

МЕТОД ОЦІНКИ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

У роботі досліджено та поглиблено зміст поняття «якість навколишнього середовища». Зокрема встановлено, що основним оціночним критерієм якості довкілля є рівень безпеки системи, який має визначатися на основі оцінки ризиків. Запропоновано метод оцінки якості навколишнього середовища, який дозволяє визначити рівень якості діючого фактору чи їх сукупності. Визначення екологічного ризику пропонується здійснювати шляхом введення поняття «рівня якості фактору» для оцінки екологічної характеристики об'єкту довкілля, більш точне значення якого забезпечується використанням методів диференціювання та статистики. Визначення розрахункової екологічної характеристики по величині гранично допустимого значення здійснюється за припущенням нормального розподілу вірогідності зв'язків між організмом і факторами навколишнього середовища. Розглянуто приклади одно- та багатofакторного впливу на об'єкт довкілля. Тому, на відміну від загально визнаної оцінки шляхом порівняння з гранично допустимим значенням, яка дає порогову оцінку «так-ні» та занадто спрощує реальну ситуацію, визначення якості здійснюється по її рівню – високому, середньому чи задовільному.

Ключові слова: *якість навколишнього середовища; екологічна характеристика; диференціювання; екологічний ризик; багаторівнева оцінка.*

В работе исследована и углублена суть понятия «качества окружающей среды». В частности, установлено, что основным оценочным критерием качества окружающей среды является уровень безопасности системы, который должен определяться на основе оценки рисков. Предложен метод оценки качества окружающей среды, который позволяет определить уровень качества действующего фактора или их совокупности. Определение экологического риска предлагается осуществлять путем введения понятия «уровня качества фактора» для оценки экологической характеристики объекта окружающей среды, более точное значение которого обеспечивается использованием методов дифференцирования и статистики. Определение расчетной экологической характеристики по величине предельно допустимого значения осуществляется по предположению нормального распределения вероятностей связей между организмом и факторами окружающей среды. Рассмотрены примеры одно- и многофакторного воздействия на объект окружающей среды. Поэтому, в отличие от общепризнанной оценки путем сравнения с предельно допустимым значением, которая дает пороговую оценку «да-нет» и слишком упрощает реальную ситуацию, определение качества осуществляется по ее уровню – высокому, среднему или удовлетворительному.

Ключевые слова: *качество окружающей среды; экологическая характеристика; дифференцирование; экологический риск; многоуровневая оценка.*

Due to the prolonged deterioration of the environment among the issues of local ecosystemology leading, central, basic place today takes the problem of determining compliance of environmental requirements to the organism, namely assessment of environmental quality. Because of the complexity of relationships, and this – the individual requirements of organisms, multifactorial impact, synergy of action and so, in practice, limited to comparing the current parameter of factor with the so-called maximum permissible value. This approach oversimplify the actual situation and is inefficient, as evidenced by numerous examples of organisms with the normal functioning of the factors in excess of the established norms.

In this work investigated and in-depth studied the content of "environmental quality" concept. Particular established that the main evaluation criterion of environmental quality is the level of system security, which should be based on the risk assessment. Proposed the method of environment quality assessment, which detect the quality level of current factor or their combination. The definition of ecological risk is proposed to implement through introducing the concept of "level of factor quality" for assessing the ecological characteristics of the environment object, a more accurate value of which is provided by using the methods of differentiation and statistics. Determination of the estimated ecological characteristic through the weight of maximum permissible value carried by assumption normal distribution of probability connections between organism and environmental factors. Examples of single and multifactor impact on the environmental object are considered. Thus, unlike the generally accepted evaluation concept by comparison with maximum permissible value, that gives assessment threshold "yes-no" and oversimplify the real situation, determine the environment quality carried out by its level (high, average or satisfactory), that is more objective and comprehensive description of human impact on the ecological system.

Key words: environmental quality; ecological characteristic; differentiation; ecological risk; multilevel assessment.

Вступ. На рис. 1 схематично показано сучасне офіційне уявлення про оцінку стану навколишнього середовища шляхом співставлення величини діючого фактору суб'єкту з гранично допустимим значенням для об'єкту. Очевидно, що при такому підході оцінка зводиться до відповіді «допустимо – ЯС» чи «недопустимо – НС». Але якість будь-чого не може порогово мінятися (крім випадків катастрофічних подій) – вона

повинна змінюватися поступово і мати різні рівні (класи, сорти). Тому в спеціальній літературі зустрічаються і інші підходи до проблеми якості середовища [1, 2, 3, 5, 7]. У попередніх роботах [4, 5 та інші] автори розглянули принципові положення аналізу якості навколишнього середовища. У цій статті продовжується розгляд теоретичних засад якості навколишнього середовища.

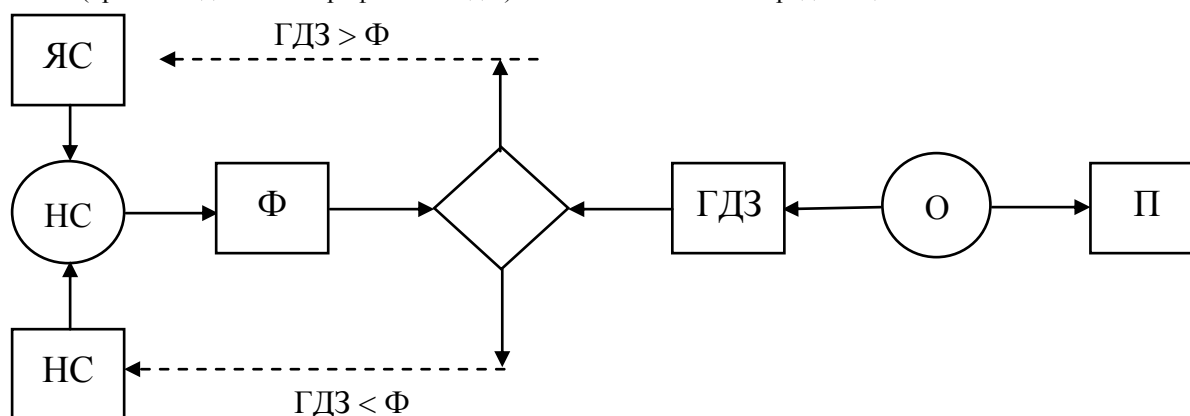


Рис. 1. Схема оцінки стану навколишнього середовища

НС – навколишнє середовище об'єкту «О»;

Ф – екологічний фактор;

ГДЗ – гранично допустиме значення Ф;

ЯС і НС – якісне і неякісне (недопустиме) середовище;

П – показник(и) об'єкту;

◇ – операція співставлення.

Результати досліджень. Якість навколишнього середовища – це відповідність стану навколишнього середовища вимогам об'єкту – організму, популяції, біологічного виду. На рис. 2 представлена схема взаємодій в екологічній системі. Нішові фактори Φ_n охоплюють (створюють) умови, необхідні для плідного, довготривалого, надійного функціонування об'єкту. Це енергія, волога, кисень, поживні речовини, життєвий простір. Інші фактори довкілля Φ_o можна поділити на нейтральні та негативні. До нейтральних відне-

семо природні фактори, які не є нішовими і не впливають на життєдіяльність організмів, наприклад, повітряний азот. Негативні фактори довкілля – це, як правило, речовини-забруднювачі штучного походження.

З рис. 2 очевидно, що поняття «якість» можна розглядати на різних рівнях складності, а саме: якість дії окремих факторів, якість ніші (тобто інтегральна якість нішових факторів) і якість навколишнього середовища, як інтегральний прояв дії всіх факторів.

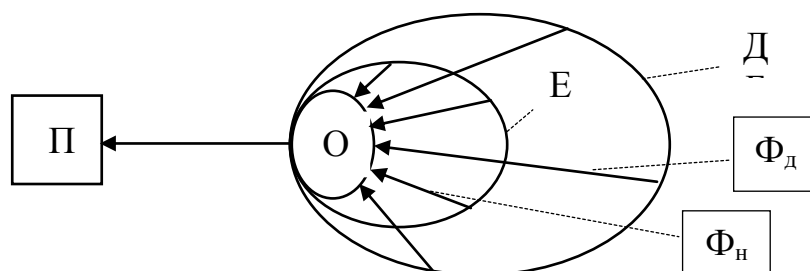


Рис. 2. Схема взаємодій:
 ЕН – екологічна ніша об'єкта;
 ДБ – довкілля об'єкта ближнє;
 Ф_н – фактор(и) нішовий;
 Ф_о – фактор(и) довкілля.
 О і П – як на рис. 1.

Взаємодія в системі визначається екологічною характеристикою об'єкта (1):

$$П = f(Φ), \text{ або } П = f(Φ_1, Φ_2 \dots Φ_n) \quad (1)$$

У загальному розумінні поняття «якість» – це складна властивість, яка враховує низку більш простих властивостей – безпеку, комфортність, продуктивність, задоволеність життям (для людини) тощо, що в сукупності характеризують простір матеріальних (речовинних, енергетичних та інформаційних) і нематеріальних полів, в якому функціонує організм. Серед складових якості провідне місце належить безпеці, яку можна взяти як індикатор якості, оскільки інші складові не лише не протирічають безпеці, а скоріше доповнюють її.

Поняття «безпека» (та протилежне – «небезпека»), що характеризує стан об'єкту, є якісною категорією і повинна трактуватися як властивість. Кількісна оцінка будь-якої властивості оцінюється з допомогою показника(ів). Показником безпеки слід вважати «ризик».

Таким чином, у системі якості навколишнього середовища прослідковується наступний ланцюг: якість НС → екологічна безпека → екологічний ризик.

Екологічний ризик класифікується за багатьма ознаками, серед яких відмітимо принципову в контексті теми дослідження «форму прояву», що характеризує динаміку зміни показників впливових факто-

рів на стан НС. Раптовий екологічний ризик викликається природною чи штучною причиною, яка, як правило, є нерегулярною. Поступовий екологічний ризик залежить від постійно діючих причин і проявляється внаслідок зміни значення фактору(рів). У залежності від особливостей зовнішнього впливу по кількості екологічних факторів ризик розрізняється на простий (однофакторний) і складний (багатофакторний).

Далі розглянемо приведені раніше ланцюг понять з обмеженням ризику однією формою прояву: якість НС → екологічна безпека → поступовий екологічний ризик.

Співставлення рисунків 1 та 2 вказує на центральну зв'язуючу роль в системі зв'язків так званих екологічних характеристик (залежність (1), які у графічному представленні можуть бути односхильовими, двосхильовими (симетричними та асиметричними) та багатосхильовими. Використання поняття «екологічна характеристика» дозволяє перейти від застарілої порогової методики оцінки якості НС до багаторівневої оцінки.

На рис. 3 показана схема оцінки якості навколишнього середовища з розподілом на три рівні.

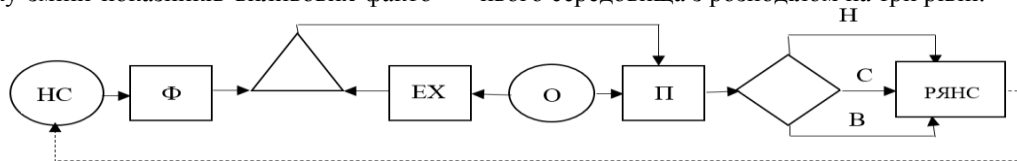


Рис. 3. Схема оцінки рівня якості НС

ЕХ – екологічна характеристика;
 РЯНС – рівень якості НС: Н – низький, С – середній, В – високий;
 НС, Ф, О, П – як на рис. 1;
 △, ◇ – операція оцінки.

Найпростіший варіант складності оцінки якості навколишнього середовища – це оцінка якості фактору за однофакторною двосхильовою екологічною характеристикою. В першому наближенні нескладно евристично встановити зону толерантності, яка може

розглядатися як зона найвищої якості В, та прилеглі зони С і Н. Точніше цю операцію можна виконати з використанням методу диференціювання, оскільки похідна функції більш чутлива, ніж сама функція (рис. 4).

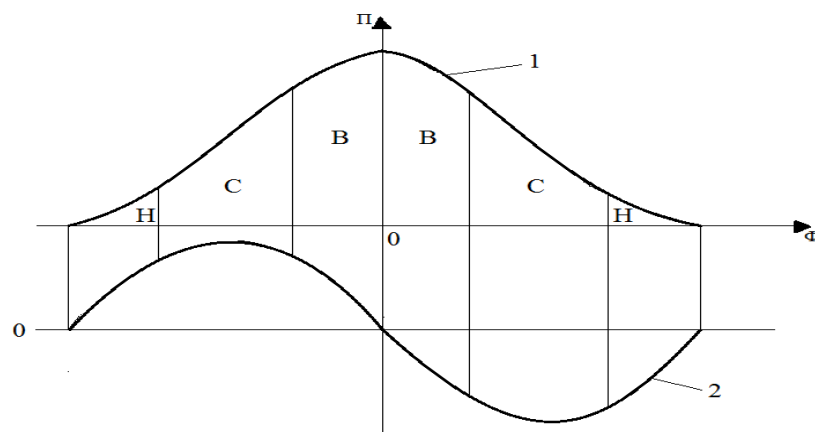


Рис. 4. Рівні якості фактору
 1 – екологічна характеристика $\Pi = f(\Phi)$;
 2 – похідна $d\Pi / d\Phi = f'(\Phi)$;
 B, C, H – рівні якості фактору.

При необхідності (чи за бажанням) перейти від якісних категорій B, C, H до кількісних (цифрових) неважко на рис. 4 встановити масштаб Π , прийнявши в точці екстремуму максимальний умовний бал: 5 чи 10 (або 100). Тоді кожна зона якості буде відповідати певному діапазону цифр показника Π . Наприклад, висока якість характеризується значенням від 5 до 3,5, а зона C від 3,4 до, наприклад, 2,2. Низька якість буде відповідати діапазону $2,1 < H < 0$.

У випадку відсутності екологічної характеристики об'єкту, її можна побудувати по величині ГДЗ, якщо відоме, крім того, значення фатальної (смертельної) для організму величини фактору Φ_{ϕ} . Операція виконується у два етапи. На першому, за даними табл. 1 будується теоретична крива нормального розподілу $y = f(x)$ (A – B – C – D) (рис. 5).

Таблиця 1

Залежність нормального розподілу

Ордината	Точка на кривій			
	A	B	C	D
По горизонталі (x)	0	33	66	100
По вертикалі (y)	100	40	10	0

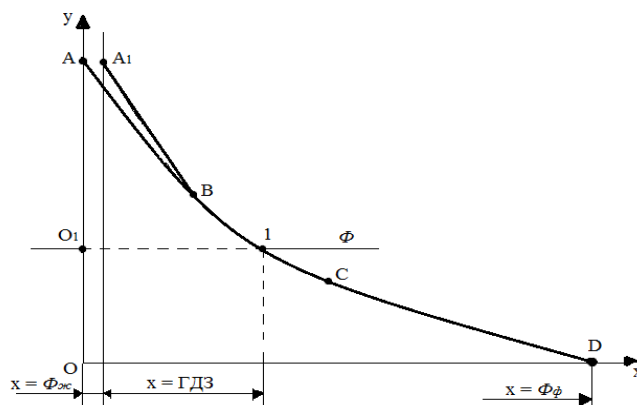


Рис. 5. Екологічна характеристика об'єкта (A₁ – B – 1)
 на теоретичній залежності (A – B – C – D):
 Φ – екологічний фактор дії на об'єкт;
 ГДЗ – гранично допустиме значення фактору Φ .

Потім, на другому етапі, на кривій A – B – C – D по величині $x = \Phi = \text{ГДЗ}$ знаходиться точка 1 і через неї проводиться горизонталь, яка приймається за вісь Φ . Вертикальна вісь вище $y = y_1$ буде віссю показника об'єкта Π із максимальним значенням $\Pi_A = \Pi_{\text{опт}}$. Крива (A – B – 1) приймається за екологічну характеристику $\Pi = f(\Phi)$ з урахуванням переміщення точки A праворуч на величину життєво необхідного значення фактору $\Phi_{\text{жс}}$ (положення A₁).

Значення останнього приймається відповідно до медичних вимог щодо вмісту речовини в тілі людини, або по санітарним нормам споживання.

У цілому для будь-якого живого організму в літературних джерелах містяться необхідні для побудови запропонованим методом екологічної характеристики значення ГДЗ, $\Phi_{\text{жс}}$, Φ_{ϕ} (табл. 2).

Таблиця 2

Екстремальні значення деяких речовин

Об'єкт дії фактору	Фактор (речовина)	Значення фактору			Примітка
		Фатальне, Φ_f	Життєво необхідне, $\Phi_{ж}$	Гранично допустиме, ГДЗ	
Севрюга	Борна кислота	1500–2500 мг/л		10 мг/м ³	
Гол'ян, короп, гірчак, дафнія	Цианід калію	0,06 мг/л		0,0003 мг/л	ГДЗ в перерахунку на HCN
	Хлорид ртуті (II)	0,002 мг/л		0,0001 мг/л	
Планктонні рачки	Свинець	0,5 мг/л		0,1 мг/л	ГДЗ для рибогосп. вод.
Карп	Вуглекислий газ	120 мг/л	2–5 мг/л	У воді рибогосп. водойм не більше 30 мг/л	За температури 1°C За температури 30 °C
		55–60 мг/л			
Форель	CO ₂	120–140 мг/л	2–5 мг/л		
Форель	H ₂ S	0,86 мг/л		0,003 мг/л	Загибель через 24 години
Рак річковий	Нітрити	0,02 мг/л	0,005 мг/л	0,08 мг/л	
Людина	Синільна кислота	50–100 мг, 100 мг/м ³		0,01 мг/м ³	Якщо концентрація в повітрі спостерігається довше 15 хв.
	Берилій		0,036 г	0,001 мг/м ³	$\Phi_{ж}$ для людини масою 70 кг
	Барій	0,8 г		0,1 мг/л	ГДЗ для води
	Радій		10 ⁻⁷ г		
	Хлорид ртуті (II)	0,3 г		0,0003 мг	
	Залізо (II)		4 г	0,3 мг/л	ГДЗ для води
	Фосфоген (COCl ₂)	0,006 мг/л		0,4 мг/м ³	Набряк легенів, розлад нервової системи
Людина	Миш'як		15–20 мг	0,0003 мг/л	$\Phi_{ж}$ міститься в організмі людини
	Білий фосфор	0,1–0,15 г		0,03 мг/м ³	
	Фосфін			0,0001 мг/л	ГДЗ для виробничих приміщень
	Амоніак			0,02 мг/л	ГДЗ для виробничих приміщень
	Оксиди азоту			0,005 мг/л	ГДЗ для виробничих приміщень
	Оксид сірки (IV)	0,03–0,05 мг/дм ³		0,05 мг/м ³	У межах Φ_f : подразнення очей, горла, дихальних шляхів
	Фтор	2 г	2,6 г	2·10 ⁻⁴ мг/л	$\Phi_{ж}$ міститься в організмі
	Фтор	10–15 мл (фтороводнева кислота)		0,0005 мг/л	Для зв'язаного фтору (фтороводень, фтороводнева кислота)
	Хлор	10 г·хв/м ³	75–100 г	0,03 мг/м ³	ГДЗ для населених пунктів, $\Phi_{ж}$ міститься в організмі

На відміну від показаної на рис. 4 двосхилової екологічної характеристики, отримана розрахункова характеристика є односхиловою (рис. 5). Ця відмінність не впливає на порядок знаходження зон В, С і Н

по кривій $\Delta P / \Delta \Phi = f(\Phi)$, побудованій з використанням методу числового диференціювання.

Визначення якості окремих екологічних факторів дає можливість перейти на більш високий рівень і,

зокрема, оцінити інтегральний ефект дії нішових факторів.

При переході до визначення якості екологічної ніші задача значно ускладнюється багатофакторним впливом внаслідок наявності синергетичного ефекту. Тут необхідно або проведення спеціального багато-

факторного експерименту, або перехід до іншої системи зв'язків між суб'єктом і об'єктом. Для цього повернемося до ланцюга «якість НС → екологічна безпека → поступовий екологічний ризик» і в якості гіпотези приймемо принцип «рівень якості прямо обернений (зворотній) рівню ризику» (табл. 3).

Таблиця 3

Взаємозв'язок між якістю і ризиком

Рівні якості фактору	Зона на рис. 4	Якість навколишнього середовища	Екологічний поступовий ризик
Толерантний	В	Висока	Незначний
Середній	С	Середня	Середній
Низький	Н	Низька	Високий

На відміну від вказаних складнощів визначення рівня якості ніші обчислення екологічного ризику в ніші спрощується математичним зв'язком між вірогідностями багатофакторного впливу, а саме (2):

$$R_6 = B_6 \cdot Z_c = (P_1^2 \cdot B_i) Z_c = (B_1 B_2 \dots B_z) Z_c \quad (2)$$

Тут R_6 – ризик багатофакторний;

B – вірогідність дії фактору;

Z_c – збитки сумарні від багатофакторної дії.

Вірогідність дії будь-якого фактору B_i визначається за статистичними даними спеціальних моніторингових служб – метеорологічної, гідрологічної, екологічної тощо.

Висновки. 1. Серед питань локальної екосистемології провідне, центральне, базове місця посідає задача визначення відповідності стану довкілля вимогам організму, тобто оцінка якості навколишнього середовища. Внаслідок складності взаємозв'язків, а це – індивідуальні вимоги організмів, багатофакторність впливу, синергізм дії тощо, на практиці обмежуються співставленням показника діючого фактору з так званим гранично допустимим значенням. Такий підхід занадто спрощує дійсну ситуацію і є неефективним, про що свідчать чисельні приклади нормального фун-

кціонування організмів при дії фактору з перевищенням ГДЗ.

Запропонований метод аналізу якості середовища проживання організму дозволяє більш реально оцінювати ситуацію.

2. Основними положеннями, покладеними в основу методу, є наступні принципи:

- зв'язуючим між організмом і факторами навколишнього середовища є поняття «екологічна характеристика»;

- визначальним показником якості навколишнього середовища виступає індекс екологічної безпеки, одиницею виміру якого є екологічний ризик;

- синергетичний ефект враховується шляхом визначення інтегральної вірогідності багатофакторного впливу;

- визначення розрахункової екологічної характеристики здійснюється за припущенням нормального розподілу вірогідності зв'язків між організмом і факторами зовнішнього середовища.

3. Доцільним є встановлення трьох рівнів якості навколишнього середовища: високий (B), середній (C), низький (H).

ЛІТЕРАТУРА

1. Акімова Т. А. Екологія / Т. А. Акімова, В. И. Хаскин. – М. : ЮНИТИ, 1998.
2. Алімов В. Т. Техногенний ризик: Аналіз и оценка: [Учебное пособие] / В. Т. Алімов, Н. П. Тарасов. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. – 118 с.
3. Вакуленко А. В. Управління якістю / А. В. Вакуленко. – К. : КНЕУ, 2004. – 108 с.
4. Добровольський В. В. Основні принципи теорії оцінки якості навколишнього середовища // Наукові праці: науково-методичний журнал. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. П. Могили. – Вип. 244, 2015, том 256. – с. 10–14.
5. Добровольський В. В. Екологічний ризик: оцінка і управління (навчальний посібник) / В. В. Добровольський. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. П. Могили, 2010. – 216с.
6. Дуднікова І. І. Екологія і безпека життєдіяльності: [Термінологічний словник-довідник] / І. І. Дуднікова. – К. : Вища шк., 2005. – 247 с.
7. Старіш О. Г. Системологія / О. Г. Старіш. – К. : Центр навчання і літератури, 2005. – 232 с.

Рецензенти:

Клименко Л.П., д-р техн. наук, професор.

Дата надходження статті до редколегії 14.11.2016