

УДК 519.713.631.411.6

У роботі надані теоретико-практичні засади обґрунтування методології оцінки екологічності на основі імовірнісно-ентропійного ризик-аналізу для розв'язання задач екологічної безпеки на рівні ландшафтно-геохімічних комплексів і територіально-об'єктових систем

Ключові слова: імовірнісно-ентропійний підхід, екологічна небезпека, комплексна оцінка якості

В работе предоставлены теоретико-практические основы обоснования методологии оценки экологичности на основе вероятностно-энтропийного риск-анализа для решения задач экологической безопасности на уровне ландшафтно-геохимических комплексов и территориально-объектовых систем

Ключевые слова: вероятностно-энтропийный подход, экологическая опасность, комплексная оценка качества

Theoretical practical bases of justification of ecological compatibility estimation method is given in the article and is based upon probabilistic entropic risk analysis for solving ecological security problems at the level of landscape geochemical complexes and territorial object systems

Keywords: probability entropic approach, ecological danger, quality complex estimation

КОНЦЕПЦІЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ СИСТЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНО- ТЕХНОГЕННИХ І ЛАНДШАФТНО- ГЕОХІМІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

О.М. Касимов

Доктор технічних наук, професор, завідувач лабораторією
Лабораторія систем і методів поводження з промисловими
відходами і викидами в атмосферу
Український науково-дослідницький інститут екологічних проблем
вул. Бакуліна, 6, м. Харків, Україна, 61166
Контактний тел.: (057) 702-07-37
E-mail: ecolab25dogniiep.kharkov.ua

Т.В. Козуля

Кандидат географічних наук, доцент*
Контактний тел.: (057) 707-64-74; (057) 707-65-05
E-mail kozulia@kpi.kharkov.ua

Д.І. Ємельянова*

E-mail sone4ko-2008@yandex.ru

М.М. Козуля*

*Кафедра комп'ютерного моніторингу і логістики
Національний технічний університет "Харківський політехнічний
інститут"
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

В.В. Гагарін

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра інформаційних технологій у міському господарстві
Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61002

Актуальність проблеми

Сучасні рівні розширення масштабів техногенної діяльності нерозривно пов'язані з інтенсифікацією темпів розвитку екологічно небезпечних виробництв, появою нового спектру навантаження на навколишнє природне середовище (НПС).

Результатом економічного розвитку суспільства стає небезпека здоров'ю і життю людей, зниження якості об'єктів НПС, зменшення матеріальної бази виробництва.

Метою роботи є розвиток теорії і методів комплексного аналізу рівня небезпеки складних природно-територіальних технічних об'єктів на основі взаємоузгодження імовірнісно-ентропійної оцінки екологічності економічної, екологічної, і соціальної складових для підвищення рівня безпеки природно-техногенних біосистем (ПТГС).

У розв'язанні задач дослідження у роботі вирішувалися такі питання:

1. Розробка математичної моделі комплексної імовірнісно-ентропійної ризик - оцінки рівня екологічної безпеки для територіально-об'єктових систем з метою встановлення рівня їх екологічності (відсутність негативного впливу на об'єкти НПС і людину).

2. Проведення розрахунків оцінки екологічності стану техногенно-навантажених об'єктів за наданою методикою з метою забезпечення об'єктивності управлінських рішень [1].

Аналіз результатів дослідження

Запропонована методологія комплексної екологічної оцінки (КЕС) якості складних територіально-об'єктових систем визначається формуванням нового

імовірнісно-ентропійного підходу з аналізу даних моніторингу за трьома аспектами – економічним, екологічним і соціальним, відповідно до вимог концепції сталого розвитку. Практична реалізація методологічної розробки подана у вигляді співставлення результатів аналізу стану території



Рис. 2. Схема ентропійного ризик - аналізу стану систем-системних об'єктів

ландшафтно-геохімічних комплексів Зміївського району та природно-техногенних геосистем на прикладі моніторингу Дергачівського полігону твердих побутових відходів (ТПВ). Розглянуто два базових аспекти з обґрунтування методології комплексної оцінки екологічності навколишнього середовища: 1) встановлення структури моделі системного об'єкта на екологічних засадах і її математичний опис; формування імовірнісно-ентропійного підходу з оцінки екологічності систем на основі термодинамічного аналізу, положень синергетики, теорії ризиків; 2) визначення положень з математичного моделювання системних об'єктів і формування інформаційно-управляючої бази для розв'язання задач з імовірнісно-ентропійної оцінки екологічності природної, економічної і соціальної систем територіально-об'єктового угруповання.

На основі отриманих ентропійних характеристик стану складових об'єкта дослідження і процесів у них передбачені визначення:

- факторів стабільного впливу і трансформаційно нестабільних елементів, здатних до перетворень у забруднюючому потоці;
- стану системи як упорядкованість її макро-стану;
- рівня екологічного ризику для системи загалом.

Схема послідовності імовірнісно-ентропійного аналізу за методологією КЕС відображена на рис. 1 [1-3]:

Використання в комплексному аналізі як узагальнюючої характеристики інформаційної ентропії дозволяє оцінити не тільки стан системи, а і «якість» діяльності систем.

Екологічна оптимальність інтерпретується як розумний компроміс між зростанням антиентропійного початку - інформації та ентропійного початку - міри ризику.

Екологічна ефективність прийнятих рішень щодо зниження небезпеки в межах систем і об'єкта встановлюється за мірою ризику (ризикоемність) [2], яка є функцією часу, що дозволяє надати динаміку розвитку у вигляді переходу від даної унікальної ситуації до наступної. Таким чином за ентропійною функцією встановлюється умова рівноваги як досягнення мінімального/чи відсутності ризику. Оскільки максимальна інформація (I) про стан і процеси не виключає ризик (R): $R \rightarrow 0$ при $I \rightarrow \infty$, то прийнято при $I = \max$, $R \neq 0$, що пов'язано з нормуванням і оцінкою оцінку якості:

$$S = \begin{cases} 0 - \text{відсутність процесів і зрушень, відповідність рівновазі;} \\ 1 - \text{наявність процесів, взаємовплив систем, нерівновага} \\ -1 - \text{наявність самоорганізуючих процесів,} \\ \text{стабілізація при взаємовпливі систем - рівновага} \end{cases}$$

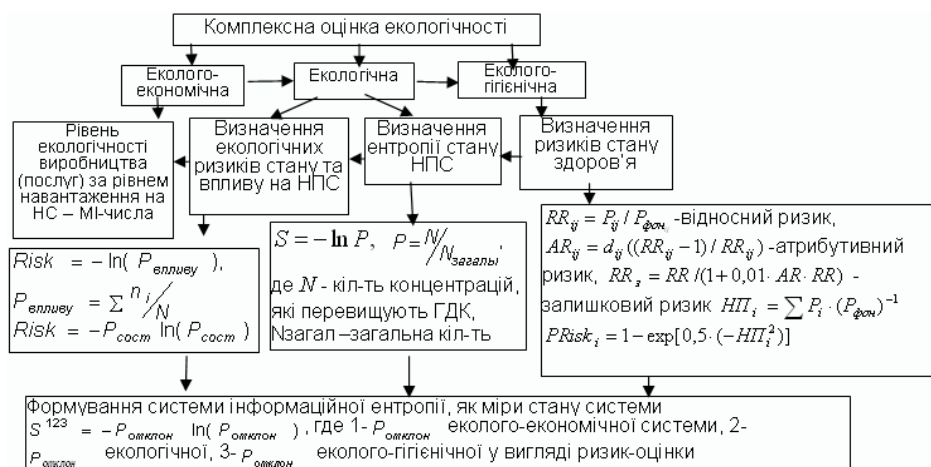


Рис. 1. Схема алгоритму комплексної ентропійної оцінки ризику

Концепція систем-системних досліджень передбачає імовірнісно-ентропійний аналіз змін у комплексній моделі об'єкта, прийняття рішення щодо управління якістю НПС на основі ентропійного ризик оцінювання характеристик фактичного стану еколого-соціально-економічної системи на рівні ПТГС і різномірних ландшафтно-геохімічних комплексів з визначенням заходів регулювання чи стабілізації гомеостазу «об'єкт – процес – НПС» (рис. 2).

Реалізація Концепції у розв’язанні прикладних задач (на прикладі еколого-гігієнічної оцінки техногенно-навантаженої території)

Методологія оцінки екологічності на основі імовірно-ентропійного і ризик-аналізу (рис. 1, 2) розглянута на прикладі обробки даних комплексного моніторингу Зміївського району і Дергачівського полігону ТПВ.

1. Оцінка джерел навантаження НПС: термодинамічний аналіз формування факторів впливу: склад небезпечних чинників та імовірність їх самовільного виникнення

Математична модель подання аналізу з формування факторів впливу визначена на базі термодинамічного аналізу виробничого чи технологічного процесу (на рівні окремих операцій) самовільного перебігу реакцій з утворенням газоподібних викидів, рідких скидів і твердих відходів. Перебігу реакції сприятимуть екзотермічні ефекти (енергетичний фактор) і зростання ентропії (ентропійний фактор) (тобто великі негативні значення і позитивні значення). У станах, які не надто далекі від рівноважного, енергетичний та ентропійний фактори діють в протилежних напрямках. Загальний перебіг реакції визначається досягненням рівноваги відповідно до значення термодинамічних характеристик:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S; \Delta_r G(298) = \Delta_r H_{298} - 298,15\Delta_r S_{298};$$

$$\Delta_r G_T^0 = \Delta_r H_{298} - T\Delta_r S_{298} + \Delta C_p \left[(T - 298,16) - T \ln \frac{T}{298,16} \right];$$

$$\Delta S_T^0 = \Delta S_{298}^0 + \sum [n_i (S_T^0 - S_{298}^0)_i]_{\text{кон}} - \sum [n_j (S_T^0 - S_{298}^0)_j]_{\text{нап}};$$

$$\Delta G(T) = \Delta H_{298} - T\Delta S_{298} + \sum_{i=0}^i [n_i (H_n(T) - H_n(298))_i] - \sum_{j=0}^j [n_j (H_m(T) - H_m(298))_j] - T \left[\sum_{i=0}^i [n_i (S_n(T) - S_n(298))_i] \right] + T \left[\sum_{j=0}^j [n_j (S_m(T) - S_m(298))_j] \right]$$

$$\Delta S = C_p (\ln T_2 - \ln T_1) = 2,3 \times C_p \log \frac{T_2}{T_1}.$$

Отримання характеристик потоку на виході для кожного джерела на рівні природно-техногенних об’єктів і їх презентабельність обґрунтовано в дослідженнях екологічної оцінки техногенно-навантажених територій Зміївського району і Дергачівського полігону ТПВ.

$$P(X, x1, x2) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \sigma(X)} \left[\frac{-1}{2} \cdot \operatorname{erf} \left(\frac{1}{2} \sqrt{2} \frac{(-\max(X) + \min(X))}{\sigma(X)} \right) \frac{\pi^1}{2} \cdot \sqrt{2} \sigma(X) + \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erf} \left(\frac{1}{2} \sqrt{2} \frac{(-\text{mean}(X) + \min(X))}{\sigma(X)} \right) \cdot \frac{\pi^1}{2} \sqrt{2} \sigma(X) \right] \quad (2)$$

Відповідно до літературних джерел з моніторингу територій дослідження надано аналіз процесів формування негативних потоків в об’єкти НПС (табл. 1)

Таблиця 1

Аналіз процесів з утворення небезпечних факторів впливу

Зміївська ДРЕС: викиди забруднюючих речовин, спалювання органічного палива	Дергачівський полігон ТПВ: перебіг процесів, пов’язаних з експлуатацією полігону
$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
$\text{V}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 2\text{VO}_2 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CuS} + \text{Cl}_2 = \text{CuCl}_2 + \text{S}$
$2\text{Cr} + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{CO}_2$	$2\text{SO}_3 + \text{CCl}_4 = \text{S}_2\text{O}_5\text{Cl}_2 + \text{COCl}_2$
$\text{MnSO}_4 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + 0,5\text{O}_2 = \text{MnO}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$3\text{HNO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}$
$2\text{ZnS} + \text{O}_2 = 2\text{ZnO} + \text{S}$	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
$\text{MgSO}_3 = \text{MgO} + \text{SO}_2$	$2\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 12\text{NO}_2 + 3\text{O}_2$
$\text{Me} - \text{R} + \text{O}_2 = \text{MeO}_n + \text{-RO}$, де Me-важкі метали, R-радикали	$5\text{C} + 4\text{NO}_3 + 4\text{H} = 5\text{CO}_2 + 2\text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Таким чином, для території Зміївської ДРЕС узгальнений небезпечний стан для еколого-соціально-економічної системи розглянуто за результатами ґрунтового і еколого-гігієнічного моніторингу. Екологічна оцінка якості і рівень безпеки визначені за даними вмісту і міграційних здібностей важких металів: цинк, молібден, мідь, свинець, ванадій, хром, нікель, кобальт, стронцій. Для території Дергачівського полігону ТПВ небезпечним фактором екологічної дестабілізації НПС визначено нітрати, нітрити, сполуки аміаку.

2. Формування комплексної моделі, встановлення вихідних термодинамічних потоків: характеристика джерел впливу, дії негативного фактору, ризику зрушень

2.1. Визначення вірогідності трансформації негативних факторів впливу на НПС

Екологічна складова ентропійної ризик-оцінки стосується, по-перше, стану фактора впливу, що встановлено за даними моніторингу територіальних ландшафтно-геохімічних комплексів і територіально-об’єктових угруповань. Вона фіксує негативність фактора як відхилення від мінімально встановленого навантаження на НПС. Це дозволяє при статистичній обробці даних спостережень визначити імовірність певного рівня безпеки. Чим менша така імовірність, тим більша за умови інтенсивності діяльності об’єкта ентропія перетворень цього фактора, що відповідно до феноменологічних знань про такі процеси може приводити до позитивних чи негативних змін у НПС. Для оцінки процесів у складових об’єкта дослідження, імовірності впливу на організми і людину розраховано вірогідність трансформацій за ентропією діючого фактора у послідовності:

$$1) \sigma(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{\text{lenght}(X)-1} (X_i - \min(X))^2}{\text{lenght}(X) - 1}}, \quad (1)$$

2) імовірність стану

3) ризик впливу як інформаційна ентропія

$$S(P) = \ln P(X, x_1, x_2) = \log_{\text{arifm}}(X)$$

$$\text{Risk} = S1 = -P(X) \cdot \ln[P(X)] \quad (3)$$

S – оцінка – ризик впливу – “Risk+” з можливістю зменшення за рахунок трансформації активності фактора “Risk+”.

Відповідно до аналізу надходжень техногенних елементів у природне середовище вважають небезпечними «продуктами» промислово-енергетичного виробництва: цинк, молібден, мідь, свинець, ванадій, хром, нікель, кобальт, стронцій [4].

Таким чином, визначені складові техногенного потоку надходжень в ПТГС, надано трансформаційно змінні складові, що призводять до позитивних ефектів (рис. 3).

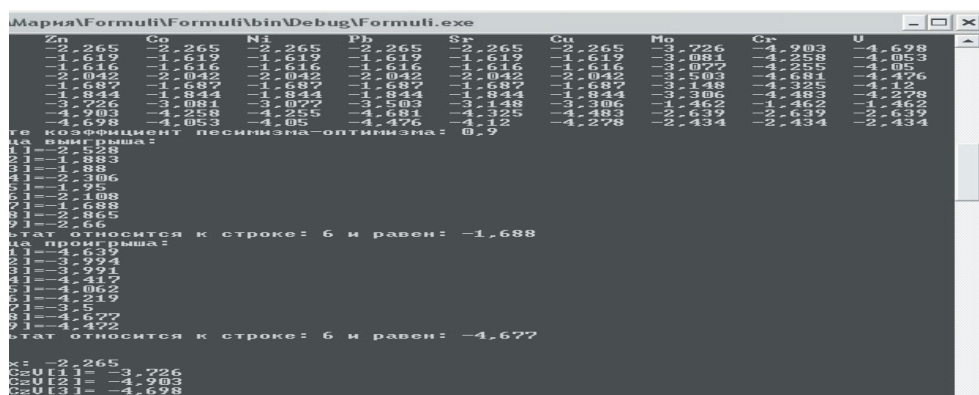


Рис. 3. Фрагмент програми розрахунку трансформованих елементів впливу на ПТГС

2.2. Екологічний стан природних систем: наявність порушень, індекси забруднення, ризик - оцінка екологічного стану

На основі виявлених характеристик впливу негативних факторів на НПС визначається екологічний ризик стану складових об'єктів:

$$1) \sigma\sigma(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{\text{length}(X)-1} (X_i - 1)^2}{\text{length}(X) - 1}} \quad (4)$$

2) імовірність відхилень від нормативного стану

$$PP(X, x1, x2) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \sigma\sigma(X)}} \left[\frac{-1}{2} \operatorname{erf} \left(\frac{1}{2} \sqrt{2} \frac{(-\max(X)+1)}{\sigma\sigma(X)} \right) \cdot \frac{\pi}{2} \sqrt{2} \sigma\sigma(X) + \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left(\frac{1}{2} \sqrt{2} \frac{(-\min(X)+1)}{\sigma\sigma(X)} \right) \cdot \frac{\pi}{2} \sqrt{2} \sigma\sigma(X) \right] \quad (5)$$

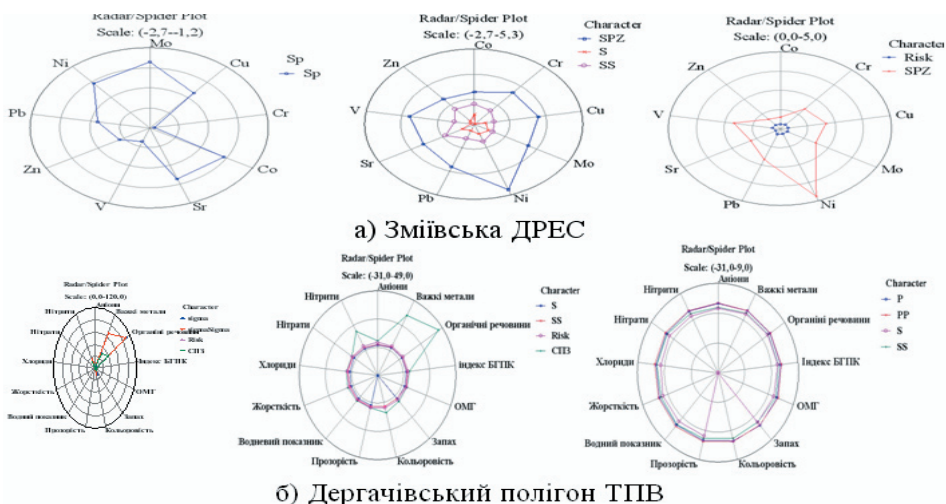


Рис. 4. Графічна інтерпретація ентропійних змін стану поллютантів: Sp (S) – ентропійна «напруга» при відхиленні від мінімально фіксованого навантаження; SS – ентропійна оцінка відхилення від нормативного навантаження; SPZ – індекс забруднення; Risk – ентропійна ризик-оцінка

3) ентропійна оцінка екологічності як рівень невпорядкованості системи

$$SS(X) = \ln[PP(X)] \quad (6)$$

$$\text{Risk} = SS(X) = -PP(X) \cdot \ln[PP(X)] \quad (7)$$

рівень безпеки – S* – оцінка як інформаційна ентропія.

Узагальнена оцінка екологічної якості території впливу Зміївської ДРЕС встановлено за станом ґрунтів як індикаторної екосистеми за результатами розрахунку параметрів (формули (2, 3, 5, 6, 7)) (рис. 4).

З аналізу графіків (рис. 4) визначено фактори ризику на територіях Зміївської ДРЕС і Дергачівського полігону ТПВ за даними оцінки якості території

(шкала ризик-фактора надана у табл. 2) [5].

Таблиця 2

Емпірична шкала ризику (за даними авторів [6] для аналізу ймовірності впливу)

№	Ймовірність небажаного результату (величина ризику)	Градація ризику
1	0,0–0,1	Мінімальний ризик
2	0,1–0,3	Малий ризик
3	0,3–0,4	Середній ризик
4	0,4–0,6	Високий ризик
5	0,6–0,8	Максимальний ризик
6	0,8–1,0	Критичний ризик

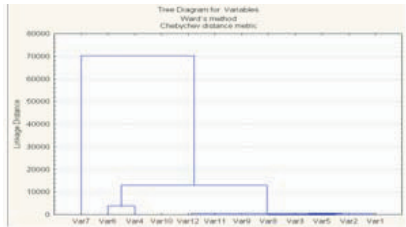

III Стан СЕС: рівень екологічності, оцінка ризику здоров'ю населення

Проводиться дослідження аналізу здоров'я, ентропійна оцінка якого здійснюється таким чином: визначається порушення за кожним захворюванням

відповідно до їх вагомості для даної території – кластерний аналіз (табл. 3) [7]. Згідно з встановленими нормативними обмеженнями величини ризику здоров'ю населення 10^{-5} визначено ентропійну оцінку впливу даного виду захворювання на загальний рівень стану здоров'я (S):

Таблиця 3

Аналіз даних кластерного аналізу захворюваності території дослідження

 <p>Кластерний аналіз за методом Вордса</p>	<p>Кластери: хвороби var 1, 2, 3, 15 – злоякісні новоутворення, захворюваність на хронічний пієлонефрит, захворюваність на камені нирок и сечоводів, захворюваність на атеросклероз; хвороби var 12, 11 і 9 – дерматомікози, короста, дизентерія; хвороби var 6 і 4 – захворюваність на гіпертонічну хворобу, хвороби органів травлення</p>
 <p>Кластерний аналіз за методом ближнього сусіда</p>	<p>Кластери: хвороби var 9, 10, 11, і 12 – дизентерія; вірусний гепатит, дерматомікози, короста; хвороби var 8, 3, 5, 2 і 1 – гострі кишкові захворювання всього, захворюваність на камені нирок и сечоводів, захворюваність на атеросклероз, захворюваність на хронічний пієлонефрит, злоякісні новоутворення; хвороби var 6 і 4 – захворюваність на гіпертонічну хворобу, хвороби органів травлення</p>

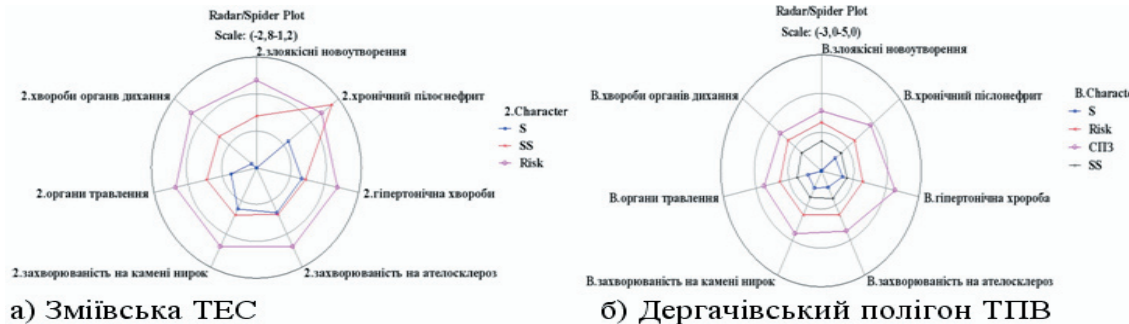


Рис. 5. Графічна інтерпретація ентропійних змін захворюваності

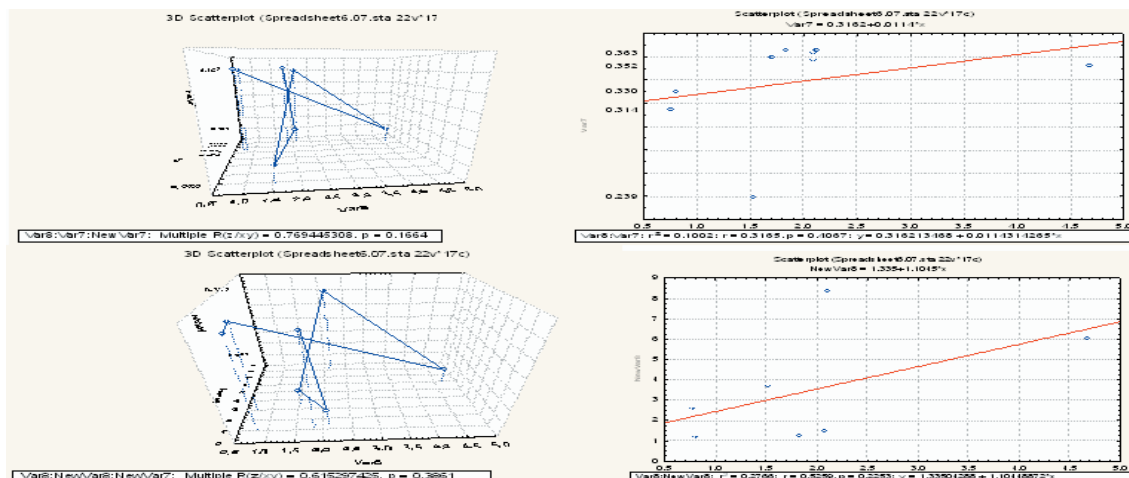


Рис. 6. Результати ризик-аналізу на основі динаміки змін захворювання: ризик * – $1 < RR \leq 1,5$ – малий, $1,5 < RR \leq 2$ – середній, $2 < RR \leq 3,2$ – високий, $3,2 < RR \leq 5$ – дуже високий; ** – 0,1–0,3 – малий; 0,3–0,4 – середній

$$\sigma(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{\text{lenght}(X)-1} (X_i - 10^{-5})^2}{\text{lenght}(X) - 1}}$$

$$P(X, x_1, x_2) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \sigma(X)} \left[\frac{-1}{2} \cdot \text{erf} \left(\frac{1}{2} \sqrt{2} \frac{(-\max(X) + 10^{-5})}{\sigma(X)} \right) \cdot \frac{\pi^1}{2} \cdot \sqrt{2} \sigma(X) + \frac{1}{2} \cdot \text{erf} \left(\frac{1}{2} \sqrt{2} \frac{(-\text{mean}(X) + 10^{-5})}{\sigma(X)} \right) \cdot \frac{\pi^1}{2} \cdot \sqrt{2} \sigma(X) \right]$$

$$S(P) = \ln P(X, x_1, x_2) = \text{logarifm}(X)$$

Нормування величини захворюваності відповідно до мінімально досяжного в даних умовах рівня здоров'я (фактична величина хвороб на 100000/на мінімально визначену величину) дозволяє надати оцінку небезпеки для популяції відповідно до мінімального впливу сукупності діючих на НПС природно-техногенних факторів:

$$\sigma\sigma(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{\text{lenght}(X)-1} (X_i - 1)^2}{\text{lenght}(X) - 1}}$$

$$PP(X, x_1, x_2) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \sigma\sigma(X)} \left[\frac{-1}{2} \text{erf} \left(\frac{1}{2} \sqrt{2} \frac{(-\max(X) + 1)}{\sigma\sigma(X)} \right) \cdot \frac{\pi^1}{2} \cdot \sqrt{2} \sigma\sigma(X) + \frac{1}{2} \text{erf} \left(\frac{1}{2} \sqrt{2} \frac{(-\min(X) + 1)}{\sigma\sigma(X)} \right) \cdot \frac{\pi^1}{2} \cdot \sqrt{2} \sigma\sigma(X) \right]$$

$SS(X) = \ln[PP(X)]$ - ентропійна оцінка невпорядкованості системи здоров'я

$$\text{Risk} = SS(X) = -PP(X) \cdot \ln[PP(X)]$$

Таким чином, з наданим вище аналізом суттєвих ефектів у порушенні здоров'я визначено групу захворювань для еколого-гігієнічної оцінки стану техногенно-навантажених територій дослідження: хвороби органів дихання, органів травлення, хронічний піело-нефрит, захворюваність на камені нирок, атеросклероз, гіпертонічні хвороби (рис. 5).

Зв'язок між захворюваністю і екологічним станом показано тіснотою залежностей ризику здоров'ю (NewVar7) від екологічного стану території (ентропійний ризик - Var7 і I3 - Var 8) (рис. 6).

Таким чином, інформаційна ентропія екологічного ризику визначає ентропійну ризик - оцінку здоров'я - встановлено їх пропорційне зміння.

Висновки

Таким чином, комплексування методів аналізу функціонування соціально-економічного об'єкта з точки зору його екоефективності, визначення ймовірності негативного впливу на НПС, встановлення екологічного ризику і ризику здоров'я збільшує об'єктивність прийняття рішення з регулювання екологічності ПТГС.

Методологія КЕС на основі комплексного методич-

ного підходу має практичне значення з розв'язання задач оцінки якості НПС, що підтверджено результатами досліджень, за якими:

- 1) запропоновано єдину систему екологічних, економічних та соціально-гігієнічних характеристик у вигляді інформаційно - ентропійної оцінки,
- 2) встановлено алгоритмічне забезпечення методології КЕС, реалізоване для оцінки техногенно-навантажених територій Зміївської ДРЕС і Дергачівського полігону ТПВ, запропоновано заходи управління якістю НПС (табл. 4)

Таблиця 4

Заходи зі зменшення негативного впливу на об'єктово-територіальні системи

Об'єкт оцінки	Стан НС			Заходи з управління якістю НПС
	Атмосферне повітря (склад викидів)	Водне середовище (надходження у підземні і поверхневі води)	Ґрунти (загальний моніторинг)	
Територіальні ландшафтно-геохімічні комплекси (на прикладі території Зміївської ТЕС)	свинець, азот, алюміній, магній, сірка, сірчаний і сірчистий ангідрид, оксиди вуглецю, оксиди металів: заліза, нікелю, вісмуту, селену, кадмію, хрому, кобальту, молібдену	Сполуки мш'яку, свинцю, кадмію, ртуті, хрому, міді, фтору.	цинк, мідь, кадмій, ртуть, свинець, срібло, ванадій, олово, хром, нікель	Технологічне урегулювання навантаження на НПС: - мокра вапнякова (вапняна) технологія, - аміачно-сульфатна технологія, - мокро-суха вапнякова технологія в форкамері електрофільтру, - використання скрубєрів Вентурі, - сульфатно-магнієва технологія
Територіально-об'єктові угруповання (на прикладі Дергачівського ПТПВ)	сажа, летюча зола, сірчаний і сірчистий ангідрид, оксиди азоту і оксиди вуглецю	хлориди, сульфати, залізо, натрій, фтор, марганець, селен, нікель, ртуть, свинець, фосфати, СПАР, алюміній, феноли.	миш'як, вуглеводороди (сумарний вміст), нафтопродуктів, бензапірену, коли-титри, наявність патогенних мікроорганізмів та яєць гельмінтів.	- Введення технічних елементів конструкції систем полігонів - Універсальні конструкції систем збору фільтрату та біогазу - Анаеробні методи розпаду органічних відходів (повітря) - Фоторуйнівні і біоруйнівні матеріали захисту ґрунтів - Використання цеолітів для захисту підземних вод від міграційно-рухливих форм забруднювачів

Література

1. Лисиченко, Г. В. Методологія цінування екологічних ризиків [Текст] / Г. В. Лисиченко, Г. А. Хміль, С. В. Барбашев. - О.: Астропринт, 2011. - 368 с.
2. Алымов, В. Т. Техногенный риск: Анализ и оценка [Текст] / В. Т. Алымов, Н. П. Тарасов – М.: ИКЦ Академкнига, 2005.–118 с.
3. Прусаков, В.М. Анализ динамики риска заболеваний от воздействия факторов окружающей среды [Текст] / В.М. Прусаков, М.В. Прусакова // Гигиена и санитария. – 2006. – № 1. – С. 45-49.
4. Кратенко, І.С. Санітарно-гігієнічна характеристика стану оточуючого середовища в зоні впливу Зміївської ТЕС [Текст] / І.С. Кратенко, Л.М. Мовчан, Т.Ф. Сотнікова // Епідеміологія, екологія, гігієна: Сб. мат. 6-ої итогової регіон. научно-практ. конф / Харківська обласна санепідстанція. – Харків, 2003. – С. 90–91.
5. Козуля, Т.В., Управління екологічною безпекою при реалізації концепції корпоративної екологічної системи і MIPS- аналізу [Текст] / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова, В.Ю. Воловщиков // Проблеми інформаційних технологій. - 2010. – №1 (007). – С. 47–56.
6. Лапуста, М. Г. Риски в предпринимательской деятельности [Текст] / М.Г. Лапуста, Л.Г. Шаршукова. – М.: ИНФРА-М, 1996. –224 с.
7. Козуля, Т.В. Формування еколого-гігієнічних підходів до визначення оцінки ризику здоров'ю на корпоративній основі [Текст] / М. Г Щербань, Т.В. Козуля, О.А. Шевченко // Експериментальна і клінічна медицина. – ХМУ, 2009. – № 2. – С. 153–156.