

УДК 658.7:519.9

І.О. Ушакова, О.І. Катасонова

Харківський національний економічний університет, Харків

НЕЧІТКИЙ ПІДХІД ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Розглянуто і визначено основні етапи процедури оцінки екологічного ризику негативного впливу забруднення атмосферного повітря викидами підприємств теплової енергетики на здоров'я людини. Оцінено екологічні ризики за стандартною методикою шляхом визначення індексів неканцерогенної небезпеки та індивідуальних і колективних канцерогенних ризиків. Побудовано нечітку модель складного екологічного ризику. За моделлю оцінено значення екологічного ризику за 10-бальною шкалою з урахуванням впливу метеорологічних умов на значення ризику.

Ключові слова: забруднення атмосфери викидами ТЕЦ, нечітка модель складного екологічного ризику.

Вступ

Постановка проблеми. Сьогодні невинне погіршення стану природного середовища внаслідок антропогенного впливу вимагає підвищення ефективності природоохоронних заходів, що неможливо без удосконалення стандартних і дослідницьких методик та розширення наукових пошуків. Зокрема спостерігається зміна ідеології в підході до екологічної безпеки. Якщо раніше єдиним методом оцінки безпеки було порівняння рівня забруднення з гранично допустимими значеннями концентрації викиду, то в останні роки все більша увага приділяється концепції екологічного ризику.

На сьогоднішній день в екологічній літературі все частіше приділяється увага вирішенню питань, пов'язаних з управлінням ризиком, однак питання вибору методів оцінки та прогнозування ризику та визначення їхньої ефективності досліджені недостатньо докладно. Зокрема, в екології використання теорії ризику ускладнюється різноманітністю методичних підходів, об'єктів тощо.

Існуючі стандартні методики оцінки екологічних ризиків дозволяють оцінити та спрогнозувати ризики лише в тих випадках, коли дослідник має всю необхідну інформацію для проведення певних розрахунків. Зокрема, це дані про джерела небезпеки, параметри експозиції, можливі негативні ефекти дії забруднюючих речовин на стан здоров'я населення тощо. Однак, отримати інформацію про рівні забруднення атмосферного повітря та медико-демографічні показники населення складно та не завжди вдається. Тому, замість методів оцінки ризиків, заснованих на математичній статистиці та теорії імовірності, має сенс використовувати методи нечіткої логіки [1 – 6].

Формулювання цілей статті. Відповідно, ціллю статті є аналіз зв'язків в системі «людина – навколишнє середовище» з метою їх використання для

побудови нечіткої моделі оцінки ризику негативного впливу забруднення атмосферного повітря викидами підприємств теплової енергетики на стан здоров'я населення, що проживає на екологічно небезпечній території.

Основна частина

Основні етапи процедури оцінки ризику. Першим етапом процедури оцінки екологічного ризику є ідентифікація джерел можливої небезпеки. Сутність цього етапу полягає у виявленні найбільш небезпечних промислових об'єктів з точки зору впливу їх викидів на стан здоров'я населення. Розглядаючи м. Харків як велике промислове місто, можна виділити ряд підприємств, які забруднюють навколишнє середовище, тим самим шкодячи здоров'ю людей. Перш за все, це підприємства нафтопереробки та нафтохімії, енергетики, хімічної промисловості та металургії [2].

Серед цих підприємств для дослідження була обрана Харківська ТЕЦ-5. Причина вибору саме цього підприємства полягає в тому, що енергетика сьогодні є найбільш великою галуззю за обсягом викидів в атмосферу і характеризується викидами діоксиду сірки, оксиду вуглецю, оксидів азоту, сажі, а також найбільш токсичних п'ятиокису ванадію та бенз(а)пірену.

Зростаючий попит на електроенергію і тепло є причиною збільшення викидів шкідливих речовин в атмосферу від об'єктів теплоенергетики. Теплові електростанції працюють на різних видах палива (газ, мазут, вугілля, органічне паливо тощо), тому можна розглядати ряд забруднюючих речовин, що входять до складу продуктів згоряння палива, продуктів перетворення та взаємодії забруднюючих речовин під дією зовнішніх факторів та інших викидів. Серед забруднювачів атмосферного повітря від викидів ТЕЦ присутні як канцерогени (речовини, дія яких супроводжується розвитком злякисних пух-

лин, генних мутацій, вроджених аномалій), так і неканцерогени (речовини, дія яких може викликати захворювання органів дихальної, серцево-судинної, сечостатевої систем та системи кровообігу) [4].

Динаміка викидів забруднюючих речовин Харківської ТЭЦ-5 за період 2004-2008 рр. згідно екологічним паспортам регіону, складеним Державним управлінням охорони навколишнього природного середовища в Харківській області, представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Основні забруднювачі атмосферного повітря за 2004 – 2008 рр.

Назва забруднюючої речовини	Обсяг викидів, т/рік			
	2005	2006	2007	2008
Всього	1655,25	1841,57	1481,21	1256,57
Метали та їх сполуки	4,281	2,676	3,255	5,409
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	0,042	0,631	0,025	10,209
Сполуки азоту	1520,49	1666,73	1347,24	872,754
Діоксид та інші сполуки сірки	0,248	15,917	–	269,658
Оксид вуглецю	129,785	127,952	107,174	81,932
Неметанові леткі органічні сполуки	0,009	0,305	0,161	0,169
Метан	0,096	27,356	23,357	16,441
Діоксид вуглецю	1213299,7	1528406,2	1309428,3	898601,9

Наступним кроком у процедурі оцінки ризику є оцінка експозиції – встановлення шляхів надходження забруднюючої речовини до організму людини. Існує три типи експозиційного маршруту: інгаляційний, наскірний та пероральний. У випадку, коли розглядається забруднення атмосфери, логічно, що шкідливі речовини потрапляють до організму інгаляційним шляхом, тобто в процесі дихання через легені. Згідно Методичних рекомендацій МР 2.2.12-142-2007 «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» прийнято використовувати параметри експозиції [1], наведені в табл. 2.

Після встановлення параметрів експозиції слід провести оцінку залежності «доза - відповідь», тобто визначити, які негативні ефекти можуть бути викликані дією забруднюючих речовин, що входять до складу викидів ТЕЦ. Для більш наглядного уявлення

цієї залежності в табл. 3 наведені основні забруднюючі речовини, які входять до складу викидів в атмосферне повітря від теплової електроцентралі, і шкідливі ефекти дії цих речовин на здоров'я населення, що проживає поблизу підприємств енергетики [3].

Таблиця 2

Параметри експозиції

Назва параметру	Значення, од. виміру
Маса тіла (середній дорослий)	70 кг
Об'єм дихання за добу (середній дорослий)	20 м ³
Тривалість життя	70 років
Тривалість експозиції	
- хронічний вплив	70 років
- гострий вплив	30 років

Таблиця 3

Основні забруднюючі речовини та шкідливі ефекти їх впливу

№ з/п	Назва речовини	Вплив на людину
1.	Діоксид сірки	Уже в малих концентраціях (20-30 мг/м ³) створює неприємний смак у роті, дратує слизові оболонки очей і дихальних шляхів. Вдихання SO ₂ викликає хворобливі явища в легенях і дихальних шляхах, іноді виникають набряк легенів, глотки та параліч дихання.
2.	Оксиди азоту	Отруєне оксидами азоту повітря починає діяти з легкого кашлю. При підвищенні концентрації NO, виникає сильний кашель, блювота, іноді головний біль. При контакті з вологою поверхнею слизової оболонки оксиди азоту утворюють кислоти HNO ₃ й HNO ₂ , які приводять до набряку легенів.
3.	Оксиди вуглецю	Впливають на нервову та серцево-судинну системи, викликає ядуху. Первинні симптоми отруєння CO – поява головного болю, при більш високих концентраціях CO з'являється відчуття пульсу в скронях, запаморочення.
4.	Бенз(а)пірен	Є сильним канцерогеном, який здатний викликати онкологічні захворювання, зокрема, викликає лейкемію, уроджені каліцтва, розвиток раку легенів у результаті надходження в організм з повітрям.

Отже, проаналізувавши шкідливий вплив забруднюючих речовин, що містяться у викидах ТЕЦ можна зробити висновок, що постає необхідність

оцінки складного екологічного ризику, елементами якого є канцерогенний ризик, неканцерогенний ризик та метеорологічні умови (температура повітря, атмосферний тиск, вологість тощо), в залежності від яких негативна дія забруднювачів може підсилюватися або послаблятися. Але спершу слід розрахувати чисельні (чіткі) значення канцерогенного та неканцерогенного ризиків.

Розрахунок екологічних ризиків за стандартною методикою. Керуючись Методичними рекомендаціями МР 2.2.12-142-2007 «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» [1], можна визначити значення ризиків канцерогенного та неканцерогенного впливу забруднюючих речовин на стан здоров'я населення у чисельному вигляді.

Канцерогени – це сполуки, які після впливу індукують пухлини, тому сам ризик являє собою ймовірність захворювання раком при впливі оцінюваного фактору. При оцінці загрози ризику здоров'ю, обумовленого впливом канцерогенних речовин, використовуються два важливих положення. По-перше, прийнято вважати, що у канцерогенів немає граничної дози, тобто їх дія починається вже при малих кількостях, які потрапляють до організму людини. По-друге, вважається, що ймовірність розвитку онкозахворювання прямо пропорційна кількості (дозі) канцерогену, введеного до організму. Сукупність двох цих положень називають безграничною лінійною моделлю [2].

Індивідуальний канцерогенний ризик може бути визначений за формулою, яка ображає лінійний характер залежності між канцерогенним ризиком і середньодобовим потраплянням канцерогену:

$$\text{Risk} = m \cdot F_r, \quad (1)$$

де F_r – фактор ризику; m – середньодобове потрапляння канцерогену з повітрям, віднесене до 1 кг маси тіла людини, [мг/кг*доб].

Фактор ризику F_r показує, наскільки швидко зростає вірогідність онкозахворювання при збільшенні середньодобового потрапляння канцерогену до організму людини з повітрям.

У випадку інгаляції середньодобове потрапляння m (потужність дози), віднесене до 1 кг маси тіла людини, визначається формулою:

$$m = \frac{C \cdot V \cdot f \cdot T_0}{P \cdot T}, \quad (2)$$

де C – концентрація канцерогену в середовищі перебування – у повітрі, [мг/м³]; V – об'єм повітря, що потрапляє в легені продовж доби, [м³/доб]; f – кількість днів у році, продовж яких відбувається вплив канцерогену, [дні]; T_0 – кількість років, продовж яких відбувається вплив канцерогену, [роки]; P – середня маса тіла дорослої людини, [кг]; T – усереднений час можливої дії канцерогену [доби].

Після того, як обчислений індивідуальний канцерогенний ризик, приймається рішення:

1) якщо $\text{Risk} \leq 10^{-6}$, то індивідуальний канцерогенний ризик вважається пренебрежимо малим;

2) якщо $\text{Risk} \leq 10^{-4}$, то індивідуальний канцерогенний ризик вважається допустимим;

3) якщо $\text{Risk} > 10^{-4}$, індивідуальний канцерогенний ризик вважається недопустимим.

У випадках впливу декількох канцерогенів повний ризик виражається сумою окремих ризиків:

$$\text{Risk}_\Sigma = \text{Risk}_1 + \text{Risk}_2 + \text{Risk}_3 + \dots \quad (3)$$

Розглянемо тепер, як виконується оцінка ризику загрози здоров'ю при впливі граничних токсикантів.

При оцінці ризику приймається до уваги, що токсиканти-неканцерогени викликають загрозу тільки при перевищенні границь або безпечних рівнів впливу. Ясно, що негативний вплив граничного токсиканту повинен характеризуватися значенням тієї граничної дози, починаючи з якої з'являються несприятливі наслідки [4].

При вирішенні задач оцінки ризику для людини при впливі граничних токсикантів від речовин, які потрапляють з повітрям, спочатку розраховують середньодобове потрапляння неканцерогену до організму людини аналогічно розрахунку для канцерогенів.

Після того, як обчислено середньодобове потрапляння m (потужність дози), віднесене до 1 кг маси тіла людини, розраховується величина, яка називається індексом безпеки і позначається HQ :

$$HQ = \frac{m}{H_D}, \quad (4)$$

де H_D – узгоджена гранична потужність дози; m – середньодобове потрапляння неканцерогену з повітрям, віднесене до 1 кг маси тіла людини, [мг/кг*доб].

Якщо $HQ < 1$, то ризик загрози здоров'ю відсутній, і небезпеки немає. Якщо $HQ \geq 1$, то існує небезпека отруєння, яка тим більше, чим більше індекс HQ перевищує одиницю.

Якщо у повітрі міститься декілька токсикантів, то повний індекс безпеки HQ_Σ дорівнює сумі індексів безпеки окремих токсикантів:

$$HQ_\Sigma = HQ_1 + HQ_2 + HQ_3 + \dots \quad (5)$$

Використавши параметри експозиції (табл. 2) та наведену методику розрахунку екологічних ризиків негативного впливу забруднювачів, що містяться в атмосферному повітрі, на стан здоров'я населення, були отримані чисельні значення канцерогенного та неканцерогенного ризиків. Розрахунки були проведені для двох випадків:

1) нормальний режим експлуатації устаткування ТЕЦ;

2) аварійний режим (в цьому випадку концентрація забруднюючої речовини приймається рівною 10 значенням ПДК).

Результати розрахунків зведені в табл. 4, 5.

Таблиця 4
Значення канцерогенних ризиків

Назва канцерогену	Канцерогенний ризик / режим	
	нормальний	аварійний
Бенз(а)пірен	0,0286	0,1429

Таблиця 5
Значення неканцерогенних ризиків

Назва неканцерогену	Індекс безпеки / режим	
	нормальний	аварійний
Діоксин сірки	6,9185e-004	0,0035
Оксид азоту	7,6104e-004	0,0038
Оксид вуглецю	6,2112e-004	0,0060
Сумарний ризик	2,0704e-3	0,0133

З табл. 4 видно, що значення індивідуального канцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря бенз(а)піреном дорівнює 0,0286 при нормальному режимі експлуатації і 0,1429 – у випадку аварії. Отримане значення ризику задовольняє нерівності $Risk > 10^{-4}$, отже ризик є недопустимим. Що стосується індексу неканцерогенної безпеки, згідно табл. 5, в обох випадках сумарний неканцерогенний ризик задовольняє нерівності $HQ < 1$, тобто ризик загрози здоров'ю відсутній, і безпеки немає.

Отже, можна зробити висновок, що значення екологічних ризиків від дії забруднюючих речовин значно розбігаються.

Тому для оцінки загального негативного впливу викидів ТЕЦ на стан здоров'я населення слід урахувати і канцерогенний ризик, і неканцерогенний ризик, а також метеоумови, за яких відбувається цей вплив.

Побудова нечіткої моделі екологічного ризику. Розглядаючи задачу прогнозування ризику здоров'ю населення від забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств, слід звернути увагу на те, що в деяких випадках постає необхідність оцінки багатокомпонентного ризику. Також в конкретних дослідженнях з'являється проблема з недостатністю та невизначеністю знань про досліджувану систему, тобто отримання потрібної інформації є складною, трудомісткою, дорогою або

зовсім неможливою задачею. Тому в нашому випадку доцільно використовувати нечіткий підхід.

Першим кроком побудови нечіткої моделі складного екологічного ризику є визначення вхідних та вихідних параметрів моделі в термінах лінгвістичних змінних. Враховуючи те, що у викидах ТЕЦ містяться і канцерогенні, і неканцерогенні речовини, в якості вхідних змінних було прийнято використовувати канцерогенний та токсикологічний (неканцерогенний) ризику. Крім цих двох компонентів, слід урахувати метеорологічні умови, за яких відбувається вплив забруднювачів на стан здоров'я населення. [5]

Отже, при побудові моделі з оцінки екологічного ризику розглядається об'єкт з одним виходом і трьома входами: $y = f_y(x_1, x_2, x_3)$.

Вхідними змінними в даному випадку є: x_1 – канцерогенний ризик, x_2 – неканцерогенний ризик, x_3 – метеорологічні умови. Вихідна змінна y являє собою складений екологічний ризик.

Кожна лінгвістична змінна задавалася 10-бальною шкалою. Для оцінки лінгвістичних змінних використовувалися якісні терми. Даний етап побудови нечіткої моделі, на якому визначаються лінгвістичні оцінки змінних і необхідні для їхньої формалізації функції приналежності, має назву фазифікації змінних.

З огляду на те, що в задачі оцінки ризику постає необхідність завдання ядра нечіткої множини у вигляді інтервалу, було використано трапецієподібні функції приналежності у вигляді (L-R)-форм.

Отже, урахувавши всі моменти етапу фазифікації змінних, в табл. 6 зведено параметри вхідних та вихідної змінних на цьому етапі.

Таблиця 6
Опис змінних на етапі фазифікації

Назва лінгвістичної змінної	Терми	Значення параметрів функції приналежності
Канцерогенний ризик	Прийнятний	[0 0 2 10]
	Припустимий	[0 4 6 10]
	Неприпустимий	[0 8 10 10]
Токсикологічний ризик	Прийнятний	[0 0 2 10]
	Припустимий	[0 4 6 10]
	Неприпустимий	[0 8 10 10]
Метеоумови	Сприятливі	[0 0 2 10]
	Припустимі	[0 4 6 10]
	Несприятливі	[0 8 10 10]
Складений ризик	Незначний	[0 0 0.769 10]
	Мінімальний	[0 1,539 2,308 10]
	Прийнятний	[0 3,077 3,846 10]
	Припустимий	[0 4,615 5,385 10]
	Неприпустимий	[0 6,154 6,923 10]
	Небажаний	[0 7,692 8,462 10]
Неприпустимий	[0 9,231 10 10]	

Згідно заданим таким чином функцій приналежності, була побудована модель складного екологічного ризику в модулі Fuzzy Logic Toolbox пакету Matlab. На рис. 1 наведено діалогове вікно редактору функцій приналежності для вхідної змінної «Канцерогенний ризик».

Аналогічно описуються інші вхідні та вихідна змінні моделі.

Наступним кроком в побудові нечіткої моделі є формування бази нечітких правил. В даній моделі використовувалися нечіткі правила з кон'юнктивною формою висновку. Наприклад:

- П₁: ЯКЩО Канцерогенний ризик є Прийнятий І Токсикологічний ризик є Прийнятий І Метеоумови є Сприятливі
- ТО Складний ризик є Незначний.

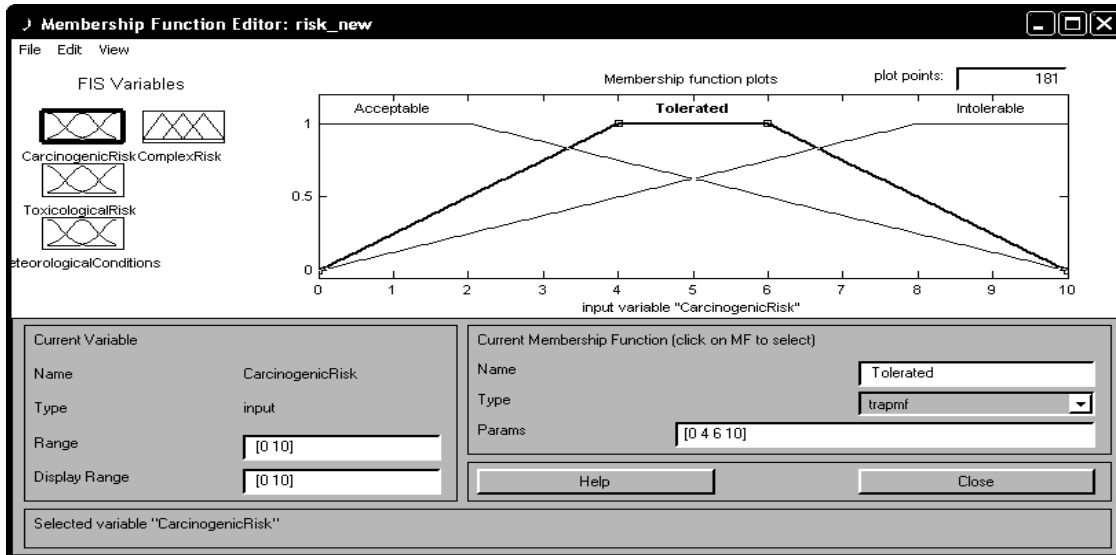


Рис. 1. Опис вхідної змінної терм-множиною

Для того, щоб оцінити складаний екологічний ризик при заданих значеннях вхідних змінних, слід сформуванати базу нечітких правил з максимальною можливою кількістю правил. Для кон'юнктивної передумови, кількість нечітких правил для покриття простору вхідних змінних як добуток кількості лінгвістичних термів для кожної вхідної змінної.

В нашому випадку кожна вхідна змінна описана трьома термами, тому кількість нечітких правил дорівнює 27.

Після того, як сформовані всі правила, можна

оцінити складаний екологічний ризик, використовуючи в якості значень вихідних змінних значення, наведені в табл. 4, 5. Значення канцерогенного ризику для зручності були масштабовані в 10-бальну шкалу.

Розглянемо два випадки. Спершу розрахуємо складаний екологічний ризик для нормального режиму експлуатації при сприятливих метеоумовах, а потім - для аварійного режиму за тих же метеоумов.

На рис. 2, 3 наведені результати дефазифікації вихідної змінної для обох випадків.

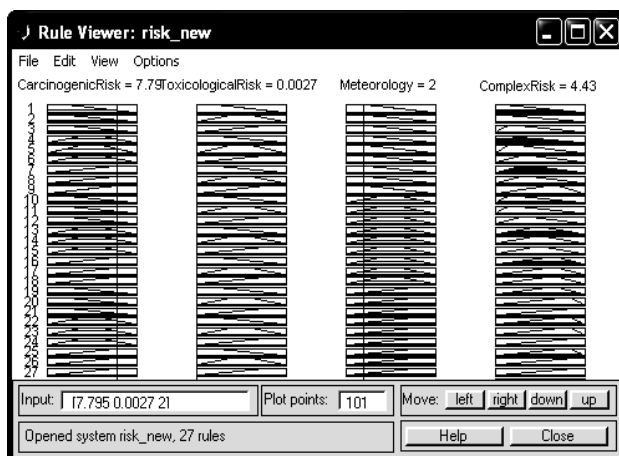


Рис. 2. Складний ризик при нормальному режимі

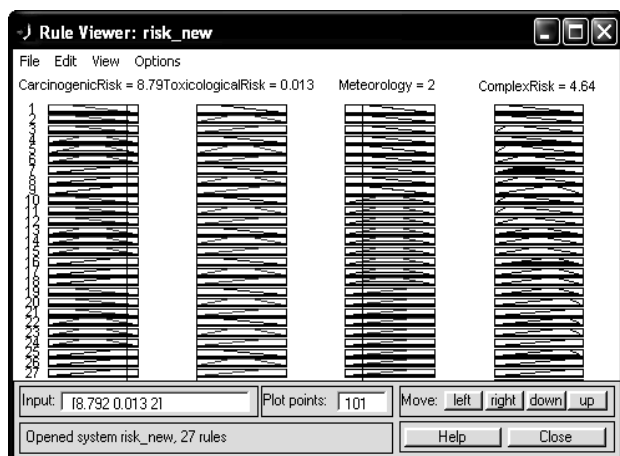


Рис. 3. Складний ризик при аварійному режимі

З отриманих значень вихідної змінної нечіткої моделі складного екологічного ризику видно, що при нормальному режимі експлуатації за сприятливих метеоумов екологічний ризик для здоров'я оцінюється в 4,43 бала, тобто ризик є прийнятним. В іншому ж випадку – при аварійному режимі за сприятливих метеоумов – ризик дорівнює 4,64 і описується термом «Припустимий ризик».

Висновки

Отже, запропонований нечіткий підхід до оцінки та прогнозування складного екологічного ризику поєднав дві моделі: імовірнісну (безпорогову) модель канцерогенного ризику і розраховану на нормативній базі граничну модель токсикологічного ризику, що використовує граничні значення змісту шкідливих речовин в об'єктах навколишнього середовища. Тому використання даного підходу дозволяє оцінювати комплексний характер впливу забруднювачів, тобто урахувати повний перелік всіх хімічних речовин, здатних впливати на людей містити у собі, навіть для одного маршруту впливу, одночасно набори канцерогенів і токсикантів, а також метеоумови, за яких цей вплив відбувається. Інакше кажучи, за допомогою нечіткої моделі складного екологічного ризику можна провести комплексну оцінку негативного впливу шкідливих виробництв для здоров'я населення, яке проживає на екологічно небезпечних територіях.

Таким чином, розроблена нечітка модель дозволяє оцінити за 10-бальною шкалою та спрогнозувати значення складного екологічного ризику для здоров'я населення. Модель доцільно використовувати для оцінки ризиків не тільки від підприємств

теплової енергетики, але й від виробництв інших галузей за умови передчасного проведення ідентифікації небезпеки.

Список літератури

1. Методичні рекомендації МР 2.2.12-142-2007 «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» [Електронний ресурс]. – 2007. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon.nau.ua/doc>.
2. Катасонова О.І. Методологічні основи оцінки ризику впливу забруднення навколишнього середовища на здоров'я населення / О.І. Катасонова // Зб. наук. пр. студентів спеціальностей «Інформаційні управляючі системи і технології», «Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг». – 2009. – С. 212-215.
3. Качинський А.Б. Методологічні основи ризику в медико-екологічних дослідженнях та його значення для екологічної безпеки України. / А.Б. Качинський, А.М. Сердюк // Лікарська справа. – 1995. – № 3(4). – С. 5-15.
4. Меньшиков В.В. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферы в исследуемом регионе: учебное пособие для вузов. / В.В. Меньшиков, А.А. Швыряев. – М.: МГУ, 2004. – 124 с.
5. Ротштейн А.П. Прогнозирование количества заболеваний на основе экспертно-лингвистической информации / А.П. Ротштейн Е.Е. Лойко, Д.И. Кательников // Кибернетика и системный анализ. – 1999. – № 2. – С. 178-185.
6. Kolluru R.V. Health Risk Assessment: Principles and Practices. / R.V. Kolluru // Risk Assessment and Management Handbook. For Environmental, Health, and Safety Professionals. – New York: McGraw-Hill, Inc., 1996. – 251 p.

Надійшла до редколегії 27.04.2010

Рецензент: канд. техн. наук, доцент Г.С. Попенко, Харківський національний економічний університет, Харків.

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

И.А. Ушакова, Е.И. Катасонова

Рассмотрены и определены основные этапы процедуры оценки экологического риска негативного влияния загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятий тепловой энергетики на здоровье человека. Оценены экологические риски по стандартной методике путем определения индексов неканцерогенной опасности и индивидуальных и коллективных канцерогенных рисков. Построена нечеткая модель сложного экологического риска. По модели оценены значения экологического риска по 10-балльной шкале с учетом влияния метеорологических условий на значение риска

Ключевые слова: загрязнение атмосферы выбросами ТЭС, нечеткая модель сложного экологического риска.

METHODS OF FORECASTING OF ECOLOGICAL RISKS FROM POLLUTION OF ATMOSPHERIC AIR

I.A. Ushakova, O.I. Katasonova

The basic stages of procedure of an estimation of ecological risk of negative influence of atmospheric air pollution by emissions from the enterprises of thermal power on human health are considered and defined. Ecological risks by a standard technique by definition of indexes of non-carcinogenic danger and individual and collective carcinogenic risks are estimated. The fuzzy model of complicated ecological risk is constructed. On model values of ecological risk on 10-mark scale taking into account influence of weather conditions on value of risk are estimated/

Keywords: atmosphere pollution by emissions TPS, fuzzy model of complicated ecological risk.