, до гармонізації структури, взаємозв'язків та саморегуляції тих чи інших природних процесів, характерних для даної території, порушення рівноважного стану екосистем, економічних збитків тощо.

Установлення шляхів досягнення рівня прийнятної екологічної безпеки в умовах стійкого хімічного забруднення природних поверхневих вод представляє досить складну задачу, оскільки виникає необхідність у проведенні багатокритеріального аналізу умов формування та дії шкідливих хімічних речовин поверхневих вод різноманітного походження.

На наш погляд, у даному випадку необхідним є застосування ентропії для моделювання оцінки екологічної безпеки як термодинамічного параметра та може допомогти у розробці загальної теорії екологічної безпеки.

Зміну ентропії  $dS$  у водній екосистемі можна розглядати лише на рівні нескінченно малих проміжків часу з урахуванням незамкненості системи. У загальному вигляді  $d_t S > 0$ , оскільки всі процеси є незворотніми, причому здатність до самоочищення та самовідновлення природними водоймами давно втрачена. Ентропія таких систем не може зменшуватися. В умовах стану термодинамічної рівноваги водна екосистема характеризується максимальною ентропією:  $S_{\max}$ .

У разі застосування ентропії як міри хаотичності в екологічних системах максимальна ентропія означає найвищий ступінь хаотичності або найменший ступінь упорядкованості структури, що співпадає з розглянутими умовами.

Таким чином, вочевидь, що для побудови математичних моделей оцінки ризику змін станів екологічних систем, які містять хімічні сполуки природного та техногенного походження, й аналізу впливу на ці екосистеми необхідно враховувати нелінійність і досліджувати їх на основі таких базових характеристик, як нелінійність, відкритість, нерівноважність.

Слід зазначити, що з точки зору термодинамічного вчення про рівновагу в наших дослідженнях має місце, в основному, гомогенна система, якщо не враховувати завислі речовини неорганічного походження. Тоді характеристичними функціями стану такої екологічної системи можна вважати термодинамічні потенціали (хімічні потенціали), внутрішню енергію хімічних перетворень  $U$ , ентальпію  $H$ , ентропію  $S$  та ізобарно-ізотермічний потенціал  $G$  з урахуванням нормальних умов відбування реакцій.

$$dG = dH - TdS. \quad (3)$$

Характеристичні функції є досить складними. Їх значення для багатоконпонентної системи не можна розглядати як суму значень цих функцій для окремих часток тієї системи, що оцінюється або розглядається. Відмінною рисою водних екосистем, особливо тих, які піддаються постійному техногенному впливу, є їх лабільна рівновага. Це означає, що вона не може повернутись у вихідний стан.

Тільки у разі якісно-кількісної оцінки стану рівноваги водної екосистеми при переході від одного антропогенного втручання до наступного, можливий вихід на принципово вищий рівень екологічної безпеки.

Проведені нами теоретичні дослідження свідчать, що зміна параметрів екологічних систем, які підлягають контролю в районі, наближеному до критичної точки (Кременчуцько-Комсомольський промисловий регіон), відбувається повільно, і покращити перехід через цю точку не тільки важко, а

часто практично неможливо. Швидка зміна вищеназваних характеристичних функцій свідчить про неможливість повернення екосистеми до початкового стану та потребує прийняття спеціальних заходів.

Будь-яка термодинамічна екологічна система має незмінні параметри у короткочасний проміжок часу. Через певний інтервал система повертається у рівноважний стан, який в цілому не є таким, яким був раніше, оскільки склад хімічних компонентів водного середовища не відповідає природним хімічним характеристикам.

Слід зазначити, що водні екосистеми можна вважати ізобарно-ізотермічними системами, оскільки інтервал змін температур в часі знаходиться в межах протікання хімічних перетворень, а тиск увесь час є постійним. В системі відбуваються незворотні процеси, тому ізобарно-ізотермічний потенціал може тільки зменшуватись:

$$(G_1 - G_2)_{p,T} \leq 0, \quad (4)$$

тобто, в умовах короткочасної рівноваги системи зміни ізобарно-ізотермічного потенціалу складуть:

$$(\partial G)_{p,T} = 0; (\partial^2 G)_{p,T} > 0. \quad (5)$$

З урахуванням усього вищевикладеного, можна пропонувати в простішому випадку визначити загальний рівень екологічної небезпеки водних екосистем через величину екологічного ризику при дії відповідних шкідливих чинників навколишнього природного середовища:

$$\sum_{i=1}^n R_i = 1 - (1 - R_1) \times (1 - R_2) \times \dots \times (1 - R_i), \quad (6)$$

де  $R_1, R_2, \dots, R_i$  – окремі величини ризиків від дії відповідних шкідливих чинників навколишнього природного середовища або певного хімічного складу багатокомпонентної водної системи, які впливають на стан природних водних екосистем.

**Висновки.** Підтримка стану водних екосистем на необхідному рівні екологічної безпеки можлива тільки за наступних умов:

- ідентифікація, аналіз й оцінка усіх можливих видів хімічних сполук, різних за структурою, біологічною активністю та походженням;
- організація і здійснення комплексного водного екологічного моніторингу з обліком можливих трансграничних і трансрегіональних шкідливих впливів;
- очищення в системах питного і промислового водопостачання й ін.;
- заходи щодо підготовки і прийняття управлінських рішень, спрямованих на забезпечення прийнятного рівня екологічної безпеки.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Ревич Б.А. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. Введение в экологическую эпидемиологию: Учебное пособие. – М.: Издательство МНЭПУ, 2001. – 264 с.
2. Дубовик І.В. Методи покращення якості поверхневих вод в умовах природно-техногенного хімічного забруднення // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури: Інженерні системи та техногенна безпека в будівництві. – Макіївка, 2005. – № 2(50). – С. 104–107.
3. Основні напрямки державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки / Затверджено Постановою ВРУ від 5 березня 1998 року №188/98-ВР. – К., 1999. – 92 с.
4. Дубовик І.В., Козловська Т.Ф. Математико-прогностична оцінка рівнів забруднення поверхневих природних вод як прикладна характеристика екологічного ризику // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця, 2006. – № 5(68). – С. 75–77.
5. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: Системний аналіз перспектив покращення. – К.: Серія „Екологічна безпека”, 2001. – 348 с.
6. Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманін Ю.А. и др. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.

ДУБОВИК Іван Валерійович – здобувач кафедри екології Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського.

Наукові інтереси:

- еколого-маркетингові дослідження можливостей впровадження комбінованих систем очищення стічних промислових технологічних, господарсько-побутових вод.



**Дубовик І.В.** Шляхи забезпечення екологічної безпеки поверхневих вод техногенно навантажених урбоєкосистем

**Дубовик И.В.** Пути обеспечения экологической безопасности поверхностных вод техногенно нагруженных урбоэкоосистем

**Dubovik I.V.** Lays of providing of ecological safety of surface-water of technogenic loaded urboekosystems /

УДК 665.66:66.087

**Пути обеспечения экологической безопасности поверхностных вод техногенно нагруженных урбоэкоосистем / И.В. Дубовик**

Рассмотрены вопросы относительно решения проблем техногенно-химического загрязнения природных поверхностных вод. Представлены основные подходы к установлению уровней экологического риска как инструментария при определении степени экологической опасности через эколого-термодинамические характеристики водных экосистем в условиях их стойкого органического загрязнения. Предложены общие пути вывода водных экосистем на уровень допустимой экологической опасности.

УДК 665.66:66.087

**Lays of providing of ecological safety of surface-water of technogenic loaded urboekosystems / I.V. Dubovik**

Questions concerning the decision of problems of technological-chemical pollution of natural superficial waters are considered. The basic approaches concerning definition of levels of ecological risk as toolkit are given at definition of a degree of ecological safety through eco-thermodynamic characteristics water ecosystem in conditions of their steady organic pollution. The basic ways of a conclusion import ecosystem on a level of comprehensible ecological safety are offered.