

УДК 504.064.2

Т.І. Кривомаз, О.С. Волошкіна (Україна, Київ)

## РОЗРОБКА «ПАСПОРТІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВИДІВ» ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ

Основним завданням екологічних досліджень є накопичення, систематизація та аналіз інформації про кількісний характер взаємовідносин між живими організмами та середовищем їх існування. Це співвідноситься з головними завданнями екобезпеки, що полягають в обґрунтуванні теоретичних основ оцінок техногенного ризику, розробці та пошуку оптимальних форм управління, наукових методів комплексної оцінки та прогнозуванні впливу техногенного забруднення на навколишнє середовище та людину. Однак надзвичайна складність біосистем викликає серйозні методологічні проблеми їх формалізованого математичного представлення та моделювання з наближенням до реальних умов. З ініціативи програми ООН по навколишньому середовищу було розроблено ряд стандартизованих методів екологічної оцінки, які включають контрольні списки, матриці, мережі, накладання карт та географічних інформаційних систем, експертні системи. Оскільки живі організми замикають на собі всі процеси в біосфері, то ключовим елементом екобезпеки є біологічний моніторинг, тобто система спостережень, оцінки та прогнозу змін в біотичних компонентах, що викликані факторами антропогенного походження. Таким чином найменшою живою структурною одиницею біомоніторингу ми вважаємо окремих організм, в зв'язку з цим пропонується впровадження «Паспортів екологічної безпеки видів» (ПЕБВ), об'єднаних в експертну систему оцінки впливу певних видів організмів на інші види та оточуюче середовище з урахуванням зворотного взаємозв'язку. У формалізованому вигляді структуру експертної системи можна представити наступним чином:

$$ES = DB + LR + EX + NK + IN,$$

де  $ES$  (expert system) – експертна система;  $DB$  (database) – база фактичних даних;  $LR$  (logical rules) – підсистема правил, законів та алгоритмів для аналізу інформації;  $EX$  (explanation) – пояснювальна підсистема;  $NK$  (new knowledge) – підсистема надходження нових знань;  $IN$  (interface) – діалоговий інтерфейс для формування запитів та отримання аналітичної інформації у текстовому та графічному вигляді. Шляхом логічних кроків встановлюється детермінований причинно-наслідковий зв'язок між певними факторами та явищами. Кожен вид має індивідуальний діапазон толерантності, в межах якого оптимально реалізує свої специфічні потреби. За допомогою аналізу розподілу ймовірностей визначаються порогові значення на основі природних коливань факторів середовища та параметрів, що характерні для даного виду:

$$\Phi\left(\frac{x_{кр}^{max} - x_{кр}^{min}}{\sigma_x}\right) = \frac{1 - p(\alpha)}{2},$$

де  $\Phi$  – функція нормованого нормального розподілу;  $x_{кр}^{max}$  та  $x_{кр}^{min}$  – максимальні та мінімальні значення параметрів;  $\sigma_x$  – середньоквадратичне відхилення;  $p(\alpha)$  – ймовірність відповідності нормальному закону розподілу (зазвичай для  $p$  приймаються значення 0.8, 0.9, 0.95 або 0.99).

Верифікація ПЕБВ здійснюється шляхом багатокритеріального експертного оцінювання на основі колективного досвіду широкого кола спеціалістів. Експертні оцінки пропонується вимірюватись в балах, при цьому мінімальна цінність оцінки  $\lambda^- = 0$ , а максимальна –  $\lambda^+ = 6$ :

$$a_{iv}, P_{ij}, b_{iv} \in (\lambda^-, \lambda^+), a_{iv}(i = \overline{1, M}; v = \overline{1, W}), P_{ij}(i, j \in \overline{1, M}), b_{iv}(i = \overline{1, M}; v = \overline{1, W}),$$

де  $a_{iv}$  – результати прямих досліджень або розрахункові індекси показників, вимірних  $i$ -м експертом;  $M$  – кількість експертів;  $W$  – кількість критеріїв оцінки;  $P_{ij}$  – експертні оцінки рівня компетентності експертів, наданих  $i$ -м експертом  $j$ -му, при цьому  $P_{ii}$  – самооцінка ( $i = \overline{1, M}$ );  $b_{iv}$  – експертна оцінка важливості критеріїв, наданих  $i$ -м експертом  $v$ -му критерію.

Таким чином, ПЕБВ гарантує наукову достовірність інформації про живі організми та особливості їх метаболізму, визначає вплив конкретного виду на навколишнє середовище, характеризує взаємовідносини окремого виду з біотичними та абіотичними складовими довкілля. Впровадження інтерактивної експертної системи на основі ПЕБВ дозволить підвищити контроль за наслідками життєдіяльності окремих живих організмів в системі екобезпеки та стане ефективним інструментом для взаємообміну професійною інформацією між експертами різних спеціальностей, а також забезпечить надання обґрунтованої інформації для осіб, що приймають управлінські рішення у сфері екобезпеки.