

МОДЕЛЮВАННЯ РІВНЯ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІСЛЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ

Для дослідження соціально-економічних показників прийнятного радіаційного ризику щодо мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи пропонується один із системних підходів аналітичного передбачення, а саме, метод аналізу ієрархій. В найбільш спрощеному вигляді ієрархія будується з вершини (цілей), через проміжні рівні (критерії, від яких залежать наступні рівні) до самого низького рівня (який зазвичай виявляється переліком альтернатив). Для визначення пріоритетів окремих компонент інших рівнів ієрархічної структури досліджуваного процесу (починаючи з третього і до останнього) число матриць попарних порівнянь завжди відмінна від одиниці. У випадку повної ієрархії їх число зумовлюється кількістю структурних елементів вищого рівня, а при неповній ієрархії - числом причинно-наслідкових зв'язків між сусідніми рівнями.

Ключові слова: радіаційний ризик, метод аналізу ієрархій, моделювання, техногенно-екологічна безпека, Чорнобильська катастрофа.

Вступ.

Через двадцять сім років після Чорнобильської аварії потреба в продовженні вивчення її серйозних наслідків залишається як і раніше актуальною. Поняття «мирного атома» 26 квітня 1986 року зникло в хмарі над палаючим четвертим реактором Чорнобильської атомної станції. Найдужча і масштабна техногенна катастрофа в історії людства відбулася поблизу маленького українського містечка на річці Прип'ять.

Постраждали групи населення: I. Ліквідатори 1986-1987; II. Інші ліквідатори; III. Евакуйовані особи; IV. Жителі надзвичайно забруднених територій; V. Жителі інших забруднених територій VI. Населення України, Білорусії і Росії; VII. Населення інших країн, ніж Росії, України і Білорусії; VIII. Усе населення планети.

Чотири групи населення перетерпіли найважчі наслідки для здоров'я серед яких:

- 1) робітники по ліквідації наслідків аварії, або «ліквідатори», включаючи як цивільний, так і військовий персонал, покликаний проводити роботи з очищення і будівництва захисного покриття для реактора;
- 2) евакуйоване населення з небезпечно заражених територій з 30-км зони навколо атомної станції;
- 3) діти, народжені в родинях трьох вище перерахованих груп.

Наслідки Чорнобильської катастрофи

26 квітня 1986 р. - стався вибух на Чорнобильській атомній станції, яка розташована в 130 км від Києва. В результаті вибуху була зруйнована активна зона реактора блока №4. Загальна площа забруднення сільськогосподарських угідь - 3,5 млн. га, із них рілля - 3,1 млн. га. Радіоактивними елементами забруднено понад 1,5 млн. га лісів України. Наслідки Чорнобиля з роками не зменшуються. Потерпіли ряд районів Росії, України, Білорусії.

Вивченням радіологічних наслідків Чорнобиля займається МАГАТЕ. Ця організація, що захищає інтереси атомної енергетики, намагалася розібратися в причинах аварії і виробити рекомендації для подальшої діяльності. В 1989 р. вона приступила до розробки проекту щодо оцінок і впливу на здоров'я людей і навколишнього середовища наслідків катастрофи. Але, як показала практика, діяльність МАГАТЕ не була всебічною: як виявилось, не були обстежені 600 тисяч ліквідаторів, 100 тис. чоловік з евакуйованої 30-км зони.

1990 року у Відні представники Росії, Білорусії й України разом із МАГАТЕ підписали угоду про проведення міжнародних досліджень по Чорнобилі в науковому центрі "Прип'ять". МАГАТЕ посприяло в організації Чорнобильського центру радіаційних

досліджень. Тільки 1993 року здійснювалися п'ять проектів на суму декілька десятків мільйонів доларів [1, 2].

Ядерне пальне [7], що залишилося в зруйнованому енергоблоці Чорнобильської станції, починає неконтрольовані ланцюгові реакції. З нього пробивається на світло америцій, що у сотні разів небезпечніший стронцію. Одним з чорнобильських могильників, на думку вчених, стає Дніпро. Продовжуються мутації в людей і тварин.

За словами Дмитра Гродзинського, неодноразово реєструвалося збільшення нейтронних потоків. У зруйнованому реакторі йде розігрів паливних мас. Заново опромінені, вони розпорошуються, із саркофага тече радіаційний пил. У Чорнобильській зоні більше 800 радіаційних сховищ. Їх створили нашвидкуруч відразу ж після аварії, з розрахунком на 5-6 років. А це сотні тисяч кубометрів радіоактивних матеріалів. Тепер з них випливає америцій. Він небезпечніший стронцію - як гарматні ядра страшніші дробу.

У стихійне радіаційне сховище перетворилася ріка Прип'ять - у ній дуже брудний мул [2]. І те ж відбувається з Київським морем. У водах Дніпра стронцій, але ж ними поливають поля. Дніпро розносить рентгени на величезні території.

Академік Гродзинський спростував легенду про те, що чорнобильська радіація продовжує життя (до 124 років у "зоні відчуження" дожила селянка Марія Куліш). За його словами, "старим повезло. Їх кістковий мозок і нервова система мало сприйнятливі до радіації. Чорнобиль ударив по дітях - 50 відсотків з тих, що жили в "зоні" після аварії, отримали психічні відхилення. Чорнобиль сформував суспільство приречених"[3].

Основна частина.

Для дослідження соціально-економічних показників прийняттого радіаційного ризику щодо мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи пропонується один із системних підходів аналітичного планування, а саме, метод аналізу ієрархій (МАІ) [8].

МАІ є систематичною процедурою для ієрархічного зображення елементів, що визначають суть довільної проблеми. Метод полягає в декомпозиції проблеми на все більш прості складові і подальшій обробці послідовності суджень особи, що приймає рішення, по парних порівняннях. В результаті може бути одержана відносна ступінь (інтенсивність) взаємодії елементів в ієрархії. Ці судження потім виражаються чисельно. Метод аналізу ієрархій включає процедури синтезу множинних суджень, отримання пріоритетності критеріїв і відшукування альтернативних рішень.

В найбільш елементарному вигляді ієрархія будується з вершини (цілей), через проміжні рівні (критерії, від яких залежать наступні рівні) до самого низького рівня (який звичайно виявляється переліком альтернатив). В МАІ елементи задачі порівнюються попарно відносно їх впливу ("ваги", чи "інтенсивності") на загальну для них характеристику.

Нехай потрібно порівняти n елементів C_1, C_2, \dots, C_n , які мають вагу v_1, v_2, \dots, v_n . Тоді попарні порівняння матимуть наступний вигляд:

	C_1	C_2	...	C_n	
C_1	v_1 / v_1	v_1 / v_2	...	v_1 / v_n	
C_2	v_2 / v_1	v_2 / v_2	...	v_2 / v_n	(1)
...	
C_n	v_n / v_1	v_n / v_2	...	v_n / v_n	

Очевидно, що попарні порівняння призводять до формування квадратної таблиці матричної форми з рівною кількістю рядків і колонок, яка має властивості зворотної симетричності:

$$v_1 / v_n = 1 / (v_n / v_1) \quad (2)$$

Однакова вага впливу вимірюється 1. Тому по діагоналі матриць попарних порівнянь завжди будуть одиниці.

Коли проблеми відображені ієрархічно, матриця складається для порівняння відносної важливості критеріїв на нижчому рівні по відношенню до критеріїв вищого рівня.

У загальному випадку вага елементів v_1, v_2, \dots, v_n невідома, тому для проведення суб'єктивних парних порівнянь у [1] розроблена шкала, описана в таблиці.

Інтенсивність відносної важливості	Визначення	Пояснення
1	Рівна важливість	Рівний вплив двох видів діяльності на ціль
3	Помірна перевага одного над другим	Досвід і судження дають легку перевагу одному виду діяльності над іншим
5	Суттєва або сильна перевага	Досвід і судження дають сильну перевагу одному виду над іншим
7	Значна перевага	Одному виду діяльності надається настільки сильна перевага, що вона стає практично визначальною
9	Дуже значна перевага	Очевидність переваги одного виду діяльності над іншим підтверджується найбільш сильно.
2,4,6,8	Проміжні рішення між двома сусідніми судженнями	Застосовуються в компромісному випадку
Обернені величини приведених вище чисел (1/2, 1/5 ...)	Якщо при порівнянні одного виду діяльності з іншим отримано одне з вищевказаних чисел (наприклад 3), то при порівнянні другого виду діяльності з першим отримаємо обернену величину (тобто 1/3)	

Суб'єкт, який заповнює матрицю попарних порівнянь, повинен бути впевнений у всіх градаціях своїх суджень. Існують теоретичні обґрунтування того, що для кращої узгодженості і точності індивідууму не слід порівнювати більше 9 об'єктів. Тому шкала обмежена 9-ти бальними оцінками. Після заповнення експертами матриці (матриць) попарних порівнянь переходять до розрахунків вектора її пріоритетів, що визначають вплив елементів другого рівня на фокус проблеми. Для цього необхідно розрахувати множину власних векторів матриці та нормалізувати отриманий результат до одиниці. Ми скористалися наближеним обчисленням компонент власного вектора матриці попарних порівнянь по рядку, яке полягає у відшуканні добутку елементів рядка та вилучення з нього кореня степені n , де n - кількість елементів у рядку.

Наступним кроком в обчисленнях є нормалізація отриманої таким чином колонки чисел шляхом ділення кожного з них на їх загальну суму:

$$b_i = \frac{q_i}{\sum_{i=1}^n q_i} \quad (3)$$

де b_i - нормалізована компонента власного вектора матриці (1) по рядку i .

Оскільки на першому рівні ієрархії завжди знаходиться один елемент (фокус проблеми), що передбачено методичними положеннями МАІ, то матриця попарних порівнянь для елементів другого рівня теж буде одна. Як наслідок, її нормований власний вектор $B(b_1, b_2, \dots, b_n)$ і буде вектором пріоритетів другого рівня ієрархії.

Для визначення пріоритетів окремих компонент інших рівнів ієрархічної структури досліджуваного процесу (починаючи з третього і до останнього) кількість матриць попарних порівнянь завжди відмінна від одиниці. У випадку повної ієрархії їх число зумовлюється кількістю структурних елементів вищого рівня, а при неповній ієрархії - кількістю причинно-наслідкових зв'язків між сусідніми рівнями. Тому з'являється необхідність зважування нормалізованих векторів, отриманих з матриць попарних порівнянь для елементів нижчого рівня, на пріоритети елементів вищого рівня. Це досягається шляхом перемноження справа матриці нормалізованих векторів, розрахованих для кожного причинно-наслідкового зв'язка між елементами сусідніх рівнів, на вектор пріоритетів елементів вищого рівня. У матричному вигляді розрахунки здійснюються за формулою:

$$B^{r+1} = C^{r+1} \times B^r, \quad (4)$$

де B^{r+1} , B^r - вектор пріоритетів елементів ієрархії на рівнях $r+1$ та r ; C^{r+1} - матриця нормалізованих векторів елементів $r+1$ рівня ієрархії [3].

В результаті застосування МАІ для визначення пріоритетів були отримані такі результати.

На першому рівні найбільш небезпечними є екологічні наслідки катастрофи вони становлять 49,34%, соціальні - 31,08%, економічні - 19,58% (рис. 1).

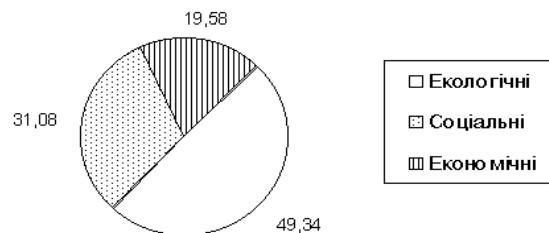


Рис. 1. Оцінка наслідків катастрофи

По вагомості щодо економічних збитків (другий рівень ієрархії) пріоритети розподілилися у наступному порядку (рис. 2): втрата сільськогосподарських угідь (5,10%), втрата обсягів виробництва (4,82%), порушення нормального режиму функціонування господарства (2,82%), створення додаткових запасів продукції (2,71%), передчасне вибування основних виробничих фондів (2,36%), створення додаткових резервів виробничих потужностей (1,32%), скорочення власної сировинної бази (0,45%).

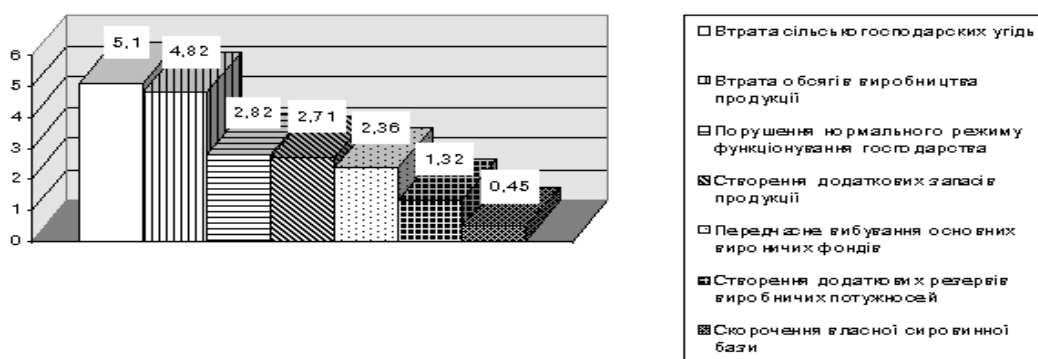


Рис. 2. Оцінка вагомості економічних збитків.

Серед соціальних збитків (рис. 3) найбільшу питому вагу мають забезпечення послугами охорони здоров'я (8,92%) та забезпечення комунальними послугами (5,13%). Інші збитки по степені вагомості розподілились у наступному порядку: зміна структури споживання (4,84%), надання соціальних пільг і гарантій для забезпечення можливості збереження життєвого рівня (4,21%), втрати трудових ресурсів (3,81%), зміна умов та характеру праці (2,15%), затрати на перерозподіл трудових ресурсів (2,02%).

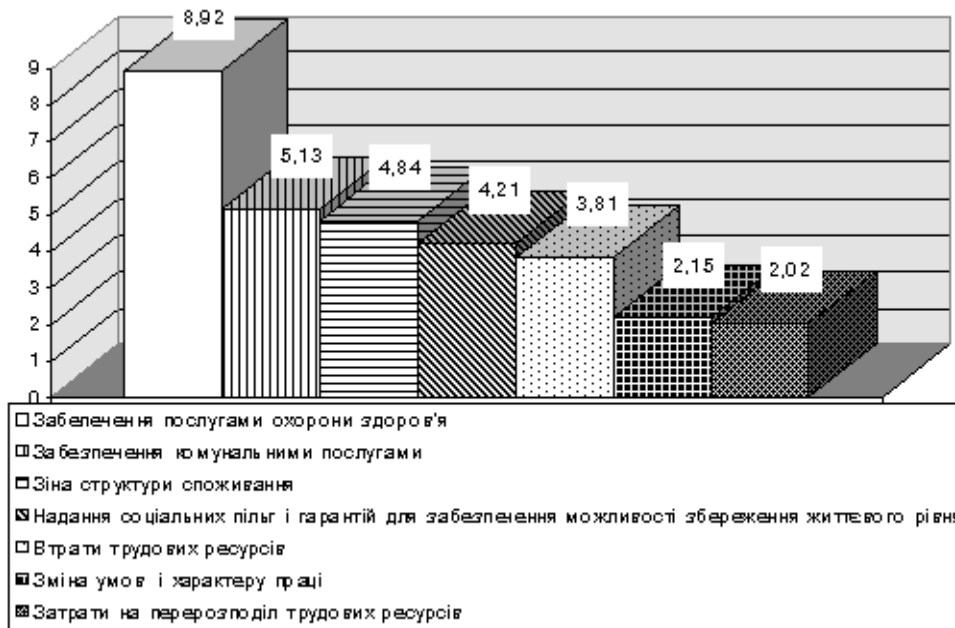


Рис. 3. Оцінка вагомості соціальних збитків

В свою чергу серед екологічних збитків найбільш вагомими є: руйнування ґрунтового покриву - (14,16%), забруднення джерел та водойм -(11,42%). Далі йде забруднення атмосфери - (6,83%), пошкодження тваринного світу - (5,94%), погіршення якісних характеристик природних ресурсів - (5,17%), пошкодження рослинного покриву - 3,77(%), порушення кліматичного балансу - (2,05%) (рис. 4).

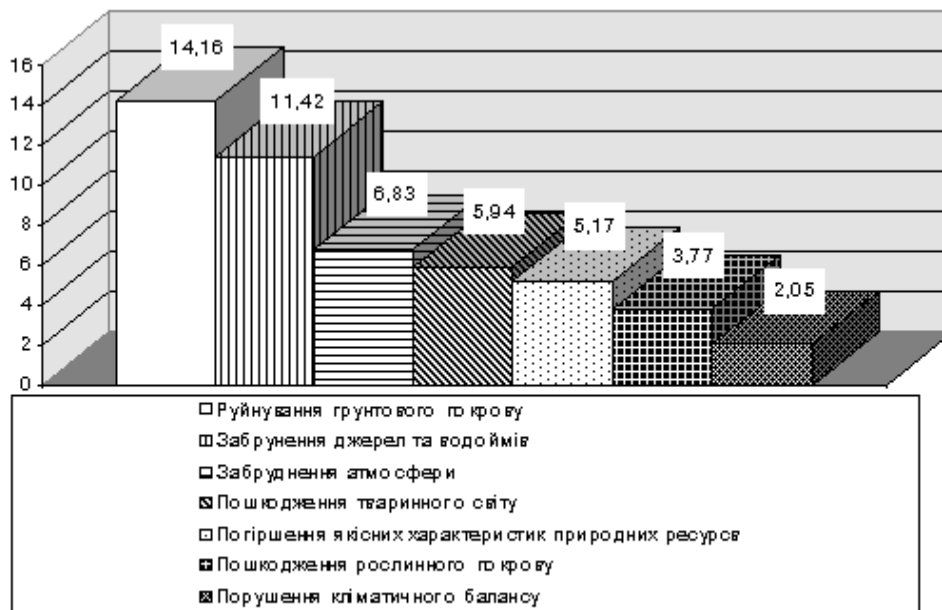


Рис. 4. Оцінка вагомості екологічних збитків.

Отримані в результаті обробки експертного опитування оцінки, дають змогу провести порівняльний аналіз вагомості конкретних економічних, соціальних та екологічних збитків в єдиному контексті. Найбільш вагомими серед всієї сукупності збитків є втрати від руйнування ґрунтового покриву та забруднення джерел і водойм. Очевидно, що відновлення ґрунтового покриву з доаварійними характеристиками неможливе, тому заходи по зменшенню збитків щодо цього чинника мають бути спрямовані на запобігання ерозії та зміцнення ґрунтового покриву. Наслідки забруднення джерел і водойм складають особливу небезпеку через можливість проникнення радіаційних викидів у ґрунтові води. Замикають чільну трійку найбільш вагомих збитків витрати, пов'язані з забезпеченням населення послугами охорони здоров'я. Збитки від скорочення сировинної бази мають найнижчий пріоритет, оскільки забруднені території не мають істотних покладів корисних копалин.

Отже, застосування методу аналізу ієрархій для розрахунку кількісних оцінок дало змогу отримати оцінки пріоритетів прийнятного ризику наслідків катастрофи на ЧАЕС.

Ці показники повинні стати методологічною основою для наукового обґрунтування рівня необхідної техногенно-екологічної безпеки і функціонально-просторових природно-господарських зон, прийняття рішень щодо розміщення нових потенціально небезпечних промислових об'єктів і розширення діючих [1].

Результати комп'ютерного моделювання.

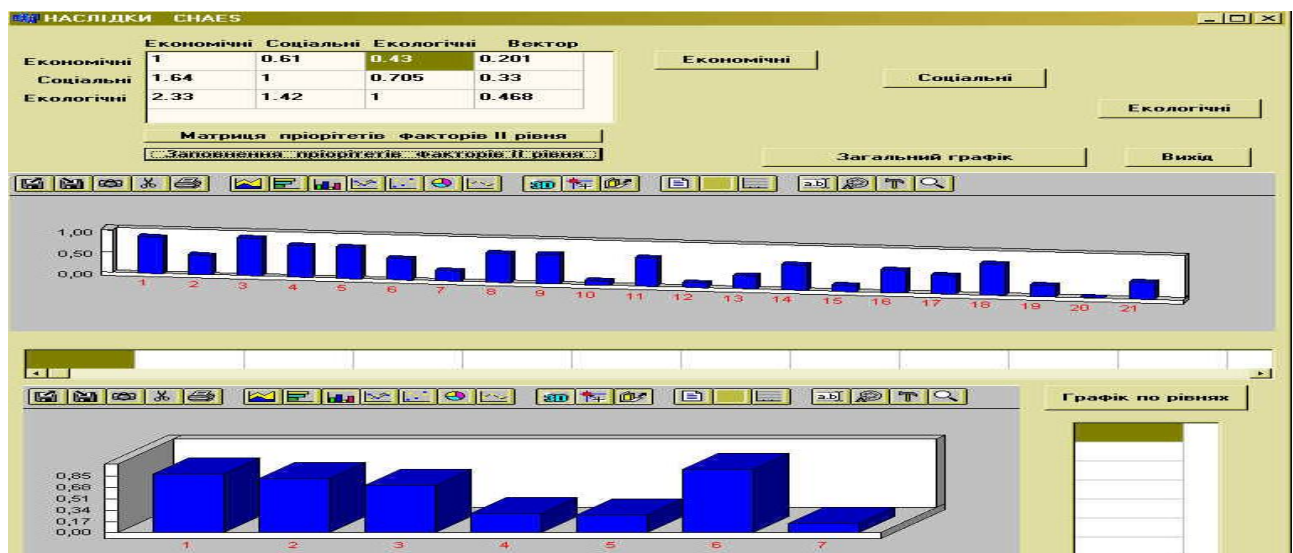


Рис.5. Встановлення пріоритетів на II рівні ієрархії.

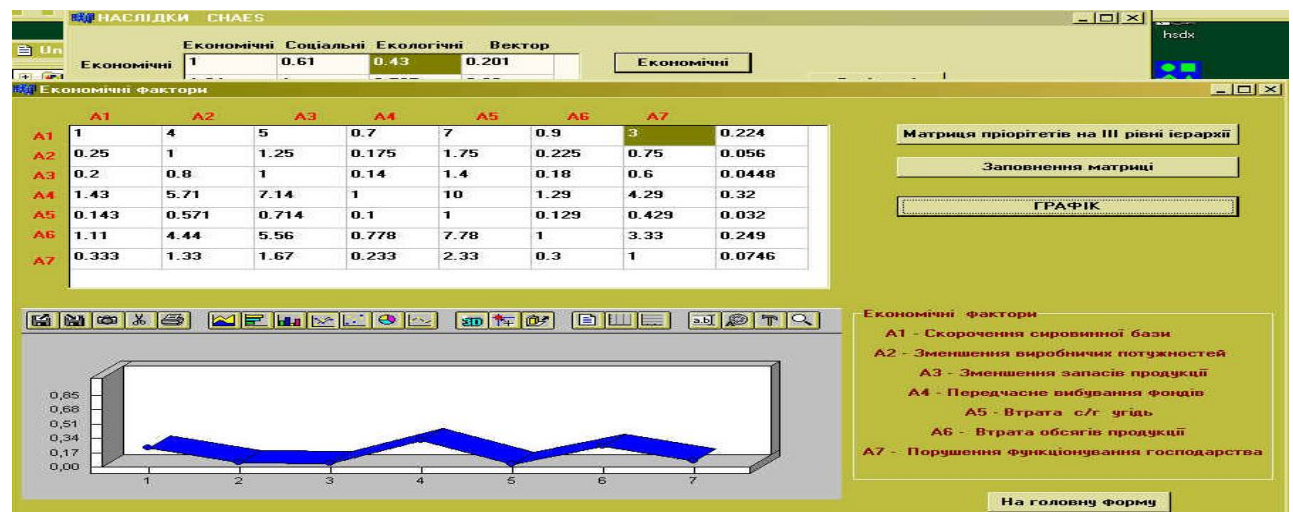


Рис.6. Пріоритети економічних факторів.

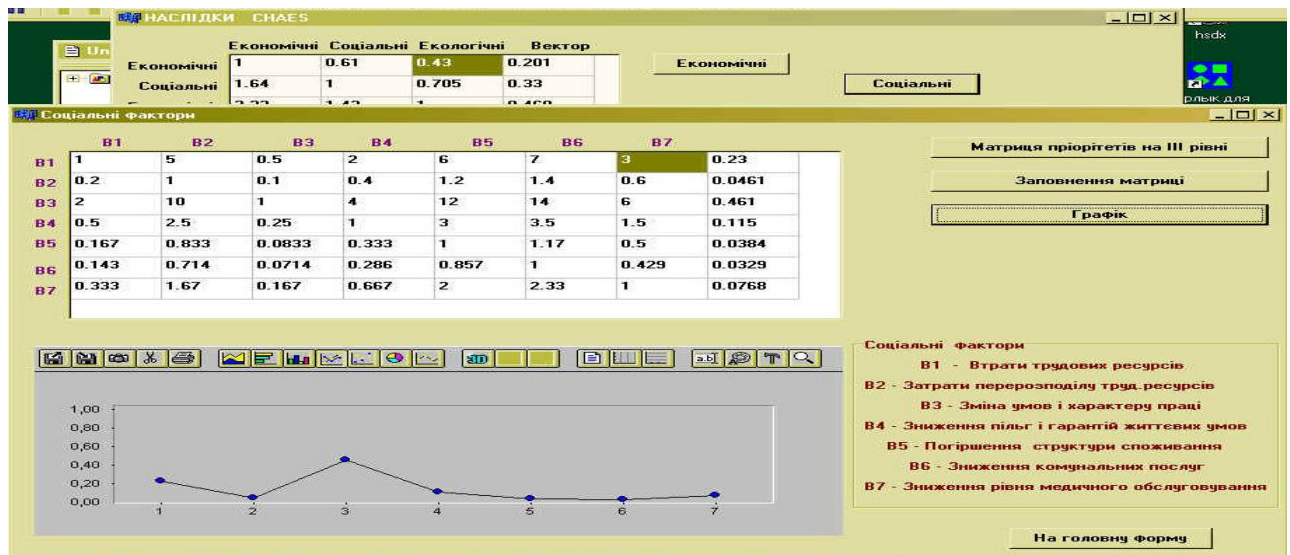


Рис. 7. Пріоритети соціологічних факторів.

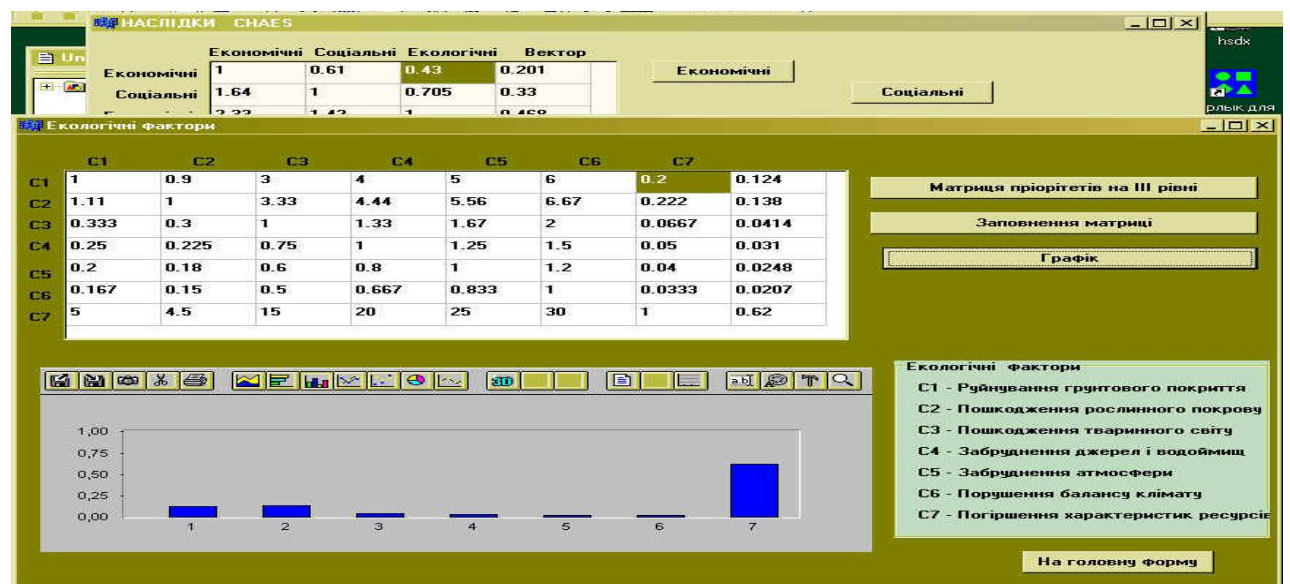


Рис.8. Пріоритети екологічних факторів.

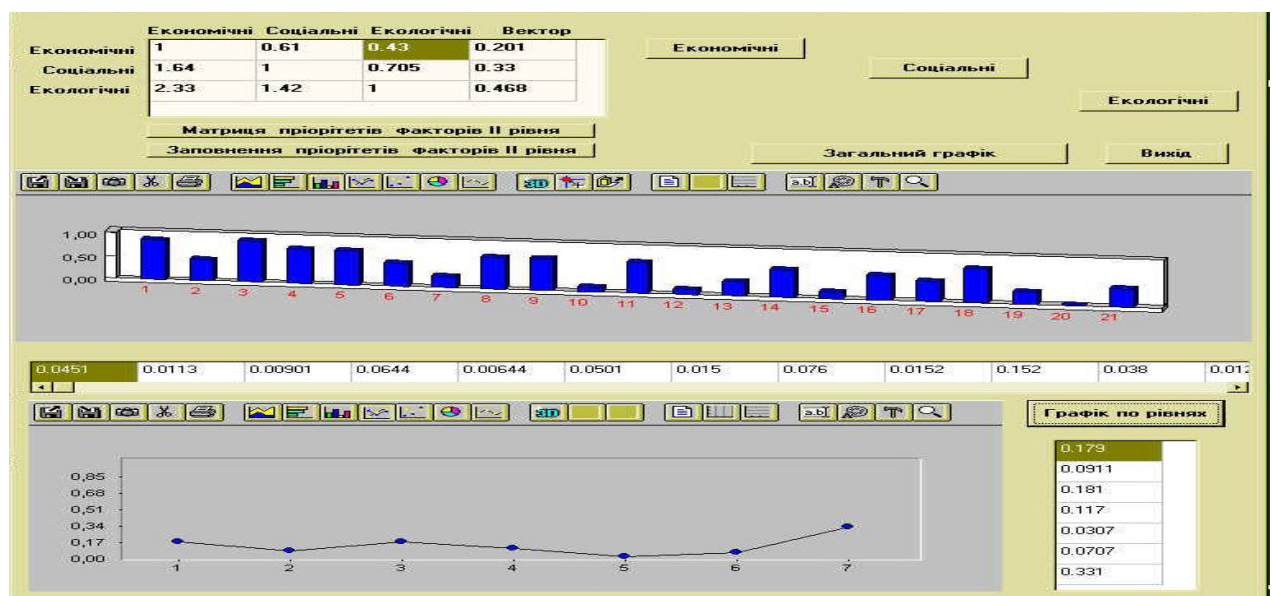


Рис.10. Графік прогнозованих пріоритетів рівнів.

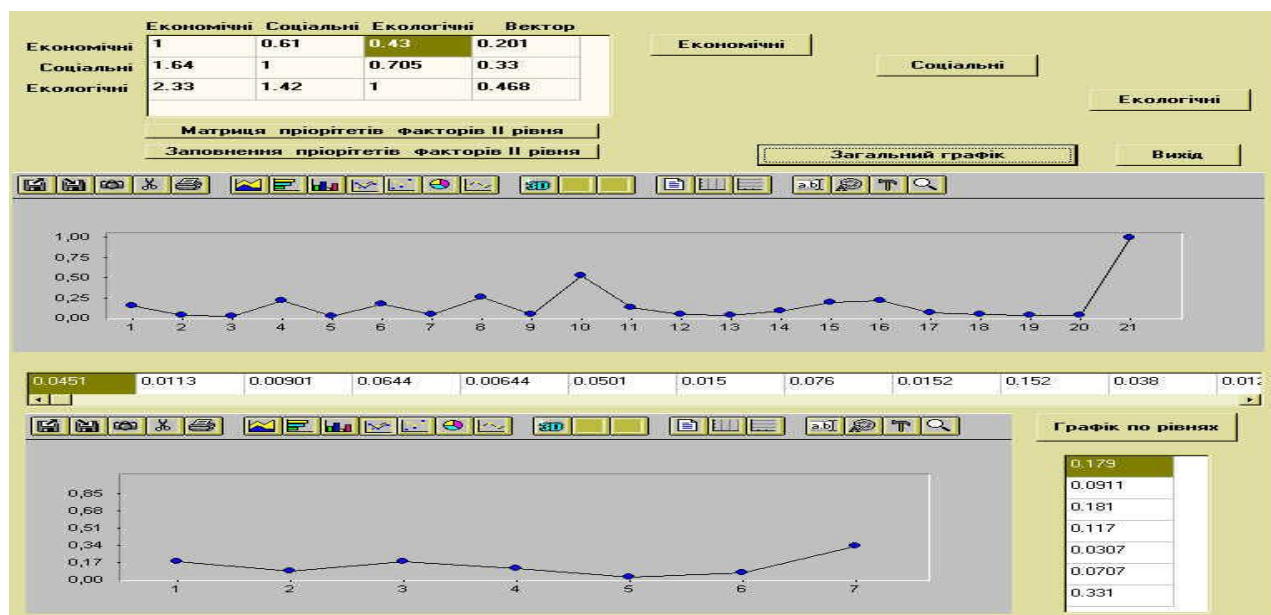


Рис.11. Нормований загальний графік пріоритетів.

Висновки.

По-перше, надзвичайно важливо, щоб при прийнятті рішень про рівень і масштаб впливу на людський організм міжнародне співтовариство враховувало набагато більш багатоаспектний масив даних. В особливості повинні бути невідкладно досліджені причини значної розбіжності максимальних оцінок і оцінок, прийнятих Міжнародним агентством з атомної енергії та Всесвітньою організацією охорони здоров'я.

По-друге, за відсутності належним чином скоординованої і врегульованої на міждержавному рівні концепції відстеження коефіцієнта захворюваності і тенденцій смертності як від ракових, так і від інших захворювань в регіоні, що зазнав небезпечного впливу, при особливому упорі на цей показник для населення найбільш забруднених територій України, Білорусії і Російської Федерації, була упущена (хоча і сумна) можливість повного вивчення віддалених у часі наслідків катастроф такого роду. Більш того, також здаються безповоротно втраченими можливості своєчасного, на ранніх стадіях здійснення програм медичного контролю, лікування та догляду.

Список літератури:

1. Дурдинець В. Гіркий досвід трагедії 26 квітня 1986 року // Надзвичайна ситуація. - 2000. - № 4. - С. 1-3.
2. Рахно В. Радіоактивне звалище на колесах: Із історії ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС // Профспілк. газета. - 1997. - 19 листоп. - С. 4.
3. Чернобыльская катастрофа /НАН Украины; Гл. ред. Барьяхтар В. Г. - К.: Наук. думка, 1995. - 558 с.
4. Коваленко А., Рисованный Ю., Чернобыль – каким его увидел мир. – К., 1989 г., стр. 7 – 8, 40, 72, 93 – 94.
5. Невский А., Метеорит, взорвавший Чернобыль [Смелая гипотеза автора] // Техника – молодёжи. – 1999г., №1 – стр. 16.
6. Худяков. А., Преодоление последствий трагедии Чернобыля, «Международная жизнь» №7, август 1997 г., стр. 73 – 78.
7. Качинський А. Б., Агаркова Н.В., Степаненко А.В. Регіональний вимір екологічної безпеки України з урахуванням загроз виникнення техногенних і природних катастроф. - Монографія, Серія "Екологічна безпека". Випуск 2, НІСД, 1996.
8. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М. : Радио и связь, 1993. - 320 с.

LEVEL MODELING TECHNOGENIC AND ECOLOGICAL SAFETY AFTER CHERNOBYL

To study the socio-economic indicators of acceptable radiation risk to minimize the consequences of the Chernobyl disaster offers a systematic approach to the analytical prediction, namely the analytic hierarchy process. In the most simplified form, the hierarchy is built from the top (objectives) through intermediate levels (criteria on which subsequent levels depend) to its lowest level (which of course is the list of alternatives). To determine the priorities of individual components of other levels of the hierarchical structure of the investigated process (from the third to the last), the number of matrices of pair wise comparisons are always different from one. If the full hierarchy of the numbers is due to the number of structural elements of a higher level, while part-time hierarchy - the number of causal relationships between adjacent levels.

Keywords: radiation risk, the method of analysis of hierarchies, modelling, technological-ecological safety, the Chernobyl disaster.

*И.О. Малец, к.т.н.
(Львовский государственный университет безопасности
жизнедеятельности)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ ТЕХНОГЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ

Для исследования социально-экономических показателей приемлемого радиационного риска по минимизации последствий Чернобыльской катастрофы предлагается один из системных подходов аналитического предсказания, а именно, метод анализа иерархий. В наиболее упрощенном виде иерархия строится с вершины (целей), через промежуточные уровни (критерии, от которых зависят последующие уровни) к самому низкому уровню (который обычно оказывается перечнем альтернатив). Для определения приоритетов отдельных компонент других уровней иерархической структуры исследуемого процесса (начиная с третьего и до последнего) число матриц по-парных сравнений всегда отлична от единицы. В случае полной иерархии их число обусловлено количеством структурных элементов высшего уровня, а при неполной иерархии - числом причинно-следственных связей между соседними уровнями.

Ключевые слова: радиационный риск, метод анализа иерархий, моделирование, техногенно-экологическая безопасность, Чернобыльская катастрофа.