

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

На правах рукопису

БІЛОВА МАРІЯ ОЛЕКСІЇВНА

УДК 504.7.064.3:614

**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЕКОЛОГО-СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ
ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ РІВНЯ
ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник
Козуля Тетяна Володимирівна
доктор технічних наук, професор

Харків 2017

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень та позначень	4
Вступ.....	6
Розділ 1 Характеристика підходів з оцінювання рівня безпеки еколого-соціально-економічних об'єктів.....	13
1.1 Огляд положень системного аналізу з оцінки ступеня екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів	13
1.2 Характеристика засобів оцінювання рівня екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів	23
1.3 Аналіз методичних підходів з оцінки екологічної якості природно-техногенних об'єктів	30
1.4 Постановка задачі дослідження.....	40
Розділ 2 Обґрунтування теоретико-практичних основ методів комплексної оцінки екологічного стану системних об'єктів	43
2.1 Особливості оцінки екологічного стану еколого-соціально-економічних систем відповідно до положень концепції сталого розвитку.....	43
2.2 Характеристика основних математичних методів дослідження складних систем.....	57
2.3 Графологічні моделі з аналізу динаміки стану еколого-соціально-економічних об'єктів	68
Розділ 3 Розробка структури методичного забезпечення комплексної оцінки ступеню безпеки складних систем.....	78
3.1 Удосконалення методів системного аналізу з комплексного оцінювання рівня екологічної безпеки «об'єкт – навколишнє середовище»	78
3.2 Методи оцінки відповідності та моделювання поведінки природно-техногенних об'єктів і прогнозування їх стану.....	89
Розділ 4 Практична реалізація системи інформаційно-методичного забезпечення оцінки екологічної безпеки об'єктів на різних рівнях дослідження.....	98

4.1 Огляд програмних засобів розв’язання задачі оцінки екологічної якості системних об’єктів.....	98
4.2 Вибір засобів і середовища розробки інформаційно-програмного забезпечення системного аналізу стану екобезпеки складних об’єктів	106
4.3 Оцінка безпечності еколого-соціально-економічних об’єктів на рівні дослідження природно-техногенних утворень.....	110
4.4 Розв’язання екологічних задач за концепцією сталого розвитку.....	128
Висновки	143
Список використаних джерел	145
Додаток А Аналіз підходів до визначення поняття «система»	165
Додаток Б Класифікація існуючих систем моніторингу.....	167
Додаток В Характеристика показників стану екологічної безпеки	169
Додаток Г Оцінка рівня екологічної безпеки районів Харківської області.....	171
Додаток Д Оцінка рівня екологічної безпеки регіонів України	181
Додаток Е Фрагмент коду програмного забезпечення оцінки рівня екологічної безпеки	204
Додаток Ж Рейтинги регіонів України за їх відповідністю вимогам екологічної безпеки	207
Додаток И Акт про використання результатів кандидатської роботи у навчальному процесі НТУ «ХПІ».....	208
Додаток К Довідка про впровадження результатів кандидатської роботи у навчальний процес НТУ «ХПІ»	209
Додаток Л Акт про використання результатів кандидатської дисертації у науково-дослідних роботах ДП «УкрНТЦ «Енергосталь».....	210
Додаток М Акт впровадження результатів дисертаційної роботи у дослідження центральної науково-дослідної лабораторії ХНМУ	211

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

ВВП	– валовий внутрішній продукт
ГДВ	– гранично допустимий викид
ГДК	– гранично допустима концентрація
ГІС	– геоінформаційна система
ГК	– головні компоненти
КА	– когнітивний аналіз
КІ	– компараторна ідентифікація
КК	– когнітивна карта
НПС	– навколишнє природне середовище
НС	– навколишнє середовище
ОВНС	– оцінка впливу на навколишнє середовище
СЦД	– світовий центр даних
S	– множина концептів когнітивної карти;
E	– множина дуг причинно-наслідкового зв'язку між i -м і j -м концептами когнітивної карти;
G	– когнітивна карта (знаковий орієнтований граф);
$K_0(S, U)$	– початковий критерій якості
K_i	– i -й критерій якості;
k_{ij}	– результат екологічного компаратора для j -го показника i -го об'єкта дослідження;
l	– кількість факторів X_e , що становлять чинники екологічної безпеки економічної системи об'єкта;
m	– кількість факторів $X_{ек}$, що характеризують екологічний стан об'єкта;
$\max r_j$	– максимальне значення j -го нормованого показника X ;
$\min r_j$	– мінімальне значення j -го нормованого показника X ;

- $p_j(t)$ – імпульсний сигнал у момент часу t на j -й концепт;
- P – кількість факторів, що визначають екологічні характеристики об'єкта $X_{ек}$;
- r_{ij} – нормоване значення j -го показника i -ї системи об'єкта дослідження;
- $q(e_{ij})$ – ваговий коефіцієнт дуги e_{ij} , що становить зв'язок (c_i, c_j) ;
- S_0 – початковий стан системи;
- S_k – кінцевий (бажаний) стан об'єкта дослідження;
- $S(t)$ – стан об'єкта дослідження в момент часу t ;
- $S^*(t)$ – оптимальна траєкторія переходу системи з початкового у рівноважний стан;
- s – кількість факторів X_c , що відповідні за екологічні пріоритети соціального характеру;
- (S_k, t_k) – кінцевий стан системи;
- $U(t)$ – вплив для забезпечення екологічної безпеки в момент часу t ;
- $U^*(t)$ – програмний вплив, який реалізує оптимальну траєкторію $S^*(t)$ переходу системи з початкового (S_0, t_0) у бажаний стан (S_k, t_k)
- $U\{S^*(t), t\}$ – вплив, який компенсує відхилення від $S^*(t)$;
- $v_i(t)$ – значення i -го концепту c в момент часу t ;
- w_{ij} – коефіцієнт i -ї головної компоненти j -го показника дослідження;
- x_{ij} – значення j -го показника i -ї системи об'єкта дослідження;
- Z_j – максимально досяжне значення j -го показника дослідження;
- Δ_{ij} – відхилення від норми на одиницю розкиду j -го показника i -ї системи об'єкта дослідження;
- $\eta(t)$ – перешкоди в момент часу t , які виникають при переході об'єкта дослідження від початкового стану у бажаний.

ВСТУП

Актуальність теми. Вирішення науково-прикладних завдань екологічної безпеки в умовах високого рівня техногенного навантаження від промислово-енергетичного сектору економіки на природні та населені території України потребує комплексного підходу до забезпечення безперервного контролю екологічної якості природно-техногенних систем, які визначаються проявом економічних, соціальних та екологічних аспектів сталого розвитку суспільства. Для створення методичного забезпечення обробки даних моніторингових досліджень техногенно-навантажених територій необхідним є звернення до сучасних інформаційних технологій комплексного дослідження стану і процесів функціонування систем навколишнього природного середовища (НПС) з метою визначення ефективних засобів підтримки їх природного розвитку.

У такому разі актуальним є запровадження всебічного системного аналізу еколого-соціально-економічних об'єктів для встановлення дестабілізуючих факторів упорядкованості у навколишньому середовищі (НС) і гармонізації соціально-економічного розвитку на основі удосконалення методів визначення відповідності стану системи прийнятному рівню екологічної безпеки. Особливого значення при цьому набуває посилення ролі чинників самоорганізації, що забезпечують перебіг процесів у межах системи досліджень з екобезпеки «стан (система – НС) – зміни – процес – кінцевий стан системи».

У системному аналізі еколого-соціально-економічних утворень на рівні природно-техногенних систем розглянуті розробки М. Д. Гродзинського [1], А. Б. Качинського [2], В. М. Шмандія [3], Д. М. Пляцука [4] та ін.; стосовно питань сталого розвитку – М. З. Згуровського [5], Г. О. Статюхи [6], А. Г. Шапара [7] та ін.; з математичного моделювання складних систем Г. Хакена [8], С. Ю. Шабанов-Кушнарєнка [9], М. Ф. Бондарєнка [9], Ф. С. Робертса [10], Г. В. Горєлової [11] та ін.

На основі зазначеного вище можна стверджувати, що актуальною і необхідною є розробка методичного забезпечення комплексної оцінки стану екобезпеки складних об'єктів з використанням методів системного аналізу –

методу головних компонент, методу компараторної ідентифікації, графологічних методів – топологічного та когнітивного моделювання слабоструктурованих систем, з метою подальшого розвитку науково-практичних основ екологічних досліджень еколого-соціально-економічних об'єктів за комплексним підходом.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі комп'ютерного моніторингу і логістики в рамках державних замовлень на науково-технічні роботи згідно наукових напрямків Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» у межах планів держбюджетної НДР МОН України: «Розробка математичних моделей і методів розв'язання задач управління виробництвом в нечітких умовах» (ДР №0106U005166), сумісного проекту ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» і ХМУ «Обґрунтування концепції управління поводження відходами з оцінкою ризику здоров'ю населення в басейні міжрегіонального джерела водопостачання р. С. Донець» (ДР 0110 U001804). Практичні дослідження роботи пов'язані з виконанням господарської договірної науково-дослідної роботи з ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» за темами «Переробка зношених автомобільних шин методом термохімічної деструкції», «Розробка ТЕО з організації системи повернення води господарчо-побутових стоків з метою їх використання у виробничому водопостачанні (лист № 1–01–11336 від 13.11.2013), розв'язанням окремих розрахункових задач за темою «Модуль очистки шламових вод» у межах наукового співробітництва на 2014–2015 рр. з ООВ «Научно-технический центр «ЭКОМАШ» (№ 444 – 2014 від 04.08.2014).

Мета і задачі дослідження. Мета роботи полягає у розв'язанні науково-практичної задачі комплексної оцінки рівня екологічної безпеки складних об'єктів на основі удосконалених методів системного аналізу ступеня якості еколого-соціально-економічних утворень. Відповідно до зазначеної мети поставлені такі задачі:

1) надати системологічний аналіз сучасних підходів з комплексного оцінювання ступеня екобезпеки складних об'єктів для створення інформаційно-

методичного забезпечення ідентифікації відповідності стану природно-техногенних систем різного рівня дослідження прийнятному рівню екобезпеки;

2) визначити теоретико-практичні засади формування системи методичного забезпечення оцінки екологічної безпеки системних об'єктів з урахуванням положень теорій системного аналізу, математичного та логікографічного моделювання;

3) удосконалити методи розв'язання задач оцінки екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів відповідно до комплексних досліджень рівня екологічності та безпечності складних систем;

4) розробити інформаційно-алгоритмічне забезпечення реалізації запропонованої системи методів з комплексного аналізу та оцінки екологічної якості складних об'єктів за еколого-соціально-економічними аспектами дослідження;

5) розробити інформаційно-програмний комплекс розв'язання задач з оцінки невідповідності параметрів, які аналізуються, прийнятному рівню екологічної безпеки для формування альтернатив регулювання рівня якості природно-техногенних систем різної складності.

Об'єкт дослідження – системні методи комплексного оцінювання рівня екологічної безпеки складних об'єктів.

Предметом дослідження є системний аналіз еколого-соціально-економічних об'єктів для комплексної оцінки рівня екологічної безпеки.

Методи дослідження. Для комплексного визначення екологічного стану природно-техногенних систем, побудови моделей застосовувалися методи системного аналізу складних об'єктів. Теоретичне обґрунтування результатів дослідження проводилося за принципами загальної теорії систем, відповідно до методів компараторної ідентифікації і когнітивного аналізу. При побудові моделей системного об'єкта, визначенні інструментарію з розв'язання задач оцінки екобезпеки використані засоби комп'ютерних технологій обробки і аналізу даних (програмний продукт у середовищі Microsoft Visual Studio 2010 мовою C#).

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розв'язанні науково-практичної задачі з визначення системи методів оцінки рівня екологічної

безпеки складних об'єктів, розробці інформаційно-програмного продукту її реалізації для дослідження екологічності складних систем за концепцією сталого розвитку, що дозволило одержати таке:

– вперше запропоновано систему методів аналізу складних об'єктів для досліджень «стан (система – НС) – зміни – процес – кінцевий стан системи» з комплексної оцінки рівня екобезпеки «система – НПС»;

– вперше сформовано методичне забезпечення проведення комплексного дослідження в системі екологічної безпеки у контексті концепції сталого розвитку зі встановленням факторів дестабілізації, механізмів регулювання якості природно-техногенних об'єктів;

– отримав подальшого розвитку метод компараторної ідентифікації у контексті розв'язання задач оцінки рівня екологічної безпеки складних об'єктів на основі застосування функції відповідності природно-техногенних утворень прийнятному рівню екологічної якості;

– отримали подальшого розвитку графологічні методи моделювання природно-техногенних систем відповідно до вимог оцінки рівня екологічної безпеки за концепцією сталого розвитку;

– отримали подальшого розвитку засоби інформаційно-програмного забезпечення реалізації методів оцінки рівня екобезпеки складних об'єктів і визначення умов сталого розвитку природно-техногенних систем.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено інформаційно-методичне та алгоритмічне забезпечення комплексної оцінки екологічної безпеки стану системних об'єктів різного рівня організації.

Розроблено інформаційно-програмне забезпечення комплексної оцінки рівня екологічної безпеки складних об'єктів, визначення ступеня невідповідності проаналізованих параметрів стану природно-техногенних систем вимогам сталого розвитку.

На основі наданого інформаційно-алгоритмічного забезпечення комплексної оцінки рівня безпеки природно-техногенних об'єктів проведено екологічні дослідження за темами: «Переробка зношених автомобільних шин

методом термохімічної деструкції», «Розробка ТЕО з організації системи повернення води господарчо-побутових стоків з метою їх використання у виробничому водопостачанні» (акт впровадження з ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» від 28.10.2016). Розроблений інформаційно-програмний комплекс розв'язання задач якості стану системних об'єктів забезпечує обробку інформації моніторингових систем для визначення оцінки рівня екологічної безпеки НС, підтримки прийняття рішень щодо захисту здоров'я населення (акт впровадження результатів в роботу Центральної науково-дослідної лабораторії ХНМУ від 09.12.2016).

Результати дисертаційної роботи щодо розробки інформаційно-методичного забезпечення оцінки стану територіальних і виробничих об'єктів впроваджено на кафедрі комп'ютерного моніторингу і логістики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» при викладанні дисциплін «Дискретна математика», «Математичні методи дослідження операцій», «Оптимізація систем моніторингу» (акт впровадження від 11.01.2017).

Особистий внесок здобувача. У наукових публікаціях у співавторстві за темою дисертації особистий внесок здобувача полягає у такому:

– обґрунтована необхідність удосконалення методичного забезпечення з комплексної оцінки рівня екологічної безпеки системних природно-техногенних утворень відповідно до запроваджених в систему екологічної безпеки положень концепції сталого розвитку [12];

– визначена необхідність запровадження структурно-параметричної компараторної ідентифікації в систему оцінки екологічної безпеки складних об'єктів з метою відображення взаємозв'язку між системами в них [13, 14];

– обґрунтовані підходи з удосконалення методичного забезпечення оцінки рівня екологічної безпеки «об'єкт – НС» у зв'язку з запровадженням положень сталого розвитку: сформовано математичне і алгоритмічне забезпечення для встановлення рівня екологічності еколого-соціально-економічних систем, що використано для визначення рівня екологічного стану країн світу відповідно до звітності ООН [15, 16, 17];

– визначено математичне і алгоритмічне забезпечення для реалізації методів з комплексної оцінки екологічної якості системних об'єктів на різних рівнях дослідження: формування рейтингу відповідності рівню екологічної безпеки на регіональному (міста країн світу) і глобальному (країни) рівнях дослідження природно-техногенних систем [18, 19];

– запропоновані підходи з подальшого розвитку методів системного аналізу комплексного оцінювання екологічної відповідності рівню екологічної безпеки еколого-соціально-економічної системи; отримані результати реалізації удосконалень при дослідженні екологічного стану регіонів України [20, 21];

– запропоновано впровадження методу головних компонент як попередній етап обробки екологічної інформації для проведення комплексного оцінювання рівня екологічності системних об'єктів різного рівня дослідження [22, 23];

– надано алгоритмічне забезпечення оцінки екобезпеки об'єктів НС на основі застосування удосконалених методів компараторної ідентифікації і головних компонент в комплексному аналізі природно-техногенних систем [24];

– проаналізовано переваги комплексного дослідження складних систем для виявлення синергетичних ефектів з підтримки екологічної безпеки їх стану [25];

– розроблено комплексне методичне забезпечення оцінки екологічної якості природно-техногенних об'єктів із запровадженням синергетичної складової системного аналізу для визначення екологічного стану районів Харківської області і розташованих в них небезпечних промислових підприємств із застосуванням у якості ідентифікатора екологічного компаратора [26];

– апробовано методичне забезпечення комплексної оцінки рівня екологічної безпеки об'єктів «система – НПС» для дослідження локальних (підприємства), регіональних (області України), глобальних (країни) систем [27, 28];

– визначені підходи з запровадження розробленого методичного забезпечення для комплексної оцінки якості системних об'єктів за екологічним, економічним, соціальним розрізом дослідження; сформовано відповідні рейтинги регіонів України [29];

– обґрунтовані підходи з подальшого розвитку методичного забезпечення

з оцінки екологічної безпеки складних об'єктів на основі когнітивного аналізу; наведено приклад когнітивної моделі регіонального об'єкта [30].

Апробація результатів досліджень. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на таких конференціях: Міжнародна науково-практична конференція за участю молодих науковців «Еколого-правові та економічні аспекти» (Харків, 2012, 2013); Міжнародна науково-методична конференція «Безпека людини у сучасних умовах» (Харків, 2012); Університетська науково-практична студентська конференція магістрантів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (Харків, 2014); Міжнародна науково-практична конференція «Moderní vymoženosti vědy – 2014» (Прага, 2014), Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, 2014, 2015, 2016); Науково-практична конференція «Наукова школа академіка І. А. Зязюна у його соратниках та учнях» (Харків, 2015); «Information technologies in information business conference (ІТІВ)» (Харків, 2015); Всеросійська наукова конференція і школа для молодих вчених «Системи забезпечення техносферної безпеки» (Таганрог, 2016); Міжнародна науково-технічна конференція «Системний аналіз та інформаційні технології (SAIT)» (Київ, 2014, 2015, 2016).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 24 наукові праці, серед яких колективна монографія, 9 статей у наукових фахових виданнях з переліку МОН України, з яких 8 входять до наукометричних баз даних, 2 публікації у зарубіжних виданнях та 12 тез доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 211 сторінок. Дисертаційна робота містить 10 таблиць, 59 рисунків, перелік умовних скорочень, список використаних джерел із 177 найменувань на 20 сторінках та 11 додатків на 47 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДХОДІВ З ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ЕКОЛОГО-СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

1.1 Огляд положень системного аналізу з оцінки ступеня екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів

Положення системного аналізу складних об'єктів дослідження, що мають у складі різномірні системи, надані у наукових працях Н. Д. Панкратової [31], С. А. Куджа [32], В. Г. Афанасьєва [33], А. Н. Аверьянова [34], В. С. Тюхтіна [35], І. В. Блауберга [36], Б. Г. Юдіна [37], В. Н. Садовського [38], Ю. П. Сурміна [39], Л. А. Петрушенка [40], А. І. Уємова [41], І. В. Прангвішвілі [42, 43], М. А. Голубець [44] та ін.

В основу комплексного аналізу складних об'єктів з визначення рівня екологічної безпеки покладено поняття системи, під яким розуміється сукупність взаємопов'язаних елементів, об'єднаних виконанням загальної мети і наявністю функціональної цілісності, згідно з якою властивості системи не зводяться до суми властивостей її елементів, а зміна одного з таких елементів призводить до зміни системи в цілому [45].

З іншого боку, система визначається як множина пов'язаних між собою компонентів, упорядкованих за відношеннями, що мають певні властивості, причому така множина характеризується єдністю, яка виражається її інтегральними властивостями і функціями (В. С. Тюхтін [35]).

При формуванні складного об'єкта дослідження враховують такі загальні характеристики системи:

- 1) взаємопов'язаність елементів;
- 2) утворення особливої єдності між системою і середовищем;
- 3) сукупність будь-яких систем є елементом системи вищого порядку;
- 4) елементи будь-якої системи зазвичай виступають елементами системи нижчого порядку (В. Н. Садовський і Є. Г. Юдін [37]).

Поняття системи пов'язують з визначенням аналітичного простору дослідження, де до розгляду додані системи середовища і взаємодія між ними. Аналізована система в такому разі визначається як елемент складної системи, що охоплює об'єкт вивчення виду «система – НС». Таким чином, *система* – не тільки деяке ціле, складене з певних взаємодіючих компонентів, це сукупність елементів, що характеризуються певною поведінкою в складі іншої, більш складної системи, у тому числі як частини навколишнього середовища [39].

У роботі об'єкт дослідження визначається як системне утворення, поняття якого вводиться відповідно до положень теорії систем (табл. А.1) [46–52]. Цілісний об'єкт, утворений із функціонально різнотипних систем, структурно взаємопов'язаних ієрархічною підпорядкованістю і функціонально об'єднаних для досягнення заданих цілей за певних умов розглядається як *складна система* [31]. При її дослідженні враховується цілий комплекс характеристик відповідно до завдань оцінки якості її стану, функцій і зв'язків [32].

1. Цілісність – система являє собою ціле, що формально визначається як $S = A(1,0)$ – факт існування і цілісність системи: 1 – наявність і 0 – відсутність системних властивостей [32].

У межах системи цілісність визначається як «ціле, ... як сукупність об'єктів, взаємодія яких обумовлює наявність нових інтегральних якостей, що не є властивими утворюючим її частинам» (В. Г. Афанасьєв [33], А. Н. Аверьянов [34]). Цілісність є властивістю усіх об'єктів навколишнього середовища, відповідно до чого системність є об'єктивною характеристикою і актуальна для природної і соціальної дійсності (В. С. Тюхтін [35], В. Г. Афанасьєв [33], А. Н. Аверьянов [34]). Відповідно до визначення, цілісність відсутня у неорганізованих сукупностей, що, у свою чергу, потребує наявності в об'єкті дослідження системоутворюючого фактору (І. В. Блауберг [36], Е. Т. Юдін [37], В. Н. Садовський [38]).

2. Множинність елементів: система являє собою організовану множину, визначену як $S = (Org, M)$, де *Org* – оператор організації; *M* – множина [32].

Наявність оператора організації становить основу для зв'язку елементів, що призводить до утворення структури системи, яка визначається поняттям організованість. Організація системи є характеристикою матерії чи продукту діяльності людини (Л. А. Петрушенко [40], А. Д. Урсул [53]).

3. Множинність властивостей і відносин: система являє собою множину матеріальних елементів, властивостей і відносин у вигляді $S = (\{th\}, \{n\}, \{r\})$, де th – матеріальні елементи; n – властивості; r – відносини [32].

За умови оцінки стану взаємодії «об'єкт – НС» розглядається множина систем в об'єкті дослідження, на яких реалізується заздалегідь визначене відношення з фіксованими властивостями і фіксованими відносинами між ними. У такому випадку формується послідовність організації систем «річ – властивість – відношення» (А. І. Уємов [41]).

4. Структурованість становить для системи множину елементів, які утворюють структуру і забезпечують певну поведінку в умовах НС, що відповідає залежності $S = (\varepsilon, ST, BE, E)$, де ε – елементи; ST – структура; BE – поведінка; E – навколишнє середовище [32].

Поведінка системи обумовлюється особливостями окремих елементів і властивостями її структури (Ю. П. Сурмін [39]). Структурність визначає властивості окремої системи: розвиток будь-якого елемента системи виводить даний елемент у ранг підсистеми чи системи зі зміною всієї ієрархічної структури, що потребує додаткового аналізу умов його існування у взаємозв'язку з навколишнім для нього середовищем (І. В. Прангішвілі [42]).

5. Інформаційна взаємодія системи з іншими системами та НС через входи та виходи, що визначається як $S = (X, Y, Z, H, G)$, де X – входи; Y – виходи; Z – стани; H – оператор переходів; G – оператор виходів [32].

Стійка функціонуюча система з її заданими властивостями завдяки оператору переходів перетворює вхідний потік інформації на вихідний інформаційний потік. Сукупність вихідних величин і їх зміни дозволяють у

достатній мірі оцінити поведінку системи і відповідність траєкторії руху системи до її загальної мети (М. А. Голубець [44]).

6. Самоорганізація – властивість системи тривалий час функціонувати при постійному самовідтворенні, що забезпечується відношенням $S = (F, SC, R, FL, FQ, CO, JN)$, де F – система; SC – зв'язки; R – взаємодії; FL – самовідтворення; FQ – самоорганізація; CO – провідність зв'язків; JN – збудження систем [32].

Для визначення рівня рівноважного стану природно-техногенних об'єктів, які розглядаються як відкриті системи, приймають до уваги їх складну структуру, обмін із зовнішнім середовищем енергією, речовиною, інформацією, що призводить до змін у напрямку структурованості зі зменшенням ентропії (міра невизначеності, неорганізованості) системи, тобто їх відповідності прийнятному рівню екологічної безпеки (І. В. Прангішвілі [43]). Існування процесів зі зменшенням ентропії системи не суперечить другому закону термодинаміки – усі відкриті системи отримують ззовні енергію, речовину, інформацію, що підтримує їх зміну і розвиток. Зменшення ентропії у відкритих системах (зростання організованості, визначеності, порядку) відповідним чином співіснує з ефектом збільшення ентропії в навколишньому середовищі.

Таким чином, системний об'єкт дослідження визначається за такими названими вище характеристиками. *Складність системи*, яку традиційно прийнято визначати кількістю і різноманітністю типів елементів, внутрішніх зв'язків між елементами і зв'язків системи з НС, становить основу її безпечного стійкого стану. Рівень або ступінь складності системи залежить здебільше від різноманітності зв'язків і елементів, ніж від їх кількості [42, 44].

Відповідно до ознак системної структурованості об'єкта дослідження, утворення «система – НС» визначається як об'єднання функціональних за своїм призначенням систем через кооперативні зв'язки. Це дозволяє утворенню такого типу зберігати природне призначення і функціональність, а за рахунок

включення механізмів самоорганізації (синергетика), виконувати певне цільове завдання стаціонарності у взаємодії з НС [25].

Складність об'єкта дослідження обумовлює особливості оцінювання рівня його екологічної якості, що змістовно становить властивості екологічності та безпечності систем, які визначають рівноважну динаміку «об'єкт – НС» у вигляді сталого розвитку. Встановлення оцінки екологічного стану таких об'єктів у вигляді природно-техногенних систем розглянуті у роботах А. Б. Качинського [2], Б. М. Данилишина [54], Г. О. Харламової [55], С. П. Іванюти [56] та ін. З позицій сталого розвитку «об'єкт – НС» відповідність прийнятному рівню екологічної безпеки досліджена у наукових працях М. З. Згуровського [5], А. Д. Урсула [57], Ю. І. Сохи [58], П. Ю. Какутича [59], Д. В. Зеркалова [60], Л. Г. Мельника [61, 62] та ін.

Поняття якості НС часто ототожнюють з поняттям екологічної якості, яка означає такий стан об'єкта дослідження, при якому забезпечується функціонування екологічних систем, комфортність життєдіяльності людини і збереження територіальних природно-ресурсних комплексів. За висновками останніх системних досліджень увага акцентується на комплексності і складності поняття якості. Відповідно до них, якість визначають як стан екологічних і соціальних систем, які за допомогою збалансованого обміну речовин, енергії та інформації між людиною і природою, між людьми та їх групами забезпечують відтворення життя і сталого розвитку суспільства [63].

Задача оцінки рівня екологічної безпеки НС розглядається як відповідність об'єктів сукупності екологічних вимог і умов підтримки функціональності природних систем, якість яких визначається як стан, що забезпечує максимально досяжну величину екологічного благополуччя на основі сукупності властивостей, ознак, умов навколишнього середовища, продукції, послуг, робіт із забезпечення екологічних потреб суспільства [64].

У роботі оцінка рівня екологічної безпеки розглядається за критерієм якості складних систем і відповідності екологічним, еколого-соціальним і еколого-економічним принципам Ріо-де-Жанейрської декларації з

навколишнього середовища і розвитку, як комплексна характеристика стану системи і процесів, що становлять функціональність об'єкта дослідження [65]. В оцінці якості досліджених об'єктів розрізняють два елементи: екологічність і безпечність (рис. 1.1).

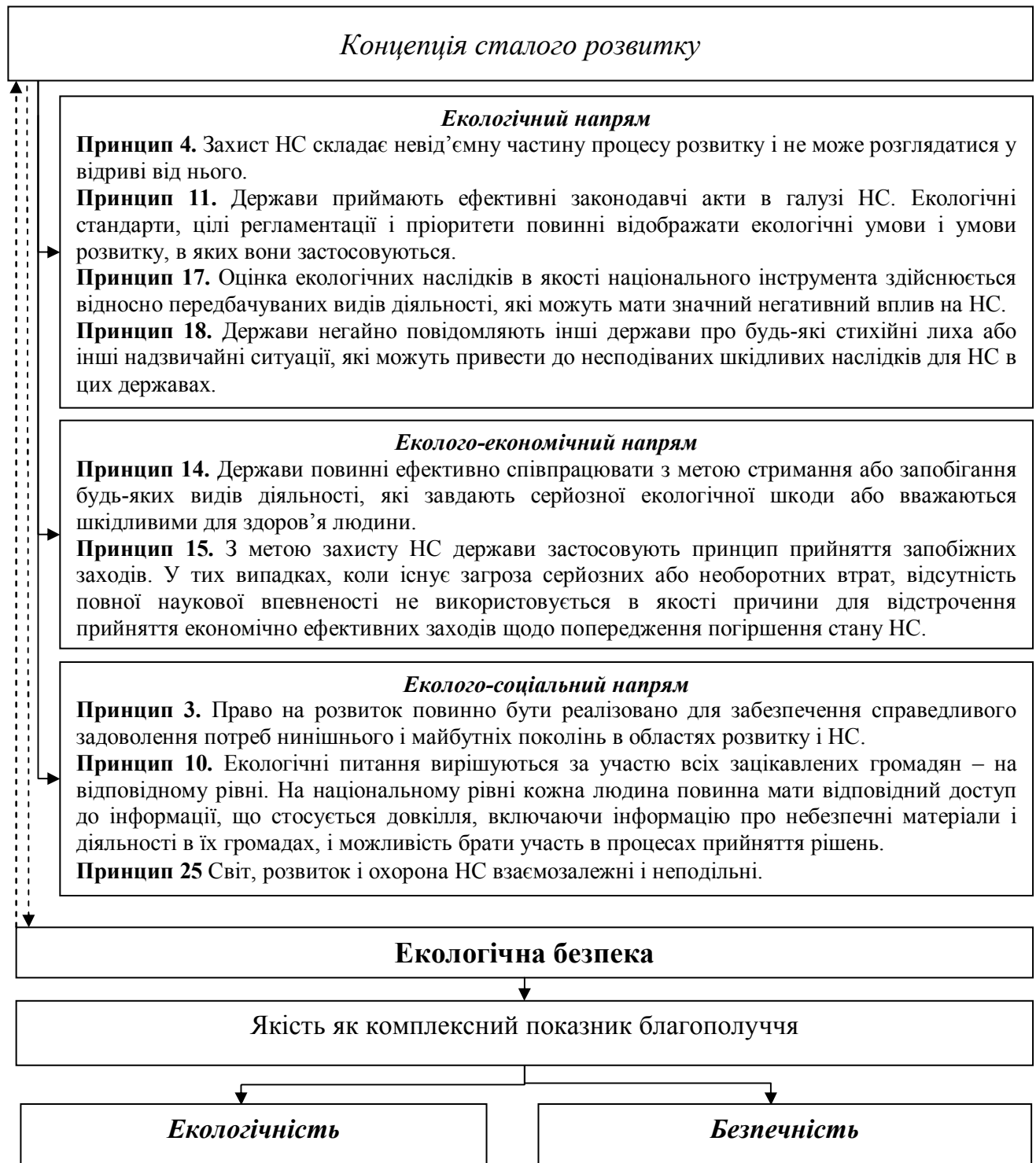


Рисунок 1.1 – Комплексність екологічної безпеки для оцінки якості

Екологічність (див. рис. 1.1) визначається як відповідність природного середовища прийнятному рівню екологічної безпеки за створеними умовами в НС і станом самої системи. *Безпечність* є характеристикою відповідності наявних чи створених умов природній функціональності систем досліджуваного об'єкта, що визначає здатність систем до гомеостатичного зв'язку, самоорганізації, відтворення їх структури і, таким чином, забезпечує життєдіяльність живих організмів і людини.

Під безпекою потрібно розуміти сукупність певних властивостей НС і створюваних цілеспрямованою діяльністю людини умов, за яких з урахуванням економічних, соціальних чинників і науково обґрунтованих допустимих навантажень на об'єкти біосфери утримується на мінімально можливому рівні техногенний вплив на НС і негативні його зміни. Такі умови навколишнього природного середовища (НПС) забезпечують збереження екосистем і здоров'я людей і виключають віддалені наслідки негативного впливу для теперішнього і наступних поколінь [2, 60].

З позиції концепції сталого розвитку, *безпечність* означає досягнення певного рівня економічної ефективності і економічної безпеки, соціальної справедливості і соціальної безпеки, екологічної безпеки і коеволюційного розвитку [19]. Таким чином, показник безпеки комплексно визначає ступінь досягнутого системного взаємозв'язку екологічних, економічних, соціальних потреб суспільства [66].

Аналіз рівня екологічності і ступеню безпеки для складних систем, що за змістовністю поєднують природні, економічні, соціальні чинники, проводиться у відповідності до принципів системного аналізу. При цьому застосовується сукупність методичних засобів, призначених для розв'язання нетривіальних задач якості стану складних систем [2].

Оцінка якості об'єктів НС вимагає комплексності при формуванні інформаційно-методичного забезпечення розв'язання завдань дослідження стану системних утворень. Для об'єктів різного рівня складності визначення

екологічності і безпечності складних систем різноманітного змісту з позицій сталого розвитку становить єдину задачу оцінки якості (див. рис. 1.1).

Загалом будь-яка система має певні межі та умови перебігу самоорганізаційних процесів, спрямованих на її прогресивний розвиток. Невиконання таких обмежень призводить до виникнення і реалізації деградаційних явищ, що може призвести до повного руйнування системи [57]. Прогресивний розвиток системи є сталим соціоприродним розвитком, якщо він забезпечує виживання нинішніх і майбутніх поколінь при умові збереження біосфери, базується на реалізації трьох сумісних цілей: забезпечення економічної ефективності, досягнення соціальної справедливості і наслідування екологічних імперативів. Поняття сталого розвитку вважається синонімом безпечного розвитку, у межах якого досягається рівень якості, який забезпечує виживання і розвиток людства у результаті вирішення проблем екологічної безпеки у всіх її формах відповідно до принципів коеволюції [57].

Загальна мета сталого розвитку досягається визначенням пріоритетів у фінансуванні екологічних програм, узгодженості галузевих економічних задач, актуальних соціальних проблем. Вирішення усієї сукупності завдань сталого розвитку потребує комплексності у підходах, методах системного аналізу складних об'єктів. За цих умов пріоритетним є дослідження зв'язків «людина – навколишнє середовище» з отриманням оцінки екологічної якості систем на усіх рівнях їх структурної організації [67].

З позицій системного підходу до оцінки якості необхідним є виявлення тенденцій розвитку, умов і причин виникнення факторів дестабілізації. Повний спектр небезпек щодо стану і процесів змін в системі «об'єкт – НС» дозволяє оцінити ситуацію, зовнішні й внутрішні траєкторії її розвитку для прийняття зваженого рішення стосовно підвищення рівня екологічної безпеки [59].

До конкретних механізмів забезпечення допустимої динаміки природних і антропогенних змін в системах відносять три основних компоненти: комплексна

екологічна оцінка території, еколого-економічний моніторинг, система управління якістю (рис. 1.2) [68, 69].



Рисунок 1.2 – Схема загальної оцінки екологічної безпеки складних систем

У системі якості визначають такі складові інформаційного забезпечення оцінки відповідності прийнятному рівню екологічної безпеки:

- синергетичність усіх елементів і процесів системного утворення (окреме підприємство, галузь, район, держава, сукупність держав);
- самовідтворення як збереження цілісності та ощадливого використання наявних ресурсів у системі та системою;
- єдність аналізу та синтезу, коли процеси диференціації, спеціалізації органічно доповнюються процесами інтеграції, об'єднання, універсалізації;
- пропорційність як прагнення до більш ефективного співвідношення між окремими частинами системи і між системами;

– інформативність як правило упорядкування до такого ступеня, згідно з яким у системі не може бути порядку більше, ніж інформації [70].

Інформаційна основа для об'єктивного прийняття рішення щодо урегулювання стану безпечного функціонування об'єкта дослідження базується на методичному забезпеченні, що дозволяє встановити чинники дестабілізації і порушень у структурі систем. Вибір методів обробки вхідної інформації та оцінки аналітичних результатів; перехресних перевірок вихідних даних оцінювання та засобів інтерпретації результатів визначається метою конкретного завдання з контролю якості об'єкта дослідження (рис. 1.3) [69].



Рисунок 1.3 – Схема аналітичної оцінки стану систем і засоби її забезпечення

Оцінка безпечності системних об'єктів дослідження потребує врахування здатності кожної системи НС протягом достатньо тривалого часу залишатися незмінною при сталості оточуючого середовища, мати певний рівень

саморегулювання і стійкості, тобто знаходитися у квазістаціонарному стані [70]. Врахування і підтримка чинників самоорганізації систем завдяки стабілізації кооперативних зв'язків є важливими при уникненні небезпеки вже на стадії перетворення потенційних загроз на реальні шляхом визначення, відокремлення і нейтралізації негативних дестабілізуючих факторів впливу на досліджувану систему [54]. Актуальність такого роду досліджень підсилюється необхідністю підтримки державного управління в сфері охорони НС, раціонального використання й відтворення природно-ресурсного потенціалу, удосконалення існуючих і розробку нових методик оцінки екобезпеки системних утворень [69].

Відправною точкою отримання оцінки відповідності дії зовнішнього фактора вимогам збереження гомеостазу в об'єкті, відсутності порушень в умовах перевищення критичного рівня впливу і реалізації необоротних змін є система кількісних показників витривалості, що формується за методикою визначення рівня екологічної безпеки стану об'єктів [66].

Таким чином, відповідно до завдань контролю якості з позицій сталого розвитку постає задача впровадження системності у визначенні об'єкта дослідження і комплексності у формуванні методичного забезпечення розв'язання задач екологічної безпеки. Аналіз стану складних систем потребує врахування в аналітичній системі процесів взаємодії між дослідженим об'єктом і НС, а як наслідок – формування комплексу методів з послідовної оцінки їх екологічності та безпечності.

1.2 Характеристика засобів оцінювання рівня екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів

Оцінка рівня екобезпеки природно-техногенного об'єкта будь-якої складності має на меті в умовах стаціонарних досліджень визначити стан систем з урахуванням їх динаміки у межах часового простору. Залишаються за межами оцінювання наслідки еколого-соціальних явищ, що спричиняють порушення гомеостазу в системних утвореннях. Вивчення впливу НС на об'єкт дослідження, процесів в його системах є інформаційною основою для

встановлення засобів регулювання екологічного стану і прийняття рішення стосовно його безпечного розвитку (рис. 1.4).

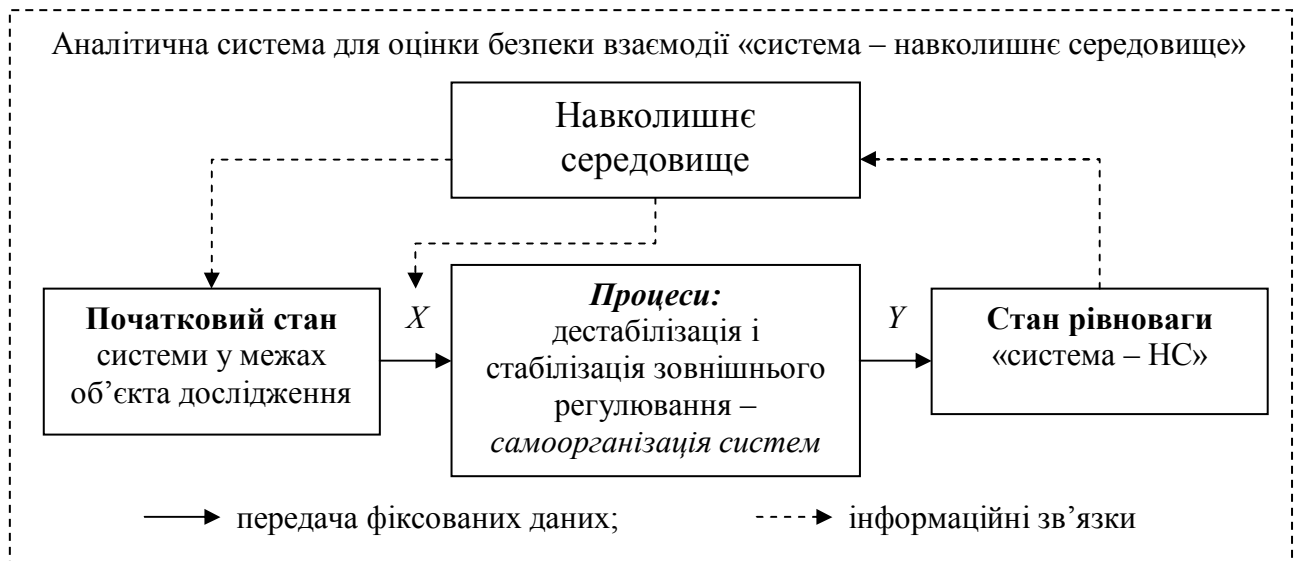


Рисунок 1.4 – Складові комплексної оцінки безпеки системних об'єктів

Оцінка стану систем еколого-соціально-економічної змістовності будь-якого рівня складності передбачає проведення спеціальних масштабних досліджень і виявлення порушень рівноваги «об'єкт – НС» у результаті дії техногенних факторів (групи факторів). Це пов'язано з отриманням інформації від візуальних спостережень і системних вимірювань в межах екологічного моніторингу різного рівня масштабності та складності (табл. Б.1) [72].

Відповідно до характеру, мети та завдань аналізу рівня екологічної безпеки об'єктів НС виділяють три основні підходи до її оцінки:

- 1) оцінка станів, яка пов'язана з організацією системи і її цілісністю;
- 2) оцінка впливів на систему з позицій дослідження у межах аналітичної системи «стан – вплив»;
- 3) екосистемний підхід, що враховує стійкість екосистем [73].

Незважаючи на істотні відмінності використання методик в межах зазначених підходів, які визначаються постановкою завдання, масштабами і схемами дослідження, оцінка рівня екологічної безпеки «об'єкт – НС» встановлює відповідність стану систем об'єкта параметрам рівноваги у просторі

і часі. Для оцінки параметрів, що характеризують елементи і компоненти середовища, використовують різні якісні і кількісні величини, які в залежності від інформативності умовно відносять до одного з типів даних (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Система показників рівня екологічної безпеки стану еколого-соціально-економічної системи

До первинних даних відносять характеристики фізичного, хімічного, біологічного, географічного та інших станів об'єктів НС, які можна отримати безпосередньо різними приладами (температура, швидкість, концентрація, маса тощо) [74]. Це дані контролю за викидами, рівнями забруднення; узагальнені дані про ступінь забруднення певної території за певний проміжок часу; узагальнена інформація про склад і обсяги викидів забруднюючих речовин; оцінка рівнів та ступеня небезпечності забруднення для довкілля та життєдіяльності населення; вхідні дані про поведінку забруднюючих речовин в окремих об'єктах НПС тощо. Параметри фактичного стану середовища

визначаються як такі, що характеризують безпосередньо стан об'єктів НС і є вихідними даними прогнозу щодо можливостей їх розвитку [75].

Залежно від масштабності параметрів оцінювання просторового розподілу об'єкта дослідження виділяють такі показники:

1) диференціальні, що відображають рівень забруднення об'єкта навколишнього середовища конкретною речовиною і встановлюються розрахунковим шляхом у результаті обробки первинних даних (середні за певний період величини концентрацій, мас тощо);

2) інтегральні, що становлять синтез диференціальних показників і використовуються для характеристики стану окремого компонента середовища (показники забруднення; антропогенного навантаження на атмосферу, водні об'єкти, ґрунт, клімат тощо);

2) комплексні показники, що являють собою сумарні оцінки стану НС в цілому з урахуванням оцінок його окремих компонентів.

Загалом при оцінці екологічної безпеки складних систем надаються результати визначення причин виникнення змін в об'єкті дослідження, відповідність прийнятному рівню якості навколишнього середовища, ступінь впливу техногенного об'єкта на НПС – оцінка навантаження [72].

Показники рівня зміни стану об'єктів природи (прості і комплексні) характеризують якісні невідповідності властивостей середовища щодо його первинного, середнього, базового, абсолютного або регламентованого стану (відношення фактичного рівня до фонового, середнього; абсолютна різниця між цими рівнями та ін.). Параметри техногенного впливу на фактичний стан природного середовища визначають наслідки дії змін НС на реципієнтів або суміжні компоненти середовища. Це оцінка залежності рівня врожайності сільськогосподарських угідь від забруднення ґрунту, порушення стійкості водних екосистем внаслідок вирубки лісових масивів, рівня захворюваності населення відповідно до ступеня забруднення об'єктів НС тощо [74].

Оцінка екологічної безпеки об'єктів НС, яка базується на використанні диференційних показників, зазвичай проводиться за допомогою порівняння

спостережуваних (вимірюваних) станів з нормативами, нормами, біологічними, хімічними, фізичними стандартами чистоти вод, ґрунтів, вмістом в них технічних і токсичних речовин [76]. Нормативні показники встановлюються у результаті спеціальних досліджень. Усі діючі нормативно-законодавчі обмеження техногенного навантаження на навколишнє природне середовище є прийнятним компромісом для соціально-економічної системи між допустимим і реальним рівнем забруднення НС. Норми якості об'єктів НС встановлюються на основі визначення величин гранично допустимих впливів на системи природного середовища, які гарантують екологічну безпеку для живих організмів і людини із збереженням генетичного фонду, забезпечують раціональне використання та відтворення природних ресурсів в умовах сталого розвитку господарської діяльності (табл. В.1) [77].

На практиці в системі моніторингових спостережень використовуються дві основні групи нормативних показників: санітарно-гігієнічні та екологічні. Санітарно-гігієнічні показники встановлюються з позиції гарантії екологічної безпеки населення. Гігієнічний норматив – це максимальний фізіологічно безпечний кількісний рівень, який встановлюється для шкідливих факторів. Він гарантує збереження здоров'я загалом, включаючи генетичне і репродуктивне здоров'я як окремої особистості, так і всієї людської популяції [78].

В основу наукової концепції гігієнічного нормування покладено вивчення загальних властивостей та особливостей впливу факторів НС різної природи на організм людини, стан його адаптаційно-приспосувальних процесів і механізмів регулювання на молекулярному, субклітинному, клітинному, органному рівні; встановлення впливу комплексу сприятливих і несприятливих антропогенних і природних чинників на організм на системному і популяційному рівнях [78].

Відповідно до цієї концепції, ступінь забруднення НС прийнято оцінювати за кратністю перевищення нормативів. Так, в атмосферному повітрі небезпечність вмісту шкідливих речовин визначається за рівнем невідповідності їх фактичних концентрацій встановленим гранично допустимим концентраціям (ГДК) і гранично допустимим викидам (ГДВ), класом небезпеки (токсичності)

речовин, допустимою повторюваністю концентрацій заданого рівня, кількістю хімічних елементів і сполук, сумаційним ефектом тощо. Такий сумарний показник забруднення K визначається за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ГДК}_i}, \quad (1.1)$$

де C_i – фактична концентрація i -ї забруднюючої речовини, мг/м³;

ГДК _{i} – значення гранично допустимої концентрації i -ї забруднюючої речовини, мг/м³ [75].

Оцінка якості відповідно до екологічних вимог запропонована у роботі В. Г. Потапенко [79]. Екологічна безпека становить систему показників, які мають різні вагові коефіцієнти для груп екологічних факторів. Індикатор екологічної безпеки обчислюється за нормованими показниками відповідно до формули розрахунку адитивної I_i^A і мультиплікативної I_i^M величин:

$$I_i^A = \sum_{j=1}^{m_i} a_{ij} z_{ij}, I_i^A \leq 1, \quad (1.2)$$

$$I_i^M = \prod_{j=1}^{m_i} (z_{ij})^{a_{ij}}, I_i^M \leq 1, \quad (1.3)$$

де z_{ij} – нормоване значення j -го екологічного показника i -ї групи екологічних факторів;

a_{ij} – ваговий коефіцієнт j -го екологічного показника i -ї групи екологічних факторів;

m – кількість показників.

Основним недоліком нормативного підходу до оцінки якості систем НС є зосередження виключно на обмеженні техногенного впливу і орієнтація на санітарно-гігієнічні норми без врахування екологічних вимог безпечності

природних систем і процесів трансформації факторів дії в об'єктах НС, що не дозволяє встановити механізми саморегулювання та умови стабілізації рівня екологічної безпеки [63].

Для комплексного визначення рівня екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів використовують інформацію стосовно взаємодії «система – НС» із встановленням репродуктивної здатності НПС у вигляді оцінок екологічної ємності і техноємності території [80].

Екологічна ємність пов'язана з оцінкою здатності систем НС до самовідновлення, забезпечення стабільності і сталого розвитку без урахування даних щодо змін в них при дії негативних факторів.

Показник техноємності розраховується за двома обчислюваними показниками: природоємність і екологічна техноємність території. Природоємність кількісно характеризує техногенний вплив на природні комплекси і застосовується як показник екологічної ефективності функціонування природно-техногенних систем [81].

Техноємність природного середовища деякими дослідниками ототожнюється з екологічною ємністю території, що становить сукупність показників демографічної та репродуктивної ємності території з урахуванням оптимальних параметрів екосистем [82]. Екологічна техноємність території – узагальнена характеристика стану території, яка кількісно становить величину максимального техногенного навантаження протягом тривалого часу (років) на сукупність реципієнтів і екологічних систем без порушення їх структурних та функціональних властивостей; відображає самовідновлювальний потенціал природної системи без порушень, зумовлених техногенним навантаженням [83].

Таким чином, для визначення методичного забезпечення з комплексного оцінювання рівня якості складних систем необхідним є застосування методів системного аналізу, що дозволять встановити стан «об'єкт – НС» на рівні дослідження «стан (система – НС) – зміни – процес – кінцевий стан системи» на основі розробки інформаційної бази екологічного моніторингу природно-техногенних об'єктів різного рівня структурної організації.

1.3 Аналіз методичних підходів з оцінки екологічної якості природно-техногенних об'єктів

З метою оцінки рівня екобезпеки на основі аналізу показників за масштабами дослідження невідповідності якості об'єкта екологічним характеристикам використовуються такі *екологічні методики* [84].

1. Методика визначення екологічної характеристики сукупності природних умов і реципієнтів території, їх чутливості і витривалості відповідно до антропогенного впливу. Даний підхід характеризується доступністю статистичної інформації, включає в себе оцінку репродуктивних здібностей сфер природного середовища.

2. Ідентифікація небезпеки за коефіцієнтом варіації, що фіксує зміни вмісту кисню в атмосферному повітрі, наявність природних водних і рослинних ресурсів на території. Відхилення характеристичного складу середовища (кисню, води, рослинності) від природного рівня його коливань визначається порівнянням фактичних даних з фоновим рівнем забруднення.

3. Оцінка екологічної ємності атмосферного повітря відповідно до характеристики процесів відтворення кисню за річним обсягом.

4. Методика визначення екологічної техноємності за величиною виснаження екологічних ресурсів природного середовища. Кількісна характеристика з оцінки рівня екологічної безпеки встановлюється за обсягом вичерпання ресурсів природного середовища, що надається у вигляді коефіцієнта виснаження екологічної техноємності. Отримані розрахункові значення коефіцієнта зіставляються з нормативами або задаються в межах граничних значень зміни показника. Граничні значення є основою для проведення ранжування території за рівнем екологічної безпеки, порівняльного аналізу територій на регіональному рівні.

5. Оцінка рівня екологічної безпеки техногенно-навантажених територій за результатами розрахунків показників екологічної ємності повітря, водного середовища та поверхні землі.

Екологічна ємність повітря E_1 встановлюється за обсягом відтвореного кисню згідно з формулою:

$$E_1 = \Pi_B \cdot F_1, \quad (1.4)$$

де E_1 – екологічна ємність повітря, кг/с;

F_1 – швидкість кратного поновлення маси кисню, с^{-1} ;

Π_B – обсяг щорічного відтворення кисню, кг (розраховується з урахуванням площі біоценозів і їх продуктивності по кисню на 1 м^2) [84].

Екологічна ємність водного середовища та земної поверхні розраховується за обсягами поверхневих водотоків і площі земної поверхні, вмісту екологічно поширених біотичних складових у цих середовищах і швидкості кратного поновлення обсягу води і біомаси.

Характеристикою безпечності територіального об'єкта дослідження є рівень екологічної техноємності (Te_i), який розраховується за результатами оцінки екологічної ємності:

$$Te_i = E_i \cdot x_i, \quad (1.5)$$

де Te_i – екологічна техноємність i -го середовища забруднення, г/с;

E_i – екологічна ємність i -го середовища, г/с;

x_i – коефіцієнт варіації для природних коливань вмісту основної субстанції в середовищі [84].

6. Оцінка екологічної якості досліджуваних природних середовищ території за коефіцієнтом виснаження екологічної техноємності ($K_{\text{висн}}$). Величина коефіцієнта виснаження екологічної техноємності визначається як відношення виснаження екологічно значущих субстанцій (U) до екологічної

техноємності (T). Розрахунок коефіцієнта проводиться для кожного виділеного забрудненого середовища шляхом зіставлення ресурсного потенціалу і величини вилучених ресурсів i -го природного середовища. Для розрахунку зведеної оцінки рівня екологічної безпеки території визначається інтегральний коефіцієнт виснаження екологічної техноємності як сума коефіцієнтів середовищ, зважених на показник значущості забруднення кожного з розглянутих середовищ [84].

7. Методика інтегральної оцінки екологічної безпеки на основі визначення реального ризику виникнення екологічно небезпечних ситуацій та міжрегіональних розбіжностей рівнів екологічної безпеки. Така оцінка встановлюється за величиною нормованого значення показника досліджуваного екологічного блоку за формулою:

$$X_{ij} = \frac{a_{ij} - \min(a_{ij})}{\max(a_{ij}) - \min(a_{ij})}, \quad (1.6)$$

де X_{ij} – нормоване значення показника i -го регіону j -го екологічного блоку;

a_{ij} – показник небезпеки i -го регіону j -го екологічного блоку;

$\min(a_{ij})$, $\max(a_{ij})$ – мінімальна та максимальна величина для відповідних показників за блоками [85].

Для комплексної характеристики якості компонентів природного НС і оцінки сталості його розвитку використовується *метод оцінки безпеки за індикаторами*. Індикаторні показники мають задовольняти вимогам використовуваних методів оцінювання якості систем:

- враховувати значення отриманої моніторингової інформації на вході;
- характеризувати в явній формі процеси та явища;
- мати якісну та кількісну оцінку, визначену у відомих просторових форматах дійсних чисел, ймовірнісному просторі тощо;
- забезпечувати можливість встановлення порівняльних оцінок для

окремих об'єктів і їх частин та гарантувати необхідну міру чутливості значень отримуваних величин (індикаторів, індексів, показників) відповідно до просторово-часової динаміки або варіації об'єктів, що вивчаються [63].

Для виміру стану НС у світовій практиці розроблену низку інтегральних індикаторних показників. Вони розглядаються як міра антропогенного впливу на екосистеми і ландшафти, що призводить до змін функціонально-структурних характеристик – продуктивності, інтенсивності біотичного кругообігу, видового різноманіття, стійкості та ін. Виділяють дві групи таких показників [74].

1. По-компонентні – це індикатори стану повітря, вод, ґрунтів і біогеоценотичного покриву в цілому. Особливе значення відводиться біоіндикаторам, за якими надається остаточна оцінка стану НС. Екологічними показниками якості прийнято вважати життєздатність і продуктивність виду або спільноти, видове різноманіття, присутність або відсутність характерних видів. За коливаннями їх значень з великою достовірністю констатують зміни природних комплексів під впливом природних і антропогенних факторів.

2. Комплексні – сумарні (інтегральні) показники, які характеризують природні системи в цілому, визначаються відповідно до по-компонентного оцінювання рівня впливу на них зовнішніх факторів за значенням X_s , розрахованим за формулою:

$$X_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i K_i, \quad (1.7)$$

де n – кількість компонент системи;

a_i – ваговий коефіцієнт i -ї компоненти;

K_i – сумарний показник стану i -ї компоненти (формула (1.1)).

До цього часу не існує єдиного підходу до визначення універсальної системи показників та їх граничних значень, що характеризують рівень безпеки та розвитку системних об'єктів різного рівня складності [15]. В системах моніторингу в межах національної безпеки держави переважають методики

оцінки еколого-економічної безпеки розвитку територій.

При формуванні *індексних показників комплексної екологічної оцінки* необхідним є виконання таких вимог:

- простий і зрозумілий зміст для фахівця-еколога;
- детальна оцінка території, що дозволяє аналізувати складові системи досліджуваного утворення для виявлення екологічно небезпечних ділянок;
- універсальність з позицій надання математичного виразу при врахуванні усіх часткових оцінок окремих факторів;
- використання селективних (конкретних) методів з визначення окремих комплексних показників;
- єдиний просторовий і часовий інтервал дослідження окремих оцінок для всіх даних;
- відкритість для доповнення при наявності необхідності;
- повнота опису об'єкта дослідження і оцінка невизначеності.

Відповідно до зазначених вимог формують набір даних, необхідних для оцінки стану складних систем [86].

1. Група геофізичних, фізичних і хімічних факторів, що впливають на людину і середовище її життєдіяльності:

- геолого-морфологічні особливості території;
- ландшафтні особливості території;
- кліматичні особливості;
- рівень забруднення атмосферного повітря, вод, ґрунтів;
- стан електромагнітних полів;
- радіаційна ситуація тощо.

2. Група відгуку «флора-фауна»: стан флори і фауни.

3. Група здоров'я: статистичні дані про стан здоров'я населення за віковими групами, у відповідності до видів і особливостей трудової діяльності, способу життя тощо.

До традиційних складових оцінювання рівня екологічної безпеки відносять показники стану атмосферного повітря, водних ресурсів, земельних та

біоресурсів, надр, екзогенних геологічних процесів, відходів тощо. У світовій практиці ці показники розраховуються у вигляді Індексу екологічної вразливості (EVI, [87]), Індексу екологічної ефективності (EPI, [88]), Індексу екологічної стійкості (ESI, [89–90]), Індексу включення в НС (EEI, [91]).

До недоліків зазначених індексних характеристик екологічної безпеки слід віднести відсутність врахування окремо економічних і соціальних факторів як певних ризиків і загроз підтримки стійкого рівня безпеки: розгляд екологічної безпеки в рамках загальної економічної безпеки відповідно до встановлених природно-охоронних індикаторів [27]. Оцінка безпеки виключно за екологічними індикаторами не дає повної характеристики загальної ситуації, потребує додаткового аналізу економічних і демографічних індикаторів, врахування соціальних факторів – так званої екологічної культури людей, що пов'язано не тільки з антропогенним забрудненням НС, а й із загальним розвитком соціуму в цілому. В Україні розроблено індекс, що враховує екологічні, соціальні і економічні індикатори, в аспекті загроз/ризиків – Environmental Safety Index (ESfI) (рис. 1.6) [55].

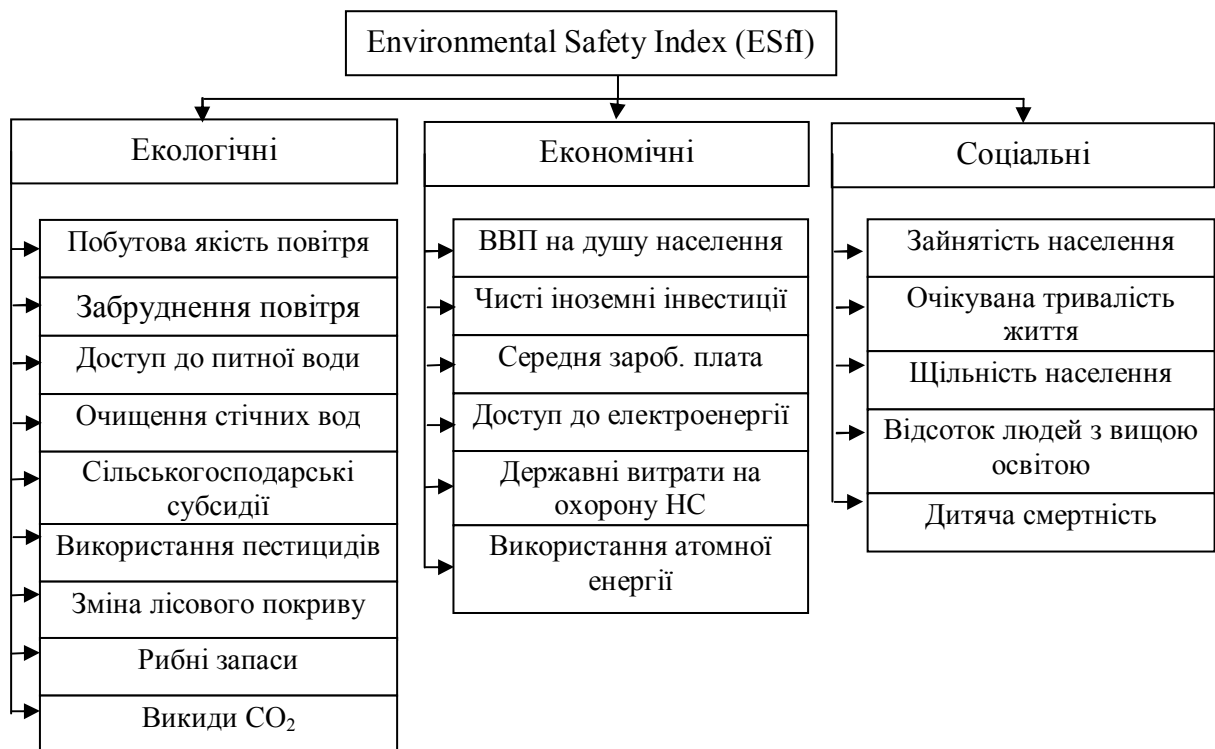


Рисунок 1.6 – Складові індексу Environmental Safety Index [55]

З урахуванням досягнення максимальних і мінімальних значень індикаторів, методологія розрахунку ESfI є класичною для оцінки індикаторів-індексів і базується на розрахунку кожного з індикаторів для кожного об'єкта дослідження відповідно до індексу інтегральної оцінки за формулою (1.6) [55].

Недоліком цього індексу є відсутність аналізу багатьох факторів, що є вагомими для оцінки екологічної безпеки. Серед екологічних показників це відсутність врахування викидів забруднюючих речовин окрім CO₂ (наприклад SO₂, C_xH_y тощо), якості питної води і її забрудненості, особливостей ведення сільського господарства тощо.

Для виявлення зовнішніх ознак досліджуваного явища (об'єкта), тобто тих властивостей і характеристик, які підлягають спостереженню та вимірюванню, використовують розрахунки індексів за методикою комплексного підходу до аналізу якості [27]. За даною методикою враховують економічні фактори у вигляді індикаторів фінансування природоохоронної діяльності та захисту природного середовища, які характеризують величину надходжень до обласного бюджету (екологічний податок, збір за спеціальне користування лісовими ресурсами, надрами, за використання води та ін.), до фонду охорони навколишнього природного середовища, та визначають розмір видатків з бюджету на охорону довкілля та платежі з екологічного страхування [85]. У даній методиці визначається соціальний показник, що характеризує участь громадських організацій в охороні НС. Він становить дані щодо кількості діючих екологічних організацій та проектів, реалізованих за їх участю.

Індекс екологічної безпеки регіону розраховується як середня геометрична величина окремих індикаторів, що характеризують стан дослідженого об'єкта навколишнього середовища [85]:

$$I_{\text{екол безп}} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n I_{(1,2,\dots,n)}}, I_{\text{екол безп}} \leq 1, \quad (1.8)$$

де $I_{\text{екол безп}}$ – інтегральний індекс екологічної безпеки регіону;

I_n – індексний показник i -го індикатора екологічного стану регіону.

Економічні, соціальні та екологічні індексні показники індикаторів екологічної безпеки визначаються за формулою:

$$I_{1,2,\dots,n} = \frac{1}{n} \sum_n^1 X_{ij}, \quad (1.9)$$

де $I_{1,2,\dots,n}$ – відповідно індексні показники індикатора, що характеризують ступінь екологічної безпеки i -го регіону;

X_{ij} – рівень змін j -го показника i -го індикатора.

У свою чергу, показники, що становлять індикатори, визначаються як середньоарифметична величина їх складових:

$$X_{ij} = \frac{x_{(11,21,\dots,nj)}^1}{x_{(11,21,\dots,nj)}^0}, \quad (1.10)$$

де $x_{(11,21,\dots,nj)}^1$ – j -ті показники екологічної безпеки для i -го індикатора у поточному році;

$x_{(11,21,\dots,nj)}^0$ – j -ті показники екологічної безпеки для i -го індикатора у попередньому році.

Отже, окремі показники інтегрального індексу безпеки визначаються співвідношенням певних показників розвитку даного регіону у поточному та попередньому періодах [85].

Недоліком цього комплексного визначення рівня екологічної безпеки є необхідність врахування значень показників для індикаторів попередніх років, які не завжди є зафіксованими, та високий рівень усереднення результатів, що нівелює специфічні прояви індикаторів у різні періоди дослідження.

З метою визначення рівня екологічної небезпеки території проводиться аналіз стану НПС за відповідною кількістю показників: атмосферне повітря – 18 показників, водні ресурси – 30, земельні ресурси – 10, лісові ресурси – 12, надра – 7, екзогенні геологічні процеси – 22, відходи – 18 показників. Їх комплексна оцінка дозволяє встановити рівень безпечності природокористування та ймовірність виникнення загроз екологічного характеру за умови збереження існуючої тенденції антропогенного навантаження [92].

Оцінка рівня екологічної небезпеки проводиться у два етапи: перший становить аналіз і групування вхідної інформації за відповідними блоками; другий – розрахунок коефіцієнтів екологічної небезпеки для кожного регіону за виділеними блоками та їх сукупністю у регіональному розрізі.

Загальна схема побудови показників екологічної небезпеки стосується кожного окремого блоку.

1. Компонування векторів показників α_{ij} первинної інформації i -го рівня для розрахунку інтегральної оцінки небезпеки j -го блоку.

2. Нормування показників, тобто перехід від абсолютних за своїм характером показників (векторів α_{ij}) до відносних показників (x_{ij}), на основі розрахункової системи (див. вираз (1.6)).

Розрахунки нормованих значень показників проводяться відповідно до методики ООН, що застосовується при проведенні ранжування країн за різними соціально-економічними показниками із застосуванням для них вагових коефіцієнтів.

3. Для визначення вагових коефіцієнтів використовується метод головних компонент, у результаті чого m -вимірний простір ознак переводиться у p -вимірний простір компонент. У моделі головних компонент зв'язок між первинними ознаками і компонентами описується як лінійна комбінація:

$$y_{ij} = \sum_j^m c_{kj} G_j, \quad (1.11)$$

де y_{ij} – стандартизоване значення i -ї ознаки j -ї головної компоненти;

m – кількість ознак, за якими визначають сумарну дисперсію;

c_{kj} – внесок j -ї головної компоненти в сумарну дисперсію множини показників k -ї сфери дослідження;

G_j – j -та головна компонента.

Компоненти G_j визначаються лінійною комбінацією виду:

$$G_j = \sum_j^m d_{ij} x_{ik}, \quad (1.12)$$

де d_{ij} – факторні навантаження i -ї ознаки j -ї компоненти;

x_{ik} – i -та ознака k -ї сфери дослідження.

Встановлення головних компонент здійснюється у декілька етапів, які включають побудову матриці розрахунків, виявлення головних компонент відповідно до розрахунку факторних навантажень (факторний аналіз), ідентифікацію головних компонент.

4. Розрахунок показника екологічної небезпеки окремого блоку A_k , з урахуванням вагових коефіцієнтів кожного із показників, що входять у блок, проводиться за формулою:

$$A_k = \frac{\sum b_{lk} x_{lk}}{z}, \quad (1.13)$$

де b_{lk} – відповідний ваговий коефіцієнт l -го регіону k -го блоку;

x_{lk} – нормоване значення показника l -го регіону k -го блоку;

z – кількість показників у k -му блоці;

n – кількість аналізованих регіонів.

Власне вагові коефіцієнти b_{lk} розраховуються за формулою:

$$b_{lk} = \frac{c_{kj} |d_{ij}|}{\sum c_{kj} |d_{ij}|}. \quad (1.14)$$

5. Індекс екологічної небезпеки регіонів розраховується за такою формулою:

$$Q_{lk} = \sqrt[k]{A_{lkg} \times \dots \times A_{lkg}}, Q_{lk} \leq 1, \quad (1.15)$$

де A_{lk} – агрегований коефіцієнт екологічної небезпеки l -го регіону за k -ми визначеними блоками;

g – кількість блоків дослідження [92].

Таким чином, розглянуті вище методи комплексної оцінки рівня екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів надають узагальнену кількісну інформацію щодо взаємодії «система – НС» без встановлення причин порушень умов безпеки їх стану. У зв'язку з цим у роботі визначені теоретичні основи з формування комплексного методичного забезпечення дослідження складних об'єктів для встановлення факторів дестабілізації стану екологічної безпеки, ступеню негативної ураженості систем, обґрунтування механізмів довільного та зовнішнього регулювання безпечності взаємодії «система – НС».

1.4 Постановка задачі дослідження

Основною проблемою при аналізі стану екологічної безпеки еколого-соціально-економічного об'єкта будь-якого рівня складності є кількісна оцінка ступеня впливу, рівня небезпеки певного негативного фактора системи та ймовірності виникнення негативних наслідків взаємодії «об'єкт – НС».

Відповідно до результатів аналізу засобів і методичних підходів ідентифікації екологічної якості складних територіально-об'єктових систем природно-техногенного призначення встановлено за необхідне:

1) удосконалення методичного забезпечення оцінки якості об'єктів НС з переходом від локальних системних вимірювань до аналізу взаємоузгодженості оцінювання на рівні дослідження «об'єкт – НС»;

2) подальший розвиток теоретико-практичних підходів щодо підвищення об'єктивності в процедурі оцінювання рівня екологічної безпеки за рахунок послідовного розв'язання завдань на основі комплексу методів ідентифікації якості складних систем;

3) визначення методів комплексної оцінки якості різномірних систем складних об'єктів.

Мета роботи пов'язана з вирішенням науково-практичного завдання щодо комплексної оцінки ступеня безпеки системних об'єктів у відповідності з їх цільовою діяльністю для встановлення дестабілізуючих факторів і визначення механізмів регулювання їх екологічного стану на основі розробки методично-інформаційного забезпечення. Це зумовило розв'язання таких теоретичних і практичних завдань:

1) аналіз і систематизація сучасних методичних підходів з оцінювання ступеня безпеки природно-техногенних об'єктів для створення комплексного інформаційно-методичного забезпечення ідентифікації відповідності прийнятному рівню екологічної якості систем;

2) обґрунтування теоретико-практичних основ з оцінки техногенно-екологічної безпечності системних об'єктів відповідно до положень системного аналізу, комплексного використання математичних і графологічних методів, ідентифікації стану систем, врахування взаємодії «об'єкт – НС»;

3) удосконалення науково-практичних підходів до розв'язання задач екологічної безпеки при дослідженні природно-техногенних об'єктів на основі комплексування методів оцінки рівня екологічної якості складних систем за еколого-соціально-економічними аспектами;

4) визначення інформаційно-методичного забезпечення реалізації запропонованої бази комплексного аналізу та оцінки екологічної безпеки еколого-соціально-економічних утворень;

5) розробка інформаційно-програмного забезпечення комплексної оцінки рівня екологічної безпеки системних об'єктів різного рівня територіальної організації відповідно до вимог збалансованого сталого розвитку.

Висновки до розділу 1

1. Визначено базові підходи з дослідження екологічного стану складних об'єктів природно-техногенної змістовності відповідно до положень системного аналізу щодо вивчення взаємодії «система – НС», встановлення відповідності стану і функціональності об'єктів прийнятному рівню екологічної безпеки.

2. Проаналізовано методи оцінки екологічної безпеки складних об'єктів, що дозволило визначити особливості застосування різноманітних показників для надання комплексної характеристики екологічного стану природно-техногенних об'єктів різного рівня дослідження.

3. Встановлено необхідність впровадження комплексного підходу з формування методичного забезпечення розрахунку рівня екологічної безпеки складних об'єктів відповідно до дослідження «стан (система – НС) – зміни – процес – кінцевий стан системи».

4. За результатами аналізу існуючих методик оцінки екологічної якості системних об'єктів визначено вимоги до формування інформаційно-методичного забезпечення з надання комплексного оцінювання рівня екологічної безпеки «система – навколишнє середовище».

Одержані результати надано в публікаціях автора: 12, 15, 19, 25, 69.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕОРЕТИКО-ПРАКТИЧНИХ ОСНОВ МЕТОДІВ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ

2.1 Особливості оцінки екологічного стану еколого-соціально-економічних систем відповідно до положень концепції сталого розвитку

Визначення комплексної оцінки екологічної безпеки складних систем з позицій концепції сталого розвитку повинно забезпечувати гармонізацію відносин суспільства і біосфери, розвиток соціально-економічних систем за законами природи [12]. Одним з пріоритетних критеріїв екологічної безпеки є відповідність вимогам збереження природного стану НС і необхідного рівня соціально-економічного розвитку (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Проблемні задачі екологічного розвитку еколого-соціально-економічних систем за положеннями концепції сталого розвитку

Завдання з оцінки екологічної безпеки, узгоджені з положеннями концепції сталого розвитку, визначаються за рівнем складності аналізованих систем, які умовно розділяють на *прості*, *бінарні* та *складні*. *Прості системи* становлять соціальні, екологічні та економічні системи за наявністю таких зв'язків:

- екологічних – безпосередні зв'язки між природними об'єктами;
- соціальних – зв'язки індивіда в суспільстві, відношення особи до змін у громадському процесі;
- економічних – зв'язки, що виникають внаслідок дії законів економіки, визначаються закономірностями розвитку економічних процесів.

Оцінка стану екологічних систем передбачає визначення рівня екологічної якості об'єктів НС у відповідності до гігієнічних та екологічних нормативів (атмосферне повітря, водні об'єкти, шум, електромагнітні поля, рекреаційні зони, мінеральна сировина, ґрунт, землі для розміщення відходів та ін.). Економічна відповідність стану систем вимогам екологічної безпеки оцінюється з позицій залежності від наявності джерел сировини, енергії, робочої сили, споживачів продукції, споживачів відходів, бюджетної забезпеченості тощо. Оцінка безпеки стану соціальних систем передбачає аналіз реальних доходів населення, тривалості життя, народжуваності, смертності, показників здоров'я, зайнятості населення, усвідомлення населенням екологічних проблем, необхідності самообмеження за вимогами екологічної якості НПС тощо [93].

Оцінка екологічної безпеки об'єкта однорівневої складності незалежно від його змістовності контролюється значною мірою його впливом на природні системи, що становить відповідні фактори взаємозв'язку між соціально-економічною системою та природним середовищем (рис. 2.2) [13, 94]. Така залежність враховується на рівні *бінарних зв'язків*, що передбачає об'єднання систем для виконання дворівневих завдань в еколого-соціально-економічному просторі дослідження.



Рисунок 2.2 – Структура дослідження еколого-соціально-економічної системи з оцінки рівня екологічної безпеки [95]

У результаті об'єднання систем виникають об'єкти, контроль якості яких становить такі дослідження:

- економіко-екологічні – оцінка природокористування та впливу господарської діяльності на природне середовище, наслідків забруднення довкілля відходами виробництва, нераціонального використання природних ресурсів, впровадження заходів оздоровлення НС і запобігання появи екологічних збитків;

- еколого-економічні – визначення рівня впливу на НПС, забезпечення економіки природними ресурсами і формування сировини для виробництва;

- соціально-економічні – характеристика стану і рівня розвитку трудових ресурсів, технологій і виробництва;

- еколого-соціальні – оцінка стану НПС і пов'язаного з цим здоров'я людини, ступеня безпеки умов життєзабезпечення;

– економіко-соціальні – визначення безпечності та екологічності сфери виробництва і використання благ;

– соціально-екологічні – характеристика стану НПС як результату взаємодії життєдіяльності людини і природних систем [45].

Третій рівень складності передбачає поєднання різнопланових функціональних систем еколого-соціально-економічної змістовності в межах одного об'єкта, що розглядається в якості *системного об'єкта дослідження*. *Еколого-соціально-економічна* система визначається як обмежена певною територією частина технобіосфери, в якій природні, соціальні, виробничі структури і процеси пов'язані потоками речовини, енергії та інформації, що забезпечують самоорганізацію складових і самовідтворення системи [96].

Взаємозв'язок екологічних, соціальних та економічних систем забезпечує безпечний стан територій. Пріоритетними в дослідженні якості складних систем вважаються екологічні фактори, що є основою для забезпечення фізіологічних функцій людини (якість продуктів харчування і питної води та ін.), розвитку «соціо-» властивостей, інформаційних зв'язків з НПС.

При дослідженні рівня екологічної безпеки еколого-соціально-економічних систем аналізується відповідність вимогам цілісності та стійкості системних утворень за такими характеристиками:

– поліваріантністю, що означає наявність багатосторонньої системи взаємозв'язків;

– транспарентністю, яка передбачає відкритість організаційно-управлінської системи та прозорість господарських відносин;

– аддитивністю управління, яка визначається багатоваріантністю цілепокладання системи управління на різних рівнях дослідження;

– збалансованістю екологічних, соціальних, економічних систем;

– анізотропністю, що свідчить про неоднорідний характер складових;

– гомоморфністю, яка визначається наявністю сформованих структур складових систем.

Виникнення проблемних питань із забезпечення екологічного розвитку

еколого-соціально-економічної системи пов'язано з проявом таких явищ:

- збільшення інформаційного потоку в НПС у результаті науково-технічного прогресу;
- зростання обсягу та асиметричності інформації, збільшення невизначеності та надлишку даних;
- неузгодженість економічної ефективності і соціальної справедливості при обмеженості природних ресурсів, що потребує комплексного дослідження;
- погіршення стану НПС, недостатній рівень екологізації виробництва, відсутність в управлінській діяльності урахування ролі самоорганізаційних можливостей систем [97].

З метою виявлення вагомих факторів дестабілізації екологічної безпеки (техногенна складова) і показників регулювання екологічності розвитку систем і об'єкта загалом (природна складова) аналітична система враховує корпоративне об'єднання систем у межах природно-техногенного об'єкта. Основою аналізу внутрішніх зв'язків між цими системами у такому об'єкті є виявлення самоорганізаційних механізмів і визначення зовнішніх управляючих дій, спрямованих на збереження екологічної безпеки систем і об'єкта в цілому [69].

У цільовій функції визначення якості системного об'єкта як рівня екологічної безпеки при комплексному підході враховуються властивості системи абіотичних та біотичних факторів, що безпосередньо впливають на людину, її господарську діяльність у межах певної території, та система факторів, що забезпечують безпечність дії економічного сектора на НПС. Негативний вплив на НПС пов'язується з техногенною складовою соціально-економічної системи, що являє сукупність засобів та методів обробки речовини, енергії та інформації для виробництва продукції на певній території [98].

Таким чином, у разі комплексної оцінки екобезпеки еколого-соціально-економічної системи об'єктом дослідження стає *природно-техногенне утворення (об'єкт)*, що являє собою взаємодію природної складової і об'єктів, створених людиною, і характеризується певною кількістю структурних зв'язків і рівнем ієрархії. Природно-техногенні об'єкти локального, регіонального і

глобального рівня дослідження на рівні простих, бінарних і складних систем характеризуються багатоаспектністю змісту, високим рівнем складності структури і визначаються як «системні об'єкти». Їх визначають як складні динамічні угруповання, що відповідають за здійснення певних видів діяльності за умови відповідності прийнятному рівню безпеки в екологічному, соціальному і економічному сенсі (рис. 2.3) [69].

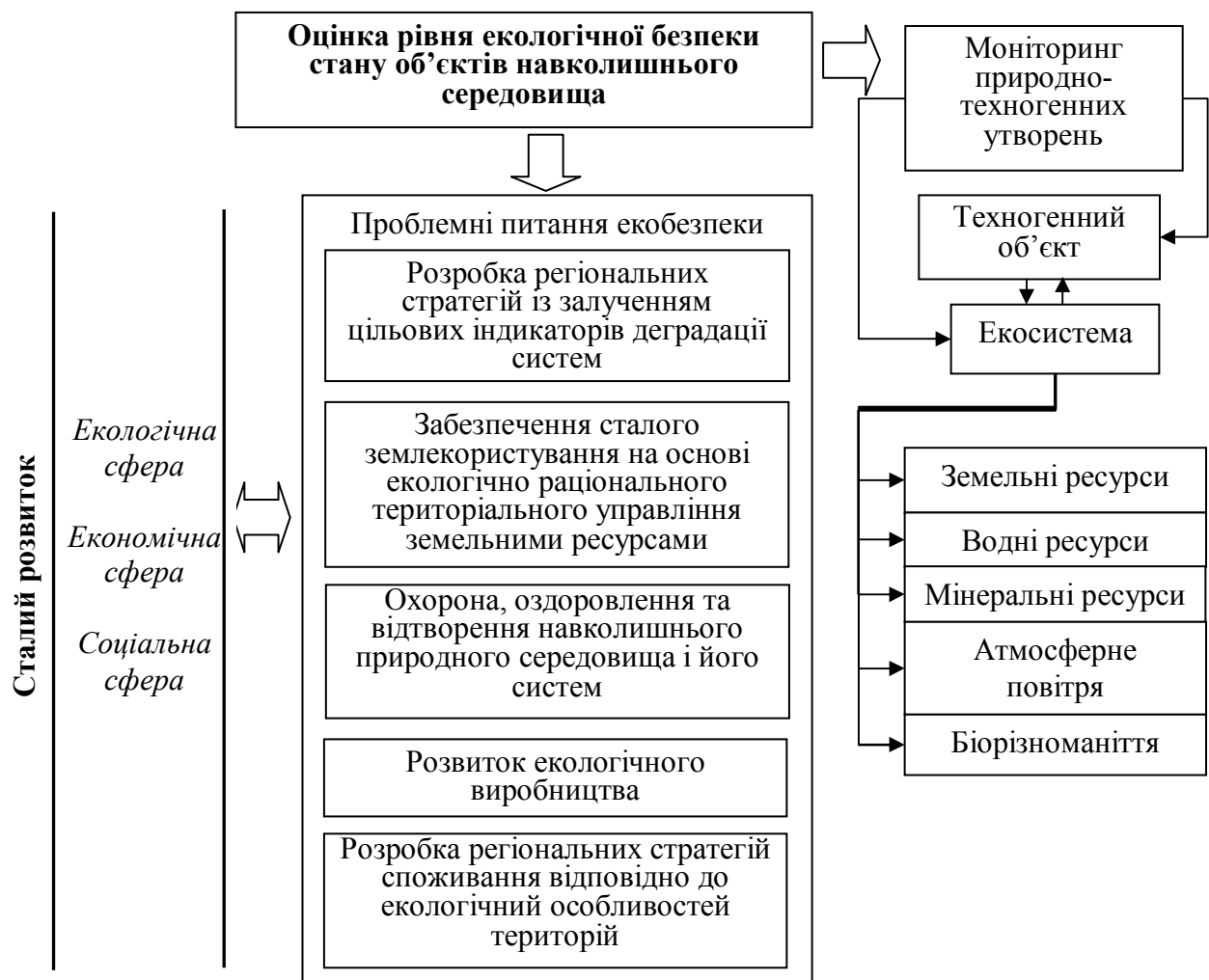


Рисунок 2.3 – Складові оцінки безпеки природно-техногенних об'єктів

У відповідності до зазначених вище складових комплексного оцінювання рівня екологічної безпеки еколого-соціально-економічних систем (див. рис. 2.3) контроль якості природно-техногенного об'єкта визначається оцінкою ступеня навантаження на НПС і збереженням необхідного рівня функціональності, що становить такі показники: екологічність як характеристика безпечного стану

природного середовища, живих організмів і людини; безпечність – рівень впливу на НПС за умови збереження і підтримки функціональності усіх систем об'єкта відповідно до їх природних властивостей.

Розв'язання задач екологічної безпеки стану складних систем пов'язують з переходом від якісного і якісно-кількісного оцінювання до комплексної кількісної оцінки відповідності прийнятному рівню екологічної якості усіх складових і системи дослідження в цілому.

Кількісна оцінка ступеня безпеки об'єкта у світовій практиці асоціюється із розрахунком індексу сталого розвитку, який пропонується використовувати як основу для забезпечення екологічної безпеки.

Для оцінки рівня екологічної безпеки загального стану складного об'єкта еколого-соціально-економічного змісту необхідним є врахування великої кількості показників, обчислення за якими проводиться згідно з методом індикаторів. Він передбачає попереднє скорочення обсягу вхідного потоку інформації за умови збереження реального уявлення про ситуацію, інформативності опису об'єкта дослідження (табл. 2.1) [99].

Таблиця 2.1 Критерії відбору індикаторів для оцінки якості складних систем

Критерій відбору	Характеристика індикаторів
Орієнтація на користність користувачів	<ul style="list-style-type: none"> – уявлення про стан НС, вплив на НПС і реакції суспільства; – надання динаміки стану систем; – відображення змін в НПС і діяльності людини; – узгодженість на національному, регіональному рівні питань охорони НПС; – відповідність міжнародним системам оцінки якості; – універсальність оцінки ситуації безпеки; – пристосованість для різних рівнів дослідження об'єктів – макрорівень і макрорівень, суб'єкти, організації та ін.
Аналітична надійність	<ul style="list-style-type: none"> – обґрунтованість з технічної, практичної і наукової точки зору; – узгодженість з міжнародними стандартами і міжнародними угодами; – зв'язок з моделями прогнозування і інформаційними системами
Вимірюваність	<ul style="list-style-type: none"> – доступність, оптимальність щодо співвідношення витрат і вигод; – адекватність документації;

Закінчення таблиці 2.1

Критерій відбору	Характеристика індикаторів
	– оновленість за вимогами точності даних.
Ефективність	– відповідність вимогам управління, менеджменту: якості, справедливості, своєчасності, вартості і т.д.; – обмеженість відповідно до вимог екологічних завдань, програм.
Функціональність	– реалізованість програм і завдань у вирішенні екологічних проблем.
Комплексність	– узагальненість важливих операційних аспектів практичної реалізації програм сталого розвитку.

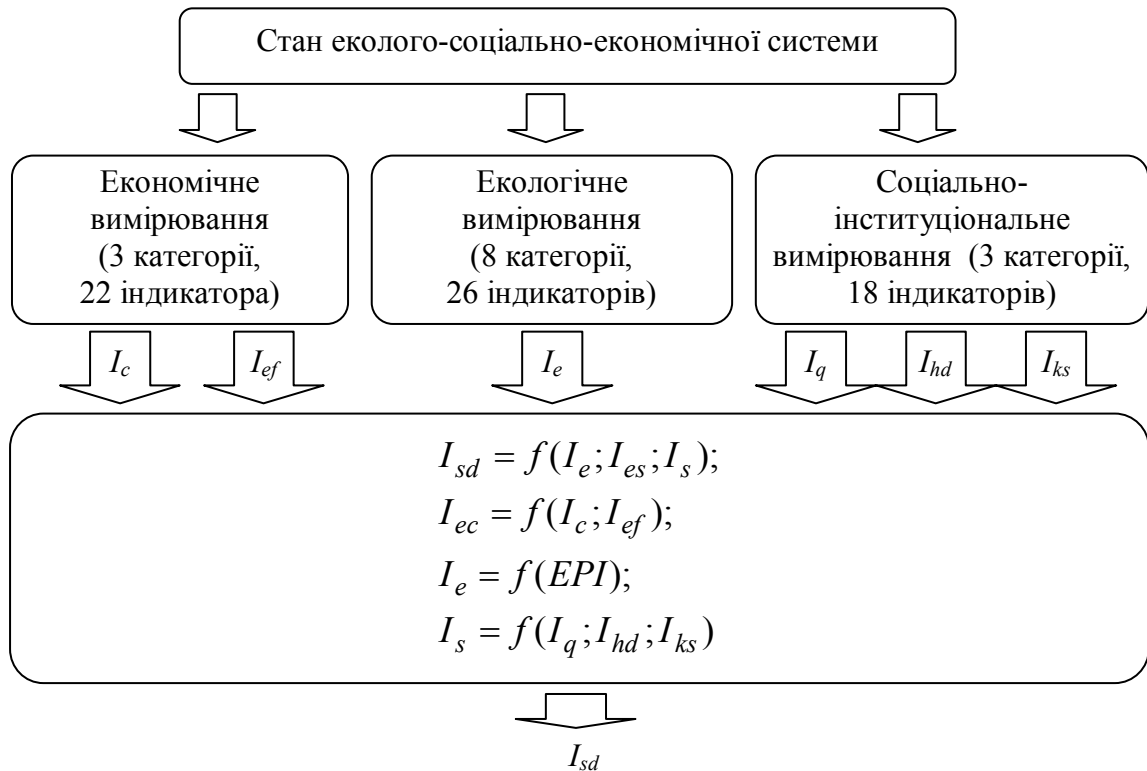
Агреговані індикатори розвитку як звітні характеристики визначені в розробках ООН і Світового банку [100–102]. Цими міжнародними організаціями запропоновані методики, що дозволяють включати в оцінку різноманітні чинники еколого-соціально-економічної змістовності з урахуванням національних особливостей розвитку.

Так, система індикаторів сталого розвитку Комісії зі сталого розвитку ООН (CSD Indicators) [103] відображає розвиток як багатовимірний процес постійної взаємодії «об’єкт – НС», у результаті чого явний поділ на економічну, екологічну, соціальну складові в системі відсутній. Один і той же індикатор визначає оцінку за кількома аспектами розвитку. Цією методикою передбачена можливість для будь-якої країни формувати свій набір індикаторів оцінювання відповідно до національної стратегії сталого розвитку.

Для аналізу стану сталого розвитку і безпеки природно-техногенних утворень використовують інтегральні показники оцінки якості. Наприклад, в Нідерландах діє показник якості НС «Дзеркало чистоти» (MoC – The Mirror of Cleanliness) [104]; в Іспанії – соціальні, екологічні, економічні індикатори для виміру сталого розвитку [105], в Кореї – індекс наколишнього середовища [106].

В Україні комплексне дослідження рівня екологічної безпеки проводиться на системі індексних вимірів рівня сталого розвитку з виділенням екологічної, економічної і соціальної складових досліджуваних систем за методикою Інституту прикладного системного аналізу НАН України та МОН України під

керівництвом М. З. Згуровського. Індекс сталого розвитку розраховується як сума індексів економічного, екологічного та соціального вимірів з відповідними ваговими коефіцієнтами. Індокси розраховують з використанням поширених у міжнародній практиці методів обчислення систем індикаторів (рис. 2.4) [5, 13].



I_{sd} – індекс сталого розвитку; I_e – індекс екологічного розвитку; I_s – індекс соціального розвитку; I_c – індекс конкурентоспроможності; I_{ef} – індекс економічної свободи; ESI – індекс сталості навколишнього природного середовища; I_q – індекс якості та безпеки життя; I_{hd} – індекс людського розвитку; I_{ks} – індекс суспільства, заснованого на знаннях, або К-суспільства.

Рисунок 2.4 – Схема визначення індексу сталого розвитку [5]

Індекс сталого розвитку I_{sd} обчислюється за формулою [5]:

$$I_{sd} = 0,43 \cdot I_{ec} + 0,37 \cdot I_e + 0,33 \cdot I_s, \quad (2.1)$$

де I_{ec} – індекс економічного виміру;

I_e – індекс екологічного виміру;

I_s – індекс соціального виміру.

Використані масштабуючі коефіцієнти економічного, екологічного та соціального вимірів в індексі сталого розвитку визначаються експертним шляхом [5].

З метою врахування національних пріоритетів екологічної політики пропонується оцінку стану об'єкта дослідження визначати у вигляді регіонального індексу сталого розвитку, що агрегує 44 показника, за адаптованим варіантом методики Інституту прикладного системного аналізу НАН України та МОН України [107].

Обмеження щодо застосування регіональних індексів полягають у залежності їх від якості первинної інформації, і, таким чином, від систем екологічного моніторингу, узгодженості результатів за методичним забезпеченням різнорівневих досліджень. За таких умов аналіз даних пов'язаний із втратою інформативності, неможливістю співставляти результати оцінок стану різних територіальних угруповань [13, 108,].

Визначення комплексної оцінки регіональних об'єктів на основі порівняння умов та результатів їх розвитку за системою ознак базується на експертних процедурах і визначається етапністю [109]. Дана методика передбачає вибір показників (ознак), які характеризують вплив факторів на розвиток регіону з ваговими коефіцієнтами, визначеними експертним шляхом як середня арифметична із часткових оцінок кожної з ознак; обчислення часткових індексів розвитку регіону; розрахунок інтегрального індексу регіонального розвитку; встановлення рейтингу регіонів. Узагальнена оцінка рівня якості досліджених територій надається у вигляді інтегрального індексу сталого розвитку регіону:

$$I_{c.p.} = \frac{R_{i.c.p.} + R_{i.ек.p.} + R_{i.екл.p.}}{3}, \quad (2.2)$$

де $I_{c.p.}$ – інтегральний індекс сталого розвитку;

$R_{i\text{с.р.}}$ – рейтинг i -го регіону за соціальним рівнем розвитку;

$R_{i\text{ек.р.}}$ – рейтинг i -го регіону за економічним рівнем розвитку;

$R_{i\text{екл.р.}}$ – рейтинг i -го регіону за екологічним рівнем розвитку.

Незважаючи на зручність використання індексів при комплексній оцінці складних системних об'єктів, такий метод не є інформативним і достатнім для прийняття зваженого управлінського рішення [110]. Так, Ю. Л. Мазуров, В. С. Тикунов [111] стверджують, що «оскільки абсолютної стійкості, тотожної стабільності, постійності станів соціальних компонентів не може бути в принципі, то в тій же мірі не може бути і універсальних індикаторів стійкості розвитку». Окремі індикатори та сукупність даних визначаються за експертними оцінками, вимагають адаптації до існуючої статистичної бази, що ускладнює розрахунки параметрів дослідження [16, 18]. Вагомим недоліком таких методичних підходів є значна частка суб'єктивної оцінки та складність при агрегуванні інформації в індекси з визначенням ваги вихідних показників без втрати їх інформативності. Із збільшенням рівня агрегування інформації складність зважування непорівнюваних величин істотно зростає [14, 112].

Для вирішення прикладних завдань з оцінки якості складних систем спираються на формалізовані алгоритми, отримані в результаті побудови математичних моделей окремих процесів. Однак у практичній діяльності здебільше мають справу з невідповідністю реальних ситуацій запропонованим аналітичним залежностям, як результатів інтелектуальної діяльності людини. Таким чином, доцільним є використання сукупності методів системного аналізу, логіко-математичного моделювання для оцінювання рівнів потенційної небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру на окремих територіях [17].

Комплексний показник екологічної безпеки за умови розвитку і удосконалення методів багатофакторного аналізу і розпізнавання образів при розв'язанні задач якості визначається у вигляді функції аналізу сукупності факторів [113, 114]:

$$Y = f(N_i, k_N, E_i, k_E, C_i, k_C), \quad (2.3)$$

де Y – рівень, що характеризує стан безпеки;

N_i – якість стану населення;

k_N – коефіцієнт рівня екологічної освіти;

E_i – реалізації, що характеризують якість екологічної політики (витрати держави чи економіки на охорону природного середовища і екологічні інновації та технології господарських суб'єктів);

k_E – частка заповнюваних ресурсів і технологій у валовому внутрішньому продукті (ВВП);

C_i – якість природного середовища;

k_C – частка територій екологічного благополуччя.

Для визначення стану екобезпеки населення використовують показник N_i , що інтегрує такі властивості: очікувана тривалість життя, рівень освіти, кваліфікація трудових ресурсів, народжуваність, смертність та ін. Відповідно до цього, розглядається k_N – відносний показник охоплення населення екологічною освітою, частка населення відповідної вікової групи, що має необхідні екологічні знання.

У межах виконання завдань державної еколого-економічної політики, спрямованої на збереження природного середовища в умовах економічного розвитку території застосовується фактор E_i , за яким визначається оцінка якісного та кількісного рівнів стану складних об'єктів. Показник враховує рівень розвитку екологічних інновацій, екологічних технологій, що відповідає інтенсивності господарювання.

Величина k_E встановлюється як ефективність екологічних витрат держави і економічних суб'єктів в процентному відношенні до ВВП для кожної групи витрат. У практиці Світового банку замість ВВП в аналізі використовується валовий національний дохід, що є підставою для альтернативних розрахунків.

Характеристика якості природного середовища C_i пов'язана з моніторингом та діагностикою рівня забруднення повітряного простору, води, оцінкою якості ґрунтів, рівня біорізноманіття. Величина k_C являє собою вимір ефективності взаємодії людини і біосфери.

Комплексний підхід до оцінки безпеки за умови неповної інформації дозволяє враховувати якісні та кількісні характеристики техногенної і природної небезпеки, легко реалізувати обчислення вагових коефіцієнтів для окремих чинників, надати узагальнюючу оцінку ступеня техногенної і природної небезпеки окремих районів, областей, країн за таким системним аналізом [115]:

- 1) структуризація проблеми техногенної і природної небезпеки об'єктів різного ступеня складності;
- 2) визначення комплексних показників потенційної небезпеки регіонів держави щодо виникнення техногенних і природних надзвичайних ситуацій;
- 3) розрахунок інтегральних показників небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій на основі комплексних показників потенційної небезпеки територій, індивідуального ризику смерті та матеріального збитку.

Алгоритм цього методичного підходу передбачає визначення цілі (фокусу) проблеми, системний аналіз і структуризацію у вигляді ієрархічної моделі (ціль – критерії – альтернативи). За таким методичним забезпеченням використовується метод аналізу ієрархій – розв'язання багатокритеріальних завдань при наявності ієрархічних рівнів у системах, які виділяють при формуванні цілісної структури дослідженого об'єкта за наявною інформацією моніторингових систем і характеризуються певним набором чинників (рис. 2.5).

Реалізація методичного підходу (див. рис. 2.5) передбачає формування бази даних характеристики екологічного стану регіонів на основі кількісних оцінок за експертними процедурами. На основі показників потенційної небезпеки, індивідуального ризику смертності та матеріального збитку розраховується інтегральний показник небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій у кожному з регіонів України.

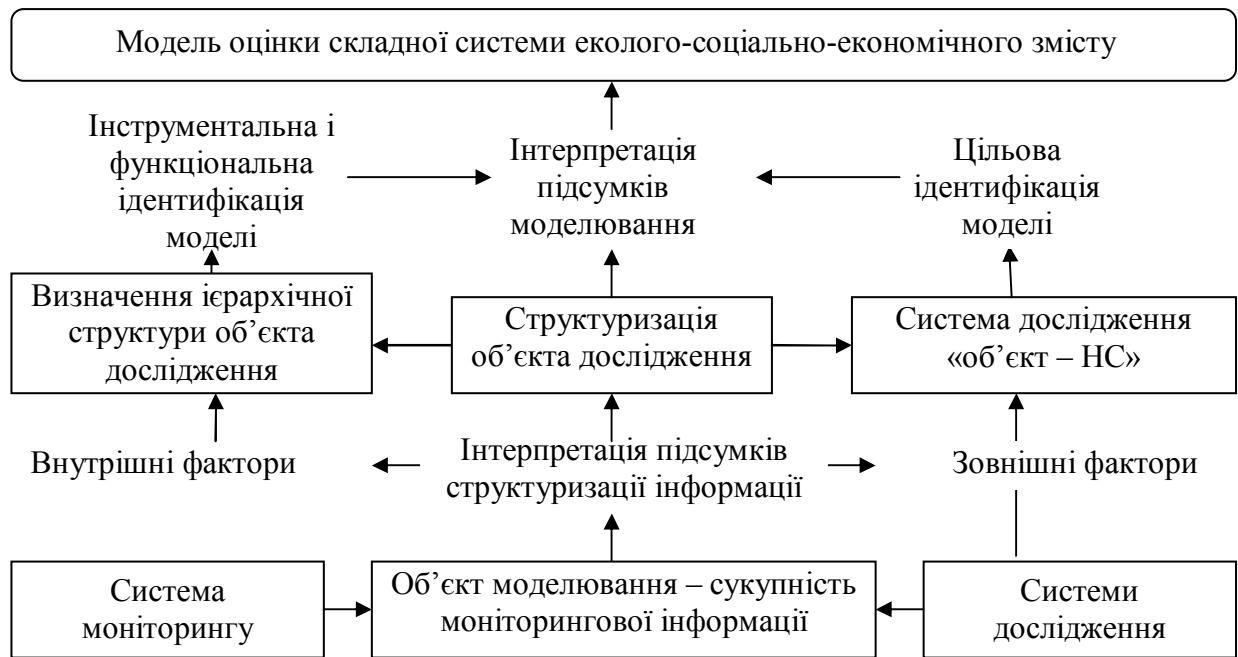


Рисунок 2.5 – Структурна схема визначення оцінки складної системи

Недоліком цього методичного підходу щодо визначення інтегрального показника небезпек є звернення до експертних методів встановлення пріоритетів серед чинників виникнення небезпечних ситуацій, що становить суб'єктивну складову в обґрунтуванні загальної оцінки рівня екологічної безпеки складного об'єкта. Цей підхід не дозволяє виявити вагомі чинники стабілізації взаємодії «система – НС», фактори дестабілізації стану системи з метою регулювання її екоякості; потребує додаткових досліджень процесів, пов'язаних з динамікою і подальшим розвитком систем [116].

Таким чином, беручи до уваги теоретично-практичні засади проаналізованих методик комплексного оцінювання еколого-соціально-економічних об'єктів щодо їх функціональності, реалізації та остаточної результативності, необхідним є формування аналітичної системи, яка б дозволяла на основі послідовного застосування методів системного аналізу надати комплексну оцінку екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів будь-якого рівня складності з урахуванням їх взаємодії з навколишнім середовищем при наявній кількості інформації.

2.2 Характеристика основних математичних методів дослідження складних систем

Екологічні, соціальні, економічні дослідження в межах системного аналізу стану і динаміки складних об'єктів природно-техногенного змісту пов'язані з багатофакторними методами обробки даних. Багатофакторність породжує невизначеність, низький рівень інформативності вхідної інформації, у зв'язку з чим визначення стану екологічних, економічних і соціальних систем потребує зменшення розмірності вхідного потоку даних [23, 117].

Для зниження інформаційного шуму і збільшення інформативності залучених до аналізу показників в межах факторного аналізу застосовується метод головних компонент (ГК). Метою методу є вилучення з усього потоку інформації вагомих параметрів за рахунок стиснення розмірності ознакового простору для усунення надлишку даних за рахунок неврахування взаємопов'язаних ознак (рис. 2.6) [118].

З метою формування ефективної основи для обробки багаточисельної вхідної інформації проводиться її стиснення, яке зводиться до перетворення n -мірного простору даних X в інший простір Y , в якому обирається підмножина змінних меншої розмірності $r < n$ без вагової втрати інформації.

Сформована інформаційна основа становить сукупність головних компонент Z_j , які відповідають за значення кожної ознаки, що розраховуються за лінійними комбінаціями у вигляді суми внесків спільних факторів [119]:

$$Z_j = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + \dots + a_{jr}F_r + d_jU_j, \quad j = \overline{1; m}, r < n, \quad (2.4)$$

де F_j – загальний j -й фактор, спільний для всіх показників;

a_j – факторне навантаження загального j -го фактора, що характеризує істотність його впливу (внесок відповідного фактора в показник X_j);

X_j – j -й показник дослідження;

U_j – характерний фактор j -го показника;

d_j – навантаження характерного фактора j -го показника для ознаки U_j .

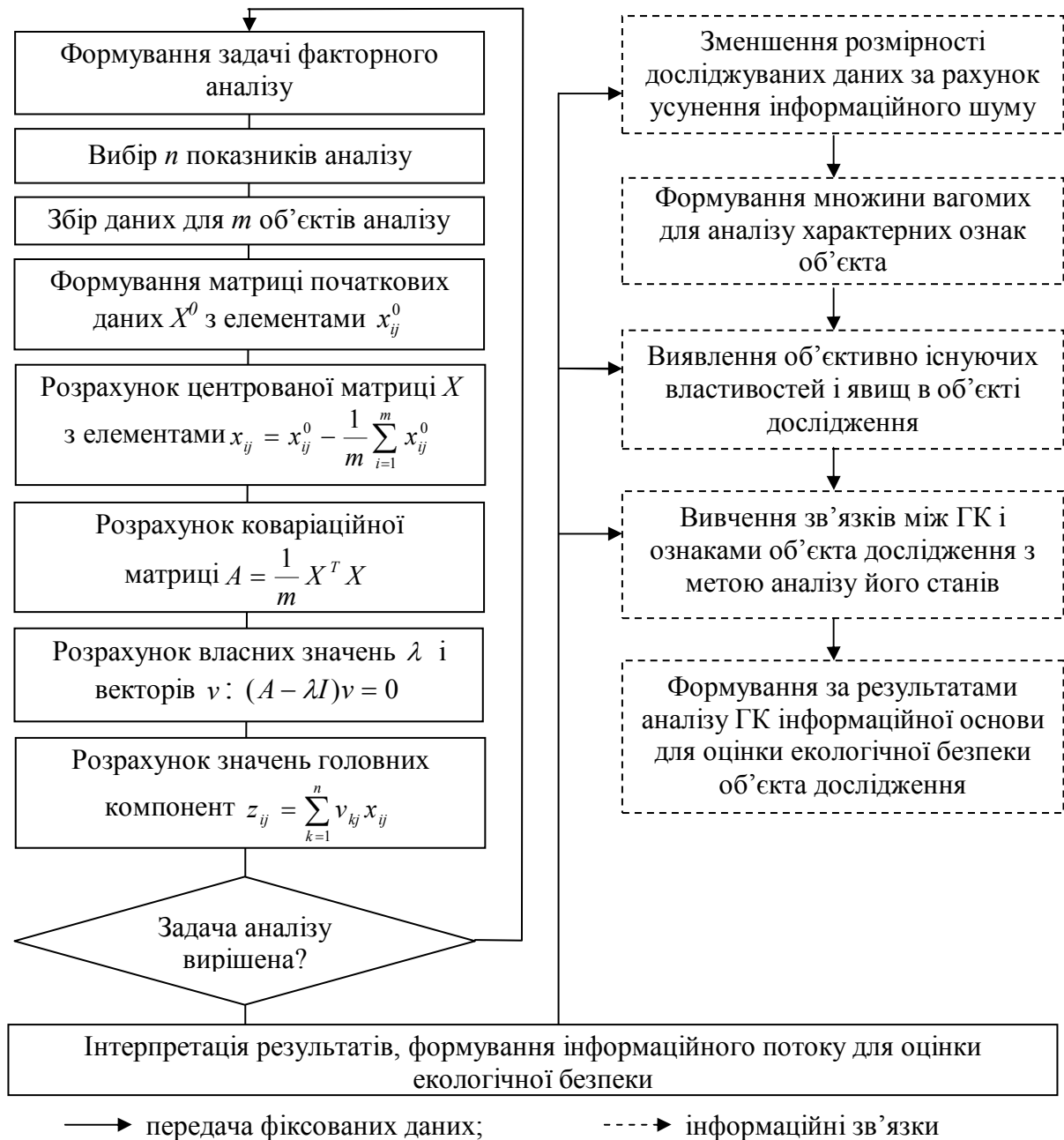


Рисунок 2.6 – Схема алгоритму реалізації методу головних компонент

Певна j -та ознака формується на основі отриманої оцінки загальних факторів і характерних факторів, які демонструють відношення лише до наданої ознаки. Знаходження головної компоненти пов'язано з j -ми ознаками відповідно до здійсненого перетворення $Y = f(X)$ та кількості змінних, що залежить від специфіки задачі дослідження і характеризується критерієм, який

забезпечує дотримання встановлених меж похибки для заданих властивостей X за стиснутим образом Y :

$$Y^{(i)} = \sum_{j=1}^n a_{ij} X^{(j)}, \quad \sum_{j=1}^n a_{ij}^2 = 1, \quad j = \overline{1; m}, \quad (2.5)$$

де $Y^{(i)}$ – i -та головна компонента;

$X^{(j)}$ – j -й показник дослідження;

a_{ij} – j -й коефіцієнт i -ї головної компоненти;

m – кількість показників, що характеризують об'єкт дослідження [120].

Збереження інформативності аналізованих вхідних даних пов'язується з конкретною цільовою функцією системи і визначається у першу чергу її змістовністю. Виділена база ГК є основою для оцінки специфічних ознак об'єкта дослідження, особливостей його стану і переходу до нового подання інформації у більш компактній і вагомій для аналізу формі при збереженні інформативності вхідних даних. Отримані головні компоненти дозволяють виявити вагомі параметри для надання оцінки екологічної безпеки стану складного об'єкта та структурних змін в його аналізованих системах (рис. 2.7) [121].

При виконанні завдань комплексної оцінки екологічної безпеки «система – НС» цільова функція дослідження складного об'єкта повинна враховувати необхідність збереження цілісності та його природного стану, здатності самовідновлюватися й адаптуватися до різноманітних змін НС. У цільову функцію включається інформація відповідно до обраних ознак об'єкта за ГК, що може становити таку інформацію: рівень шкідливості забруднюючих речовин, вплив негативних факторів на життєздатність популяцій різноманітних видів, компонентів екосистем. Така аналітична система використовується для вирішення комплексних екологічних завдань з аналізу техногенної небезпечності територіальних угруповань [122–125]. Встановлений методичний підхід щодо роботи з інформаційними даними з екологічної безпеки

(див. рис. 2.7) використовується для кількісного визначення інтегральних оцінок екологічних загроз, стану екологічної безпеки в регіонах України [2, 29]. Для таких масштабних робіт з екобезпеки пріоритетні для аналізу екологічного стану систем показники, визначені за методом головних компонент, становлять 75,4 % дисперсії множини первинних даних.

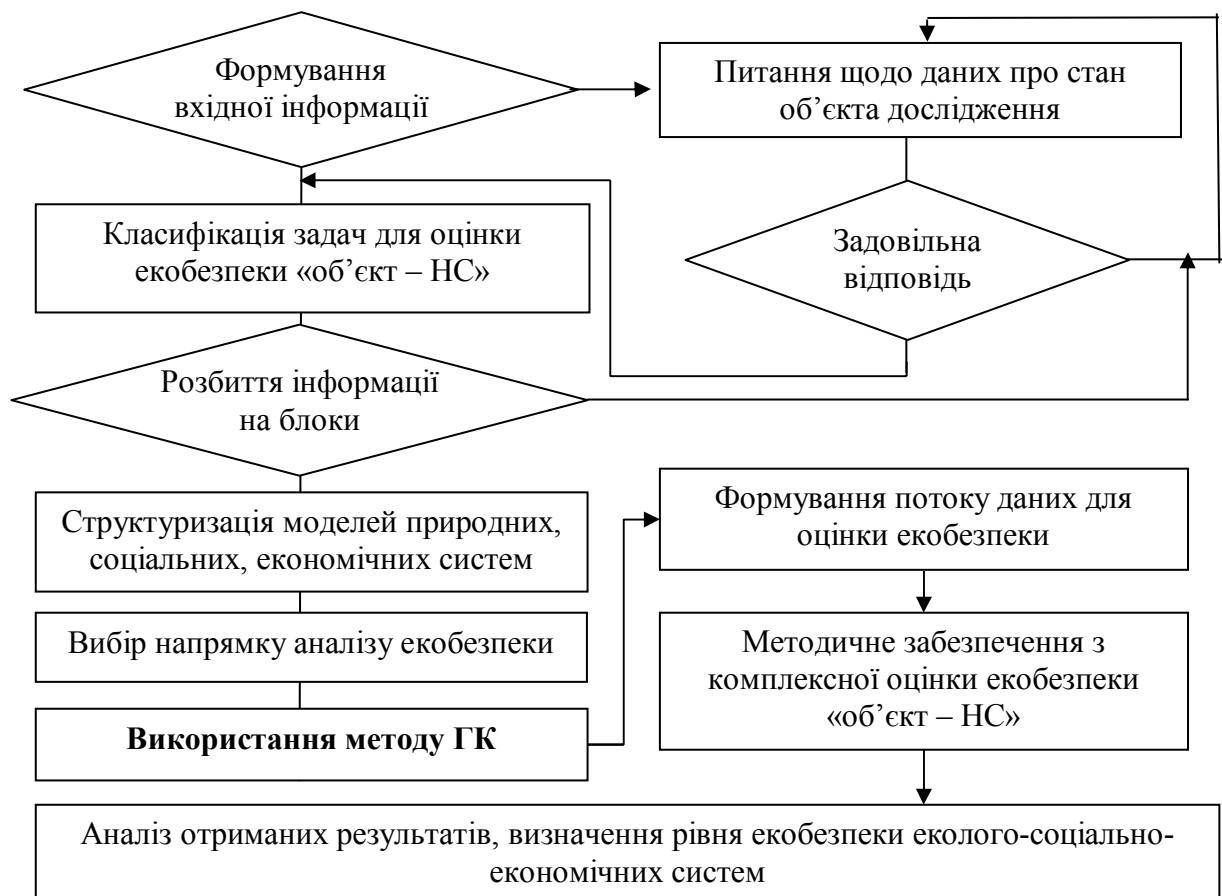


Рисунок 2.7 – Схема оцінювання та аналізу потоку інформації в системних дослідженнях рівня екобезпеки

Інтегральний показник екологічної небезпеки i -го регіону (I_i) розраховувався за формулою:

$$I_i = \sum_{j=1}^4 v^{(j)} Y_i^{(j)},$$

де $v^{(j)}$ – ваговий коефіцієнт j -ї головної компоненти, значенням якого є вклад j -ї головної компоненти в загальну дисперсію, тобто

$$v^{(j)} = \frac{\lambda_j}{\sum_{k=1}^m \lambda_k},$$

де λ_j – власне значення головної компоненти;

$Y_i^{(j)}$ – значення j -ї головної компоненти для i -го регіону.

За новою сукупністю даних і результатами нормування отримують значення інтегрального показника I для порівняльного аналізу рівнів екологічної небезпеки різних об'єктів дослідження.

Вирішення завдань екобезпеки в розрізі соціальних систем різного ступеня складності орієнтоване в першу чергу на людський розвиток, на збереження стабільності суспільних і культурних систем, на зменшення кількості конфліктів у суспільстві. За методом ГК у такому разі інформаційна база формується на основі визначення специфіки регіональних спільнот, чинників впливу на населення, рівня розвитку інформаційного суспільства, інтегральних показників соціального розвитку [126–129] та ін.

Стосовно економічних систем, для розгляду питання забезпечення екологічного розвитку «виробничий об'єкт – НС» значущим фактором є збільшення ефективності еколого-економічної діяльності, що забезпечує охорону НПС. З таких позицій метод ГК дозволяє сформулювати інформаційний потік на основі визначених ключових показників ефективної діяльності, динаміки фінансового стану підприємств, рівня конкурентоспроможності і платоспроможності підприємств, інвестиційної привабливості фірм і компаній [130–134] та ін.

За розглянутими методичними підходами в задачах екологічного, соціального, економічного розвитку в межах одного об'єкта дослідження

загалом не передбачено попередньої обробки вхідної інформації у вигляді класифікації і систематизації, що пропонується запровадити у комплексному інформаційно-методичному забезпеченні оцінювання екологічної безпеки «об'єкт – НС» (див. рис. 2.7).

При аналізі даних про екологічний стан природно-техногенного об'єкта з урахуванням взаємодії «система – НС» передбачається виділення параметрів зовнішнього і внутрішнього характеру (див. рис. 2.5), вагомих за значенням для оцінки екологічної безпеки, на основі застосування методу ГК для виключення «інформаційного шуму». У відповідності до задач оцінки екологічної безпеки у роботі змінено функціональну спрямованість методу ГК для визначення *екологічної інформативності* залучуваних до аналізу показників соціального, економічного та екологічного змісту в межах об'єкта дослідження [22].

Надалі аналіз отриманого інформаційного потоку показників стану «об'єкт – НС» на відповідність прийнятному рівню ознак екобезпеки додатково встановлює фактори нестабільності систем, що входять у склад об'єкта. Для цього запроваджуються методи математичної логіки, а саме метод компараторної ідентифікації (КІ). При використанні класичного методу КІ з визначення інформації для оцінки рівня екобезпеки передбачені експертні процедури щодо аналізу вхідних даних з наданням суб'єктивної оцінки вагомості альтернатив при використанні булевих відношень [9, 21].

Вимірювання відповідності здійснюється компаратором – пристроєм, що має m входів y_1, y_2, \dots, y_m і один вихід t . Загалом фіксують еквівалентність потоку інформації наданим інформаційним характеристикам.

Символом P позначають предикат об'єкта, який має вигляд: $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = t$. Вхідні сигнали залежать від специфіки інформації, що їх формує, та відовідають сукупності показників, що визначають стан об'єкта дослідження. Предикат у такому випадку надається у такому вигляді:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_m) = K(f_1(x_1), f_2(x_2), \dots, f_m(x_m)).$$

Інформаційний потік з приєднаним компаратором становить об'єкт ідентифікації. Особливості використання методу КІ визначаються специфікою постановки задачі дослідження та передбачають структурну, параметричну і структурно-параметричну ідентифікацію об'єкта [135–137]. У межах останнього проводиться встановлення вагових коефіцієнтів в адитивній індексній моделі складного об'єкта для оцінки рівня сталого розвитку [12, 137] (рис. 2.8).

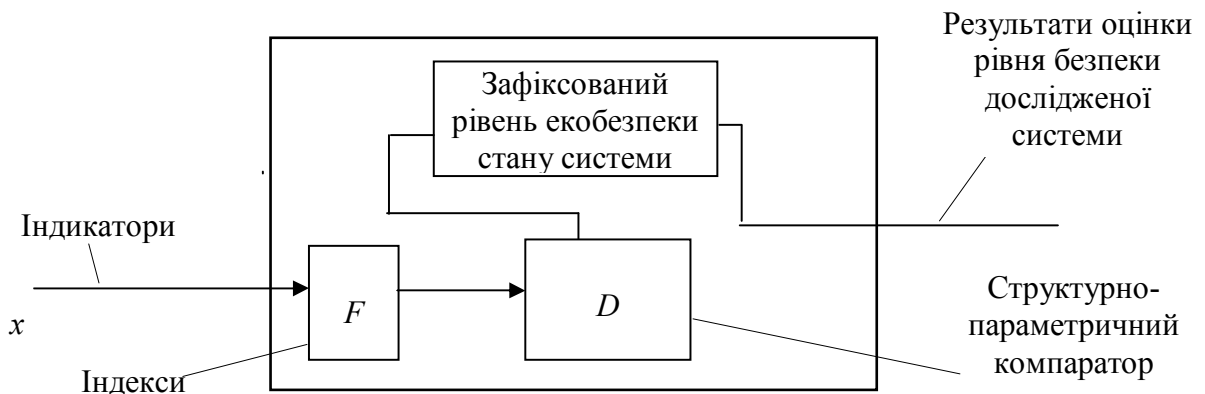


Рисунок 2.8 – Загальна схема використання компаратора для визначення рівня екологічної безпеки складних систем

Удосконалення і розвиток класичної теорії КІ для вирішення завдань екологічної безпеки полягає у формалізації та використанні інформації з ідентифікації не тільки ситуації еквівалентності, а і ситуації нееквівалентності аналізованих станів прийнятним рівням характеристик об'єкта, що дозволяє надати висновки про можливі зміни взаємодії «об'єкт – НС». Таким чином в оцінці екобезпеки на даному етапі аналізу вхідної моніторингової інформації виявляють фактори дестабілізації екостану досліджуваних систем [137].

Обмежена множина станів системи визначається як $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Кожен стан $x_i \in X, i = \overline{1, n}$ описується набором характеристик $K(x_i) = \langle k_1(x_i), k_2(x_i), \dots, k_m(x_i) \rangle$, які допускають об'єктивний кількісний вимір.

На основі аналізу значень характеристик конкретного стану $x_i \in X, i = \overline{1, n}$ формується внутрішня оцінка цього стану $v_i \in V, i = \overline{1, n}$, що описує його

екологічну якість. Відображення множини станів X на множині індивідуальних оцінок V становить таке [137]:

$$P: X \rightarrow V, \quad (2.6)$$

де P – оператор моделі оцінювання.

Відповідно до (2.6), стан об'єкта оцінюється параметрами $x_q, x_r \in X, q \neq r$, процес оцінювання формально відображається у вигляді системи компараторів, перший з яких реалізує предикат виду

$$D_1(v_q, v_r) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } v_q = v_r; \\ 0, & \text{якщо } v_q \neq v_r; \end{cases} \quad (2.7)$$

з областю визначення V^2 , що означає порівнянність будь-якої пари елементів множини V , де $v_q = P(x_q), v_r = P(x_r)$ – оцінки якості відповідних станів [137].

Суперпозиція предикатів (2.7) утворює предикат

$$E_1(x_q, x_r) = D_1[P(x_q), P(x_r)], \forall x_q, x_r \in X \quad (2.8)$$

з областю визначення X^2 і множиною значень $\{0, 1\}$. Реалізація предиката $D_1(v_q, v_r)$ дозволяє перетворити множину V у фактор-множину V' , елементами якої є класи однакових оцінок, а предикат $E_1(x_q, x_r)$ переводить множину X у фактор-множину X' , яка містить класи еквівалентних альтернативних станів.

Наступний етап аналізу полягає в реалізації на фактор-множинах V' і X' відношення лінійного порядку. Для цього пара оцінок $v_q, v_r \in V$, для яких значення $D_1 = 0$, подається на компаратор, що реалізує предикат виду:

$$D_2(v_q, v_r) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } v_q > v_r; \\ 0, & \text{якщо } v_q < v_r, \end{cases} \quad (2.9)$$

або

$$D_3(v_q, v_r) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } v_q \geq v_r; \\ 0, & \text{якщо } v_q \leq v_r. \end{cases} \quad (2.10)$$

Суперпозиції предикатів (2.11), (2.12) утворюють такі предикати:

$$E_2(x_q, x_r) = D_2[P(x_q), P(x_r)], \forall x_q, x_r \in X \quad (2.11)$$

та

$$E_3(x_q, x_r) = D_3[P(x_q), P(x_r)], \forall x_q, x_r \in X. \quad (2.12)$$

Відповідно, $D_2(v_q, v_r)$ встановлює на множині V' відношення передування, а предикат $E_2(x_q, x_r)$ встановлює на X' відношення строгої переваги. Предикати нестрогого порядку $D_3(v_q, v_r)$ і $E_3(x_q, x_r)$ встановлюють на V' відношення передування, на X' – відношення нестрогої переваги:

$$x_1 \succ x_2 \succ x_3 \succ \dots, \quad (2.13)$$

або

$$x_1 \succ x_2 \approx x_3 \succ \dots. \quad (2.14)$$

При цьому виконуються такі умови:

$$\begin{aligned} P(x_1) &> P(x_2), \quad x_1, x_2 \in X, \quad x_1 \succ x_2, \\ P(x_1) &= P(x_2), \quad x_1, x_2 \in X, \quad x_1 \approx x_2. \end{aligned} \quad (2.15)$$

Таким чином, методологія КІ дозволяє визначати рейтинг об'єктів дослідження відповідно до екологічної якості їх стану, що значно спрощує прийняття управлінського рішення стосовно його покращення.

Результати оцінки за методом КІ використовують в системному аналізі для розв'язання таких задач:

- 1) підвищення точності аналізу вхідного потоку інформації за рахунок операції порівняння, що виконується більш точно, ніж операція вимірювання;
- 2) уникнення накопичення похибок за рахунок відсутності проміжних оцінок і проведення порівняльного аналізу для ситуації як цілого;
- 3) отримання вхідної інформації за допомогою активних і пасивних експериментів з реєстрацією кінцевих результатів за спостереженнями відгуку системи ідентифікації [12, 13, 137].

Аналіз особливостей застосування методу КІ дозволяє здійснити його удосконалення стосовно підвищення об'єктивності наданих оцінок щодо стану аналізованого об'єкта, виключити експертні процедури при ідентифікації рівня якості початкових інформаційних даних «система – НС». Відповідно до цього, у роботі вводиться поняття *екологічного компаратора*, що за своїми функціями дозволяє встановити фактори дестабілізації стану системи дослідження. Показник екологічного компаратора ідентифікує стан досліджуваного об'єкта відповідно до прийнятного рівня екологічної безпеки, співвідносить комплекс властивостей складових системи у відповідності з їх природним станом, вимогами екологізації усіх сфер життя.

Результати роботи компаратора щодо порівняння фактичних даних при дії внутрішніх і зовнішніх факторів на об'єкт дослідження з його нормативним рівноважним станом дозволяють надати висновки про загальний стан екологічної безпеки на виході за значенням t [19].

Вихідний сигнал екологічного компаратора є двійковим. Компаратор встановлює, знаходяться чи ні його вхідні сигнали y_1, y_2, \dots, y_n у заданому відношенні K до вихідних, тобто реагує сигналом $t=1$ при наявності відповідності прийнятному рівню екологічної безпеки, та при її відсутності – сигналом $t=0$ (рис. 2.9) [19]:

$$K(y_1, y_2, \dots, y_n) = \begin{cases} 1 - \text{система функціонує без порушень;} \\ 0 - \text{визачені порушення в системі дослідження.} \end{cases} \quad (2.16)$$

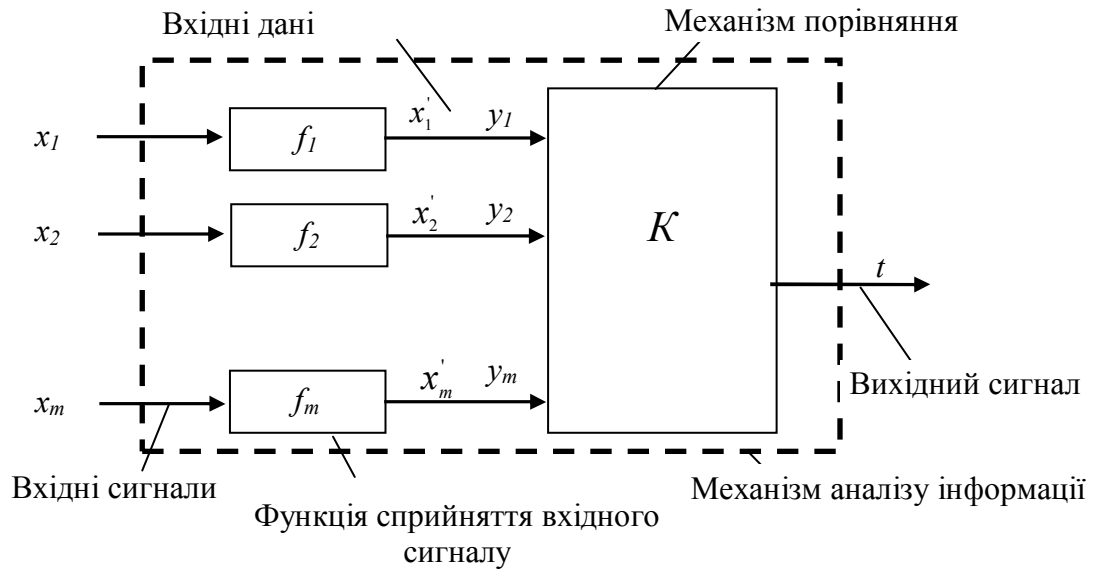


Рисунок 2.9 – Структурна схема компараторного вимірювання

Внутрішній стан об'єкта за таким аналізом описується відношеннями:

$$Y_1 = f_1(x_1; x'_1); \dots Y_m = f_m(x_m; x'_m),$$

де $f_m(x_m; x'_m)$ – функція сприйняття вхідного сигналу вхідної інформації x_m і прийнятої інформації x'_m ;

m – кількість вхідних сигналів.

Предикат урівноважування параметрів відповідно до визначених вимог має вигляд:

$$P(x_m, x'_m) = D(f(x_m), f(x'_m)).$$

Таким чином, надання оцінки відповідності природно-техногенних об'єктів прийнятному рівню екологічної безпеки передбачає використання методу КІ завдяки порівнянню існуючого стану з бажаним станом досліджуваних систем для виявлення факторів, що призводять до їх дестабілізації (рис. 2.10).

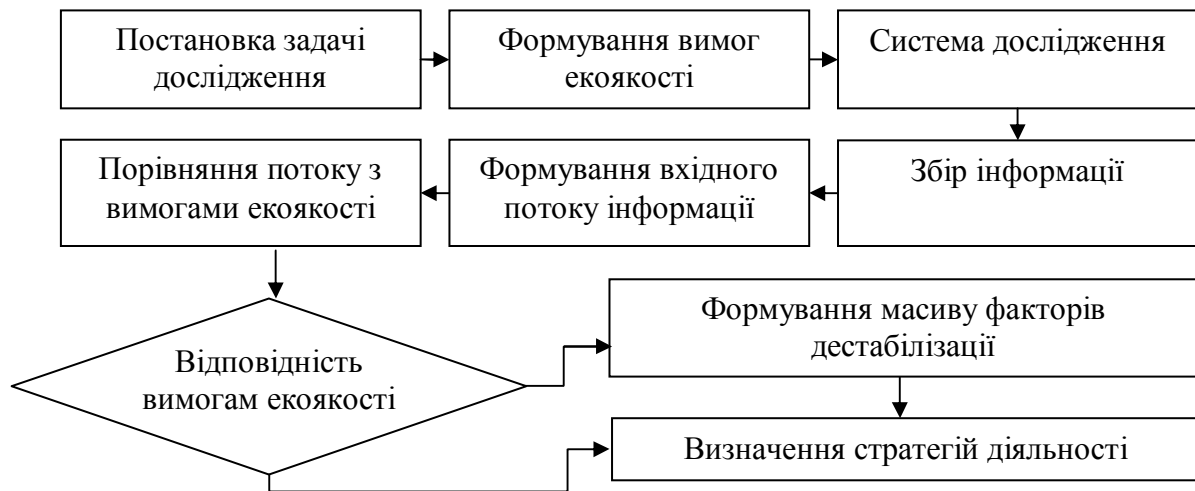


Рисунок 2.10 – Схема послідовності компараторної ідентифікації рівня екологічної якості складних систем

Відповідно до наданого аналізу методів статистичної оцінки екологічного стану складного об'єкта визначена доцільність їх послідовного застосування в задачах аналізу рівня екологічної безпеки «система – НС» для встановлення загальної оцінки параметрів безпечності об'єкта і для дослідження змін в його системах. Для формування стратегії забезпечення необхідного рівня екологічної безпеки об'єкта пропонується розширення аналітичної бази за рахунок впровадження графологічних моделей в аналіз стану складових його систем.

2.3 Графологічні моделі з аналізу динаміки стану еколого-соціально-економічних об'єктів

Прийняття рішень, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки складного об'єкта має здійснюватись відповідно до його структури, характеристик взаємодії його складових частин між собою і зовнішнім середовищем. Для цього доцільно звернутися до методу структурування об'єкта дослідження у вигляді топологічних моделей. Загалом цей метод застосовується для оцінки стану комп'ютерних, електричних мереж тощо [138]. У роботі пропонується його використання для надання оцінки взаємодії навколишнього середовища з природно-техногенними об'єктами різного рівня складності.

Процес інформаційної взаємодії «система – НС» є неперервним, характеризується певними особливостями функціонування об'єкта, які в межах системного аналізу конкретним чином співвідносяться з елементами НС. З позицій графологічного моделювання доцільним є відображення такої взаємодії у вигляді топологічного графу [139–140]. Опис об'єктів дослідження, взаємодіючих із складовими НС, визначається за даними ГІС шляхом переведення отриманої з неї інформації «система – НС» у графічні моделі. Просторове положення систем за ГІС характеризується тематичними складовими даних і включає в себе дві взаємопов'язані частини – позиційну (тополого-геометричну) і непозиційну (атрибутивну) [141].

Топологічна модель відображає зв'язки систем з НС у вигляді упорядкованого набору ланок, взаємозв'язок між якими визначається дугами. Топологічність означає зберігання в моделі об'єкта взаємодії «система – НС» відповідно до встановлених безперервних просторових зв'язків (рис. 2.11).

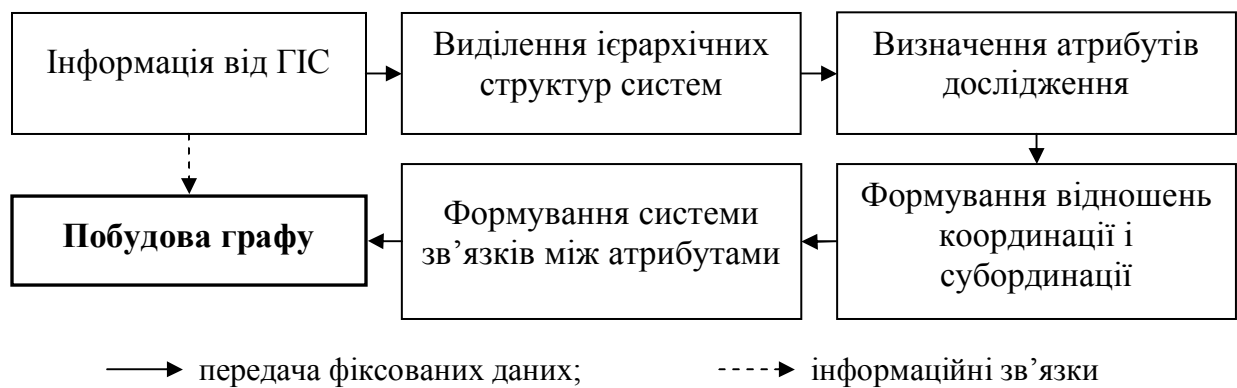


Рисунок 2.11 – Схема послідовності побудови топологічного графу як моделі «система – навколишнє середовище»

Застосування топологічної моделі дає можливість використання інформації ГІС для встановлення зв'язку з системами різного походження: природними, тобто екосистемами, соціальними і економічними, структуризації природно-техногенного об'єкта дослідження для аналізу «стан (система – НС) – зміни – процес – кінцевий стан системи». Такий підхід дозволить надати

інформаційне забезпечення для аналізу процесів, що супроводжують досягнення стаціонарності в системі «об'єкт дослідження – навколишнє середовище».

Виділені фактори саморегулювання «система – НС» надалі складають інформаційну основу когнітивного аналізу (КА). Цей метод є інструментом дослідження нестабільного і слабоструктурованого середовища. Суть когнітивного моделювання полягає у відображенні складних проблемних тенденцій розвитку системи в дослідженні кризових ситуацій [11, 142].

Когнітивна оцінка базується на результатах розв'язання низки завдань у межах КА, серед яких першочерговими стосовно досягнення екологічної безпеки є відображення ситуаційних факторів системи і причинно-наслідкових зв'язків між ними відповідно до визначеної когнітивної карти (КК) – орієнтованого знакового графа; дослідження динаміки змін на основі аналізу реакції об'єкта на імпульсні зовнішні дії, що дозволяє визначити тактику і стратегію подальшого управління [11].

Когнітивний аналіз складається з кількох етапів, на кожному з яких реалізується певна задача. Виділяють такі етапи, характерні для КА у межах дослідження стану складного об'єкта.

1. Формулювання мети і завдань дослідження.
2. Вивчення складної ситуації з позицій поставленої мети: збір, систематизація, аналіз існуючої статистичної інформації щодо об'єкта і його зв'язку з НС, визначення властивих досліджуваній ситуації умов і обмежень щодо уникнення небезпек.
3. Виділення основних факторів, що впливають на розвиток ситуації.
4. Визначення взаємозв'язку між факторами відповідно до аналізу причинно-наслідкових ланцюжків за результатами побудови когнітивної карти у вигляді орієнтованого графа.
5. Вивчення ступеня взаємовпливу різних факторів на основі математичних моделей, опис кількісних залежностей між факторами, урахування наявної інформації, формалізація якісного зв'язку між чинниками.

6. Перевірка адекватності когнітивної моделі реальній ситуації – верифікація когнітивної моделі.

7. Визначення за допомогою когнітивної моделі варіантів розвитку ситуації (системи), виявлення шляхів, механізмів впливу на ситуацію з метою досягнення бажаних результатів, запобігання небажаних наслідків, тобто вироблення стратегії управління: завдання цільових напрямів, тенденцій процесів в аналізованій ситуації, вибір комплексу заходів екологічної стабілізації ситуації (сукупності керуючих факторів), визначення їх ефективності (конкретно-практичне застосування КК) (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 – Схема послідовності дослідження стану системи у межах когнітивного аналізу

Дослідження системи у межах когнітивного моделювання здійснюється на основі кортежу:

$$\langle G \langle V, E \rangle, X, F, \Theta \rangle,$$

де G – знаковий орієнтований граф (КК);

V – множина вершин КК («концепти»), елементи досліджуваної системи;

E – множина дуг, взаємозв'язки між вершинами;

X – множина параметрів вершин;

F – функціонал перетворення дуг;

Θ – простір параметрів вершин [11, 30].

Вершини когнітивної карти відповідають факторам (концептам), що становлять характеристики стану об'єкта дослідження:

$$V = \{v_i\},$$

де v_i – i -та вершина когнітивної карти.

Орієнтовані ребра КК відповідають причинно-наслідковим (каузальним) зв'язкам між факторами:

$$E = \{e_{ij}\},$$

де e_{ij} – дуга з i -ї вершини в j -ту вершину.

Граф G задається у вигляді матриці відношення $G = [g_{ij}]$, де

$$g_{ij} = \begin{cases} +1 - \text{якщо існує позитивний зв'язок між } v_i \text{ і } v_j; \\ -1 - \text{якщо існує негативний зв'язок між } v_i \text{ і } v_j; \\ 0 - \text{якщо зв'язок між } v_i \text{ і } v_j \text{ відсутній.} \end{cases}$$

Головне призначення когнітивної моделі – надання інформації для оцінки стану екологічної безпеки складного об'єкта при взаємодії «система – НС». Ця модель дозволяє систематизувати знання стосовно об'єкта дослідження, виявляти точки ефективного прикладання керуючих впливів. Когнітивна модель і отримані завдяки їй результати динамічного аналізу дозволяють визначити, який чинник або взаємозв'язок чинників є найбільш впливовими на екологічну

рівновагу «система – НС», напрям бажаних змін цільових факторів для досягнення прийняттого рівня екологічної безпеки.

Таким чином, когнітивні карти є засобами структурування, формалізації та аналізу ситуації. Різні інтерпретації вершин, ребер і ваг зв'язків між концептами моделі, а також різні функції визначають функціональні залежності між чинниками при структуризації «система – НС» у вигляді графоаналітичної моделі (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Основні види когнітивних моделей

Назва когнітивної моделі	Опис когнітивної моделі	Задачі дослідження складності систем
Знаковий граф	Граф, ребра якого мають ваги «+», що позначає позитивний зв'язок (зростання чинника-причини призводить до зростання фактора-наслідка) або «-» – негативний зв'язок (зростання чинника-причини призводить до зменшення фактора-наслідка).	Аналіз сталості соціально-економічних систем [138]
Лінійна модель	Знаковий зважений граф, ребрам якого присвоєні «ваги», що становлять значущість впливу одного показника на інший.	Розробка підприємницького середовища в туризмі регіону [142]
Нечітка модель	Граф, ребрам якого можуть відповідати числові значення інтервалу $[-1;1]$ або значення лінгвістичної шкали (малий, середній, великий, дуже великий тощо)	Автоматизація управління матеріальними потоками підприємства [143]

Використання знакових когнітивних моделей не дає можливості врахувати значущість впливу між атрибутами, визначити механізми вирішення невизначеностей при одночасній наявності позитивних і негативних шляхів між двома вершинами. Нечіткість даних, неможливість постійно отримувати точні числові значення характеристик стану природно-техногенних об'єктів різного рівня складності, а також необхідність враховувати ваги аналізованих факторів не дозволяють широко використовувати в екологічному аналізі «жорсткі» лінійні моделі». Аналіз нечітких моделей ускладнюється їх лінгвістичною структурою, складною для математичної інтерпретації [30, 144].

Однак, багатоаспектність когнітивних моделей дозволяє надати інформативну оцінку щодо рівня екобезпеки «об'єкт – НС» при розв'язанні задач еколого-соціально-економічних досліджень, а також результати прогнозування наслідків змін в системах об'єкта.

Якісне дослідження когнітивної моделі передбачено застосовувати у попередньому аналізі стану взаємодії «система – НС». За моделлю встановлюється зміст складових її блоків, цільових і керуючих факторів, аналіз шляхів і циклів, причинно-наслідкових зв'язків і їх характеру. Це дозволяє структурувати складний об'єкт з урахуванням зв'язків і впливів НС.

Для відображення динаміки процесів в системах об'єкта в модель вводиться фактор часу. Прогнозні дослідження поведінки системи засновані на імпульсному режимі переведення її з одного стану в інший еволюційним шляхом чи формуванням керуючих впливів [11, 30].

Завдяки використанню результатів еволюційного підходу вивчення змін «система – НС» встановлюються тенденції розвитку взаємовпливів факторів. Значення факторів когнітивної моделі x_i в прогнозних дослідженнях в момент часу $(t + 1)$ визначаються як

$$x_i(t + 1) = x_i(t) + \sum_{j \in I_i} a_{ij}(x_j(t) - x_j(t - 1)), \quad (2.17)$$

де $x_i(t)$ – значення фактора x_i в момент часу t ;

a_{ij} – вага впливу i -го фактора на j -й фактор;

$(x_j(t) - x_j(t - 1))$ – приріст значення j -го фактора в момент часу t .

Динаміка системи відповідно до наданої керуючої дії через цілеспрямований вплив на один із факторів дозволяє встановити зміни взаємодіючих з ним інших факторів екологічного стану аналізованої системи, зміну поточної тенденції фактора, яка передається на інші фактори за рахунок ланцюга впливів:

$$x_i(t+1) = x_i(t) + \sum_{j=1}^n a_{ij} p_j(t), \quad (2.18)$$

де $p_j(t)$ – імпульсний сигнал у момент часу t на j -й концепт.

Таким чином, за результатами імпульсного процесу визначаються можливі сценарії розвитку системи. Цей спосіб вивчення динаміки процесів є більш оперативним для аналізу змін «система – НС», ніж дослідження поведінки соціальних, економічних, екологічних складових об'єкта за моделями у вигляді систем диференціальних рівнянь, розв'язок яких становить аналітичні труднощі. Імпульсне моделювання здійснюється на когнітивних картах, які є узагальненим описом тенденції динамічних змін для всього об'єкта в цілому.

Для аналізу стійкості «система – НС» використовують модель у вигляді зваженого орієнтованого графа із застосуванням специфічного математичного апарату. При дослідженні стійкості зваженого орієнтованого графа досліджується стійкість за значенням і стійкість за збуренням системи в міру її еволюції. Вершина v_j стійка за значенням, якщо обмежена послідовністю значень $\{X(t) : t = 0, 1, \dots\}$. Абсолютна стійкість потребує, щоб значення вершини не було занадто великим у порівнянні з іншими вершинами. Поняття імпульсної стійкості визначає величину імпульсу $p_j(t)$, який не має бути занадто великим. Вершина v_j стійка до збурення, якщо обмежена послідовністю імпульсів $\{P_j(t) : t = 0, 1, \dots\}$. Граф вважається стійким, якщо властивість стійкості притаманна кожній з його вершин [10].

Абсолютна стійкість вершини v_j в імпульсному процесі зазначається як імпульсна стійкість цієї вершини і встановлюється при $t > 0$ за правилом:

$$\{P_j(t)\} = |v_j(t) - v_j(t-1)| \leq |v_j(t)| + |v_j(t-1)|. \quad (2.19)$$

Вивчення поведінки системи в певному середовищі пов'язано з дослідженням структурної стійкості, виявленням якісних змін у траєкторії руху

системи при змінах структури самої системи. Систему називають структурно стійкою, якщо топологічний характер траєкторій усіх близьких до неї систем аналогічний. Встановлення властивості структурної нестійкості визначається на основі вивчення поведінки системи: система відрізняється своєю динамікою від близьких до неї систем. Узагальнені відомості про ступінь стійкості системи або окремих її елементів до зовнішніх і внутрішніх збурень заданої природи характеризуються рівнем структурної стійкості. Центральним елементом поняття «структурної стійкості» є аналіз якісних змін у траєкторії руху системи при зміні структури самої системи [145].

Згідно з поставленими задачами оцінки екологічної безпеки складних об'єктів «система – НС» з визначенням впливових процесів їх дестабілізації у роботі пропонується удосконалення методу когнітивного моделювання на основі диференціації моделі об'єкта за визначеними аспектами дослідження: у когнітивній карті виділяють підграфи, що становлять екологічну, соціальну і економічну складові об'єкта дослідження з можливістю прогнозування їх стану з урахуванням зв'язків між ними.

Отже, оцінка якості системного утворення здійснюється за рахунок групування методів, комплексного їх застосування при дослідженні взаємодії «об'єкт – НС», яка визначається корпоративністю зв'язків між складовими системами. У результаті запроваджується методичне забезпечення як комплекс методів, що дозволяє послідовно розв'язувати задачі оцінки рівня екологічної безпеки для складноструктурованих об'єктів дослідження.

Висновки до розділу 2

1. Визначено особливості структуризації природно-техногенного об'єкта дослідження еколого-соціально-економічного змісту з позицій оцінки рівня екологічної безпеки системного угруповання (див. рис. 2.1–2.2).

2. Надано характеристику комплексних методик оцінки складних об'єктів, заснованих на інтегральних узагальнюючих показниках (див. рис. 2.3).

Визначена необхідність їх удосконалення з метою підвищення адекватності отримуваних результатів, усунення суб'єктивізму і формування остаточних оціночних стратегій на основі моделювання поведінки системи.

3. Встановлено особливості використання факторного аналізу, компараторної ідентифікації, когнітивного моделювання для розв'язання задач якості «система – НС». Визначені напрями удосконалення у методах оцінки відповідності стану складних об'єктів рівню екологічної безпеки за принципами концепції сталого розвитку (див. рис. 2.6–2.12).

3. Обґрунтована необхідність формування комплексного інформаційно-методичного забезпечення оцінки екологічної безпеки складних об'єктів з метою послідовного розв'язання еколого-соціально-економічних задач.

Одержані результати надано в публікаціях автора: 12, 13, 16, 18, 19, 21–23, 30, 116, 117, 141.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ СТУПЕНЮ БЕЗПЕКИ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

3.1 Удосконалення методів системного аналізу з комплексного оцінювання рівня екологічної безпеки «об'єкт – навколишнє середовище»

Для досягнення позитивного екологічного функціонування еколого-соціально-економічних систем різних рівнів організації у методичному забезпеченні передбачається у якості першочергової задачі формування цілісної системної динаміки, що спрямована на досягнення належного рівня екологічної безпеки «об'єкт – НС». Необхідні умови досягнення відповідності прийнятному рівню екологічної безпеки становлять таке:

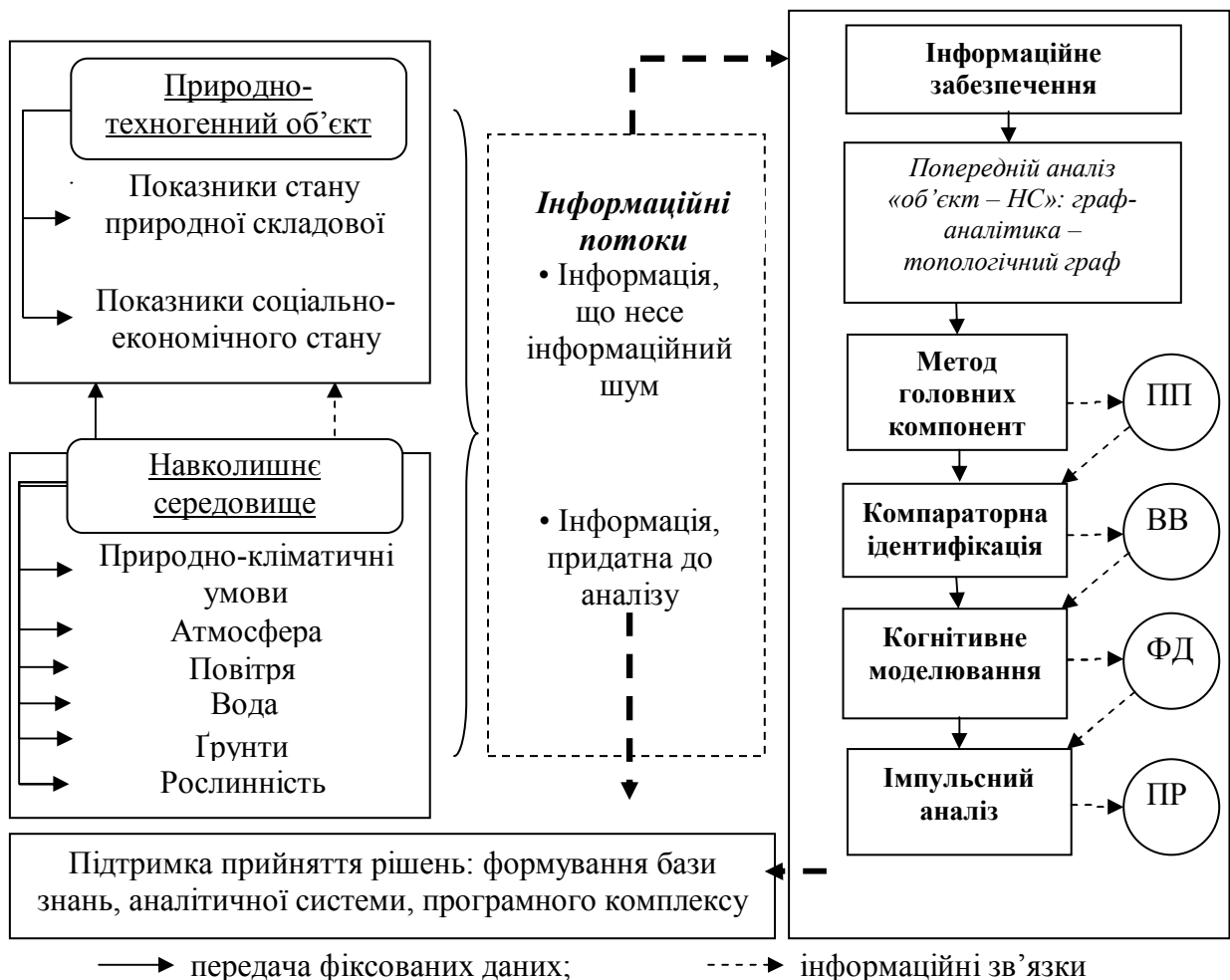
- високий рівень самодостатності економіки – забезпечення її природними, фінансовими, інвестиційними, інноваційними та соціальними ресурсами на достатньому рівні;
- стабільність і стійкість екологічних систем НПС, що передбачає природний гомеостатичний розвиток їх компонентів при стримуванні впливу дестабілізуючих факторів;
- здатність до розвитку на основі екологічних стратегій соціальної складової системи дослідження.

У зв'язку з цим враховують взаємодію аналізованого об'єкта природно-техногенного змісту з НС з гарантуванням екологічної безпеки на всіх рівнях дослідження. Реалізація цієї задачі пов'язана з визначенням факторів позитивних або негативних явищ і системи відповідних заходів регулювання рівноваги «об'єкт – НС». В умовах невизначеності вхідних даних при взаємодії досліджуваної системи з НС, мінливості перебігу процесів і змін, доцільним є комплексне послідовне вирішення завдань оцінки екологічної безпеки [20].

Відповідно до встановлених кооперативних зв'язків в еколого-соціально-економічному об'єкті дослідження при оцінці рівня екологічної безпеки пріоритетним завданням є ідентифікація внутрішнього потенціалу стабілізації

системних взаємодій в межах об'єкта, виявлення механізмів самоорганізації «система – НС» для визначення умов їх підтримки. Для мобілізації природних процесів самовідновлення і самоорганізації системного об'єкта з дослідження «система – НС» визначають умови реалізації гомеостазу такого утворення.

Комплексність дослідження сталої взаємодії з НС досягається запровадженням інформаційної складової в методичне забезпечення вирішення завдань оцінки рівня екологічної безпеки еколого-соціально-економічних систем. На відміну від класичних підходів з оцінки стану екологічної безпеки окремих систем у роботі пропонується послідовне використання методів з розв'язання невизначеності «система – НС» (рис. 3.1).



ПП – пріоритетні показники; ВВ – відповідність вимогам безпеки; ФД – виділення факторів дестабілізації; ПР – формування стратегії, спрямованої на прийняття рішення

Рисунок 3.1 – Інформаційно-методичне забезпечення вирішення завдань екологічної безпеки

Таким чином, у роботі запроваджується *попередній аналіз* вхідної інформації за станом системи з урахуванням її знаходження в конкретних умовах НС, надання *основної оцінки якості* «система – НС» та *прогнозування* стану цієї системи відповідно до визначених заходів стабільного функціонування і розвитку. Попередній аналіз «система – НС» проводиться за визначеною графоаналітичною моделлю у вигляді топологічного графу. Така модель системного об'єкта розробляється за геоінформаційними даними і визначає стан його систем при наявному їх зв'язку з оточуючими системами та навколишнім середовищем (рис. 3.2).

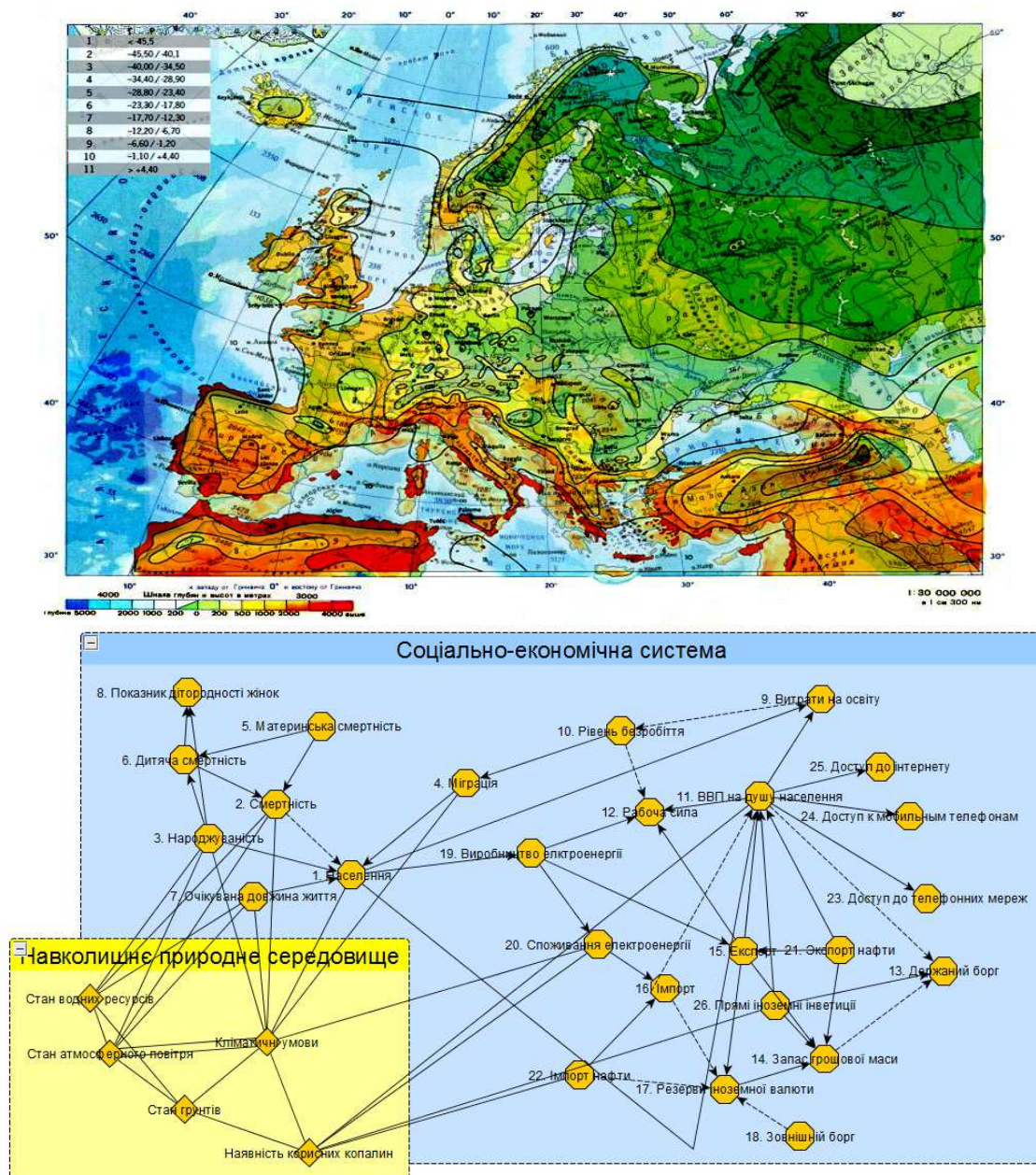


Рисунок 3.2 – Подання геоінформаційних даних у вигляді топологічного графу

Аналіз вхідної інформації з характеристики стану еколого-соціально-економічної системи стосовно її функціональності і прийняття впливу навколишнього середовища проводиться для ідентифікації можливих переходів з початкового стану системи S_0 в інший. Перехід в бажаний стан S_1 визначається реалізацією необхідного зв'язку поточного стану об'єкта з зовнішньою регулюючою дією, яка може становити підтримку процесів самоорганізації. У формалізованому вигляді процес стабілізації складного об'єкта «система – НС» надається функцією такого виду:

$$S(t) = f\{S_0, U(t), \eta(t)\}, \quad (3.1)$$

де $S(t)$ – стан об'єкта дослідження в момент часу t ;

S_0 – початковий стан системи;

$U(t)$ – вплив для забезпечення екологічної безпеки в момент часу t ;

$\eta(t)$ – перешкоди в момент часу t , які виникають при переході об'єкта дослідження від початкового стану у бажаний.

Завдання синтезу забезпечення екологічної безпеки вирішується шляхом формування впливу виду:

$$U(t) = P\{S(t), S_k, t\}, \quad (3.2)$$

де S_k – кінцевий (бажаний) стан об'єкта дослідження.

Ступінь досягнення S_k і матеріальні витрати на реалізацію управління U є задачею багатофакторної оптимізації за умови виконання екстремуму окремих критеріїв якості:

$$K_i = \{K_0(S, U)\}, i = \overline{1, k}, \quad (3.3)$$

де K_i – i -й критерій якості управління;

$K_0(S,U)$ – початковий критерій якості.

Розв’язок такої задачі зводиться до вирішення завдань прогнозування для допустимих $t, S(t)$, спрямованих на досягнення оптимального переходу до бажаного (цільового) стану при уникненні відхилень від природної функціональності:

$$U(t) = U\{S(t), S_k, t_k\} = U^*(t) + U\{S^*(t), t\}, \quad (3.4)$$

де $U^*(t)$ – програмний вплив, який реалізує оптимальну траєкторію $S^*(t)$ переходу системи з початкового (S_0, t_0) у бажаний стан (S_k, t_k) ;

$U\{S^*(t), t\}$ – вплив, який компенсує відхилення від $S^*(t)$ [26].

Таким чином, аналізований об’єкт «система – НС» становить дослідження в умовах невизначеності за рахунок стохастичності впливів на нього. За таких умов в першу чергу намагаються отримати найбільшу кількість інформації про стани і процеси, що відносяться до взаємодії «об’єкт – НС» (рис. 3.2).

Множини об’єктів X_1, X_2, \dots, X_n загальною кількістю n з характерними m параметрами початкового стану S_0 надаються як:

$$\begin{aligned} & X_1(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1j}, \dots, x_{1m}), S_{01}; \\ & X_2(x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2j}, \dots, x_{2m}), S_{02}; \\ & \dots; \\ & X_i(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{im}), S_{0i} \\ & \dots; \\ & X_n(x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nj}, \dots, x_{nm}), S_{0n}; \\ & i = \overline{1;n}, \quad j = \overline{1;m}. \end{aligned} \quad (3.5)$$

Перехід системи за умови зміни ситуації визначається як реалізація нового екологічно відповідного стану S_1 або збереження її стану на деякий час S'_0 ,

враховуючи структурну здатність самоорганізації перетворень внутрішнього і зовнішнього характеру (рис. 3.3) [15, 19].

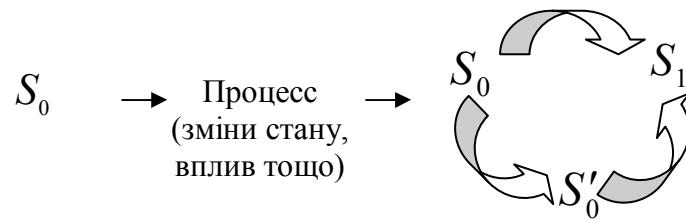


Рисунок 3.3 – Схема екологічної відповідності розвитку систем

Дослідження ідентифікованих переходів пов'язане з обробкою масивного інформаційного потоку даних, що містить екологічні, соціальні, економічні характеристики стану та функціональності природно-техногенних об'єктів різного рівня організації. У такому випадку запроваджується попередня класифікація вхідних даних за змістовністю структури складного об'єкта відповідно до завдань дослідження (див. рис. 3.1) [146].

Множина m показників, які характеризують кожний стан системи, розподіляється відповідно до свого фізичного змісту на три факторні групи, що характеризують екологічний стан об'єкта $X_{ек}$; економічний стан – X_e ; соціальний стан – X_c :

$$X_{ек} = \{X_{ек1}, X_{ек2}, \dots, X_{екp}\}; X_e = \{X_{e1}, X_{e2}, \dots, X_{el}\}; X_c = \{X_{c1}, X_{c2}, \dots, X_{cs}\};$$

$$p + l + s = m, \quad (3.6)$$

де p – кількість факторів $X_{ек}$, що визначають екологічні характеристики об'єкта;

l – кількість факторів X_e , що становлять чинники екологічної безпеки економічної системи об'єкта;

s – кількість факторів X_c , що відповідні за екологічні пріоритети соціального характеру.

У деяких випадках передбачається додаткова систематизація параметрів для аналізу даних. Вона полягає у зведенні показників до єдиного фізичного змісту в залежності від поставленої задачі дослідження. Наприклад, характеристики стану країни щодо забезпеченості природними ресурсами, розвитку промисловості, потреб для досягнення необхідного рівня життя надаються відповідно їх розподілу на 1 людину.

Таким чином, з метою цілеспрямованого інформаційного забезпечення комплексної оцінки екологічної безпеки «система – НС» здійснюють класифікацію та систематизацію вхідної інформації, розподіл її за змістовністю структури об'єкта відповідно до концепції сталого розвитку (див. рис. 2.3) [15].

Для підвищення інформативності вхідних даних і усунення невизначеності у наданому методичному забезпеченні розв'язання задач екологічної безпеки (див. рис. 3.1) застосовується метод головних компонент, що дозволяє видалити частку інформаційного шуму. Для цього з доступного набору даних вилучається інформація для створення нової системи координат Y_1, Y_2, \dots, Y_n у початковому просторі показників X_n :

$$\begin{cases} Y_j(X) = w_{ij}(X_j - m_j) + \dots + w_{nj}(X_n - m_n); \\ \sum_{i=1}^n w_{ij}^2 = 1, & j = \overline{1, n}; \\ \sum_{i=1}^n w_{ij} w_{ik} = 0, & j, k = \overline{1, n}, j \neq k, \end{cases} \quad (3.7)$$

де m_j – математичне очікування ознаки X_j j -го показника дослідження;

w_{ij} – коефіцієнт i -ї головної компоненти j -го показника дослідження.

Виключення неінформативних чинників на всій множині інформаційного потоку проводиться з урахуванням систематизації даних для характеристики «система – НС», що становить удосконалення методу ГК. Усунення інформаційного шуму здійснюється в три етапи: формують вихідні дані з

встановленням вагомих інформативних чинників для екологічної інформації – $ГК_{ек}$, економічної – $ГК_e$, соціальної – $ГК_c$. Аналіз проводять із застосуванням програмного пакету Statistica 6.0 (рис. 3.4) [24].

Value number	Eigenvalues of correlation matrix, and related statis Active variables only				Factor coordinates of the variables, based on correlations (Spreadshe					
	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6
1	10,40198	40,00760	10,40198	40,0076	-0,911463	-0,354880	-0,071589	-0,062942	0,076798	-0,084909
2	5,16052	19,84814	15,56249	59,8557	-0,071908	0,380157	-0,687317	0,342344	0,401811	-0,003063
3	2,88148	11,08260	18,44397	70,9383	0,045690	-0,736018	0,148930	0,117432	-0,460240	-0,153052
4	1,56704	6,02706	20,01100	76,9654	-0,151001	0,623467	-0,262990	-0,447756	0,175174	0,179688
5	1,38289	5,31879	21,39389	82,2842	0,025823	-0,623547	-0,396816	0,253690	0,115334	0,389568
6	1,04964	4,03709	22,44353	86,3213	0,244291	-0,665728	-0,042269	0,359147	0,304795	0,391994
7	0,86568	3,32956	23,30922	89,6508	-0,243665	0,894389	0,130691	-0,177823	0,090490	-0,006061

а

б

а – таблиця Eigenvalues; б – таблиця Factor coordinates of the variables, based on correlations

Рисунок 3.4 – Виділення головних компонент у програмному пакеті Statistica 6.0

Для визначення ГК у пункті меню Statistics обирають Multivariate Exploratory techniques, а в ньому – Principal Components & Classification Analysis. На основі результатів, наданих у таблиці Eigenvalues аналізуються значення дисперсій складових інформаційного потоку для визначення ГК, що становлять максимальну інформативність відповідно до критерію Кайзера: оцінка власних значень і сумарної варіації множини ознак (рис. 3.4а). У таблиці Factor coordinates of the variables, based on correlations надається інформація щодо факторних навантажень відповідно до кореляційної залежності між визначеними ГК і параметрами дослідження, що становить основу визначення факторних зв'язків (рис 3.4б) [146].

Наступним кроком є визначення відповідності стану об'єкта прийнятному рівню екологічної безпеки на основі удосконаленого методу компараторної ідентифікації. У метод КІ вводиться поняття екологічного компаратора (див. рис. 2.9), що передбачає порівняння існуючого стану з максимально досяжним, екологічно безпечним «еталонним» станом у межах аналізованої системи

дослідження [15, 22]. Порівняльна база визначається на основі характеристик стану та функціональності об'єкта у вигляді сукупності показників Z_j [14].

Для фіксованого j -го параметру обирається максимально досяжне (еталонне) з позицій екологічної безпеки значення u_j , яке буде мінімальним або максимальним значенням параметру x_{ij} серед усіх X_n в залежності від фізичного змісту кожного з аналізованих параметрів:

$$Z_j = \begin{cases} \max(x_{ij}) & \text{для позитивного виміру } j\text{-го показника } X_n; \\ \min(x_{ij}) & \text{для негативного виміру } j\text{-го показника } X_n, \end{cases} \quad (3.8)$$

де Z_j – максимально досяжне значення j -го показника дослідження;

x_{ij} – значення j -го показника i -ї системи об'єкта дослідження.

Рівень цільових значень для аналізованих параметрів розраховують відповідно до встановленої функції максимуму або мінімуму, у результаті чого формується остання строчка, що являє собою множину Z_j (рис. 3.5).

Система еталонних значень формується для ідентифікації відповідності екологічних, соціальних і економічних характеристик об'єкта прийнятному за цією змістовністю рівню екобезпеки. У випадку набуття еталонним значенням нуль, вважається, що дія негативного фактора зведена до ймовірності його небезпечного впливу, тобто дорівнює 10^{-6} для подальших розрахунків [31].

Подальший аналіз потребує нормування множини показників у кожній із виділених груп факторів. Нормовані значення оцінюваних параметрів встановлюються як частка їх величин x_{ij} від встановленого еталонного значення Z_j відповідних змістовних характеристик об'єкта:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{Z_j}, \quad (3.9)$$

де r_{ij} – нормоване значення j -го показника i -ї системи об'єкта дослідження.

F14		fx =МАКС(F1:F10)				
	A	B	C	D	E	F
1	2696,6	2584,8	389	55118,6	1	1,1
2	8189,2	2907,4	225	27832,9	2,1	55,5
3	1255,2	572	78,6	15505,5	4,3	17,4
4	35614,5	300581,8	102195,5	9739080,6	0,6	2,8
5	62514,5	53295,2	10993,7	2819404,7	1	5,7
6	1694,4	673,2	89,3	6630,7	8,5	172,4
7	1071,9	123,3	5,7	1825	2,9	37,1
8	14598,8	4594,9	1338,6	157910,2	2	1,2
9	11753,1	1692,6	520,9	40636,3	3,7	37,2
10	8714,7	2427,8	536,5	41702,5	3,3	108,9
11						
12						
13						
14	1071,9	123,3	102195,5	1825	8,5	172,4

A – викиди діоксиду вуглецю, тис. т (еталонне значення визначається як мінімальне); B – утворені відходи, тис. т (еталонне значення визначається як мінімальне); C – утилізовані відходи, тис. т (еталонне значення визначається як максимальне); D – накопичено відходів, тис. т (еталонне значення визначається як мінімальне); E – відтворення лісів, тис. га (еталонне значення визначається як максимальне); F – залишок деревини на лісосіках, тис. куб. м (еталонне значення визначається як максимальне)

Рисунок 3.5 – Розрахунок максимально досяжних значень для формування системи еталонних значень (Microsoft Excel 2010)

Можливі три варіанти оцінки отриманого відношення (3.9): $r_{ij} = 1$ – оптимальний стан системи, $r_{ij} \gg 1$ та $r_{ij} \ll 1$ – незадовільні, які свідчать про значне відхилення від прийнятного рівня екологічної безпеки [24].

Міра відповідності нормованих значень аналізованих параметрів прийнятному рівню екобезпеки визначається як відношення їх відхилення від еталонного значення, прийнятого за одиницю, до розкиду граничних значень:

$$\Delta_{ij} = \frac{|r_{ij} - 1|}{\max r_j - \min r_j}, \quad (3.10)$$

де Δ_{ij} – відхилення від норми на одиницю розкиду j -го показника i -ї системи об'єкта дослідження;

$\max r_j, \min r_j$ – граничні значення j -го нормованого показника.

Визначення нормованих значень і розрахунків відхилень від норми на одиницю розкиду проводиться для кожного показника екобезпеки стану об'єкта дослідження або змін у ньому внаслідок впливу НС з урахуванням змістовної структури об'єкта (приклад наданий у MathCad 15) (рис. 3.6).

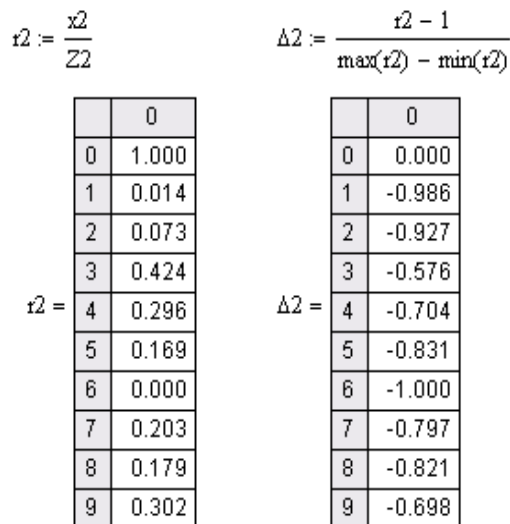


Рисунок 3.6 – Приклад розрахунку нормованих значень і міри їх відповідності

Допустиме відхилення від еталону встановлюється згідно зі шкалою оцінки ризику наслідків невідповідності прийнятним рівням екобезпеки, що за наданим методичним забезпеченням становить 20 % як реалізація малого (помірного) ризику. Міра відповідності визначається як $\Delta_{ij} \in [0; 0,2]$ [20, 24].

Таким чином, удосконалення методу ГК відповідно до комплексного визначення оцінки екологічної безпеки становить класифікацію вхідної інформації за змістовними блоками відповідно до структури об'єкта (див. рис. 2.2), розрахунок нормованих величин і оцінку їх міри відхилення.

Міра відповідності аналізованого параметра встановлюється на наступному етапі оцінки рівня екобезпеки складних соціально-екологічних і еколого-економічних систем за методом компараторної ідентифікації у кожному розрізі дослідження (див. рис. 2.10). На основі такого послідовного аналізу

вхідних даних за низкою зазначених вище методів формується інформаційна база для комплексної оцінки стану екологічної безпеки об'єкта з виділенням факторів дестабілізації систем, дія яких призводить до деструктивних змін і потребує регулюючої дії ззовні.

3.2 Методи оцінки відповідності та моделювання поведінки природно-техногенних об'єктів і прогнозування їх стану

Оцінка міри відповідності встановленим обмеженням з уникнення ризик-наслідків проводиться відповідно до методу КІ. Додатково на даному етапі оцінювання екобезпеки визначаються фактори дестабілізації екологічно рівноважного стану «система – НС». Формування множини факторів дестабілізації стану систем здійснюється на основі запроваджених удосконалень у метод КІ: за екологічним компаратором встановлюється невідповідність параметрів стану досліджуваного об'єкта прийнятному рівню екологічної безпеки, що визначається як фактор нестабільності систем [13].

Вхідні характеристики проходять через компаратор, що має один вхід і один вихід. Вихідна вимога k_{ij} приймає значення «1» за умови покриття мірою відповідності Δ_{ij} інтервалу допустимого ризику – порівняльна характеристика входить в інтервал $[0; 0,2]$, що відповідає прийнятному рівню екологічної безпеки, значення «0» – невідповідність вимогам безпеки, дестабілізуючий фактор стану об'єкта дослідження [22]:

$$k_{ij} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } \Delta_{ij} \notin [0; 0,2]; \\ 1, \text{ якщо } \Delta_{ij} \in [0; 0,2], \end{cases} \quad (3.11)$$

де k_{ij} – результат екологічного компаратора для j -го показника i -го об'єкта дослідження.

Кожен з об'єктів X_i характеризується множиною компараторних визначень k_{im} , де кожне k_{ij} дорівнює 0 або 1. На наступному кроці

використовується компаратор більш складного виду (див. рис. 2.9) з m входами та одним виходом. Такий компаратор застосовується для кожного X_i : на вхід подаються значення k_{ij} , якщо всі вони дорівнюють 1, на виході фіксується відповідність ТАК. Такий об'єкт є «нормальним» з позицій екологічної безпеки – він не потребує зовнішнього регулювання. Якщо хоча б один з k_{ij} дорівнює 0 – об'єкт потребує регулюючих змін для отримання початкових параметрів або покращення екологічної відповідності вимогам соціально-екологічної якості і безпеки за рахунок управляючих дій [16, 22].

Запропонована послідовність оцінки екологічної відповідності дозволяє отримати рейтинг об'єктів за рівнем екологічної безпеки. На перше місце рейтингу розміщують об'єкт, для якого найбільша кількість характеристик k_{ij} приймає значення 1. Надалі пропонується сформувати нову вибірку об'єктів, яка не включає в себе зазначений вище об'єкт. Розрахунки проводяться за встановленою послідовністю, починаючи з пошуку еталонних значень параметрів Z_j . Аналогічно обирається об'єкт, який займає друге місце рейтингу. Формується оновлена вибірка. Визначення рейтингу проводяться до повного розміщення об'єктів за відповідністю прийнятному рівню екологічної безпеки щодо їх стану і функціональності [17].

Визначення невідповідності вимогам екологічності та безпечності у разі дослідження еколого-соціально-економічних об'єктів становить виявлення і групування результатів «0» на виході компаратору. Невідповідність фіксується за розробленою шкалою, визначеною відповідно до методів статистичної теорії. Для визначення кількості інтервалів шкали використано формулу Стержеса:

$$n = 1 + 3,322 \cdot \lg N,$$

де n – кількість інтервалів;

N – загальне число досліджуваних параметрів [147].

Наприклад, якщо у кожному з розрізів дослідження число аналізованих

параметрів визначається як $N=20$, то $n=5,32$, тобто кількість інтервалів дорівнює 5. У такому разі застосовуються такі оцінки: дуже високий, високий, середній, низький, дуже низький рівень якості [29].

Для визначення межі кожного з інтервалів було взято за основу емпіричну шкалу ризиків, у якій виділено 6 інтервалів. Таке групування визначається як первинне, однак воно не задовольняє цілі дослідження за кількістю груп. Для усунення цього недоліку проводиться вторинне групування, що полягає в зміні інтервалів первинного групування для багатоаспектного аналізу статистичних даних, у результаті чого запроваджується шкала оцінки відповідності екологічній безпеці за кількістю негативних відгуків екологічного компаратора, що становлять ідентифіковані фактори дестабілізації [29, 147–148]:

0–0,1 – дуже високий рівень відповідності;

0,1–0,3 – високий рівень відповідності;

0,3–0,4 – середній рівень відповідності;

0,4–0,6 – низький рівень відповідності;

0,6–1 – дуже низький рівень відповідності вимогам якості (рис. 3.7).

Для визначення якості досліджуваних об'єктів пропонується використати кінцеві результати процедури КІ, згідно з якою визначається відповідність (1) або невідповідність (0) поставленим до об'єктів вимогам згідно з конкретною ситуацією. Це дозволяє визначити рівень екологічної якості об'єкта без усереднення проміжних результатів з урахуванням трьох напрямів досліджень і отриманих таким чином оцінок відповідності прийнятному рівню екологічної безпеки. Рівень екологічної якості за даною шкалою приймається відповідно до меншого значення цих трьох оцінок.

Перевагами наданих методичних удосконалень є можливість усунення недоліків індексної системи оцінювання рівня екологічної якості, що використовується в межах методичного забезпечення вирішення завдань концепції сталого розвитку. Запропоноване системне узгодження та збалансування оцінок рівня екобезпеки екологічної, економічної і соціальної складових об'єкта дозволяє уникнути використання адитивних моделей,

орієнтованих на оцінювання явних властивостей систем без виявлення суттєвих факторів змін порушень зв'язків «система – НС» (див. рис. 2.10) [19].

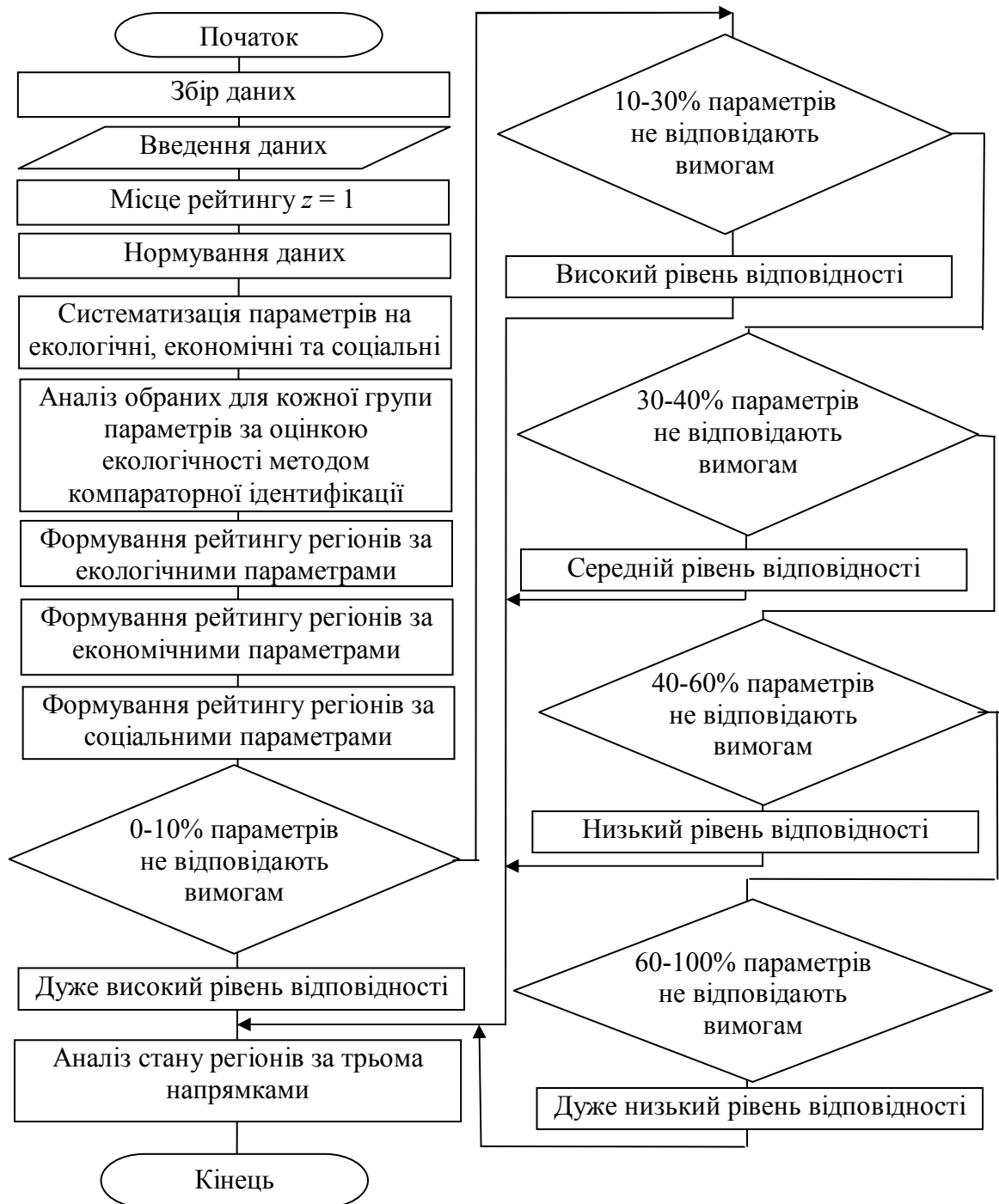


Рисунок 3.7 – Алгоритм комплексної оцінки якості системного об'єкта

Таким чином, оцінка екологічної безпеки складного об'єкта «система – НС» є обгрунтованою внаслідок існування елементу взаємопідтвердження

результатів, отриманих використанням попередніх методів аналізу, оцінкою якості систем на наступному етапі дослідження на основі запропонованого комплексного методично-інформаційного забезпечення оцінки відповідності вимогам екологічності та безпечності (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Інформаційно-методична підтримка визначення оцінки рівня екоякості системних об'єктів

Комплексне дослідження системних об'єктів проводиться з елементами прогностичного оцінювання стану систем внаслідок застосування заходів стосовно зменшення чи ліквідації дій дестабілізуючих факторів при взаємодії «система – НС». Для цього застосовується когнітивне моделювання, результати отримуються за оцінкою стану об'єкта у вигляді когнітивної карти (КК) (див. рис. 2.12):

$$G = \langle C, E \rangle, \quad (3.12)$$

де G – знаковий орграф (КК);

$C = \{c_i\}, i = 1, 2, \dots, n$ – множина концептів КК;

$E = \{e_{i,j}\}, j = 1, 2, \dots, n, i \neq j$ – множина дуг причинно-наслідкового зв'язку між i -м і j -м концептами.

Когнітивна карта враховує екологічний, економічний і соціальний аспекти функціонування об'єкта, які використані для його аналізу в цілому (рис. 3.9). Результати КА за наданою картою відображають поведінку системного об'єкта у режимі дослідження «початковий стан системи – процес змін – кінцевий стан цільової системи» [30, 149].

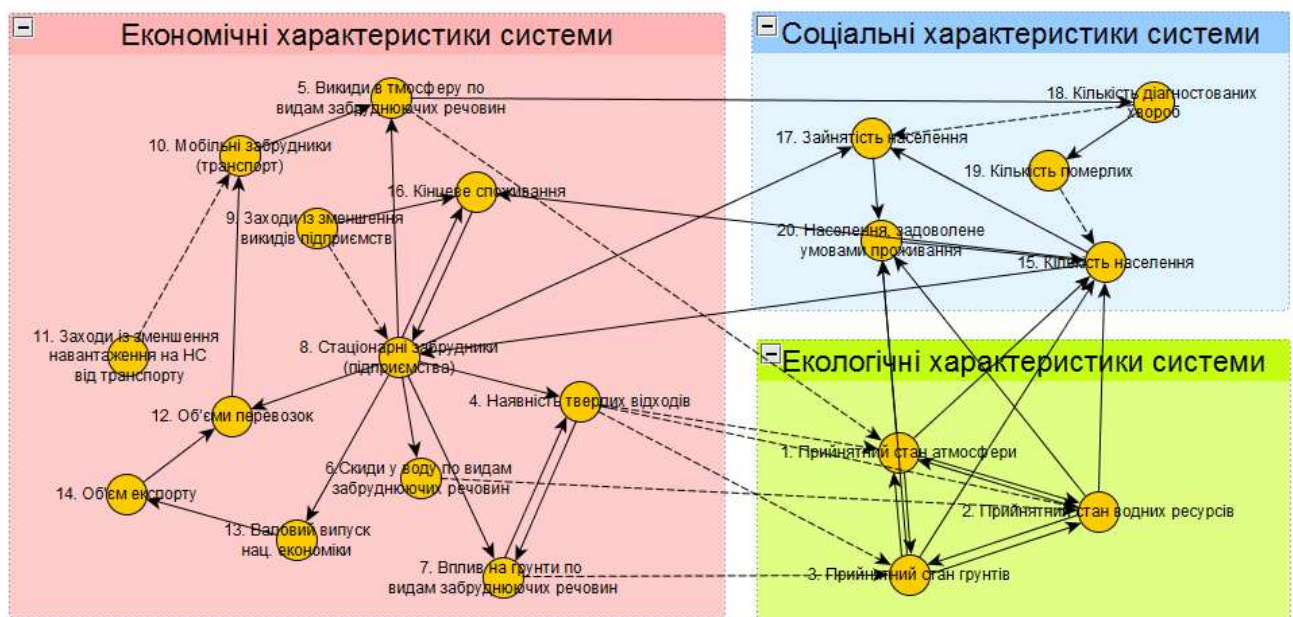


Рисунок 3.9 – Приклад когнітивної моделі складного об'єкта з виділенням економічних, екологічних і соціальних аспектів

Запропонований методичний підхід до аналізу об'єкта «система – НС» дозволяє таким чином виявити внутрішні фактори стабілізації нерівноважної ситуації і встановити низку підтримуючих дій для активізації саморегулюючих процесів. Реакція системи на такі дії становить наступний етап дослідження когнітивної моделі – імпульсний аналіз, що визначає новий стан концептів КК:

$$v_i(t+1) = v_i(t) + \sum_{j=1}^n w(c_i c_j) p_j(t), \quad (3.13)$$

де $v_i(t+1)$ – значення i -го концепта c в момент $t+1$;

$v_i(t)$ – значення i -го концепта c в момент t ;

$p_j(t)$ – імпульсний сигнал у момент часу t на j -й концепт;

$w(e_{ij})$ – ваговий коефіцієнт дуги e_{ij} , що становить зв'язок (c_i, c_j) і визначається як:

$$\begin{cases} w(e_{ij}) = 1, & \text{якщо збільшення } v_i \text{ призводить до збільшення } v_j; \\ w(e_{ij}) = -1, & \text{якщо збільшення } v_i \text{ призводить до зменшення } v_j; \\ w(e_{ij}) = 0, & \text{якщо дуга } e_{ij} \text{ відсутня.} \end{cases} \quad (3.14)$$

Імпульсний режим для приклада реалізований в пакеті MathCad 15 за відповідними формулами (3.13) і (3.14) (рис. 3.10).

$$\begin{aligned} V &:= (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0) \\ P0 &:= (0.1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0) \end{aligned}$$

$$V0 := V + P0$$

$$V1 := V0^T + A^T \cdot P0^T$$

$$P1 := A^T \cdot P0^T$$

$$V2 := V1 + A^T \cdot P1$$

$$V2^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \\ \hline 1 & 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.4 & 0.1 & 0.1 & 0 & 0 & 0.3 \end{array}$$

Рисунок 3.10 – Приклад проведення імпульсного аналізу для визначення прогнозного стану об'єкта дослідження

Для проведення робіт з комплексної оцінки рівня якості системних об'єктів на рівні локальних, регіональних і глобальних досліджень розроблено алгоритмічно-програмний комплекс з метою автоматизації контролю екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів за наданим методичним забезпеченням (рис. 3.11).

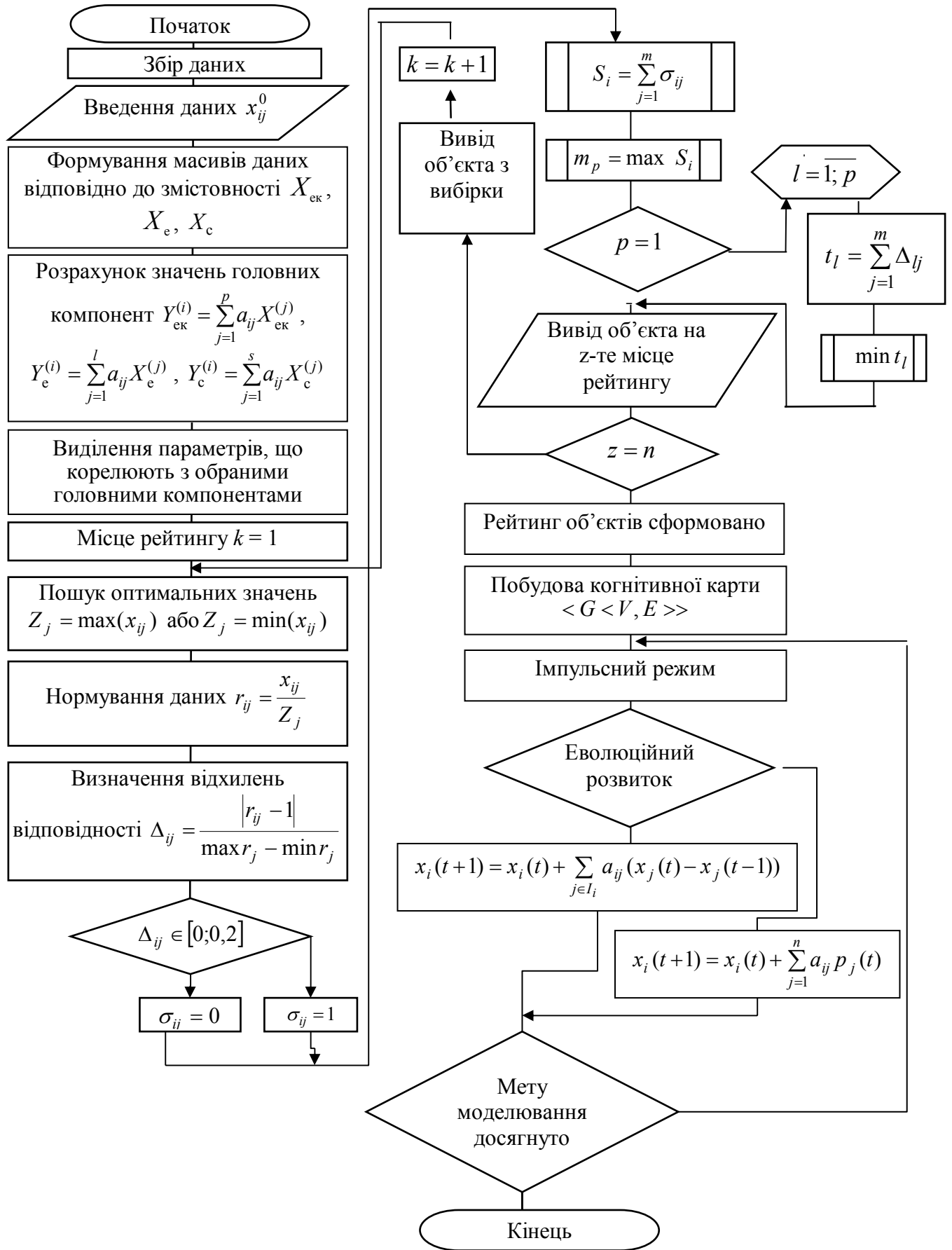


Рисунок 3.11 – Схема розробленого алгоритму з аналізу відповідності прийнятному рівню екологічної безпеки складних об’єктів

Таким чином, комплексне оцінювання екологічної безпеки складних еколого-соціально-економічних систем у контексті сталого розвитку на рівні аналізу «стан (система – НС) – зміни – процес – кінцевий стан системи» дозволяє отримати результати з контролю відповідності прийнятному рівню екологічної безпеки об'єктів глобального, регіонального і локального рівня дослідження із встановленням для них заходів регулювання екологічної якості.

Висновки до розділу 3

1. Визначені основні принципи комплексної оцінки якості складних природно-техногенних об'єктів для формування інформаційно-методичної системи прийняття рішень і регулювання екологічної безпеки на рівні аналізу «стан (система – НС) – зміни – процес – кінцевий стан системи».

2. Встановлена послідовність застосування методів динамічного аналізу «системний об'єкт – навколишнє середовище» з урахуванням відповідних удосконалень для реалізації методів головних компонент, компараторної ідентифікації, когнітивного аналізу з метою надання комплексної оцінки рівня екобезпеки складних об'єктів і визначення факторів дестабілізації їх рівноважного стану при взаємодії з НС (див. рис. 3.8).

3. Надано алгоритмічне забезпечення реалізації методів оцінки рівня екобезпеки складних об'єктів, визначена інформаційна основа для розробки програмного комплексу з контролю екологічної якості еколого-соціально-економічних об'єктів різного рівня структурної організації (див. рис. 3.11).

Одержані результати надано в публікаціях автора: 13, 15, 16, 17, 19, 20, 24, 27, 29, 30, 69, 141, 146, 149.

РОЗДІЛ 4

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНО-МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ НА РІЗНИХ РІВНЯХ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1 Огляд програмних засобів розв'язання задачі оцінки екологічної якості системних об'єктів

Практичне застосування розробленого інформаційно-методичного забезпечення комплексної оцінки рівня екологічної безпеки еколого-соціально-економічних об'єктів пов'язане з використанням інформаційних технологій для ефективного збору, зберігання та обробки даних, які стосуються сфери екологізації природно-техногенного простору об'єктів дослідження.

У методичному забезпеченні передбачено на попередніх етапах аналізу рівня екологічної безпеки використовувати ГІС, безпосередньо геоінформаційну аналітичну систему візуалізації даних медико-екологічного моніторингу України – ГІАСВ МЕМУ [150]. Підтримка даних медико-екологічного моніторингу в системі реалізується за допомогою комп'ютерних інтелектуальних систем, що складаються з п'яти обов'язкових компонент-блоків: нормативно-довідкова база; бази даних екологічних моніторингових спостережень і показників стану здоров'я населення; засоби просторової візуалізації (ГІС); бібліотеки методів математичної обробки.

Система ГІАСВ МЕМУ дозволяє здійснювати збір, зберігання і багаторівневу обробку інформації про стан територіально-розподілених об'єктів для підтримки прийняття управлінських рішень в області мінімізації екологічного збитку від техногенної діяльності людини.

У межах роботи розглянуті питання забруднення атмосферного повітря. (п. 4.3). Для математичного моделювання процесу розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі розглянуті можливості системи розрахунку забруднення Еол [151].

Автоматизована система ТОВ «Софт фонд» Еол 4.3 використовується для

розрахунку розсіювання викидів шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Система Еол 4.3 загалом призначена для оцінки впливу шкідливих викидів проєктованих і діючих (тих, що знаходяться на реконструкції) підприємств на рівень забруднення приземного шару атмосфери (DOS-версія). Ця система використовується для розрахунку фону як на окремих територіях, так і по місту в цілому. Розрахункові модулі системи реалізують «Методику расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86» [152]. Система дозволяє розраховувати поля забруднення для точкової моделі джерела викиду шкідливих речовин з круглим та прямокутним вустям труби, лінійної моделі, двох моделей площинного джерела. За бажанням користувача при оцінці безпеки проєктованих і реконструйованих підприємств враховуються фонові концентрації. У систему вбудована база даних ГДК та груп сумарної дії факторів негативного впливу на НПС. Результати розрахунків надаються у формі табличного звіту та у вигляді карти розподілення концентрацій шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери.

Для підвищення ефективності роботи дослідника-еколога з програмою для розрахунку забруднення викидів шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери використовується автоматизована система Еол 2000 (Windows-версія), яка реалізує стандартну для операційної системи Windows та інтуїтивно зрозумілу схему інтерфейсу користувача; включає інтегроване рішення. При розв'язанні задачі моделювання процесу розсіювання шкідливих речовин від підготовки вхідних даних для обчислень до підготовки вихідних форм і карти розсіювання шкідливих речовин на місцевості доцільно використовувати Еол 2000 з Еол інтегрованим середовищем.

Інтегровані функції управління робочими директоріями (папками) забезпечують оперативність створення нових та обробку існуючих об'єктів розрахунку. Можливості Еол 2000 дозволяють побудувати санітарно-захисну зону з урахуванням і без урахування рози вітрів згідно з Державними санітарними правилами планування та забудови населених пунктів (ДСП-173-

96) [153], що дозволяє вирішувати одну з підзадач розділу «Повітряне середовище» оцінки впливу на НС (ОВНС) [154]. Загалом Еол 2000 використовується підприємствами для отримання будівельної ліцензії (на інженерні, проектні роботи тощо) [155].

У практичних дослідженнях при комплексній оцінці системних об'єктів за GL-моделями використовується ГІС ArcView, що передбачає застосування інструментального пакету «Еол 2000 Дизайнер» відкритої системи Еол 2000 Designer. Цей інструментальний пакет має три логічних рівня архітектури: рівень додатку, рівень розрахунку, рівень доступу до бази даних, і дозволяє інтегрувати зовнішні додатки, які використовують розрахунок розсіювання як вбудований інструментальний засіб. «Еол 2000 Дизайнер» дозволяє імпортувати вхідні дані для розрахунку розсіювання із бази даних ГІС, формувати завдання на розрахунок, проводити обчислення не виходячи із ГІС, відображати результати з оцінки розсіювання у вигляді еквіпотенційних рівнів у ГІС.

При дослідженні стану природно-техногенних об'єктів раціональним є використання інформаційних додатків, в яких передбачено графічну інтерпретацію результатів розрахунків з можливістю зміни масштабу карти розсіювання шкідливих речовин в атмосфері та отримання друкованої копії на принтері чи плоттері; перегляд і друк результатів розрахунків у формі табличних документів; механізм створення на зовнішньому носії інформаційних файлів, що дозволяє переривати та продовжувати обчислювальний процес за бажанням користувача. Такі можливості дозволяє реалізувати система Еол (ГАЗ) 2000, яка базується на функціональності системи Еол 2000 і наслідує її ключові функціональні характеристики (табл. 4.1) [151].

При формуванні звіту за результатами комплексного дослідження складних об'єктів, територіальних утворень як основи для обмеження техногенного впливу доцільно звернутися до програмного комплексу «Екозвіт», що узагальнює рішення автоматизації сучасних ділових процесів з метою застосування у галузі охорони атмосферного повітря. «Екозвіт» використовується для підготовки матеріалів, що обґрунтовують обсяги викидів з

метою отримання дозволу на викиди. Постачається у Інтернет-варіанті або в редакції Інтранет. Інтернет-варіант корисний для розробки матеріалів у середовищі віртуального офісу, що дозволяє мінімізувати витрати на підтримку власної інформаційної інфраструктури. Інтранет-редакція рекомендується для використання на персональному комп'ютері або у локальній мережі офісу [151].

Таблиця 4.1 – Характеристика програмних засобів «Софт фонд»

Назва програми	Характеристика її функціональності	Вирішувані завдання
Еол 4.3	Розрахунок розсіювання викидів шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Призначена для оцінки впливу шкідливих викидів підприємств на забруднення приземного шару атмосфери (DOS-версія).	Розрахунок поля забруднення для точкової моделі джерела викиду шкідливих речовин з круглим і прямокутним устям труби, лінійної моделі, двох моделей площинного джерела.
Еол 2000	Розрахунок рівня забруднення викидів шкідливих речовин приземного шару атмосфери (Windows-версія).	Розв'язок задач моделювання процесу розсіювання шкідливих речовин. Підтримка повних довідників баз даних ГДК та груп сумачії шкідливих речовин.
Еол 2000 [h]	Розрахунок рівня забруднення в приземних і верхніх шарів атмосферного повітря.	Реалізація уточнених вимог до завдання розрахункових майданчиків з «Інструкцією про загальні вимоги до оформлення документів».
Еол 2000 Designer	Відкрита система, архітектура якої розбита на три логічних рівня: рівень додатку, рівень розрахунку, рівень доступу до бази даних.	Інтеграція зовнішніх додатків, які використовують для розрахунку розсіювання як вбудований інструментальний засіб. Імпорт вхідних даних для розрахунку розсіювання із бази даних ГІС, формування завдання на розрахунок, проведення розрахунку не виходячи із ГІС, відображення результатів

Закінчення таблиці 4.1

Назва програми	Характеристика її функціональності	Вирішувані завдання
		розрахунку розсіювання у вигляді еквіпотенційних рівнів у ГІС.
Еол (ГАЗ) 2000	Розрахунок на основі моделі розсіювання викидів від газокомпресорної станції, загальноживані моделі забруднення повітря від стаціонарних джерел.	Графічна інтерпретація результатів розрахунків з можливістю зміни масштабу карти розсіювання шкідливих речовин в атмосфері та отримання друкованої копії на принтері чи плоттері; генерація, перегляд і друк результатів розрахунків, механізм створення на зовнішньому носії інформаційних файлів.

Програмний комплекс «Екозвіт» забезпечує формування звітних матеріалів для оцінки рівня екологічної безпеки техногенних об'єктів у друкованому та електронному вигляді. Електронний вигляд відповідає типовим формам XML схем версії 3.1.1.3, узгодженим Мінприроди України. Програма дозволяє проводити перевірку сумісності типовим формам XML-схем з формуванням звіту; імпорт даних з програм розрахунку забруднення, узгоджених Міністерством; формування проекту нормативів ГДВ відповідно до наказу «Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел» [156].

Для реалізації еколого-економічних завдань в межах екологічної безпеки використовують програмний комплекс «Ecostab», який дозволяє виконувати розрахунок економічного збитку від забруднення елементів НС, формувати необхідні звіти, зберігати довідкову інформацію і результати розрахунків, виконувати контекстний пошук за таблицями. Він включає в себе:

- розрахунок економічного збитку від забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів;

- розрахунок показників еколого-економічної стійкості різних систем навколишнього середовища;
- надання звіту відповідно до вимог «Звіт із еколого-економічної стійкості підприємства» і його експорт в Word [157].

Система «Ecostab» має перспективи розвитку, в тому числі і в області вирішення завдань суміжних до оцінки еколого-економічної стійкості промислового підприємства. Даний програмний комплекс є частиною комплексної системи регіонального екологічного моніторингу. Метою системи є розв'язання глобальних екологічних задач, стосовно визначення прогнозованих незворотних катастрофічних збитків шляхом проведення багаторівневих системних досліджень, пов'язаних з глобальною системою моніторингу, урахуванням особливостей конкретного регіону [158].

Для спрощення роботи фахівців з екологічної безпеки на виробництві запропоновано програмне забезпечення, розроблене на мові програмування Java, яке дає змогу здійснювати попереднє оцінювання життєвого циклу продукції за трьома комплексними екологічними показниками, отримуваними на основі методів ILCD Midpoint+, RECiPE і визначення потенціалу глобального потепління. Вихідні дані для аналізу отримують з бази даних ecoinvent версії 2.2, яка розповсюджується безкоштовно [158].

Окрім екологічних індикаторів, така система дає змогу проводити розрахунки економічних показників для інженерних рішень щодо поточної вартості, періоду окупності, екоефективності та деяких інших з врахуванням витрат на природоохоронну діяльність. Взаємодія користувача з програмним засобом охоплює такі дії та результати: користувач обирає матеріальні та енергетичні потоки для поточного та запропонованих інженерних рішень, вказує показник, за яким слід проводити оцінювання життєвого циклу та економічний параметр для подальших розрахунків, вводить обсяги та вартість кожного з матеріальних потоків і запускає розрахунок; дані інвентаризації життєвого циклу, що відповідають обраним матеріальним потокам, завантажуються з сервера та визначається оцінка екологічного впливу на навколишнє природне

середовище та здоров'я людини кожного з обраних варіантів; проводиться розрахунок обраного користувачем економічного показника; результати обчислень, візуалізовані у вигляді діаграм, надаються користувачеві як звіт [158].

Для надання ефективної інформаційної підтримки прийняття рішень органами державної влади і органами місцевого самоврядування щодо підвищення рівня екологічної безпеки природно-техногенних систем застосовуються геоінформаційні ресурси стосовно соціально-економічного розвитку, що становлять інформаційну систему «SOFTPRO:Містобудівний кадастр» [159]. Вона дозволяє вирішувати такі основні завдання:

- облік природних ресурсів та ландшафтів на території міста, планування їх використання, охорони та відтворення;
- екологічний моніторинг стану НС (фізичне, хімічне, біологічне забруднення атмосфери, ґрунту, поверхневих і підземних вод з урахуванням джерел забруднення, масштабів і повторюваності);
- визначення впливу НС на стан здоров'я населення, розробка програм поліпшення стану НС;
- прогнозування та оцінка наслідків рішень в сфері охорони НС;
- інформаційна підтримка діяльності органів системи попередження та дій в надзвичайних ситуаціях, у тому числі створення бази даних потенційно небезпечних об'єктів природного і техногенного характеру,
- оцінювання й прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій та їх наслідків;
- забезпечення актуальною й достовірною вихідною інформацією проектів природоохоронного та іншого призначення щодо розвитку території міста;
- інформування громади про стан довкілля на території міста, цільове використання територіальних ресурсів та плани розвитку міста [159].

Комплексна оцінка стану глобальних об'єктів дослідження передбачає використання он-лайн ресурсів з доступом до міжнародних баз даних. Такі бази даних пропонуються Світовим банком [160], Організацією Об'єднаних Націй [161], Організацією економічного співробітництва та розвитку [162],

Всесвітньою організацією охорони здоров'я [163] та ін.

В якості повноправного члена Світової системи даних (ССД) Міжнародної ради з науки (МРН) в Україні працює Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку (далі СЦД-Україна). СЦД-Україна спеціалізується на проведенні міждисциплінарних досліджень складних систем різної природи. Діяльність СЦД-Україна зосереджено на механізмах доступу української наукової спільноти до глобальних інформаційних ресурсів МРН в галузі наук про Землю, планетарної і космічної фізики та відповідних суміжних дисциплін, збору і зберігання глобальних і регіональних даних для проведення досліджень в галузі сталого розвитку та прийняття екологічних рішень [164].

СЦД-Україна пропонує низку сервісів, що дозволяють оцінювати, порівнювати і систематизувати природно-техногенні об'єкти різного рівня складності на основі доступу до світових баз даних.

1. Україна в індикаторах сталого розвитку. Сервіс надає доступ до даних зі сталого регіонального розвитку. Користувач має доступ до даних, що характеризують еколого-соціально-економічний стан вибраних регіонів України, та можливість їх порівняння із результатами інших адміністративних одиниць у табличній та графічній формах.

2. Глобальний аналіз якості і безпеки життя людей. Сервіс надає доступ до даних зі сталого глобального розвитку. Користувач має доступ до даних стосовно стану окремих країн, і можливість їх порівняння із результатами інших країн у табличній та графічній формах.

3. Портал даних СЦД. Сервіс надає можливість завантажити дані для кожної країни світу за обраний період у файл. Інформацію можна отримати у форматі xml-файлу, таблиці Excel та html-сторінки.

4. Монітор активності Світової системи даних. Монітор активності Світової системи даних – інформаційна система, що містить класифікатор ресурсів Системи світових даних, забезпечує моніторинг їх стану, має розвинуті механізми аналізу та візуалізації результатів з можливістю навігації. Розташована на ресурсі Світового центру даних з геоінформатики та сталого

розвитку, надає користувачеві інтерактивний доступ до інформації про кожного учасника Світової системи даних. Важливою властивістю інформаційної системи є її модульність і можливість інтеграції до інших ресурсів Системи світових даних незалежно від використаних в них технологій.

За концепцією сталого розвитку здійснено серію досліджень якості життя та безпеки населення країн світу з використанням зазначених он-лайн сервісів СЦД-Україна. У межах визначених досліджень запропоновано систему факторів (індексів та індикаторів) і розроблено метрику для вимірювання процесів сталого розвитку з метою їх кількісного оцінювання на глобальному рівні дослідження та для регіонів України. Екологічна безпека життя людей визначається на основі запропонованої системи індексів сталого розвитку у вигляді інтегральних характеристик стану територіальних угруповань різного рівня складності [165–166].

Розглянуті програмні засоби оцінки рівня екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів надають інформацію про загальний стан складних систем, відповідність розвитку об'єктів прийнятному рівню екологічної безпеки за концепцією сталого розвитку, але не дозволяють формувати перелік факторів дестабілізації стану досліджуваних систем, що є необхідним для здійснення управляючої діяльності стосовно його покращення. Даний недолік пропонується усунути шляхом розробки програмного засобу на основі запропонованого інформаційно-методичного забезпечення.

4.2 Вибір засобів і середовища розробки інформаційно-програмного забезпечення системного аналізу стану екобезпеки складних об'єктів

Важливим аспектом розробки інформаційно-програмного забезпечення для вирішення завдань з комплексної оцінки рівня екологічної безпеки складних об'єктів є вдалий вибір програмних платформ та інструментів програмування.

Вибір платформи Microsoft .NET Framework як базису для реалізації програмного проекту зумовлений, головним чином, тим, що вона об'єднує комплекс зручних та потужних засобів Web-програмування та обробки даних,

потужний сервер баз даних MS SQL Server, підтримує інтегроване середовище розробки Microsoft Visual Studio, за допомогою якого можна реалізувати задачі етапу кодування екологічної інформації моніторингових даних.

При розробці програмного забезпечення з оцінки рівня екологічної безпеки еколого-соціально-економічних об'єктів використано основний інструментарій Microsoft .NET Framework: виконуване середовище CLR (Common Language Runtime), або .NET Runtime; керований код (IL або MSIL), що виконується під управлінням CLR, в основі якого лежить ідея низькорівневого подання мови у вигляді числових кодів, що легко транслюються у специфічні для платформи машинні коди [167].

Вибір платформи .NET зумовлений такими перевагами для розв'язання практичних завдань з автоматизації процесу оцінки рівня екологічної безпеки:

- єдина об'єктно-орієнтована модель;
- захист програми від втрат пам'яті і від необхідності звільняти ресурси завдяки наявності «збиральника сміття», який звільняє ресурси;
- розробка автономних програм, що не залежать від інших програм та від операційної системи;
- встановлення програми шляхом копіювання файлів;
- підвищена надійність програми та її сумісність завдяки використанню безпечних типів даних;
- легка взаємодія програм, написаних на різних мовах;
- обробка усіх помилок при використанні механізму виключних ситуацій;
- повторне використання коду;
- використання C# для написання динамічних web-сторінок ASP.NET.

Версія .NET Framework 3.5 містить декілька функціональних можливостей, серед яких розробка для Web 2.0, сервіс-орієнтована архітектура (Service-Oriented Architecture, SOA), програми на базі технології ПЗ+, сервіси (Software+Services), що дає переваги при розробці програмних продуктів вирішення завдань екологічної безпеки [167].

1. Сервіси з підтримкою послідовності операцій надають нові класи моделі

програмування, які спрощують створення сервісів з підтримкою послідовності операцій за рахунок використання Windows Communication Foundation і Windows Workflow Foundation. Це дозволяє завдяки .NET Framework створювати бізнес-логіку сервісу, використовуючи WF, організувати обмін повідомленнями з цим сервісом за допомогою WCF.

2. Підтримка додаткових протоколів веб-сервісів у Windows Communication Foundation включає протоколи Web Services Atomic Transaction (WS-AtomicTransaction) 1.1, WS-ReliableMessaging 1.1, WS-Secure Conversation та Web Services Coordination (WS-Coordination) 1.1 [167].

Незважаючи на те, що .NET допускає можливість використання різних мов програмування, природно підтримка .NET реалізована в мові C#. Вибір C# у якості основної мови програмування визначений її потужністю, яка виділяє її серед інших об'єктно-орієнтованих мов програмування. Ця мова повністю орієнтується на платформу .NET Framework, що забезпечує ефективне використання максимальної кількості можливостей останньої.

При розробці програмного продукту мовою C# у поєднанні з інструментальними засобами середовища Microsoft Visual Studio передбачається реалізація таких можливостей, що підтримують постійну працездатність систем забезпечення контролю екологічної безпеки:

- повна підтримка об'єктно-орієнтованого програмування;
- чітко визначений набір базових типів;
- вбудована підтримка автоматичної генерації XML-документації;
- підтримка атрибутів;
- можливості маркування властивостей і методів атрибутами;
- повна підтримка бібліотеки класів .NET;
- можливість прямого доступу до пам'яті через вказівники;
- підтримка властивостей та подій;
- використання динамічних сторінок ASP.NET та Web-служб XML
- вбудована підтримка CTS;
- строгий контроль типів;

- підтримка властивостей і подій;
- автоматичне збирання сміття;
- множинне спадкування для інтерфейсів.

Головним інструментальним засобом реалізації наданого програмного проекту обрано інтегроване середовище розробки Microsoft Visual Studio 2010. Цей вибір був зумовлений гнучкими та потужними можливостями цієї системи, які значно підвищують якість програмних продуктів, та забезпечують інтеграцію з платформою .NET Framework.

Методичне забезпечення базується на математичних методах обробки даних, що потребує потужного інструменту для аналізу розрахунків вхідних інформаційних потоків та реалізації оцінки у вигляді графічних моделей і табличних звітів. Для реалізації зазначених задач доцільно використати середовище Visual Studio, яке містить редактор вихідного коду з підтримкою технології IntelliSense і можливістю простого рефакторинга коду. Вбудовані інструменти включають редактор форм для спрощення створення графічного інтерфейсу програми, веб-редактор, дизайнер класів і дизайнер схеми бази даних. Додатково у створюваному програмному продукті використані такі можливості Visual Studio: плагіни для розширення функціональності практично на кожному рівні, включаючи додавання підтримки систем контролю версій вихідного коду; додавання нових наборів інструментів (наприклад, для редагування та візуального проектування коду) на предметно-орієнтованих мовах програмування або інструментів для інших аспектів циклу розробки програмного забезпечення оцінки відповідності вимогам екологічної безпеки.

При розробці взяті до уваги такі основні можливості MS Visual Studio, що дозволяють реалізувати особливості наданого інформаційно-методичного забезпечення (див. рис. 3.11).

1 WYSIWYG («що бачимо, те й отримуємо»): використання для візуальної розробки Web-форм ASP.NET, графічних інтерфейсів, що базуються на WPF (Windows Presentation Foundation).

2 Мінімальна кількість кодів: автоматична генерація стандартного

програмного коду (наприклад, для Web-форм ASP.NET).

- 3 Стиль кодування на інтуїтивно зрозумілій основі.
- 4 Вбудований Web-сервер: запуск програми безпосередньо із середовища розробки.
- 5 Кодування на будь-якій мові з використання однакового інтерфейсу.
- 6 Висока швидкість розробки.
- 7 Швидке відлагодження: виявлення та виправлення помилки в програмах згідно з механізмом відлагодження процесів.

Таким чином, для розробки інформаційно-програмного забезпечення розв'язання задачі комплексної оцінки рівня екологічної безпеки еколого-соціально-економічних об'єктів за визначеною методичною базою було обрано мову програмування C# та середовище розробки Microsoft Visual Studio 2010.

4.3 Оцінка безпечності еколого-соціально-економічних об'єктів на рівні дослідження природно-техногенних утворень

Вагомим фактором забезпечення відповідності характеристик природно-техногенних об'єктів прийнятному рівню екологічної безпеки є обмеження ступеня техногенного навантаження на природні території. Внаслідок антропогенного впливу виробничих процесів спостерігається порушення природного кругообігу речовини, енергії та інформації, виникають розриви впорядкованих інформаційних потоків в екосистемах, порушується природний перебіг процесів функціонування систем НПС.

Незамкненість антропогенного речовинно-енергетичного циклу є причиною нестабільного екологічного розвитку галузевих і регіональних еколого-економічних систем. Це призводить до зниження демографічних показників, втрати біорізноманіття, деградації екосистем, що негативно позначається на стані екологічної і соціальної систем.

У роботі акцентовано увагу на комплексному вивченні прямих і зворотних взаємозв'язків між суспільством (соціально-економічною системою) і природою

(екологічною системою), що забезпечують необхідний рівень екологічної безпеки за концепцією сталого розвитку.

З метою створення умов екологічної безпеки для людини і НПС стосовно забезпечення функціональності живих організмів і екосистем в цілому, благополуччя населення у межах пунктів проживання, відповідної екологічної якості у рекреаційних зонах, в інших місцях постійного чи тимчасового перебування людей необхідним і першочерговим є виконання нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря згідно з законом України «Про охорону атмосферного повітря» [168].

Об'єктом дослідження щодо практичної реалізації комплексного оцінювання рівня безпеки була обрана територія Харківської області, яка характеризується наявністю стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря у вигляді потужних промислових підприємств, зокрема теплоенергетичної та нафтогазовидобувної промисловості. Окремим питанням оцінки рівня екологічної безпеки є встановлення екологічності розроблених інноваційних технологій з переробки відходів (господарська договірна науково-дослідна робота за темою «Переробка зношених автомобільних шин методом термохімічної деструкції»), що становлять певний ступінь небезпеки для атмосферного повітря і поверхневих вод.

Станом на 2015 рік викиди в атмосферне повітря в області здійснюють 678 підприємств, з яких найбільш небезпечними є Зміївська ТЕС ім. Кржижановського Г. М. ПАТ ДЕК «Центренерго» (Зміївський район Харківської області), філія ГПУ «Шебелинкагазвидобування» ПАТ «Укргазвидобування» (Балакліївський район Харківської області), філія «Теплоелектроцентральної» ТОВ «ДВ нафтогазовидобувна компанія» (Чугуївський район Харківської області) (рис. 4.1).

Сумарний вклад зазначених підприємств в забруднення атмосферного повітря стаціонарними джерелами викидів області складає більше 85,4 % [169].

Відповідно до наданого інформаційно-методичного забезпечення передбачається комплексне дослідження території, де знаходяться ці джерела

забруднення, а саме врахування паралельно впливів техногенних факторів на водне середовище і ґрунти (див. рис. 4.1).

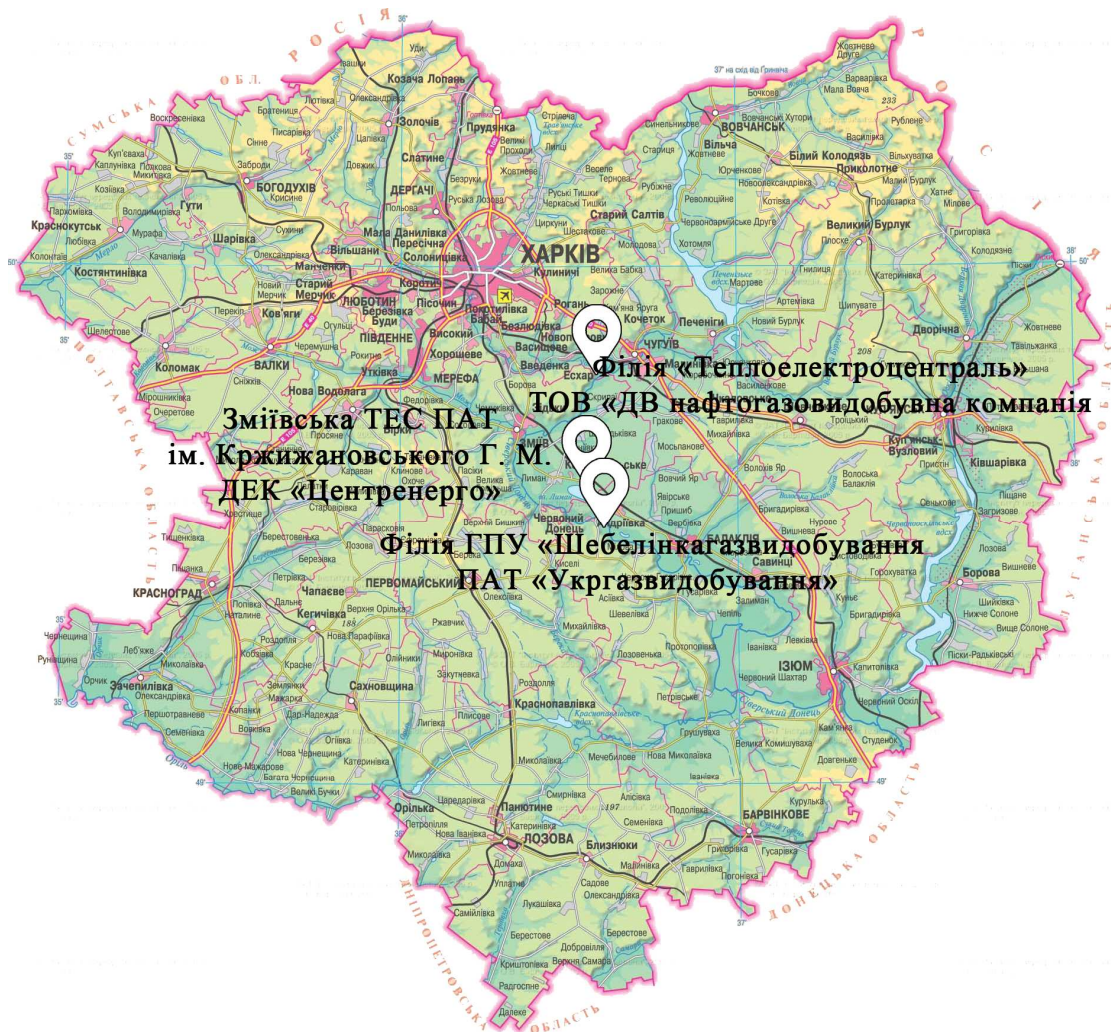


Рисунок 4.1 – Географічне розташування основних стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря Харківської області

Постановка задачі дослідження. Підприємства Харківської області здійснюють вплив на навколишнє природне середовище у вигляді викидів в атмосферне повітря, склад яких визначається особливостями виробничого процесу, скидів в природні водойми, розташування твердих відходів. Априорі вважаються переважними чинниками екологічної небезпеки викиди в атмосферне повітря.

При визначенні рівня екологічної безпеки враховані тільки еколого-

економічні показники, що стосуються природоохоронної діяльності в межах зазначених підприємств – джерел забруднення атмосферного повітря. З усього складу викидів для аналізу виділено сім інгредієнтів, які є спільними для всіх об'єктів дослідження (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Початкові дані моніторингу підприємств: викиди в атмосферне повітря підприємствами-забруднювачами, т

Назва об'єкта	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	Сполуки азоту	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Неметанові легкі органічні сполуки	Метан	Діоксид вуглецю
Філія ГПУ «Шебелинкагазвидобування» ПАТ «Укргазвидобування»	40,58	1107,63	0,25	964,72	374,31	2092,66	352072,46
Зміївська ТЕС ім. Кржижановського Г. М. ПАТ ДЕК «Центренерго»	8037,09	1969,62	12448,71	159,07	5,70	14,02	1269619,35
Філія «Теплоелектроцентрально» ТОВ «ДВ нафтогазовидобувна компанія»	2067,64	1291,38	3041,72	60,01	0,17	5,21	514942,23

Задача оцінки якості: визначити стан екологічної безпеки системного об'єкта при наявності техногенного навантаження в умовах обмеженої кількості інформації на основі інформаційно-методичного забезпечення ідентифікації відповідності вимогам гомеостатичної взаємодії «система – НС».

Розв'язання задачі. Аналіз поточного стану промислових підприємств проводився відповідно до зазначеної послідовності використання математичних методів оцінювання, які входять до розробленого інформаційно-методичного забезпечення оцінки рівня екологічної безпеки еколого-соціально-економічних об'єктів (див. рис. 3.11).

У зв'язку з поставленою задачею пропонується використати аналітичну систему, яка виключає з інформаційно-методичного забезпечення дослідження

екологічного стану складних об'єктів метод головних компонент (у зв'язку з відсутністю необхідності визначати вагомі параметри вхідних інформаційних даних) і класифікацію інформаційного потоку за розрізами дослідження (до оцінки рівня екобезпеки залучені тільки еколого-економічні характеристики стану об'єкта дослідження) (рис. 4.2) [116, 117].

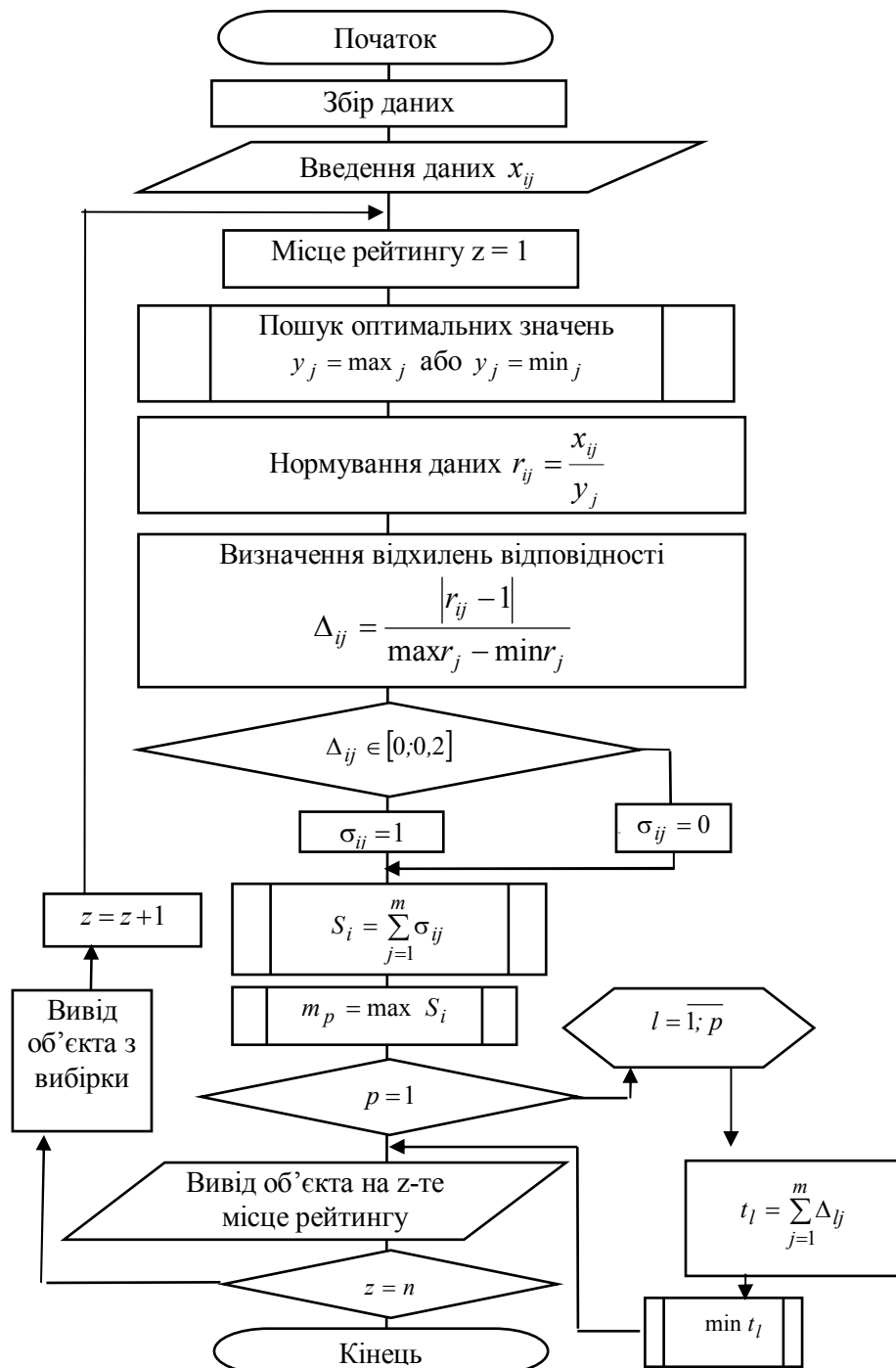


Рисунок 4.2– Схема алгоритму з оцінки рейтингу об'єктів локального рівня дослідження щодо відповідності прийнятному рівню екологічної безпеки

Одним із джерел забруднення атмосферного повітря є Зміївська ТЕС і полігон захоронення золошлаків Зміївської ТЕС, який займає площу 350 га і забезпечує зберігання понад 30 млн. тонн золошлаків. Золовідвал є серйозною екологічною проблемою, яка пов'язана із твердими відходами ТЕС – золою та шлаками, і є однією із причин підйому рівня ґрунтових вод і зміни їх хімічного складу в районі селища Лиман, озер Лиман і Чайка (рис. 4.3).

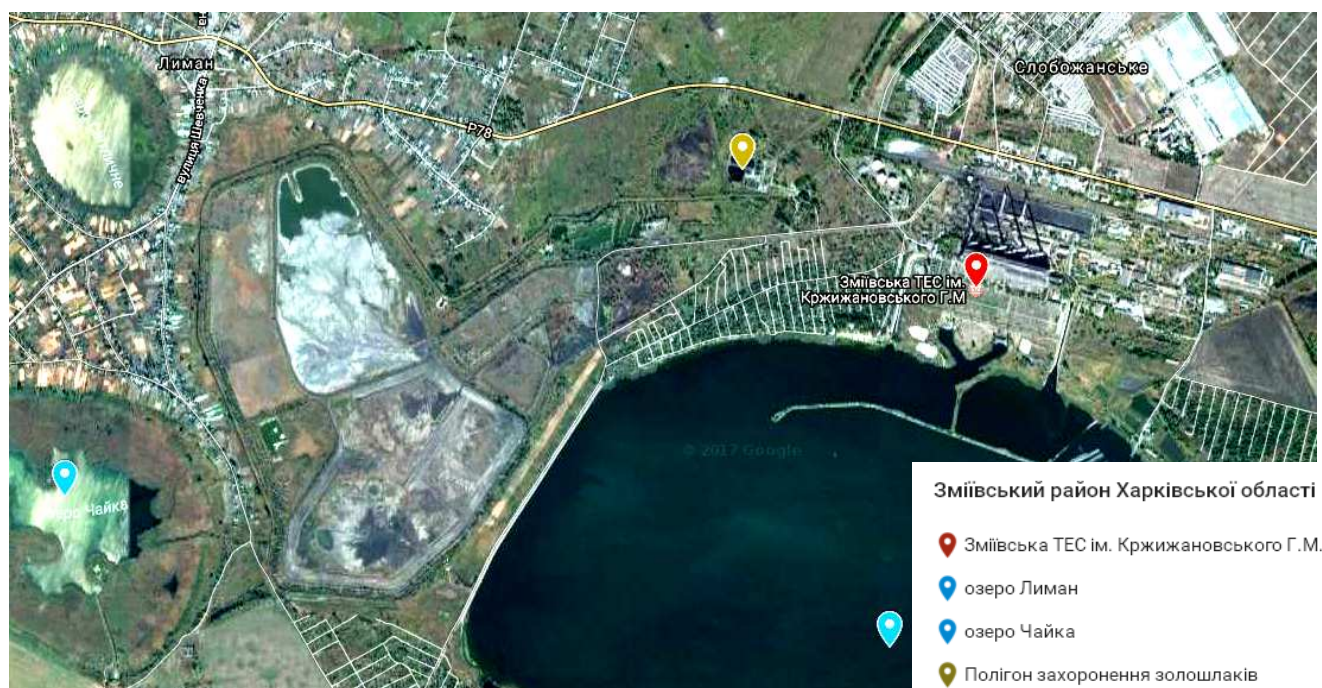


Рисунок 4.3 – Зона впливу Зміївської ТЕС ім. Кржижановського Г. М. на навколишнє середовище

Додаткові об'єми води, що надходять у водоносний горизонт, проходячи пласти золовідвалу ($0,3 \text{ млн м}^3$), ведуть до розвитку процесів підтоплення, витіснення вод палеоген-четвертинного горизонту водами золовідвалу, відслідкованому на відстані 2,7 км у напрямку до ріки Сіверський Донець, який безпосередньо впливає на стан підземних вод району [170].

Забруднення природних вод здійснюється скидами філії «Теплоелектроцентрально», яка знаходиться практично на березі Сіверського Дінця, і є потужним техногенним фактором змін властивостей води (рис. 4.4).

З урахуванням південно-західного вітру, який має значну повторюваність, стан атмосферного повітря Зміївського району визначається переважно впливом промислових об'єктів Балакліївського району, тому додатково в аналізі враховано викиди Балакліївського цементного заводу (рис. 4.5).

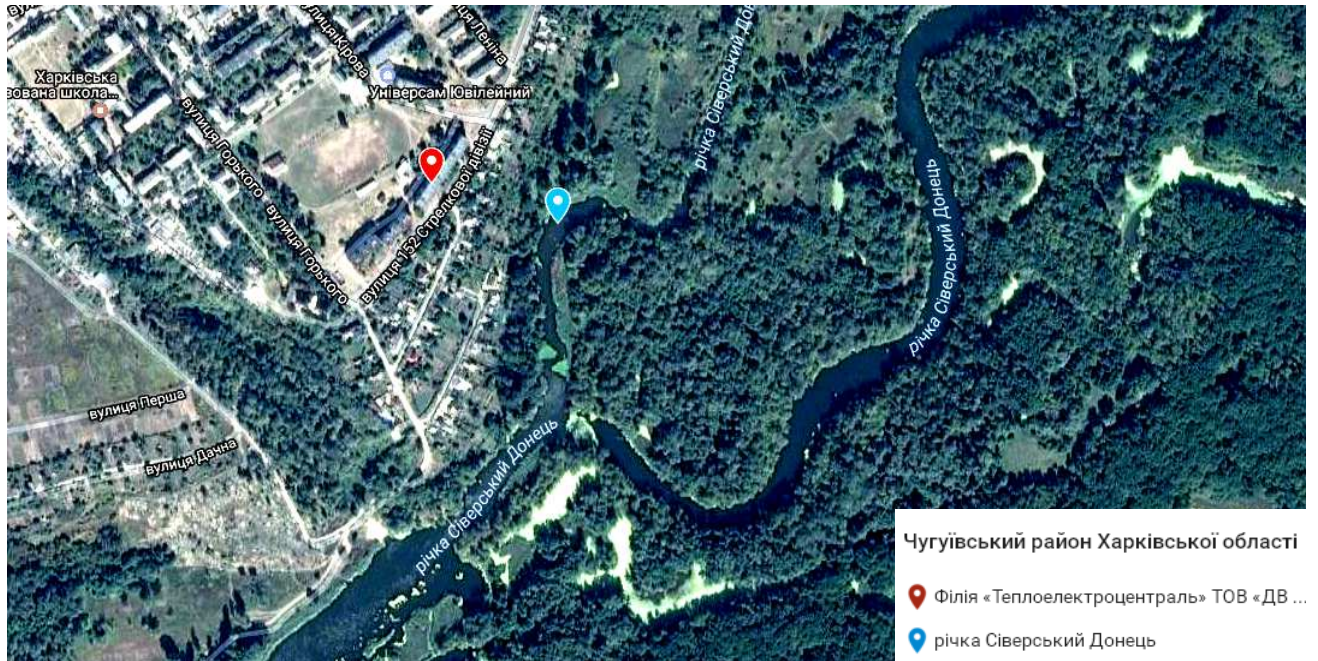


Рисунок 4.4 – Зона впливу філії «Теплоелектроцентральної» ТОВ «ДВ» нафтогазовидобувна компанія» на навколишнє середовище



Рисунок 4.5 – Зона впливу філії ГПУ «Шебелинкагазвидобування» ПАТ «Укргазвидобування» на навколишнє середовище

Специфіка впливу промислового підприємства на НС визначається умовами виробничого процесу, станом природної складової НС [141]. Для попереднього аналізу «система – НС» розробляється графоаналітична модель у вигляді топологічного графу за даними ГІС для встановлення зв'язку об'єктів дослідження з оточуючими системами різної природи (рис. 4.6).

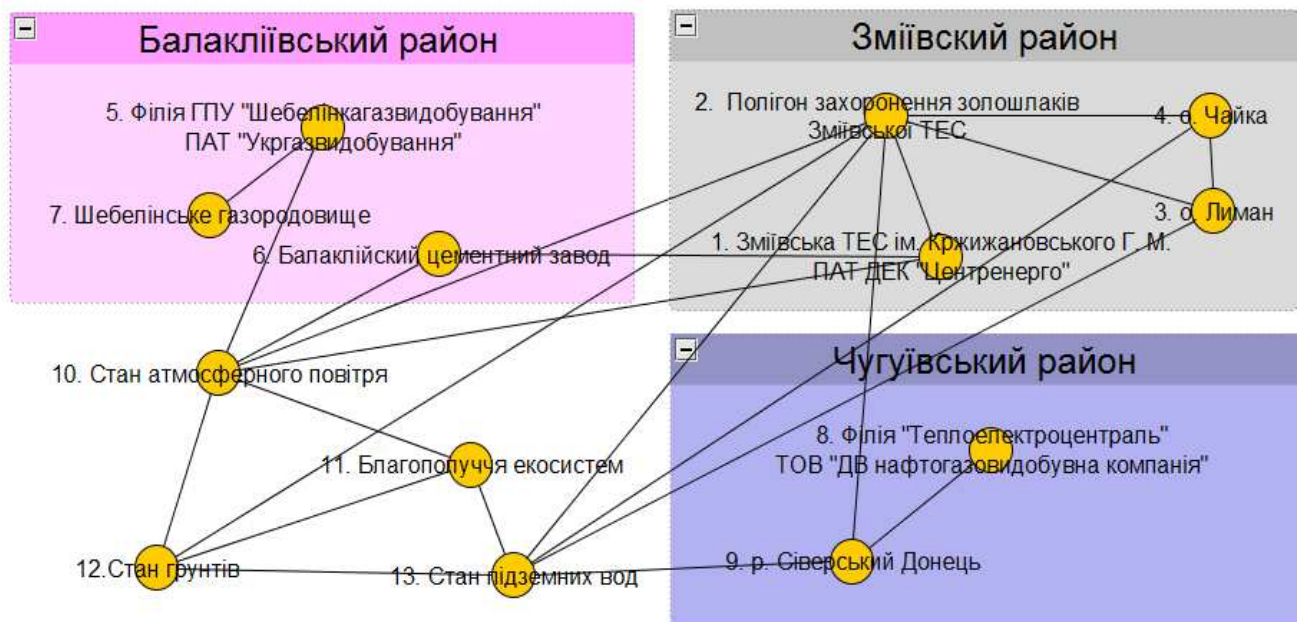


Рисунок 4.6 – Модель об'єкта дослідження «система – навколишнє середовище» у вигляді топологічного графу

Згідно з поставленою задачею оцінки рівня екологічної безпеки, формується система еталонних чинників якості відповідно до виразу (3.8), що у даному випадку визначаються як досяжні показники мінімального рівня викидів у атмосферне повітря за всіма підприємствами (табл. 4.3).

Надалі, відповідно до отриманих еталонних величин, початкові дані нормуються згідно з виразом (3.9) (табл. 4.4), здійснюється розрахунок відхилень від еталонного значення, прийнятих за одиницю, до розкиду граничних значень досліджуваних параметрів за формулою (3.10) (табл. 4.5) [19, 22].

Таблиця 4.3 – Максимально досяжні показники дослідження

Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	Сполуки азоту	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Неметанові леткі органічні сполуки	Метан	Діоксид вуглецю
40,581	1107,632	0,251	60,013	0,172	5,214	352072,462

Таблиця 4.4 – Нормування вхідної інформації

Назва об'єкта	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	Сполуки азоту	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Неметанові леткі органічні сполуки	Метан	Діоксид вуглецю
Філія ГПУ «Шебелинкагазвидобування» ПАТ «Укргазвидобування»	1	1	1	16,07	2176,267	401,355	1
Зміївська ТЕС ім. Кржижановського Г. М. ПАТ ДЕК «Центрэнерго»	198,051	1,778	49596,470	2,649	33,156	2,69	3,606
Філія «Теплоелектроцентрально» ТОВ «ДВ нафтогазовидобувна компанія»	50,951	1,165	12118,41	1	1	1	1,463

Таблиця 4.5 – Розрахунок відхилення від відповідності

Назва об'єкта	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	Сполуки азоту	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Неметанові леткі органічні сполуки	Метан	Діоксид вуглецю
Філія ГПУ «Шебелинкагазвидобування» ПАТ «Укргазвидобування»	0	0	0	1	1	1	0
ім. Кржижановського Г. М. ПАТ ДЕК «Центрэнерго»	1	0,078	1	0,109	0,015	0,004	1

Закінчення таблиці 4.5

Назва об'єкта	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	Сполуки азоту	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Неметанові легкі органічні сполуки	Метан	Діоксид вуглецю
Філія «Теплоелектроцентрально» ТОВ «ДВ нафтогазовидобувна компанія»	0,253	1	0,244	0	0	0	0,178

Для оцінки вагомості отриманих відхилень стосовно створення ситуації небезпеки за розробленим інформаційно-методичним міра відповідності порівнюється з встановленим обмеженням за правилом (3.11). У випадку непокриття зазначеного інтервалу безпеки, аналізований показник відноситься до факторів дестабілізації стану об'єкта дослідження (табл. 4.6) [17].

Таблиця 4.6 – Результати роботи екологічного компаратора

Назва об'єкта	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	Сполуки азоту	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Неметанові легкі органічні сполуки	Метан	Діоксид вуглецю
Філія ГПУ «Шебелинкагазовидобування» ПАТ «Укргазовидобування»	1	1	1	0	0	0	1
Зміївська ТЕС ім. Кржижановського Г. М. ПАТ ДЕК «Центренерго»	0	1	0	1	1	1	0
Філія «Теплоелектроцентрально» ТОВ «ДВ нафтогазовидобувна компанія»	0	0	0	1	1	1	1

У результаті для всіх об'єктів кількість факторів дестабілізації дорівнює 3. Тоді на перше місце рейтингу відповідності прийнятному рівню екологічної

безпеки розміщується об'єкт, для якого сума відхилень від відповідності є мінімальною [26]. Це Філія «Теплоелектроцентральної» ТОВ «ДВ нафтогазовидобувна компанія» з такими факторами дестабілізації стану: викиди речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, діоксиду сірки, сполук азоту. Надалі рейтинг встановлюється за наданою вище послідовністю, починаючи з пошуку максимально досяжних показників, поки усі об'єкти не будуть розміщені за рейтингом [21].

Для автоматизації кроків, пов'язаних з пошуком еталонних показників якості стану, етапу нормування, розрахунку відхилення від еталонних показників, КІ і побудови рейтингу розроблено відповідний програмний продукт в середовищі Microsoft Visual Studio 2010 мовою С# (рис. 4.7) [29].

Відповідність вимогам екологічної безпеки
Рейтингова оцінка Когнітивний аналіз Для користувача Вихід

Небезпечність підприємств Харківської області

	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	Сполуки азоту	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Неметанс леткі органічні сполуки	Метан	Діоксид вуглецю
Філія ГПУ «Шебелинкагазовидобування» ПАТ «Укргазвидобування»	40,581	1107,632	0,251	964,725	374,318	2092,664	352072,462
Зміївська ТЕС ім. Кржижановського Г. М. ПАТ ДЕК «Центрэнерго»	8037,099	1969,625	12448,714	159,070	5,703	14,025	1269619,35
Філія «Теплоелектроцентральної» ТОВ «ДВ нафтогазовидобувна компанія»	* 2067,646	1291,383	3041,722	60,013	0,172	5,214	514942,233

Завантажити дані з файлу

Кінцевий рейтинг підприємств за екологічною безпечністю стану

1. Філія «Теплоелектроцентральної» ТОВ «ДВ нафтогазовидобувна компанія»
2. Філія ГПУ «Шебелинкагазовидобування» ПАТ «Укргазвидобування»
3. Зміївська ТЕС ім. Кржижановського Г. М. ПАТ ДЕК «Центрэнерго»

Розрахувати

Фактори дестабілізації

Повернутися до головного вікна

Рисунок 4.7 – Фрагмент програмного розрахунку екологічного рейтингу підприємств Харківської області

Формування програмного вікна з результатами аналізу здійснюється шляхом обробки вхідних даних, отриманих з текстового файлу. Рейтингова оцінка виводиться натисканням кнопки «Розрахувати». Визначення відповідних дестабілізуючих факторів для кожного з досліджуваних об'єктів передбачає натискання кнопки «Фактори дестабілізації» (рис. 4.8).

За результатами розрахунку рівня небезпечного впливу для кожного з аналізованих джерел техногенного навантаження визначені такі фактори дестабілізації взаємодії «система – НС»: для Зміївської ТЕС – викиди речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, діоксиду сірки, діоксиду вуглецю, для ГПУ «Шебелінкагазвидобування» – викиди оксиду вуглецю, неметанових летких органічних сполук, метану (див. рис. 4.8).

	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	Сполуки азоту	Діоксид сірки	Оксид вуглецю	Неметанові леткі органічні сполуки	Метан	Діоксид вуглецю
Філія ГПУ «Шебелінкагазвидобування» ПАТ «Укргазвидобування»	40,581	1107,632	0,251	964,725	374,318	2092,664	352072,462
Зміївська ТЕС ім. Кржижановського Г. М. ПАТ ДЕК «Центренерго»	8037,099	1969,625	12448,714	159,070	5,703	14,025	1269619,35
Філія «Теплоелектроцентрально» ТОВ «ДВ нафтогазовидобувна компанія»	2067,646	1291,383	3041,722	60,013	0,172	5,214	514942,233

Завантажити дані з файлу

Кінцевий рейтинг підприємств за екологічною безпекою стану

- Філія «Теплоелектроцентрально» ТОВ «ДВ нафтогазовидобувна компанія»
- Філія ГПУ «Шебелінкагазвидобування» ПАТ «Укргазвидобування»
- Зміївська ТЕС ім. Кржижановського Г. М. ПАТ ДЕК «Центренерго»

Розрахувати

Фактори дестабілізації

Повернутися до головного вікна

Рисунок 4.8 – Фрагмент програмного визначення факторів дестабілізації взаємодії «підприємство – НС»

З метою встановлення заходів зменшення техногенного впливу на НПС зазначених підприємств застосовують метод КА. При цьому враховано, що забруднення атмосферного повітря достатньо швидко розповсюджується з погіршенням екологічного стану територій, де розташоване підприємство-забруднювач, і територій сусідніх районів. Для розробки когнітивної карти з метою виявлення наслідків викидів при урахуванні взаємодії «система – НС» у якості системи розглядаються підприємства, а у якості НС – територіальні природно-техногенні утворення у вигляді адміністративних районів.

Об'єкт дослідження: район як природно-техногенна система, що визначається природними факторами та розвитком промислового виробництва.

Постановка задачі дослідження. Харківська область складається з 27 районів. Вихідні інформаційні дані становлять 13 показників. Вибір показників дослідження обумовлений попереднім аналізом «підприємство-забруднювач – НС» і передбачає аналіз екологічної ситуації в районах при врахуванні соціальних показників.

До аналізу додані характеристики, пов'язані з викидами в атмосферне повітря, наявністю відходів на території району, забором води, природним рухом населення (табл. Г.1–Г.2).

Задача оцінки якості: надати комплексну оцінку екологічного стану еколого-соціально-економічного об'єкта у вигляді «підприємство – НС району» за результатами ідентифікації відповідності прийнятному рівню екобезпеки.

Розв'язання задачі. Аналіз районних природно-техногенних систем здійснюється на основі розробленого алгоритмічно-методичного забезпечення оцінки рівня екологічної безпеки еколого-соціально-економічних об'єктів (див. рис. 3.11). Для даного дослідження із зазначеного алгоритму оцінки виключено розподіл показників аналізу за екологічним, соціальним і економічними розрізами. За наданими загальними даними виділяють вагомі екологічні фактори. Для цього використовується метод ГК у середовищі Statistica 6.0 [17].

За критерієм Кайзера виділені чотири ГК, які обумовлюють 85,67 % загальної інформативності даних щодо стану об'єкта (рис. 4.9). Аналіз отриманих результатів показав, що інформаційний шум відсутній для 13 параметрів, вони становлять 100 %-й обсяг екологічної інформативності для розрахунків рівня безпеки аналізованих об'єктів (рис. 4.10).

Згідно з поставленою задачею, оцінка екологічної безпеки формується за відповідністю аналізованих показників нижньому досяжному рівню викидів у атмосферне повітря від стаціонарних і пересувних джерел забруднення, кількості сміттєзвалищ і відходів, померлого населення з урахуванням померлих до 1 року; верхньому досяжному рівню площі екомережі і кількості

живонароджених (рис. 4.11). Повний набір еталонних значень для даного дослідження подано у табл. Г.3–Г.4.

Value number	Eigenvalues of correlation matrix, and related statistics Active variables only			
	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	5,203018	40,02322	5,20302	40,0232
2	3,197619	24,59707	8,40064	64,6203
3	1,686564	12,97357	10,08720	77,5939
4	1,049301	8,07154	11,13650	85,6654
5	0,874345	6,72573	12,01085	92,3911
6	0,434293	3,34072	12,44514	95,7319
7	0,262263	2,01741	12,70740	97,7493
8	0,154522	1,18863	12,86193	98,9379
9	0,079831	0,61408	12,94176	99,5520
10	0,037708	0,29006	12,97946	99,8420
11	0,017323	0,13325	12,99679	99,9753
12	0,002254	0,01734	12,99904	99,9926
13	0,000959	0,00737	13,00000	100,0000

Рисунок 4.9 – Фрагмент виділення головних компонент при дослідженні безпеки районів Харківської області

Variable	Factor coordinates of the variables, based on correlations (Spreadsheet2 in Районы.stw)							
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8
Діоксид сірки, тис. т	-0,622134	0,637435	0,332536	-0,044272	0,063128	0,258291	0,099586	0,069196
Діоксид азоту, тис. т	-0,778024	0,564602	0,156721	-0,000395	-0,048797	-0,094268	-0,006813	-0,109851
Оксид вуглецю, тис. т	-0,815733	0,500109	0,088929	-0,002904	-0,115680	-0,212618	-0,012441	-0,070141
Всього викидів, тис. т	-0,715565	0,614051	0,258220	-0,054823	0,013333	0,188160	0,051778	0,018177
Викиди від пересувних джерел забруднення, т	-0,803908	-0,482415	-0,244775	-0,034697	-0,015760	0,074531	-0,053123	0,091518
Проби атмосферного повітря з перевищенням ГДК, %	0,013899	0,173495	0,003907	0,834214	0,521439	0,019338	-0,029769	0,005550
Видобуток води, тис. м ³ /добу	-0,411422	-0,747513	0,112993	-0,163573	0,266046	0,304731	-0,025976	-0,259045
Площа екомережі до всієї площі району, %	0,017840	0,373569	-0,253067	-0,530803	0,687878	-0,195812	-0,043109	0,024544
Кількість сміттєзвалищ	0,005331	0,250981	-0,898765	0,012925	-0,011878	0,159467	0,318123	-0,010470
Площа під твердими побутовими відходами	-0,346948	0,450329	-0,712908	0,088702	-0,169406	0,095421	-0,336740	-0,059610
Кількість живонароджених	-0,840236	-0,508633	-0,063616	0,003020	0,053660	-0,009548	-0,034803	0,133260
Кількість померлих	-0,866969	-0,461927	-0,041735	-0,007306	0,066251	-0,000714	-0,017533	0,143478
Кількість померлих дітей у віці до 1 року	-0,799445	-0,382527	-0,135240	0,174942	-0,046990	-0,326073	0,164643	-0,119567

Рисунок 4.10 – Фрагмент аналізу кореляції факторів з визначеними головними компонентами при дослідженні безпеки районів Харківської області

Діоксид сірки, тис. т	Діоксид азоту, тис. т	Оксид вуглецю, тис. т	Всього викидів, тис. т	Викиди від пересувних джерел забруднення, т	Проби атмосферного повітря з перевищенням ГДК, %	Видобуток води, тис. м ³ /добу	Площа екомережі до всієї площі району, %	Кількість сміттєзвалищ	Площа під твердими побутовими відходами
0	0,0001	0	0,045	266,2	0	0,438	59,7	0	0

Рисунок 4.11 – Фрагмент програмного розрахунку еталонних значень параметрів

Надалі початкові дані нормуються згідно з правилом (3.9) (рис. 4.12а) (табл. Г.5–Г.6), встановлюється міра відповідності за формулою (3.10) (рис. 4.12б) (табл. Г.7–Г.8); методом компараторної ідентифікації виділяються фактори дестабілізації відповідно до виразу (3.11) (рис. 4.12в) (табл. Г.9–Г.10).

	Діоксид сірки, тис. т	Діоксид азоту, тис. т	Оксид вуглецю, тис. т	Всього викидів, тис. т	Викиди від пересувних джерел забруднення, т	Проби атмосферного повітря з перевищенн ГДК, %	Видобуток води, тис. м3 /добу	Площа екомережі до всієї площі району, %	Кількість сміттєзвали
Балаклійський р-н	600000	10370	6690000	89,1928	14,5518	4000000	18,6461	0,2278	20000000
Барвінківський р-н	40000	20	10000	1,5247	3,6258	44000000	1,5479	0,0469	10000000
Близнюківський р-н	80000	20	3000	3,5202	3,2442	33000000	3,8813	0,0302	10000000
Богодухівський р-н	40000	30	10000	7,6906	6,1499	0	7,2329	0,0436	10000000
Борівський р-н	230000	1890	530000	14,3498	2,4448	53000000	2,2397	0,3099	110000000

а

	Діоксид сірки, тис. т	Діоксид азоту, тис. т	Оксид вуглецю, тис. т	Всього викидів, тис. т	Викиди від пересувних джерел забруднення, т	Проби атмосферного повітря з перевищенн ГДК, %	Видобуток води, тис. м3 /добу	Площа екомережі до всієї площі району, %	Кількість сміттєзвали
Балаклійський р-н	0,005	0,489	0,525	0,168	0,588	0,056	0,161	0,772	0,143
Барвінківський р-н	0	0,001	0,001	0,001	0,114	0,62	0,005	0,953	0,071
Близнюківський р-н	0,001	0,001	0	0,005	0,097	0,465	0,026	0,97	0,071
Богодухівський р-н	0	0,001	0,001	0,013	0,223	0	0,057	0,956	0,071
Борівський р-н	0,002	0,089	0,042	0,025	0,063	0,746	0,011	0,69	0,786

б

	Діоксид сірки, тис. т	Діоксид азоту, тис. т	Оксид вуглецю, тис. т	Всього викидів, тис. т	Викиди від пересувних джерел забруднення, т	Проби атмосферного повітря з перевищенн ГДК, %	Видобуток води, тис. м3 /добу	Площа екомережі до всієї площі району, %	Кількість сміттєзвали
Балаклійський р-н	1	0	0	1	0	1	1	0	1
Барвінківський р-н	1	1	1	1	1	0	1	0	1
Близнюківський р-н	1	1	1	1	1	0	1	0	1
Богодухівський р-н	1	1	1	1	0	1	1	0	1
Борівський р-н	1	1	1	1	1	0	1	0	0

в

а – нормування параметрів; б – відхилення від відповідності на одиницю існуючого розкиду; в – виділення факторів дестабілізації

Рисунок 4.12 – Фрагмент програмного розрахунку першої ітерації визначення екологічного рейтингу районів Харківської області

Таким чином, на першій ітерації рейтингових визначень екологічного стану районів найменша кількість факторів дестабілізації стану встановлена для Печенізького району. Він розміщується на перше місце рейтингу відповідності вимогам екобезпеки. Аналогічно розрахунки проводяться для формування повного екологічного рейтингу районів Харківської області (рис. 4.13).

Відповідно до отриманих результатів рейтингу небезпечними визначено Зміївський, Чугуївський та Балаклійський райони Харківської області. Згідно з попередніми розрахунками, в цих районах знаходяться найбільш небезпечні підприємства-забруднювачі атмосферного повітря, що свідчить про кореляцію отриманих результатів у межах локального і територіального рівня дослідження.

Екологічність районів Харківської області

	Діоксид сірки, тис. т	Діоксид азоту, тис. т	Оксид вуглецю, тис. т	Всього викидів, тис. т	Викиди від пересуваних джерел забруднення, т	Проби атмосферно повітря з перевищенн ГДК, %	Видобуток води, тис. м3 /добу	Площа екомережі до всієї площі району, %
Балаклійський р-н	0,0600	1,0370	0,6690	3,9780	3873,7	0,4	8,167	13,6
Барвінківський р-н	0,0040	0,0020	0,0010	0,0680	965,2	4,4	0,678	2,8
Близнюківський р-н	0,0080	0,0020	0,0003	0,1570	863,6	3,3	1,700	1,8
Богодухівський р-н	0,0040	0,0030	0,0010	0,3430	1637,1	0,0	3,168	2,6
Борівський р-н	0,0230	0,1890	0,0530	0,6400	650,8	5,3	0,981	18,5
Валківський р-н	0,0010	0,0170	0,0130	0,5290	1253,2	0,0	2,429	1,5
Великобурлуцький р-н	0,0070	0,0150	0,0220	0,8150	1177,8	0,0	3,039	7,8
Вовчанський р-н	0,1300	0,0710	0,0500	0,5590	1934,7	0,0	3,883	7,3
Дворічанський р-н	0,0000	0,0001	0,0004	0,0820	962,3	0,0	11,329	7,7
Дергачівський р-н	0,3790	0,7520	0,8130	2,5090	266,2	0,9	1,461	1,7
Зачепилівський р-н	0,0001	0,0004	0,0003	0,2890	584,5	0,0	19,897	8,4
Зміївський р-н	12,454	2,1200	1,2750	23,432	2276,4	2,2	1,212	17,6
Золочівський р-н	0,0030	0,0030	0,0004	0,1010	1205,5	1,7	1,680	4,3
Ізюмський р-н	0,0100	0,0060	0,0040	0,2510	966,6	2,3	8,842	8,1
Кегичівський р-н	0,0040	0,0220	0,0190	0,8210	1142,8	0,0	4,925	0,5
Коломацький р-н	0,0010	0,0530	0,0006	0,1330	325,2	0,0	0,611	0,0
Красноградський р-н	0,0260	0,2510	0,1770	1,7170	3562,1	0,9	1,643	6,3
Краснокутський р-н	0,0020	0,0060	0,0030	0,1780	1162,6	0	5,882	6,4
Куп'янський р-н	0,0080	0,0008	0,0004	0,2950	1136,7	3,6	7,446	5,2
Лозівський р-н	0,0070	0,0150	0,0000	0,0980	1175,1	7,1	3,206	7,4
Нововодолазький р-н	0,0050	0,0170	0,0130	0,4040	1380,8	0,0	2,182	1,5
Первомайський р-н	0,0003	0,0060	0,0050	0,3650	811,7	0,0	1,452	3,5
Печенівський р-н	0,0000	0,0002	0,0001	0,0446	391,8	0,0	0,438	59,7
Сахновщинський р-н	0,3200	0,0020	0,0020	0,1070	879,6	4,4	1,864	3,9
Харківський р-н	0,0030	0,0240	0,0270	1,0380	6402,1	1,0	48,425	3,0
Чугуївський р-н	3,0460	1,2960	0,5260	7,2010	1780,5	2,5	5,151	6,4
Шевченківський р-н	0,0050	0,0030	0,0040	0,2200	1061,3	0,0	2,155	4,7

Завантажити дані з файлу

Розрахувати

Кінцевий рейтинг районів

1. Коломацький р-н
2. Первомайський р-н
3. Печенівський р-н
4. Дворічанський р-н
5. Ізюмський р-н
6. Великобурлуцький р-н
7. Шевченківський р-н
8. Зачепилівський р-н
9. Куп'янський р-н
10. Кегичівський р-н
11. Краснокутський р-н
12. Богодухівський р-н
13. Золочівський р-н
14. Близнюківський р-н
15. Барвінківський р-н
16. Нововодолазький р-н
17. Сахновщинський р-н
18. Лозівський р-н
19. Борівський р-н
20. Вовчанський р-н
21. Валківський р-н
22. Красноградський р-н
23. Харківський р-н
24. Дергачівський р-н
25. Чугуївський р-н
26. Балаклійський р-н
27. Зміївський р-н

Фактори дестабілізації

Рисунок 4.13 – Фрагмент програмного розрахунку дестабілізації стану районів Харківської області

Для аналізу отриманих результатів рейтингу відповідності прийнятному рівню екологічної безпеки на прикладі Зміївського району (рис. 4.14) розроблено модель «об'єкт – НС» у вигляді когнітивної карти (КК) з врахуванням дестабілізуючих факторів стану Харківської області, пов'язаних з соціальним, економічним розвитком регіону (рис. 4.15) [149].



Стационарні джерела забруднення:

- 1 – Зміївська ТЕС ім. Кржижановського Г. М. ПАТ ДЕК «Центрэнерго»;
- 4 – Полігон захоронення золошлаків Зміївської ТЕС;

Водні ресурси:

- 2 – озеро Лиман;
- 3 – озеро Чайка;

Пересувні джерела забруднення:

- 5 – Автомобільний шлях Р78;
- 6 – Автомобільний шлях Т2105;
- 7 – Автомобільний шлях Т2101;
- 8 – Автомобільний шлях Р51;
- 9 – Залізнична станція Беспалівка;
- 10 – Залізнична станція Шурине;
- 11 – Залізнична станція Звидки;
- 12 – Залізнична станція Зміїв.

Рисунок 4.14 – База вхідних даних для аналізу техногенного навантаження на території Зміївського району

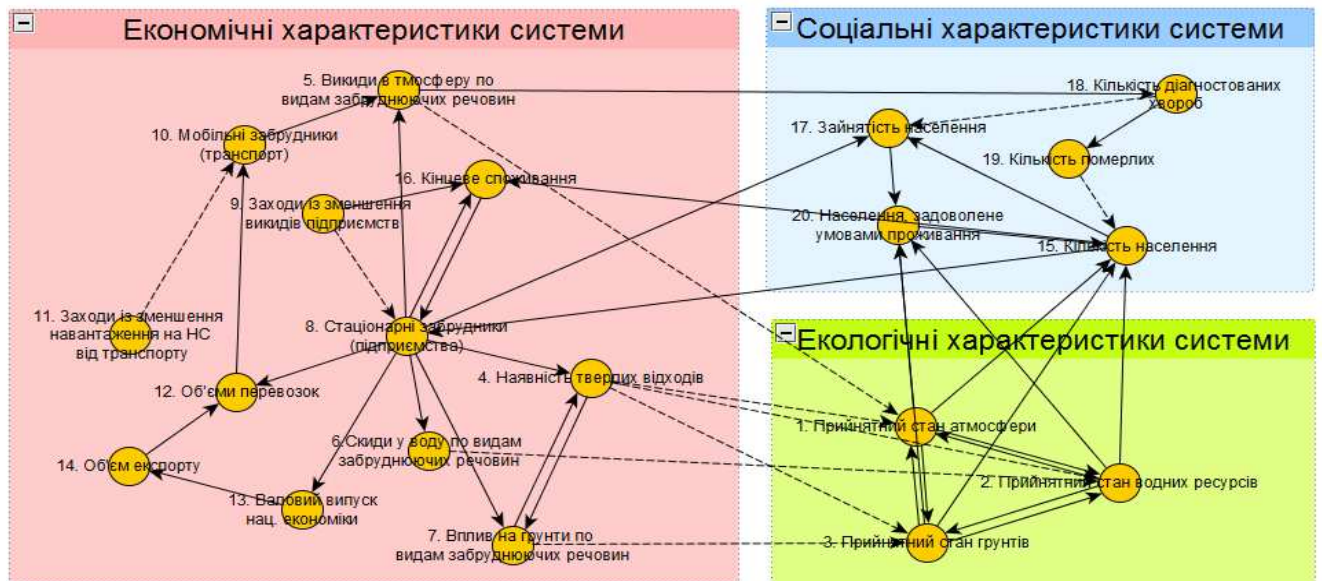


Рисунок 4.15 – Когнітивна модель об'єкта за виділеними факторами дестабілізації екологічного стану

Одним з варіантів покращення безпечності регіону є жорстке законодавче регулювання з обмеженням відповідних об'ємів викидів та скидів за рахунок зменшення техногенного впливу, закриття виробництв у випадку невиконання

зазначених вимог. Для стабілізації екологічних параметрів і усунення негативних наслідків у соціальній та екологічній сферах, пов'язаних зі зменшенням випуску продукції, підвищенням рівня безробіття, зниженням рівня життя населення необхідним є пошук компромісного рішення [16].

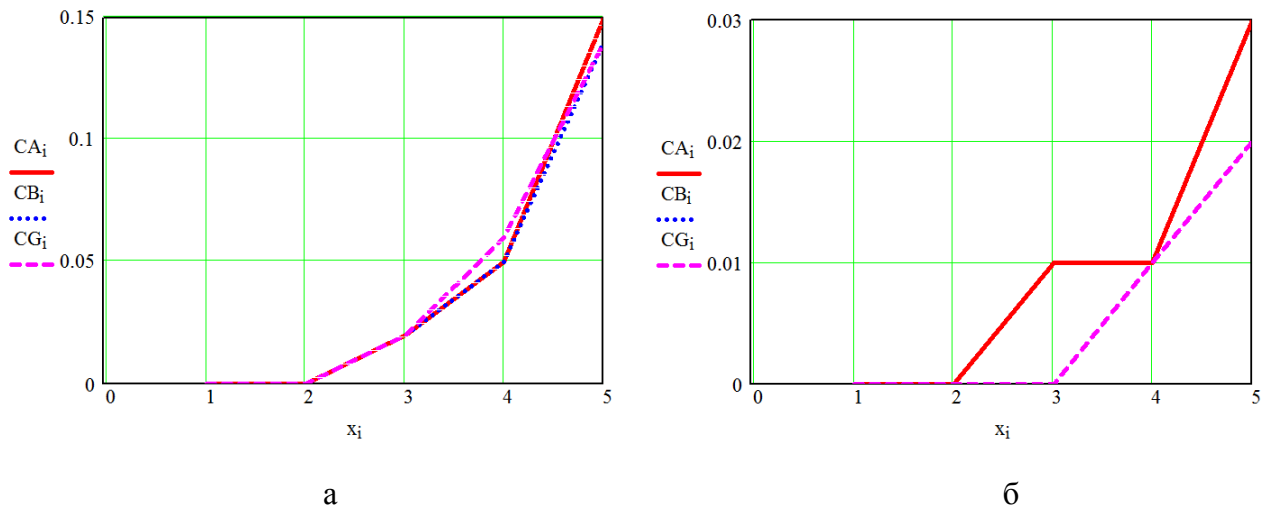
Аналіз когнітивної карти дозволяє зробити висновок про наявність двох основних причин забруднення атмосферного повітря – промислові підприємства як стаціонарні забруднювачі і автотранспорт – пересувні джерела забруднення. З метою урегулювання ситуації на фоні процесів довільного подолання негативних дій і наслідків прояву дестабілізуючих факторів зовнішнього і внутрішнього походження запропоновані дві альтернативи зменшення навантаження на атмосферне повітря:

- 1) заходи зі зменшення викидів промислових підприємств;
- 2) зменшення навантаження на атмосферне повітря від транспорту.

Наслідки введених регулюючих дій стосовно встановлення відповідності прийнятному рівню екологічної безпеки визначаються на основі імпульсного режиму: за першим рішенням досліджуються ефекти від зростання на 1 % фактора «Заходи із зменшення викидів промислових підприємств»; за другим – «Заходи із зменшення навантаження транспорту на атмосферне повітря».

Початковий стан визначається як $v_i(0) = (0,0)$; перший імпульс має значення $p_1(0) = (0,0)$; другий визначається як $p_2(0) = (0,0)$.

Дослідження проведене у середовищі MathCad 11 за відповідними формулами (3.12) і (3.13) (рис. Г.1–Г.2). Впровадження першої управлінської альтернативи є більш ефективним – на п'ятому кроці після введення заходів із зменшення викидів підприємств зафіксовано ефект підвищення якості атмосферного середовища на 15 %, якості водних і земельних ресурсів відповідно на 14 % (рис. 4.16).



CA_i – «Прийнятний стан атмосфери»; CB_i – «Прийнятний стан водних ресурсів»;
 CG_i – «Прийнятний стан ґрунтів».

Рисунок 4.16 – Залежність стану складових навколишнього середовища від впровадження заходів зі зменшення викидів промислових підприємств (а), зменшення навантаження на атмосферне повітря від транспорту (б)

Таким чином, за наданим інформаційно-методичним забезпеченням здійснюється комплексна оцінка стану екологічної безпеки «об'єкт – НС» із встановленням дестабілізуючих факторів за послідовною реалізацією екологічного аналізу на локальному та територіальному рівнях досліджень.

4.4 Розв'язання екологічних задач за концепцією сталого розвитку

Аналіз особливостей стану Харківської області пов'язаний з дослідженням взаємодії «система – НС» на рівні регіону, де у якості системи розглядається безпосередньо Харківський регіон зі своїми районами і підприємствами, а у якості НС – усі інші області України.

Порядок проведення комплексної оцінки стану еколого-соціально-економічної системи передбачає такі етапи дослідження [171]:

– 1 етап: аналіз компонентів, що підлягають опису при проведенні оцінки рівня екобезпеки; формування інформаційної бази про стан екологічної, економічної, соціальної підсистем;

- 2 етап: аналіз змін еколого-соціально-економічної системи та виявлення негативних тенденцій у її функціонуванні;

- 3 етап: оцінка динаміки еколого-соціально-економічної системи, перспективне планування і прогнозування, формування стратегії розвитку.

Вибір інструментів, механізмів і підходів визначається рівнем якості регіону на даному етапі і базується на пошуку, розробці компромісного варіанту розвитку економічної, екологічної і соціальної сфер діяльності.

Комплексний підхід з оцінки екобезпеки регіону застосовується для різних видів еколого-соціально-економічних завдань [172]:

- визначення суті і взаємозв'язку соціальних, екологічних та економічних проблем об'єкта моніторингу;

- оцінка фактичного стану екологічної безпеки в регіоні загалом;

- прогнозування зміни стану екологічної безпеки в регіоні під впливом еколого-соціально-економічних факторів;

- формування на основі прогнозів соціально-економічної та екологічної ситуацій спектра оперативних коригувальних впливів (інструментів) для усунення виявлених проблем і попередження їх виникнення надалі [173].

Оцінка стану регіону передбачає наявність інформаційно-аналітичної бази, яку пропонується формувати на основі існуючої системи моніторингу, що забезпечить повну, достовірну та своєчасну інформацію про стан екологічної, соціальної та економічної складових досліджуваного регіону. Оперативна оцінка динаміки стану регіону дозволить визначити фактори негативної змін і надати своєчасну інформацію щодо їх усунення.

Об'єкт дослідження: регіональна природно-техногенна система – територія у межах адміністративних кордонів країни, яка характеризується цілісністю, комплексністю, конкретним видом спеціалізації, що обумовлює певний вплив на природні системи навколишнього середовища [28].

При аналізі рівня екологічної безпеки досліджуваного регіону доцільним є розгляд таких його властивостей:

- географічні дані – розташування, розмір площі території;

- виробничо-функціональні особливості – специфіка структури господарської діяльності відповідно до спеціалізації;
- урбанізація – характер освоєння території, соціальна інфраструктура, об'єкти виробничої діяльності;
- екологічні – за станом основних компонентів екосистем;
- природні, кліматичні умови та ін. (рис. 4.17).

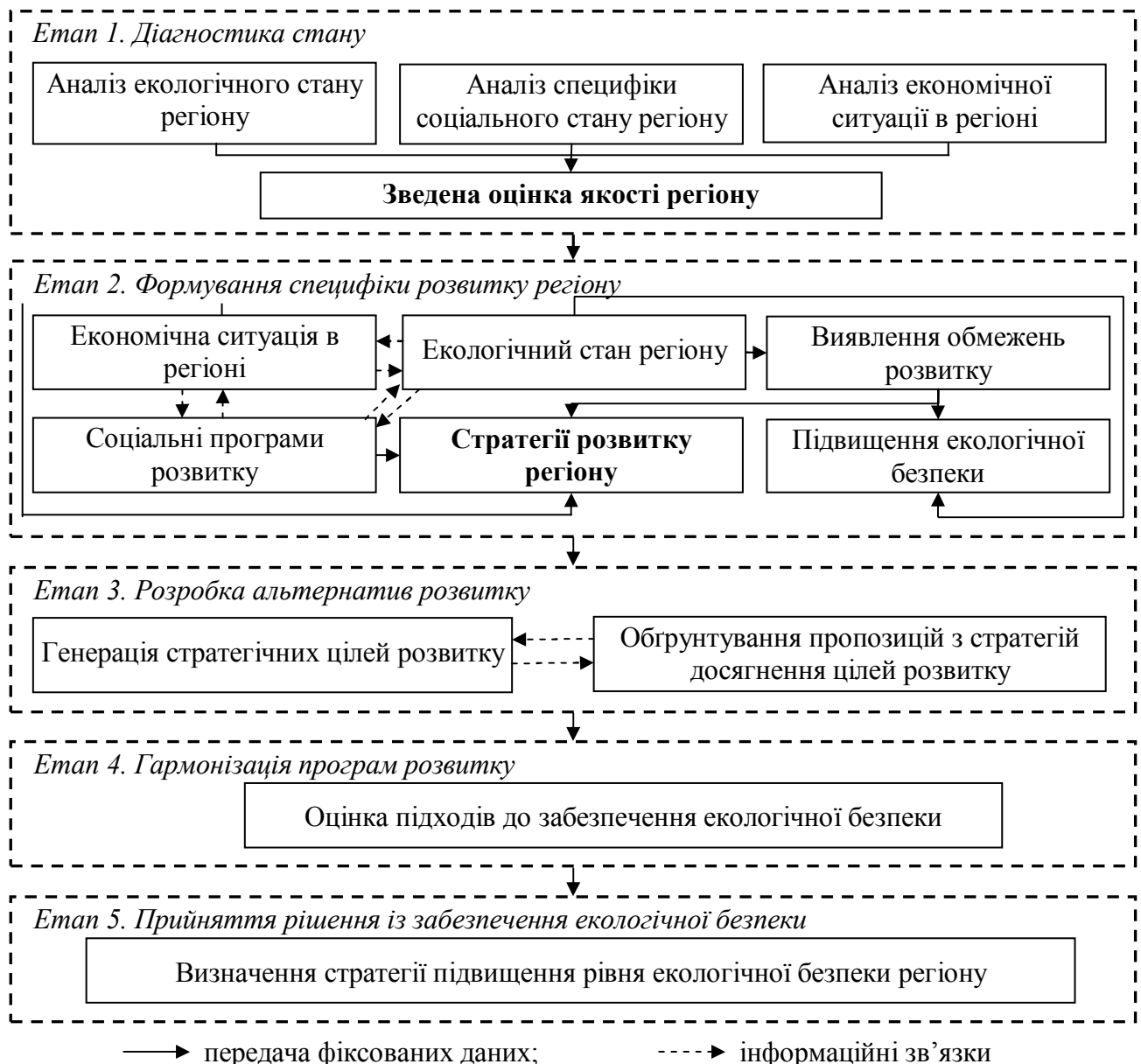


Рисунок 4.17 – Специфіка аналізу регіону за запропонованим методичним забезпеченням комплексної оцінки екологічної безпеки складних об'єктів

Постановка задачі дослідження. У складі системи – Україна,

розглядається як 24 області і АР Крим. У зв'язку з недостатністю інформації, спричиненою проведенням військових дій, до аналізу долучено показники, що характеризують стан регіонів у 2012 звітному році. Інформаційний потік складає 50 показників (табл. Д.1) [174–176]. Вибір параметрів зумовлений класифікацією ООН індикаторів сталого розвитку [177].

Задачі оцінки якості: надати оцінку екологічного стану регіонів України за їх відповідністю прийнятному рівню екологічної безпеки при урахуванні параметрів дестабілізації стану її економічної і соціальної складової.

Розв'язання задачі. Етапність вирішення питань з комплексного оцінювання на регіональному рівні відповідає алгоритмічному забезпеченню реалізації системи комплексної оцінки безпеки складних об'єктів (див. рис. 3.11) відповідно до особливостей об'єкта дослідження (див. рис. 4.17).

За вимогою класифікації сукупність інформаційних даних розділено на екологічні параметри (табл. Д.2), екологічно-вагомні параметри економічного розвитку (табл. Д.3), соціальні параметри як індикатори стану екологічної безпеки і економічного розвитку (табл. Д.4).

Для забезпечення високого рівня екологічної інформативності вхідного потоку використано метод ГК у всіх трьох розрізах дослідження. У рамках задачі оцінки екологічних показників за критерієм Кайзера виділено дві ГК, які обумовлюють 74,83 % загальної екологічної інформативності даних щодо стану об'єкта. Аналіз отриманих результатів показав, що інформаційний шум для обраних показників дослідження відсутній (рис. 4.18) [12, 27].

За критерієм Кайзера у економічному розрізі досліджень виділено чотири ГК, які обумовлюють 85,36 % загальної екологічної інформативності даних. У якості інформаційного шуму визначені 3 показники: обсяг утворених відходів 1-3 класів небезпеки, тис. т; кількість діючих сільськогосподарських підприємств, тис.; валова продукція сільського господарства, млн. грн. Вони виключаються з подальших досліджень (рис. 4.19).

Параметри соціального розрізу досліджень за критерієм Кайзера розподіляються на п'ять ГК, які обумовлюють 81,93 % загальної екологічної

інформативності даних. Інформаційний шум відсутній, усі параметри долучаються до подальших розрахунків (рис. 4.20).

Eigenvalues of correlation matrix, and related statistics Active variables only					Factor coordinates of the variables, based on				
Value number	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %	Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
1	5,159413	57,32681	5,159413	57,3268	Потужність очисних споруд	0,933279	-0,250585	0,105422	0,088546
2	1,575520	17,50577	6,734932	74,8326	Скиди забруднених вод у поверхневі водні об'єкти, млн. м ³	0,938357	-0,194673	0,113805	0,059632
3	0,878172	9,75746	7,613104	84,5900	Обсяги використання свіжої води, млн. м ³	0,899871	0,381144	-0,001648	0,082816
4	0,747352	8,30392	8,360456	92,8940	Питомі об'єми використання води, м ³ /на особу	0,627939	0,579082	0,182900	-0,119652
5	0,473686	5,26318	8,834143	98,1571	Загальний вміст пилу в атмосферному повітрі, тис. т	0,933789	-0,329626	-0,000941	0,105728
6	0,088984	0,98872	8,923127	99,1459	Загальний вміст діоксиду сірки в атмосферному повітрі, тис. т	0,509325	-0,142135	-0,389239	-0,753563
7	0,048601	0,54001	8,971728	99,6859	Загальний вміст діоксиду азоту в атмосферному повітрі, тис. т	0,329100	0,474503	-0,744784	0,315558
8	0,023391	0,25990	8,995119	99,9458	Загальний вміст діоксиду вуглецю в атмосферному повітрі, тис. т	0,895855	-0,387755	-0,011399	0,115922
9	0,004881	0,05424	9,000000	100,0000	Обсяг добування водних живих ресурсів, т	0,401967	0,699900	0,338096	-0,150765

Рисунок 4.18 – Фрагмент виділення головних компонент у екологічному розрізі дослідження

Eigenvalues of correlation matrix, and related statistics Active variables only					Factor coordinates of the variables, based on cc				
Value number	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %	Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
1	15,90377	66,26572	15,90377	66,2657	Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т	-0,910380	0,359206	-0,027212	-0,116777
2	1,68566	7,02360	17,58944	73,2893	Забруднення атмосферного повітря від автотранспорту, тис. т	-0,912070	-0,241308	0,041378	-0,006422
3	1,52665	6,36104	19,11609	79,6504	Викиди в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення, тис. т	-0,853491	-0,292467	0,206968	-0,142441
4	1,37166	5,71525	20,48775	85,3656	Обсяг зворотних вод, млн. м ³	-0,945108	0,130605	0,018741	-0,049179
5	0,93073	3,87804	21,41848	89,2436	Обсяг утворених відходів 1-3 класів небезпеки, тис. т	-0,412280	-0,262584	-0,154051	0,392531
6	0,84344	3,51434	22,26192	92,7580	Обсяг утворених відходів 4 класу небезпеки, т	-0,679237	0,239295	0,525970	0,418425
7	0,63465	2,64438	22,89667	95,4024	Загальний обсяг відходів 1-3 класів небезпеки, тис. т	-0,726547	0,279143	0,445329	0,409009
8	0,36688	1,52866	23,26345	96,9310	Загальний обсяг відходів 4 класу небезпеки, тис. т	-0,465889	0,281355	-0,533978	-0,064042
9	0,25787	1,07445	23,52131	98,0055	Питоме техногенне навантаження, кг/км ² території	-0,900104	0,362568	-0,002189	-0,120598
10	0,17984	0,74933	23,70115	98,7548	Питоме техногенне навантаження на населення, кг/на особу	-0,882053	0,288670	0,168792	-0,053930
11	0,13165	0,54855	23,83280	99,3033	Обсяги будівельних робіт, млн. грн	-0,919757	-0,124983	-0,140713	-0,152960
12	0,06118	0,25494	23,89399	99,5583	Обсяг експортованих товарів, млн. долл	-0,942214	0,259434	0,010073	-0,048946
13	0,04360	0,18124	23,93749	99,7395	Рівень безробіття, тис. осіб	-0,915816	0,071101	-0,158866	-0,182265
14	0,02137	0,08906	23,95886	99,8286	Обсяг капітальних інвестицій, млн. грн.	-0,876026	-0,162155	0,016743	-0,003218
15	0,01440	0,05999	23,97326	99,8886	Рівень забезпеченості економіки (кількість підприємств), од.	-0,878727	-0,375728	-0,084600	0,073090
16	0,01197	0,04986	23,98522	99,9384	Рівень зайнятості населення на підприємствах, тис. працездатних осіб	-0,988125	-0,040109	-0,047941	-0,005583
17	0,00593	0,02470	23,99115	99,9631	Рівень розвитку господарства, кількість суб'єктів господарювання, од.	-0,893059	0,311870	-0,157986	-0,006225
18	0,00337	0,01403	23,99452	99,9772	Підприємства, що отримали прибуток, %	0,203822	0,156154	0,448273	-0,691579
19	0,00240	0,01002	23,99692	99,9872	Рівень економічно активного населення, тис. осіб працездатного віку	-0,954730	-0,078077	-0,166996	-0,023275
20	0,00178	0,00740	23,99870	99,9946	Обсяги обороту роздрібною торгівлю, млн. грн	-0,887414	0,009342	-0,079199	0,044919
21	0,00113	0,00469	23,99983	99,9993	Кількість діючих сільськогосподарських підприємств, тис.	-0,361752	-0,489126	0,303573	0,246433
22	0,00016	0,00068	23,99999	99,9999	Валова продукція сільськогосподарства, млн. грн.	-0,371159	-0,460722	0,413105	-0,447437
23	0,00001	0,00005	24,00000	100,0000	Працевлаштування, тис. осіб	-0,918340	-0,123784	-0,272765	-0,104138
24	0,00000	0,00000	24,00000	100,0000	Обсяг реалізованої промислової продукції, млн. грн	-0,958372	0,214505	0,097325	0,037230

Рисунок 4.19 – Фрагмент виділення головних компонент у економічному розрізі дослідження

Eigenvalues of correlation matrix, and related statistics Active variables only					Factor coordinates of the variables, based on correlations					
Value number	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %	Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
1	7,089833	41,70519	7,08988	41,7052	Приріст населення за 2012 р. осіб	0,230276	0,609560	-0,501155	0,168710	0,040747
2	2,488371	14,63748	9,57825	56,3427	Народжуваність, осіб	-0,897155	0,279067	-0,033738	0,043018	0,190254
3	1,850522	10,88542	11,42878	67,2281	Померлі до 1 року, осіб	-0,854999	0,205182	0,113919	-0,032088	0,377026
4	1,431564	8,42096	12,86034	75,6491	Приріст населення за рахунок зовнішньої міграції, осіб	-0,735996	-0,015655	-0,088989	0,172215	-0,462846
5	1,068917	6,28775	13,92926	81,9368	Кількість домогосподарств з дітьми, тис.	-0,932460	0,175311	-0,006122	-0,024754	0,250642
6	0,741274	4,36043	14,67053	86,2972	Відсоток домогосподарств, житло яких оснащене водопроводом, %	-0,701156	0,213600	0,001755	0,446870	-0,037079
7	0,644855	3,79326	15,31639	90,0905	Оснащення гарячим водопостачанням, відсоток домогосподарств, %	-0,097839	0,429657	0,512639	0,450205	-0,277333
8	0,523102	3,07707	15,83849	93,1676	Низький рівень житлових умов, % домогосподарств	0,196542	0,457540	0,642917	0,416638	0,149792
9	0,436511	2,56771	16,27500	95,7353	Високий рівень житлових умов, % домогосподарств	-0,294891	0,234659	-0,795764	-0,214688	-0,231616
10	0,256522	1,50895	16,53152	97,2442	Населення у віці від 16 років з повною вищою освітою, %	-0,793706	-0,138788	0,007805	-0,029111	-0,434021
11	0,199080	1,17094	16,73058	98,4152	Населення у віці від 16 років з повною середньою освітою, %	0,693874	0,470599	-0,180400	0,322538	0,076361
12	0,105404	0,62002	16,83598	99,0352	Рівень неграмотності населення, %	0,512979	-0,233649	-0,350478	0,370504	0,421360
13	0,064802	0,38001	16,90059	99,4152	Рівень заняття спортом серед жінок, не менше 1 разу на тиждень, %	-0,354979	-0,747322	0,114208	0,455730	0,011490
14	0,056025	0,32956	16,95861	99,7448	Рівень заняття спортом серед чоловіків, не менше 1 разу на тиждень, %	-0,129927	0,736757	-0,163394	0,511708	0,113128
15	0,023857	0,14033	16,98047	99,8851	Неповні домогосподарства (без дітей, складаються з однієї особи), тис.	-0,954346	0,000112	-0,006597	-0,056888	-0,178092
16	0,013185	0,07756	16,99365	99,9627	Середньомісячна заробітна плата, грн	-0,789109	0,216296	-0,251978	-0,050363	0,118304
17	0,006348	0,03734	17,00000	100,0000	Сума заборгованості заробітної плати, млн. грн	-0,641926	-0,153297	0,095885	-0,174492	0,164620

Рисунок 4.20 – Фрагмент виділення головних компонент у соціальному розрізі дослідження

У межах екологічного, соціального, економічного розрізів дослідження формується система максимально досяжних показників якості, фрагмент якої у вигляді програмного визначення подано на рисунку 4.21. Повний набір еталонних значень для даного дослідження наведено у таблицях Д.5–Д.7.

Потужність очисних споруд	Скиди забруднених вод у поверхневі водні об'єкти, млн. м3	Обсяги використання свіжої води, млн. м3	Питомі об'єми використання води, м3/ на особу	Загальний вміст пилу в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду сірки в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду азоту в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду вуглецю в атмосферному повітрі, тис. т	Обсяг добування водних живих ресурсів, т
41	1	31	31	0,006	0,306	0,6	0,42	443

а

Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т	Забруднення атмосферного повітря від автотранспорту, тис. т	Викиди в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення, тис. т	Обсяг зворотних вод, млн. м3	Обсяг утворених відходів 4 класу небезпеки, т	Загальний обсяг відходів 1-3 класів небезпеки, тис. т	Загальний обсяг відходів 4 класу небезпеки, тис. т	Питоме техногенне навантаження на територію, кг/км2	Питоме техногенне навантаження на населення, кг/ на особу
3,8	39,3	1,4	36	129,8	175,9	0	11,6	3,2

б

Приріст населення за 2012 р, осіб	Народжуваність осіб	Померлі до 1 року, осіб	Приріст населення за рахунок зовнішньої міграції, осіб	Кількість домогосподарств з дітьми, тис.	Відсоток домогосподарств житло яких оснащене водопроводом, %	Оснащення гарячим водопостачанням відсоток домогосподарств, %	Низький рівень житлових умов, % домогосподарств
3179	42839	76	13141	595	87,7	62,5	1,6

в

а – екологічний розріз дослідження; б – економічний розріз дослідження; в – соціальний розріз дослідження

Рисунок 4.21 – Фрагмент програмного визначення еталонних значень параметрів дослідження

Згідно з отриманими результатами, екологічні показники стану регіонів нормуються (див. вираз (3.9)) (рис. Д.1), розраховується міра відхилення (див. вираз (3.10)) (рис. Д.2). Надалі застосовується метод КІ для виділення факторів дестабілізації (див. рис. 3.11) за відповідною інтерпретацією (див. вираз (3.11)) (рис. Д.3). Фрагменти програмних розрахунків наведено на рисунку 4.22.

	Потужність очисних споруд	Скиди забруднених вод у поверхневі водні об'єкти, млн. м3	Обсяги використання свіжої води, млн. м3	Питомі об'єми використання води, м3/ на особу	Загальний вміст пилу в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду сірки в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду азоту в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст вуглецю в атмосферному повітрі, тис. т	Обсяг добуваних водних живих ресурсів
АР Крим	7,122	98	25,5484	7,7419	441,8333	40,902	3,915	17,8095	29,8758
Вінницька	2,4878	2	3,7419	2,5484	1943,3333	198,5294	34,55	15714,2857	5,4244
Волинська	1,9268	1	2,3548	2,4839	1	1,3072	1	1	1,1558
Дніпропетровська	23,7561	472	45,3871	13,7097	21085,5	844,9248	99,5167	82380,9524	4,9977

а

	Потужність очисних споруд	Скиди забруднених вод у поверхневі водні об'єкти, млн. м3	Обсяги використання свіжої води, млн. м3	Питомі об'єми використання води, м3/ на особу	Загальний вміст пилу в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду сірки в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду азоту в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст вуглецю в атмосферному повітрі, тис. т	Обсяг добуваних водних живих ресурсів
АР Крим	0,155	0,175	0,526	0,407	0,014	0,014	0,005	0	1
Вінницька	0,038	0,002	0,059	0,094	0,06	0,067	0,055	0,109	0,153
Волинська	0,024	0	0,029	0,09	0	0	0	0	0,005
Дніпропетровська	0,578	0,852	0,95	0,768	0,651	0,287	0,162	0,57	0,138

б

	Потужність очисних споруд	Скиди забруднених вод у поверхневі водні об'єкти, млн. м3	Обсяги використання свіжої води, млн. м3	Питомі об'єми використання води, м3/ на особу	Загальний вміст пилу в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду сірки в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду азоту в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст вуглецю в атмосферному повітрі, тис. т	Обсяг добуваних водних живих ресурсів
АР Крим	1	1	0	0	1	1	1	1	0
Вінницька	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Волинська	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Дніпропетровська	0	0	0	0	0	0	1	0	1

в

а – нормування параметрів; б – відхилення від відповідності на одиницю існуючого розкиду; в – виділення факторів дестабілізації

Рисунок 4.22 – Фрагмент програмного розрахунку першої ітерації визначення екологічного рейтингу регіонів України

За першою ітерацією обирається регіон, який розміщується на перше місце екологічного рейтингу – Закарпатський, що характеризується найменшою кількістю факторів дестабілізації.

Аналогічним чином аналіз проводиться для економічного (рис. 4.23) і соціального розрізу досліджень (рис. 4.24). На перше місце економічного рейтингу розміщується Донецька область, соціального – Харківська область. Розрахунки етапу нормування, міри відповідності, КІ для економічного розрізу досліджень подано на рисунках Д.4–Д.6 відповідно, для соціального – на рисунках Д.7–Д.8.

	Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т	Забруднення атмосферного повітря від автотранспорту, тис. т	Викиди в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення, тис. т	Обсяг зворотних вод, млн. м3	Обсяг утворених відходів 4 класу небезпеки, т	Загальний обсяг відходів 1-3 класів небезпеки, тис. т	Загальний обсяг відходів 4 класу небезпеки, тис. т	Питоге техногенне навантаження на територію, кг/км2	Питоге техногенне навантаження на населення, кг/на ос.
АР Крим	8,6579	2,2519	6,2143	7,0556	25,2296	274,0836	18998000...	260,069	12,5188
Вінницька	22,9737	1,8499	7,0714	2,5	19,9045	152,0881	4000000	329,6552	19,4062
Волинська	2	1,0483	2,8571	1,6389	5,3945	83,9676	17000000	215,5172	15,1562
Дніпропетровська	250,1053	4,6972	16,3571	35,8611	2139,0154	52987,9687	5095000000	3167,8448	110,6281

а

	Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т	Забруднення атмосферного повітря від автотранспорту, тис. т	Викиди в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення, тис. т	Обсяг зворотних вод, млн. м3	Обсяг утворених відходів 4 класу небезпеки, т	Загальний обсяг відходів 1-3 класів небезпеки, тис. т	Загальний обсяг відходів 4 класу небезпеки, тис. т	Питоге техногенне навантаження на територію, кг/км2	Питоге техногенне навантаження на населення, кг/на ос.
АР Крим	0,019	0,339	0,292	0,146	0,011	0,005	0,23	0,053	0,105
Вінницька	0,055	0,23	0,34	0,036	0,009	0,003	0	0,067	0,168
Волинська	0,002	0,013	0,104	0,015	0,002	0,002	0	0,044	0,129
Дніпропетровська	0,622	1	0,86	0,841	1	1	0,062	0,643	1

б

	Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т	Забруднення атмосферного повітря від автотранспорту, тис. т	Викиди в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення, тис. т	Обсяг зворотних вод, млн. м3	Обсяг утворених відходів 4 класу небезпеки, т	Загальний обсяг відходів 1-3 класів небезпеки, тис. т	Загальний обсяг відходів 4 класу небезпеки, тис. т	Питоге техногенне навантаження на територію, кг/км2	Питоге техногенне навантаження на населення, кг/на ос.
АР Крим	1	0	0	1	1	1	0	1	1
Вінницька	1	0	0	1	1	1	1	1	1
Волинська	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Дніпропетровська	0	0	0	0	0	0	1	0	0

в

а – нормування параметрів; б – відхилення від відповідності на одиницю існуючого розкиду; в – виділення факторів дестабілізації

Рисунок 4.23 – Фрагмент програмного розрахунку першої ітерації визначення економічного рейтингу регіонів України

	Приріст населення за 2012 р. осіб	Народжуваність осіб	Померлі до 1 року, осіб	Приріст населення за рахунок зовнішньої міграції, осіб	Кількість домогосподарств з дітьми, тис.	Відсоток домогосподарств житло яких оснащене водопроводом, %	Оснащення гарячим водопостачанням, відсоток домогосподарств, %	Низький житловий % домогосподарств
АР Крим	0,749	0,5766	2,8289	0,3294	0,4545	0,9658	0,1776	1,1875
Вінницька	0	0,4281	2,1842	0,1079	0,3815	0,5542	0,3408	2,0625
Волинська	0,6543	0,3582	1,3947	0,0256	0,2743	0,7309	0,432	2,3125
Дніпропетровська	0	0,8657	4,8684	0,2632	0,7597	1	0,5952	2,8125

а

	Приріст населення за 2012 р. осіб	Народжуваність осіб	Померлі до 1 року, осіб	Приріст населення за рахунок зовнішньої міграції, осіб	Кількість домогосподарств з дітьми, тис.	Відсоток домогосподарств житло яких оснащене водопроводом, %	Оснащення гарячим водопостачанням, відсоток домогосподарств, %	Низький житловий % домогосподарств
АР Крим	0,251	0,556	0,3	0,671	0,714	0,077	0,928	0,018
Вінницька	1	0,751	0,194	0,892	0,809	1	0,744	0,104
Волинська	0,346	0,843	0,065	0,974	0,95	0,604	0,641	0,129
Дніпропетровська	1	0,176	0,634	0,737	0,314	0	0,457	0,178

б

Рисунок 4.24 – Фрагмент програмного розрахунку першої ітерації визначення соціального рейтингу регіонів України, аркуш 1

	Приріст населення за 2012 р. осіб	Народжуваність осіб	Померлі до 1 року, осіб	Приріст населення за рахунок зовнішньої міграції, осіб	Кількість домогосподарств з дітьми, тис.	Відсоток домогосподарств житло яких оснащене водопроводом, %	Оснащення гарячим водопостачанням, відсоток домогосподарств, %	Низький житловий % домогосподарств
АР Крим	0	0	0	0	0	1	0	1
Вінницька	0	0	1	0	0	0	0	1
Волинська	0	0	1	0	0	0	0	1
Дніпропетровська	0	1	0	0	0	1	0	1

В

а – нормування параметрів; б – відхилення від відповідності на одиницю існуючого розкиду; в – виділення факторів дестабілізації

Рисунок 4.24 – Фрагмент програмного розрахунку першої ітерації визначення соціального рейтингу регіонів України, аркуш 2

Для пошуку кінцевих рейтингів регіонів використано розроблений програмний продукт. Він дозволяє здійснити розрахунки для всіх трьох розрізів дослідження з виділенням факторів дестабілізації (рис. 4.25–4.27).

	Потужність очисних споруд	Скиди забруднених вод у поверхневі водні об'єкти, м³/на об'єкт, м³	Обсяги використаної свіжої води, млн. м³	Питомі об'єми використаної води, м³/на особу	Загальний вміст пилу в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду сірки в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду азоту в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст вуглецю в атмосферному повітрі, тис. т	Обсяг добуваних водних живих ресурсів
АР Крим	292	98	792	240	2,651	12,516	2,349	7,48	13235
Вінницька	102	2	116	79	11,660	60,750	20,73	6600,00	2403
Волинська	79	1	73	77	0,006	0,400	0,600	0,42	512
Дніпропетровська	974	472	1407	425	126,513	258,547	59,710	34600,00	2214
Донецька	1656	554	1479	305	194,314	482,100	83,900	60700,00	6866
Житомирська	105	3	166	142	3,208	0,685	1,917	801,70	605
Закарпатська	41	3	31	31	0,340	0,841	0,851	202,80	530
Запорізька	408	70	944	530	17,153	83,449	30,773	69,31	10177
Івано-Франківська	134	5	96	77	22,300	138,950	15,330	12100,00	595
Київська	174	5	925	544	23,800	69,000	21,500	7400,00	2370
Кіровоградська	88	7	65	77	4,500	1,300	1,600	287,00	1298
Луганська	689	87	186	128	55,100	93,100	33,100	20400,00	485
Львівська	331	53	174	90	11,818	38,620	7,255	5,20	1123
Миколаївська	111	26	189	191	5,207	899,800	9,100	903,20	2883
Одеська	279	117	338	216	3,880	1,109	4,374	1632,00	10318
Полтавська	147	4	218	159	8,374	4,431	12,520	2445,50	1303
Рівненська	127	20	167	149	3,500	0,740	3,700	2000,00	458
Сумська	140	7	102	99	4,939	4,240	2,993	1560,80	2192
Тернопільська	51	3	67	68	1,426	0,306	1,006	2239,00	713
Харківська	510	14	333	139	49,929	109,657	14,734	6210,00	1128
Херсонська	99	7	963	261	6,400	128,000	364,4	381,50	5848
Хмельницька	103	1	95	82	2,844	0,704	4,424	2833,07	443
Черкаська	155	8	270	217	8,500	19,844	8,873	4373,71	5519
Чернівецька	99	5	70	90	1,500	0,400	9,100	700,00	612
Чернігівська	* 67	17	141	137	5,320	12,961	3,928	1862,00	1102

Рисунок 4.25 – Фрагмент програмного розрахунку екологічного рейтингу регіонів України

Економічний рейтинг регіонів України

	Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т	Забруднення атмосферного повітря від автотранспорту, тис. т	Викиди в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення, тис. т	Обсяг зворотних вод, млн. м ³	Обсяг утворених відходів 4 класу небезпечки, т	Загальний обсяг відходів 1-3 класу небезпечки, тис. т	Загальний обсяг відходів 4 класу небезпечки, тис. т	Пиломе техногенне навантаження: кг/км ² території	Пиломе техногенне навантаження на населення: кг/на ос.
АР Крим	32,9	88,5	8,7	254	3274,8	48211,3	1899,8	3016,8	40,06
Вінницька	87,3	72,7	9,9	90	2593,6	26752,3	0,4	3824,0	62,10
Волинська	7,6	41,2	4,0	59	700,2	14769,9	1,7	2500,0	48,50
Дніпропетровська	950,4	184,6	22,9	1291	277644,2	9320583,7	509,5	36747,0	354,01
Донецька	1525,9	177,0	26,4	1529	61629,7	2665589,4	5393,1	57100,0	345,10
Житомирська	19,0	62,7	5,1	162	568,0	6601,9	44,1	2882,3	95,10
Закарпатська	17,2	70,8	1,4	36	129,8	954,0	0,4	634,9	6,50
Запорізька	229,3	101,7	10,2	702	6364,1	143458,9	8267,2	12300,0	176,70
Івано-Франківська	221,8	51,9	2,2	86	1573,1	36671,5	65,3	14100,0	142,50
Київська	113,6	149,1	16	835	6623,6	41420,3	69,3	6000,0	179,00
Кіровоградська	15,2	49,5	9,2	71	36427,0	249018,1	16,3	682,3	73,80
Луганська	472,0	74,2	7,3	314	18468,0	1460352,1	904,8	16800,0	197,60
Львівська	129,4	122,3	4,9	236	3460,3	189361,8	36,7	11,6	99,90
Миколаївська	25,7	53,3	10,9	77	3028,7	42670,3	97,2	3540,0	74,10
Одеська	30,5	128,0	15,3	292	673,6	464,0	35,8	5800,0	70,70
Полтавська	72,3	87,3	21,7	213	5730,0	16473,3	37,2	6222,7	121,49
Рівненська	17,1	40,8	4,6	114	768,8	26097,8	15,7	743,1	12,90
Сумська	35,9	45,6	6,5	55	1025,6	27986,1	1946,0	3363,0	70,10
Тернопільська	20,4	39,4	5,6	71	1093,5	252,1	0,1	4709,0	60,30
Харківська	174,1	114,7	14,2	332	2136,7	39835,2	132,6	6289,2	62,89
Херсонська	5,8	62,3	6,8	76	328,8	175,9	24,7	225,4	67,90
Хмельницька	18,7	57,2	7,6	51	1595,6	19276,4	4,8	3863,0	60,50
Черкаська	62,2	68,3	9,7	248	2148,4	4317,6	1,1	3320,0	54,50
Чернівецька	3,8	39,3	2,3	54	225,0	1955,3	0,0	400,0	3,20
Чернігівська	* 49,5	43,6	4,9	128	538,0	9263,5	2,5	2932,0	88,00

Завантажити дані з файлу

Розрахувати

Кінцевий рейтинг районів

1. Донецька
2. Дніпропетровська
3. Харківська
4. Одеська
5. Львівська
6. АР Крим
7. Чернівецька
8. Закарпатська
9. Волинська
10. Рівненська
11. Кіровоградська
12. Чернігівська
13. Миколаївська
14. Тернопільська
15. Херсонська
16. Луганська
17. Київська
18. Сумська
19. Хмельницька
20. Запорізька
21. Полтавська
22. Вінницька
23. Черкаська
24. Івано-Франківська
25. Житомирська

Фактори дестабілізації

Очистити

Рисунок 4.26 – Фрагмент програмного розрахунку економічного рейтингу регіонів України

Соціальний рейтинг регіонів України

	Приріст населення за 2012 р. осіб	Народжуваність осіб	Померлі до 1 року, осіб	Приріст населення за рахунок зовнішньої міграції, осіб	Кількість домогосподарств з дітьми, тис.	Відсоток домогосподарств з дітьми, які оснащені водопроводом, %	Відсоток домогосподарств з дітьми, які оснащені гарячим водопостачанням, %	Оснащення житлових будинків гарячим водопостачанням, %	Низький рівень життя, % домогосп.
АР Крим	2381	24702	215	4328	270,4	84,7	11,1	1,9	
Вінницька	0	18339	166	1418	227,0	48,6	21,3	3,3	
Волинська	2080	15346	106	337	163,2	64,1	27,0	3,7	
Дніпропетровська	0	37087	370	3459	452,0	87,7	37,2	4,5	
Донецька	0	42839	540	4370	595,0	85,0	23,5	4,2	
Житомирська	0	15486	124	477	187,3	53,1	22,5	3,7	
Закарпатська	1621	18968	168	0	192,9	83,5	62,5	17,9	
Запорізька	0	18882	154	2460	244,8	83,9	27,1	2,1	
Івано-Франківська	1307	17101	109	1400	214,5	52,5	46,0	3,6	
Київська	3179	20966	119	1617	239,1	63,8	21,5	1,6	
Кіровоградська	0	11029	103	403	140,3	57,0	30,3	3,1	
Луганська	0	21743	165	2482	329,3	86,7	17,4	3,8	
Львівська	0	30220	233	2005	373,6	74,3	24,7	4,3	
Миколаївська	0	13515	97	679	176,2	75,5	27,2	5,9	
Одеська	0	30384	267	7345	329,8	73,3	39,3	4,8	
Полтавська	0	14635	85	1417	195,3	71,7	30,0	2,6	
Рівненська	1331	18316	147	89	179,8	59,4	10,9	3,1	
Сумська	0	11093	76	248	155,8	66,6	22,6	2,8	
Тернопільська	0	12202	97	97	168,0	57,2	7,1	6,5	
Харківська	0	27244	203	13141	346,4	84,3	43,0	2,1	
Херсонська	0	12643	100	283	150,0	72,1	9,1	5,3	
Хмельницька	0	14881	134	280	193,5	50,7	22,8	2,0	
Черкаська	0	12798	122	656	183,1	56,4	31,9	4,0	
Чернівецька	348	11592	92	1312	157,5	57,4	24,6	5,0	
Чернігівська	* 0	10222	94	600	154,4	60,6	32,4	4,0	

Завантажити дані з файлу

Розрахувати

Кінцевий рейтинг районів

1. Харківська
2. Полтавська
3. Волинська
4. Закарпатська
5. Одеська
6. Донецька
7. Дніпропетровська
8. Київська
9. АР Крим
10. Запорізька
11. Львівська
12. Луганська
13. Рівненська
14. Івано-Франківська
15. Чернівецька
16. Вінницька
17. Миколаївська
18. Черкаська
19. Хмельницька
20. Чернігівська
21. Кіровоградська
22. Сумська
23. Житомирська
24. Херсонська
25. Тернопільська

Фактори дестабілізації

Очистити

Рисунок 4.27 – Фрагмент програмного розрахунку соціального рейтингу регіонів України

У результаті оцінки відповідності прийнятному рівню екологічної безпеки з позицій сталого розвитку сформовані рейтинги регіонів України згідно з даними щодо їх еколого-соціально-економічного стану (табл. Ж.1). Отриманий екологічний рейтинг регіонів порівняно з існуючою оцінкою стану екологічної безпеки областей України за значенням інтегрального показника ризику і відповідністю їх трьом класам небезпеки А. Б. Качинського [2] (табл. 4.7).

Таблиця 4.7 – Порівняльна характеристика рейтингу і встановлених класів небезпеки регіонів [2]

№	Назва	Клас	№	Назва	Клас	№	Назва	Клас
1	Закарпатська	низький	10	Рівненська	низький	18	Харківська	середній
2	Волинська	низький	11	Вінницька	низький	19	Луганська	високий
3	Тернопільська	низький	12	Полтавська	середній	20	Одеська	середній
4	Чернівецька	низький	13	Львівська	середній	21	АР Крим	середній
5	Кіровоградська	низький	14	Івано- Франківська	середній	22	Херсонська	низький
6	Хмельницька	низький	15	Миколаївська	низький	23	Запорізька	середній
7	Житомирська	низький	16	Черкаська	низький	24	Дніпропетровська	високий
8	Сумська	низький	17	Київська	високий	25	Дніпропетровська	високий
9	Чернігівська	низький						

Аналіз отриманих результатів оцінювання відповідності існуючим екологічним дослідженням показав, що на перші 11 місць отриманого рейтингу припадає низький клас небезпеки, місця 12–16 – низький та середній клас небезпеки, місця 17–25 – переважно середній і високий класи небезпеки. Висока відповідність отриманих результатів за наданою системою методів комплексної оцінки фактичним показникам якості регіонів дозволила зробити висновок про працездатність сформованого інформаційно-методичного забезпечення на регіональному рівні досліджень і надання додаткових даних про фактори дестабілізації еколого-соціально-економічних регіональних об'єктів, що становить основу для оперативного регулювання екологічної ситуації [20].

Комплексна оцінка рівня екологічної безпеки стану регіонів у кінцевому результаті визначена за такими оціночними блоками: 1 – кількість параметрів, що не відповідає поставленим умовам (значення 0 на за результатами компараторної ідентифікації), 2 – відсоток невідповідності (див рис. 3.7), 3 – оцінка сталості, що становить такі якісні визначення відповідності прийнятному рівню екологічної безпеки: ДВ – дуже висока, В – висока, С – середня, Н – низька, ДН – дуже низька відповідність (табл. 4.8, рис. 4.28–4.30).

Таблиця 4.8 – Аналіз результатів оцінювання якості регіонів

Регіон	Екологічна оцінка			Економічна оцінка			Соціальна оцінка			Кінцевий рівень якості
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
А Р Крим	3	0,33	С	14	0,67	ДН	15	0,88	ДН	ДН
Вінницька	0	0	ДВ	14	0,67	ДН	13	0,77	ДН	ДН
Волинська	0	0	ДВ	11	0,52	Н	13	0,77	ДН	ДН
Дніпропетровська	7	0,78	ДН	16	0,76	ДН	13	0,77	ДН	ДН
Донецька	9	1	ДН	11	0,52	Н	12	0,71	ДН	ДН
Житомирська	1	0,11	В	12	0,57	Н	14	0,83	ДН	ДН
Закарпатська	0	0	ДВ	11	0,52	Н	11	0,65	ДН	ДН
Запорізька	4	0,44	Н	17	0,81	ДН	14	0,83	ДН	ДН
Івано-Франківська	0	0	ДВ	12	0,57	Н	13	0,77	ДН	ДН
Київська	2	0,22	В	14	0,67	ДН	12	0,71	ДН	ДН
Кіровоградська	0	0	ДВ	13	0,62	ДН	13	0,77	ДН	ДН
Луганська	3	0,33	С	17	0,81	ДН	14	0,83	ДН	ДН
Львівська	0	0	ДВ	14	0,67	ДН	16	0,94	ДН	ДН
Миколаївська	0	0,22	В	14	0,67	ДН	14	0,83	ДН	ДН
Одеська	4	0,44	Н	13	0,62	ДН	13	0,77	ДН	ДН
Полтавська	1	0,11	В	14	0,67	ДН	11	0,65	ДН	ДН
Рівненська	1	0,11	В	11	0,52	Н	13	0,77	ДН	ДН
Сумська	0	0	ДВ	13	0,62	ДН	14	0,83	ДН	ДН
Тернопільська	0	0	ДВ	11	0,52	Н	14	0,83	ДН	ДН
Харківська	4	0,44	Н	12	0,57	Н	11	0,65	ДН	ДН
Херсонська	4	0,44	Н	12	0,57	Н	13	0,77	ДН	ДН
Хмельницька	0	0	ДВ	12	0,57	Н	13	0,77	ДН	ДН
Черкаська	2	0,22	В	12	0,57	Н	13	0,77	ДН	ДН
Чернівецька	0	0	ДВ	11	0,52	Н	14	0,83	ДН	ДН
Чернігівська	1	0,11	В	12	0,57	Н	13	0,77	ДН	ДН

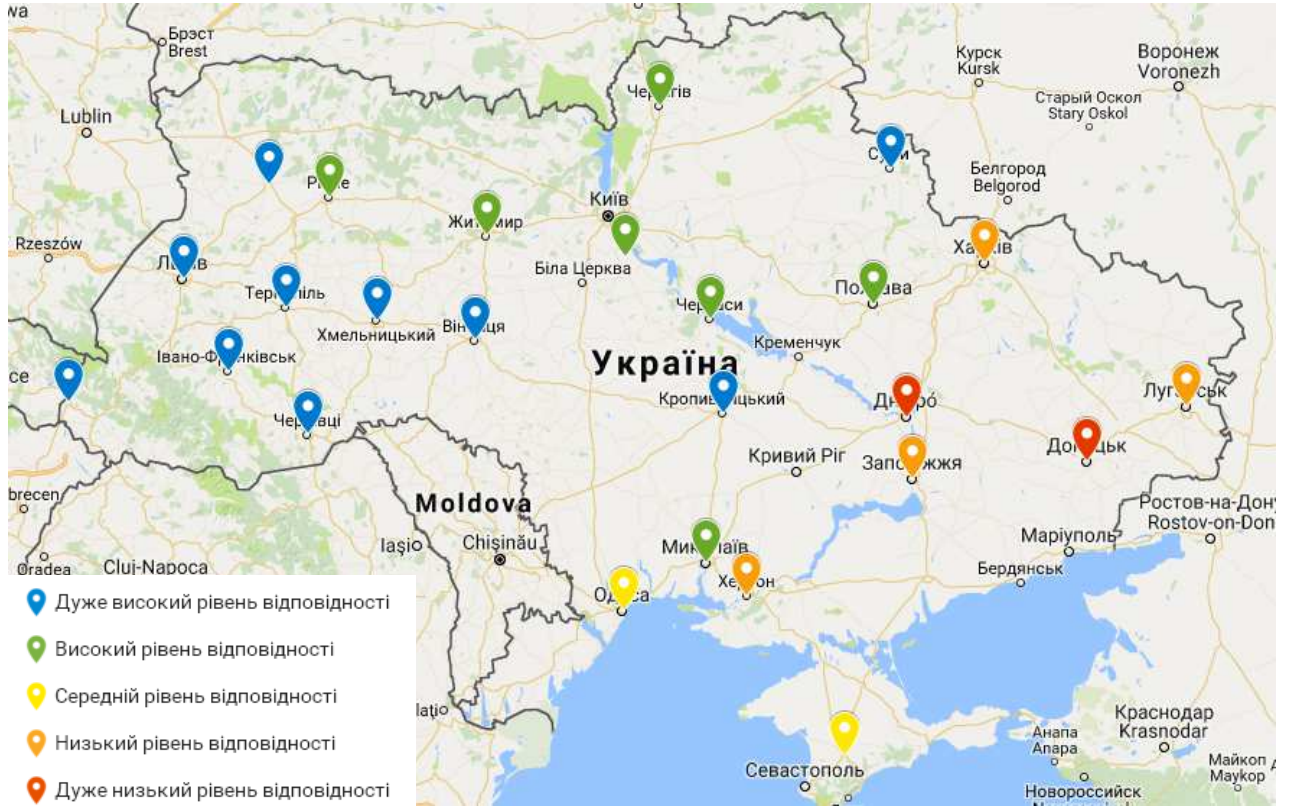


Рисунок 4.28 – Рівні відповідності регіонів України прийнятному рівню екологічної безпеки у екологічному розрізі дослідження

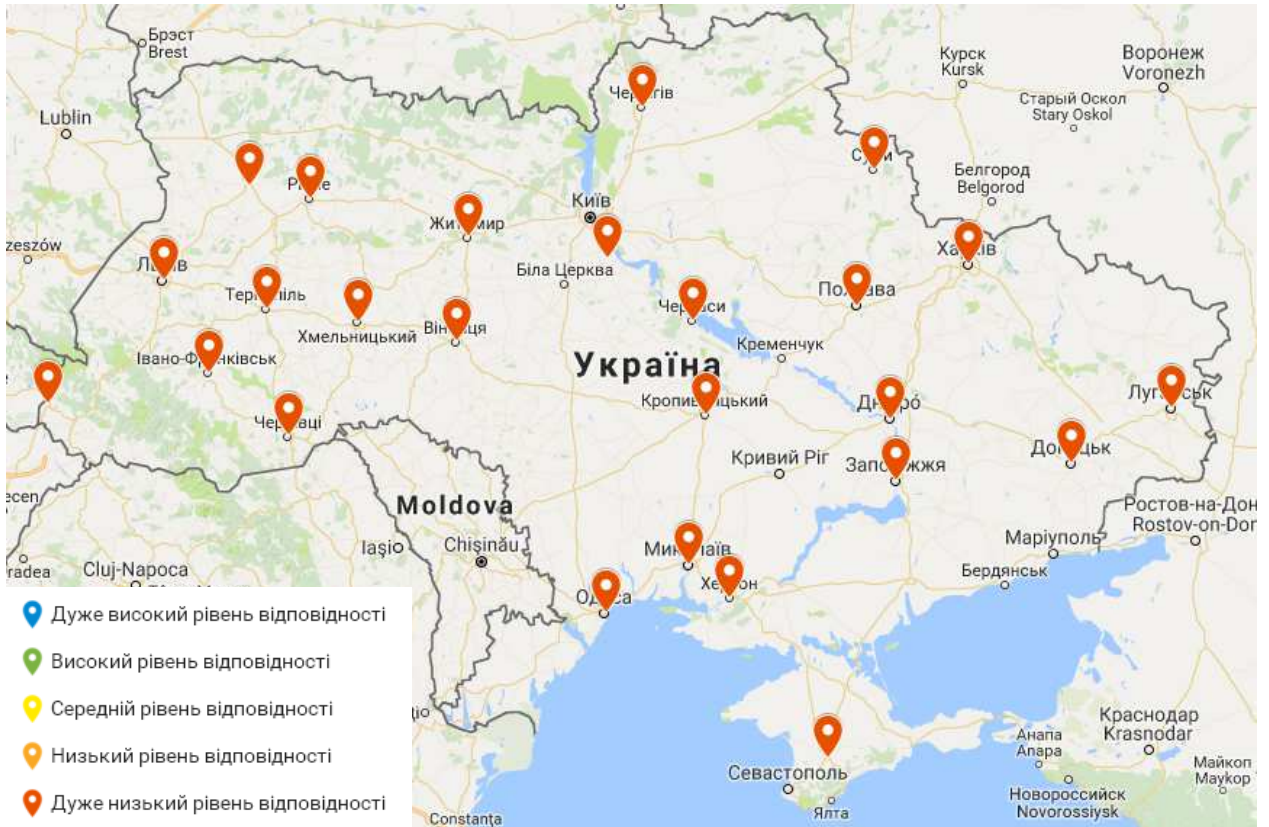


Рисунок 4.29 – Рівні відповідності регіонів України прийнятному рівню екологічної безпеки у соціальному розрізі дослідження

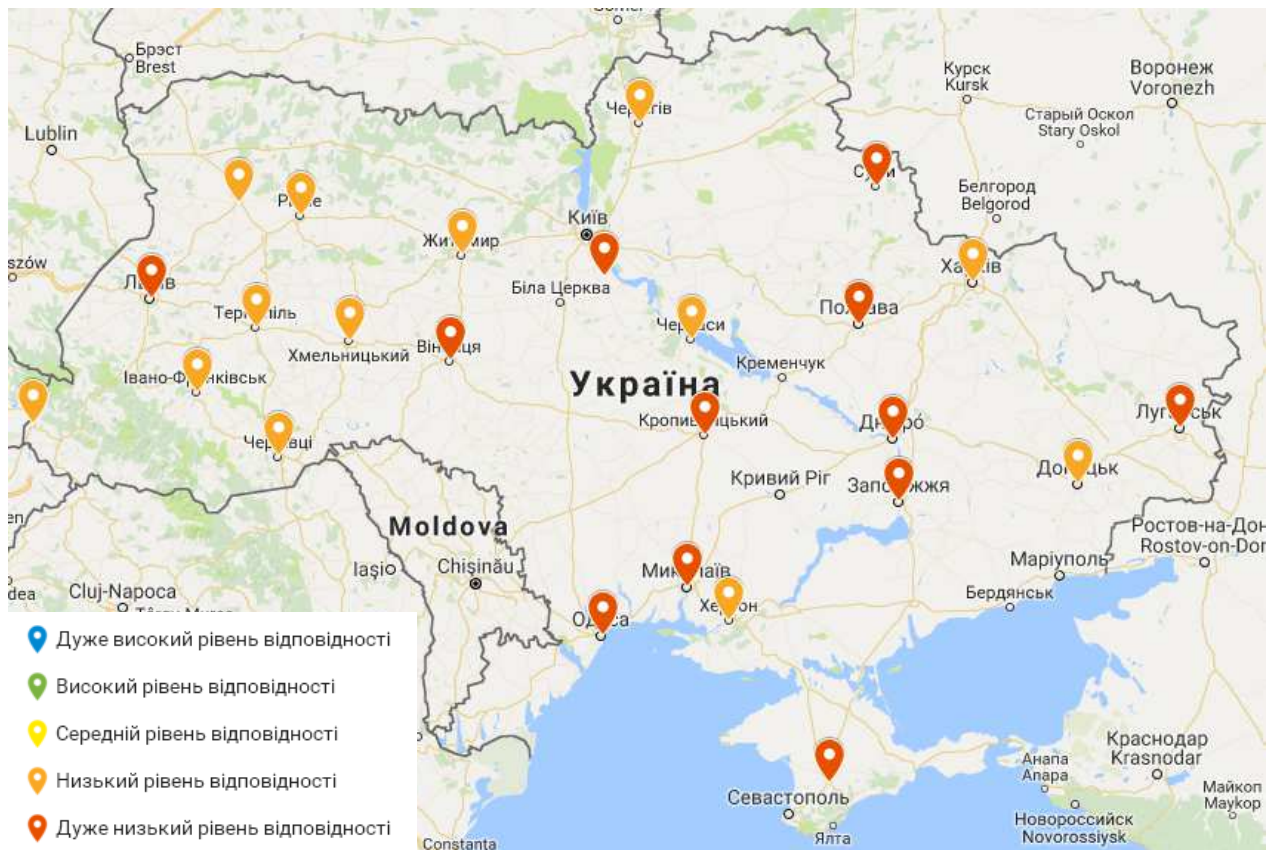


Рисунок 4.30 – Рівні відповідності регіонів України прийнятному рівню екологічної безпеки у економічному розрізі дослідження

Отримані результати оцінювання рівня екобезпеки на регіональному рівні дослідження дозволяють зробити такі висновки: усі регіони України характеризуються дуже низьким загальним рівнем відповідності екологічній безпеці за концепцією сталого розвитку. Це пояснюється, у першу чергу, недостатньо високим рівнем соціального та економічного розвитку регіонів. Для України характерною є надмірна концентрація екологічно шкідливих виробництв в деяких регіонах, що призводить до низького рівня екологічної безпеки при достатньо високому рівні розвитку економіки.

Таким чином, сформоване інформаційно-методичне забезпечення, що становить аналітичну основу комплексного системного аналізу рівня екологічної безпеки еколого-соціально-економічних об'єктів та розроблений алгоритмічно-програмний додаток дозволяють вирішувати завдання екологічної безпеки на різних рівнях дослідження – локальному, територіальному

регіональному з отриманням достовірних оцінок взаємодії «система – НС» при визначенні дестабілізуючих факторів з оцінки «стан (система – НС) – зміни – процес – кінцевий стан системи».

Висновки до розділу 4

1. Проаналізовано особливості формування інформаційно-програмного забезпечення практичної реалізації методичної системи комплексної оцінки екологічної безпеки еколого-соціально-економічних об'єктів, обґрунтовано вибір середовища і мови програмування.

2. Наведено приклад практичної реалізації запропонованого інформаційно-методичного забезпечення для оперативного управління безпекою підприємств і встановлення їх ступеня небезпеки в межах районів як НС для техногенного об'єкта дослідження.

3. Визначено особливості практичного використання сформованого інформаційно-методичного забезпечення з розв'язання завдань оцінки рівня екологічної безпеки стану складних об'єктів природно-техногенного змісту: проаналізовано екологічний стан підприємств-забруднювачів атмосферного повітря Харківської області, визначено їх вплив на стан екологічної безпеки в районах Харківської області з урахуванням їх особливостей, надано характеристику стану екологічної безпеки регіонів України у відповідності до положень концепції сталого розвитку

Одержані результати надано в публікаціях автора: 12, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 26– 28, 116, 117, 141, 149.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена науково-практична задача комплексної оцінки рівня екологічної безпеки еколого-соціально-економічних об'єктів на основі розробленого методичного та інформаційно-програмного забезпечення розв'язання задач визначення рівня екологічної якості «система – НС». Це дозволило отримати такі теоретичні та практичні результати.

1. Проведено аналіз і систематизацію сучасних методичних підходів з оцінювання ступеню екологічної безпеки складних об'єктів, що дозволило *вперше запропонувати* комплекс методів з аналізу систем на рівні досліджень «стан (система – навколишнє середовище) – зміни в системі – процес – кінцевий стан системи» для надання комплексної узагальненої оцінки рівня екологічної безпеки «система – навколишнє середовище».

2. Обґрунтовано теоретико-практичні положення з оцінки екологічної безпеки системних об'єктів на базі сучасних математичних методів системного аналізу, графологічних методів моделювання, методу компараторної ідентифікації, когнітивного аналізу, що дозволило *вперше сформував* методичне забезпечення комплексного дослідження в системі екологічної безпеки у контексті концепції сталого розвитку із встановленням факторів дестабілізації та механізмів регулювання якості природно-техногенних об'єктів.

3. *Отримали подальшого розвитку* науково-практичні підходи до розв'язання задач оцінки ступеню екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів на основі логіко-математичного аналізу стану складних об'єктів за методом компараторної ідентифікації при застосуванні функції відповідності соціально-екологічних і еколого-економічних систем прийнятному рівню екологічної безпеки.

4. Розроблено інформаційно-алгоритмічне забезпечення комплексного аналізу та оцінки екологічної безпеки природно-техногенних утворень, наданих у вигляді GL-моделей, які побудовані за графологічним методом, що *отримав подальшого розвитку* для розв'язання прикладних задач якості природно-техногенних систем відповідно до вимог сталого розвитку.

5. Розроблено інформаційно-програмний комплекс розв'язання задач оцінки поточного стану об'єктів «система – НС», визначення відповідності аналізованих параметрів прийнятному рівню екологічної безпеки, що становило *подальший розвиток* інформаційно-програмного забезпечення системи оцінювання екологічної безпеки еколого-соціально-економічних об'єктів, природно-техногенних систем різного рівня організації.

6. Визначені перспективи практичного застосування запропонованого методичного забезпечення для проведення багатофакторного аналізу і комплексного оцінювання рівня екологічної безпеки для різних систем «об'єкт – НС»: підприємств (Зміївська ТЕС ім. Кржижановського Г. М. ПАТ ДЕК «Центренерго», філія ГПУ «Шебелинкагазвидобування» ПАТ «Укргазвидобування», філія «Теплоелектроцентрально» ТОВ «ДВ нафтогазовидобувна компанія»), районів Харківської області, регіонів України, та вирішення екологічних питань в межах концепції сталого розвитку за вимогами ООН щодо якості стану країни і забезпечення її еколого-соціально-економічного благополуччя.

Прикладні можливості застосування інформаційно-програмної розробки щодо реалізації комплексного методичного забезпечення оцінки рівня екологічної безпеки складних об'єктів реалізовані при виконанні господарсько-договірних тематик на суму 100 тис. грн, що підтверджено актами впровадження результатів дисертаційної роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гродзинський М. Д. Екологічні пріоритети як кількісні оцінювальні категорії / М. Д. Гродзинський // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». – 2011. – № 944. – Вип. 6. – С. 7–12.
2. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення / А. Б. Качинський. – К. : НІСД, 2001. – 312 с.
3. Пляцук Л. Д. Теоретические основы управления экологической безопасностью техногенно нагруженного региона / Л. Д. Пляцук, Е. В. Харламова, М. С. Малеваный // Екологічна безпека. – 2012. – № 1 (13). – С. 9–12.
4. Шмандій В. М. Передумови побудови моделі імовірнісного розподілу забруднюючих речовин в атмосфері / В. М. Шмандій, Д. Л. Пляцук // Екологічна безпека. – № 2/2014 (18). – С. 56–60.
5. Сталий розвиток регіонів України / За ред. М. З. Згуровського. – К. : НТУУ «КПІ», 2009. – 197 с.
6. Статюха Г. О. Системний підхід до оцінювання ризиків при проектуванні промислових об'єктів / Г. О. Статюха, Т. В. Бойко // Східно–Європейський журнал передових технологій. – 2013. – № 14. – С. 8–12.
7. Шапар А. Г. Проблеми запровадження засад сталого розвитку в Україні / А. Г. Шапар, М. А. Ємець, Б. В. Буркинський, С. К. Харічков // Екологія і природокористування. – 2013. – № 16. – С. 18–26.
8. Хакен Г. Синергетика: иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах / Г. Хакен; пер. с англ. Ю. А. Данилова. – М. : Мир, 1985. – 423 с.
9. Бондаренко М. Ф. Про загальну теорію компараторної ідентифікації / М. Ф. Бондаренко, С. Ю. Шабанов-Кушнарченко, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко // Біоніка інтелекту. – 2008. – № 2 (69). – С. 13–22.
10. Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам / Ф. С. Робертс; пер. с англ. А. М. Раппопорт. – М. : Наука, 1986. – 496 с.

11. Горелова Г. В. Когнитивный подход к имитационному моделированию сложных систем / Г. В. Горелова // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2013. – № 3 (140). – С. 239–250.

12. Козуля Т. В. Аналіз моделей сталого екологічного розвитку і застосування методу компараторної ідентифікації з оцінки якості навколишнього середовища / Т. В. Козуля, М. О. Білова // Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів : Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців. – Харків : ХНАДУ, 2012. – С. 56–58.

13. Козуля Т. В. Оцінка якості навколишнього середовища за методом компараторної ідентифікації / Т. В. Козуля, М. О. Білова // Безпека людини у сучасних умовах : IV Міжнародна науково-методична конференція. – Харків : НТУ «ХПІ», 2012. – С. 45–46.

14. Козуля Т. В. Розробка методології компараторної ідентифікації екологічного стану системних об'єктів / Т. В. Козуля, М. О. Білова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : Тези доповідей XXII міжнародної науково-практичної конференції. – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – Ч. IV. – С. 353.

15. Козуля Т. В. Оцінка якості системних об'єктів навколишнього середовища на основі метода компараторної ідентифікації / Т. В. Козуля, М. О. Білова // Проблеми інформаційних технологій. – 2013. – № 01 (013). – С. 78–84.

16. Козуля Т. В. Методичне забезпечення комплексної оцінки екологічності системних об'єктів методом компараторної ідентифікації / Т. В. Козуля, М. О. Білова // Системный анализ и информационные технологии: материалы 16-й Международной научно-технической конференции SAIT 2014. – К. : УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2014. – С. 107–108.

17. Козуля Т. В. Застосування методу компараторної ідентифікації для комплексної оцінки рівня безпеки об'єктів еколого-соціально-економічних систем / Т. В. Козуля, М. О. Білова, М. М. Козуля // Інноваційна модель сталого

розвитку України: колективна монографія / За ред. О. І. Маслак. – Кременчук : Видавництво ПП Щербатих О. В., 2015. – С. 62–83.

18. Козуля Т. В. Використання методу компараторної ідентифікації для оцінки якості навколишнього середовища / Т. В. Козуля, М. О. Білова // Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців. – Харків : ХНАДУ, 2013. – С. 103–108.

19. Козуля Т. В. Метод компараторної ідентифікації в системі методичного забезпечення оцінки якості навколишнього середовища / Т. В. Козуля, М. О. Білова // Радиоэлектроника и информатика. – 2013. – № 3. – С. 59–65.

20. Козуля Т. В. Оцінка екологічного стану регіонів України за методом компараторної ідентифікації / Т. В. Козуля, М. О. Білова // Вісник НТУ «ХПИ». Секція : Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів». – 2014. – № 16 (1059). – С. 65–75.

21. Козуля Т. В. Впровадження компараторної ідентифікації для комплексної оцінки рівня безпеки об'єктів / Т. В. Козуля, Н. В. Шаронова, М. О. Білова, М. М. Козуля // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2015. – № 4 (2015). – С. 63–74.

22. Козуля Т. В. Розробка комплексної методики ідентифікації екологічної відповідності за станом системних об'єктів / Т. В. Козуля, М. О. Білова // Вісник національного технічного університету «ХПИ». – 2014. – № 49 (1091). – С. 70–78.

23. Козуля Т. В. Підвищення ефективності комплексної методики оцінки екологічності системних об'єктів різного рівня дослідження / Т. В. Козуля, М. О. Білова // Системный анализ и информационные технологии: Материалы 17-й Международной научно-технической конференции SAIT 2015. – К. : УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2015. – С. 74–75.

24. Козуля Т. В. Система методик оцінки екологічності складних об'єктів на базі метода компараторної ідентифікації / Т. В. Козуля, М. О. Білова

// Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : Тези доповідей XXIII Міжнародної науково-практичної конференції. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – Ч. IV. – С. 326.

25. Козуля Т. В. Формування технології навчання на синергетичній основі для фахівців комплексної підготовки / Т. В. Козуля, М. О. Білова // Проблеми та перспективи формування національної гуманітарно-технічної еліти. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – С. 116–125.

26. Козуля Т. В. Розробка оцінки екологічності техногенних об'єктів на основі методу компараторної ідентифікації / Т. В. Козуля, М. О. Білова, М. М. Козуля // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – № 5/10 (77). – С. 27–34.

27. Козуля Т. В. Обоснование методики компараторной идентификации для системы экологического мониторинга на региональном уровне исследования / Т. В. Козуля, М. А. Белова // Проблеми інформаційних технологій. – 2013. – № 02 (014). – С. 45–49.

28. Козуля Т. В. Система экологического мониторинга с элементами компараторной идентификации для различных уровней исследования / Т. В. Козуля, М. А. Белова // Materiály X mezinárodní vědecko-praktická konference “Moderní vymoženosti vědy – 2014». – Praha: Publishing House “Education and Silence” s.r.o., 2014. – С. 80–85.

29. Козуля Т. В. Інформаційні особливості визначення оцінки відповідності стану екологічності системних об'єктів / Т. В. Козуля, Н. В. Шаронова, М. О. Білова, М. М. Козуля // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2016. – 2 (2016). – С. 45–57.

30. Козуля Т. В. Інформаційно-методична основа визначення системи оцінки екологічності складних об'єктів / Козуля Т.В., Білова М.О. // Системный анализ и информационные технологии: материалы 18-й Международной научно-технической конференции SAIT 2016. – К. : УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2016. – С. 96–97.

31. Згуровський М. З. Основи системного аналізу / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова. – К. : Видавнична група ВНУ, 2007. – 546 с.
32. Кудж С. А. Многоаспектність розгляду складних систем / С. А. Кудж // Perspectives of Science and Education. – 2014. – № 1. – С. 39–43.
33. Афанасьев В. Г. Системность и общество / В. Г. Афанасьев. – М. : Политиздат, 1980. – 368 с.
34. Аверьянов А. Н. Системное познание мира: Методологические проблемы / А. Н. Аверьянов. – М. : Политиздат, 1985. – 263 с.
35. Тюхтин В. С. О подходах к построению общей теории систем / В. С. Тюхтин // Системный анализ и научное знание. – М. : Наука, 1978. – С. 42–60.
36. Блауберг И. В. Становление и сущность системного подхода / И. В. Блауберг, Э. Г. Юдин. – М. : Наука, 1973. – 270 с.
37. Юдин Б. Г. Некоторые особенности развития системных исследований / Б. Г. Юдин // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник, 1980. – К. : Наука, 1981. – С. 7–22.
38. Садовский В. Н. Основания общей теории систем / В. Н. Садовский. – М. : Наука, 1974. – 279 с.
39. Сурмин Ю. П. Теория систем и системный анализ / Ю. П. Сурмин. – К. : МАУП, 2003. – 364 с.
40. Петрушенко Л. А. Единство системности, организованности и самодвижения (О влиянии философии на формирование понятий теории систем) / Л. А. Петрушенко. – М. : Мысль, 1975. – 286 с.
41. Уемов А. И. Системный подход и общая теория систем / А. И. Уемов. – М. : Мысль, 1978. – 272 с.
42. Прангишвили И. В. Системный подход и общесистемные закономерности / И. В. Прангишвили. – М. : СИНТЕГ, 2000. – 528 с.
43. Прангишвили И. В. Энтропийные и другие системные закономерности: вопросы управления сложными системами / И. В. Прангишвили. – М. : Наука, 2003. – 428 с.

44. Голубець М. А. Екосистемологія / М. А. Голубець. – Львів : Поллі, 2000. – 316 с.
45. Кононюк А. Е. Системологія. Общая теория систем : у 4-х кн. / А. Е. Кононюк. – К. : Освіта України, 2014. – Кн 1. – 564 с.
46. Крылов В. Ю. Кибернетические модели и психология / В. Ю. Крылов, Ю. И. Морозов. – М. : Наука, 1984. – 174 с.
47. Садовский В. Н. Основания общей теории систем / В. Н. Садовский. – М. : Наука, 1974. – 280 с.
48. Лекторский В. А. О принципах исследования систем / В. А. Лекторский, В. Н. Садовский // Вопросы философии. – 1960. – № 8. – С. 67–79.
49. Месарович М. Общая теория систем: математические основы / М. Месарович, Я. Такахара. – М. : Мир, 1978. – 312 с.
50. Анохин П. К. Узловые вопросы теории функциональных систем / П. К. Анохин. – М. : Психология, 1980. – 216 с.
51. Топоров В. Н. Из области теоретической топониматики / В. Н. Топоров // Вопросы языкознания. – 1962. – № 6. – С. 3–12.
52. Мелюхин С. Т. О диалектике развития неорганической природы / С. Т. Мелюхин. – М. : Госполитиздат, 1960. – 244 с.
53. Урсул А. Д. Природа информации. Философский очерк / А. Д. Урсул. – Челябинск : ЧГАКИ, 2010. – 231 с.
54. Данилишин Б. М. Наукові основи прогнозування природно-техногенної (екологічної) безпеки України / Б. М. Данилишин, В. В. Ковтун, А. В. Степаненко. – К. : Лекс Дім, 2004. – 552 с.
55. Харламова Г. Індекс екологічної безпеки України: концепція та оцінка / Г. Харламова, В. Бутковський // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2014. – № 7 (160). – С. 92–97.
56. Іванюта С. П. Екологічна безпека регіонів України: порівняльні оцінки / С. П. Іванюта, А. Б. Качинський // Стратегічні пріоритети. – 2013. – № 3 (28). – С. 157–164.

57. Урсул А. Д. Глобальные процессы, безопасность и устойчивое развитие / А. Д. Урсул // Век глобализации. – 2008. – № 1. – С. 17–22.
58. Соха Ю. І. Принципи сталого розвитку і проблема природно-техногенної безпеки / Ю. І. Соха // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2011. – № 698. – С. 103–111.
59. Какутич П. Ю. Сутність екологічної безпеки в макроекономічному регулюванні сталого розвитку продуктивних сил / П. Ю. Какутич // Економіка природокористування і охорони довкілля. – К. : РВПС України НАН України, 2008. – С. 43–49.
60. Зеркалов Д. В. Проблеми екології сталого розвитку / Д. В. Зеркалов. – К. : Основа. – 2013. – 430 с.
61. Мельник Л. Г. Фундаментальные основы развития / Л. Г. Мельник. – Сумы : ИТД «Университетская книга», 2003. – 288 с.
62. Методы решения экологических проблем : монография / под ред. Л. Г. Мельника, Е. В. Шкарупы. – Сумы : Изд-во СумГУ, 2010. – Вып. 3. – 663 с.
63. Кравець О. О. Економічні основи формування інституціонального механізму управління якістю навколишнього середовища : дис. канд. економ. наук : 08.00.06 / Кравець Олена Олегівна. – Суми, 2014. – 223 с.
64. Гончаренко Г. Є. Словник-довідник сучасних екологічних та природоохоронних термінів / Г. Є. Гончаренко, С. В. Совгіра. – К. : Науковий світ, 2010. – с. 67.
65. Ріо-де-Жанейрська декларація з навколишнього середовища і розвитку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml
66. Абдурахманов Г. М. Еще раз об устойчивом развитии с позиции экологических измерений / Г. М. Абдурахманов, Ш. Ш. Гасанов, Л. Ш. Ахмедова // Юг России: экология, развитие. – 2014. – № 4. – С. 7–16.
67. Безсонов Є. М. Обґрунтування та формалізація підходу до оцінювання екологічної безпеки регіону / Є. М. Безсонов, В. І. Андреев // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2016. – № 10 (80). – С. 9–18.

68. Загорський В. Глобальна екологічна проблема в системі національної безпеки / В. Загорський, А. Ліпенцев, Є. Борщук // Вісник Національної академії державного управління при Президентіві України. – 2011. – Вип. 1. – С. 78–87.

69. Білова М. О. Науково-теоретичні положення з формування системи оцінки рівня екологічної безпеки для системних утворень / М. О. Білова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 19 (1191). – С. 49–56.

70. Жарова Л. В. Інноваційна політика щодо екологічного підприємництва та екологізації підприємницької діяльності в Україні: проблеми та перспективи // Проблеми управління інноваційним підприємництвом екологічного спрямування: Монографія / Заг. ред. О. В. Прокопенко. – Суми : ВТД «Університетська книга». – 2007. – С. 152–167.

71. Національна екологічна політика України: оцінка і стратегія розвитку. – К. : Генеза, 2007 – 186 с.

72. Гошовський В. С. Екологічна безпека техноприродних геосистем адміністративних областей (на прикладі Львівської області) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук : спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Гошовський Володимир Сергійович ; Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу МОН України. – Івано-Франківськ, 2008. – 15 с.

73. Майорова Л. П. Методические подходы к оценке экологической и техногенной опасности при функционировании лесопромышленного комплекса / Л. П. Майорова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2007. – № 4. – С. 82–86.

74. Гнедая И. Л. Анализ современных методов оценки состояния окружающей среды при воздействии негативных факторов элементов ЯТЦ / И. Л. Гнедая, В. А. Диордица, М. Ф. Кожевникова, В. В. Левенец // Вестник НТУ «ХПИ». – 2007. – № 9. – С. 17–31.

75. Дмитриев В. В. Определение интегрального показателя состояния природного объекта как сложной системы / В. В. Дмитриев // Общество. Среда. Развитие (Тerra Humana). – 2009. – № 4. – С. 146–165.

76. Мусієнко М. М. Екологія: тлумачний словник / М. М. Мусієнко, В. В.Серебряков, О. В. Брайон. – К. : Либідь, 2006. – 432 с.
77. Обиход Г. О. Методичні засади визначення конкурентного екологічного потенціалу регіонів України / Г. О. Обиход // Науковий вісник Херсонського державного університету. – 2014. – Вип. 9. – Ч. 6. – С. 134–137.
78. Сидоренко Г. И. Гигиена окружающей среды // Г. И. Сидоренко. – М. : Медицина, 1985. – 304 с.
79. Потапенко В. Г. Екологічна складова в системі показників екологічної безпеки [Електронний ресурс] / В. Г. Потапенко, Д. С. Бірюков// Ефективна економіка. – 2013. – № 6. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=2088>.
80. Моисеенкова Т. А. Эколого-экономическое сбалансирование промышленных узлов / Т. А. Моисеенкова. – Саратов : Изд-во Саратовского ун-та, 1989. – 216 с.
81. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах / Э. Ю. Безуглая. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – 184 с.
82. Методы экологической и экономической регламентации хозяйственной деятельности // Под ред. Н. П. Тихомирова, Т. А. Моисеенковой. – М. : РЭА им. Г.В.Плеханова, 1994. – 90 с.
83. Марова С. Ф. Аналіз методичних підходів до оцінювання стійкості еколого-економічних систем / С. Ф. Марова, Ю. В. Бурих // Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності. – 2014. – Вип. 1 (10). – Т. 1. – С. 369–375.
84. Федирко В. Н. Методические подходы к оценке экологической безопасности региона / В. Н. Федирко // Науковий вісник Полтавського університету споживчої кооперації України. – 2010. – № 1 (40). – С. 35–40.
85. Борнос В. Г. Методичні підходи щодо оцінки рівня безпеки регіону шляхом розширення системи екологічних індикаторів / В. Г. Борнос, Л. В. Довга // Scientific journal of ChSIEM. – 2014. – №4 (24). – С. 52–59.

86. Мониторинг, контроль и управление качеством окружающей среды. Ч.3. Оценка и управление качеством окружающей среды / Под ред. А. И. Потапова. – СПб. : РГГМУ, 2005. – 600 с.

87. The Environmental Vulnerability Index [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vulnerabilityindex.net/>

88. Environmental Performance Index 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://epi.yale.edu/>

89. EUROSTAT : Environmental Pressure indicators for the EU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators>

90. System of Environmental-Economic Accounting (SEEA) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seea.asp>

91. Enabling Environment Index [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://civicus.org/eei/>

92. Обиход Г. О. Методичні підходи щодо оцінки рівня екологічної небезпеки регіонів України / Г. О. Обиход, Т. Л. Омеляненко // Ефективна економіка. – Електронне наукове фахове видання. – 2012. – № 10. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.economy.nauka.com.ua.

93. Кендюхов А. В. Использование метода главных компонент для оценки конкурентоспособности машиностроительных предприятий / А. В. Кендюхов, Д. О. Толкачёв // Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2013. – № 4. – С. 219–227.

94. Желаева С. Э. Институальные аспекты устойчивого развития социо-эколого-экономических систем различных типов / С. Э. Желаева, В. Е. Сактоев, Е. Д. Цыренова. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2005. – 153 с.

95. Козуля Т. В. Процеси екологічного регулювання. Концепція корпоративної екологічної системи : монографія / Т. В. Козуля. – Харків : НТУ «ХП», 2010. – 588 с.

96. Циганенко О. В. Стратегії соціо-еколого-економічного розвитку міських територій: дис. канд. екон. наук : 08.00.06 / Олена Василівна Циганенко. – Суми, 2016. – 205 с.
97. Бородин А. И. Региональные экономические системы и их устойчивость / А. И. Бородин, Н. Н. Киселева // Вестник Удмуртского университета. – 2011. – № 4. – С. 3–7.
98. Григорук П. М. Складові регіональної соціально-еколого-економічної системи в умовах сталого розвитку / П. М. Григорук, Т. Ю. Федорова // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2014. – № 4. – С. 48–52.
99. Любушин А. А. Анализ данных систем геофизического и экологического мониторинга / А. А. Любушин. – М. : Наука, 2007. – 228 с.
100. Боссель Х. Показатели устойчивого развития: Теория, метод, практическое использование. Отчет, представленный на рассмотрение Балатонской группы / Х. Боссель. – Тюмень : Изд-во ИПОС СО РАН, 2001. – 123 с.
101. Показатели устойчивого развития: структура и методология / Пер. с англ. М. А. Святловской, Г. В. Коротаевой, А. А. Рыбинской. – Тюмень : Изд-во ИПОС СО РАН, 2000. – 359 с.
102. 2002 World Development Indicators. – Washington DC: World Bank, 2003. – 508 p.
103. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. 3rd Edition. – Department of Economic and Social Affairs. – New York: UN, 2007. – 99 p.
104. Den Butter F. Pilot Index for Environmental Policy in the Netherlands / Frank den Butter, J.A.C. van der Eyden // Energy Policy. – 1998. – Vol. 26. – № 2. – P. 95–101.
105. Gallego I. The Use of Economic, Social and Environmental Indicators as a Measure of Sustainable Development in Spain / I. Callego // Corporate Social Responsibility and Environmental Management. – 2005. – Vol. 13. – № 2. – P. 78–97.
106. Kang S. M. A Sensitivity Analysis of the Korean Composite Environmental Index / S. M. Kang // Ecological Economics. – 2002. – Vol. 43. – № 2. – P. 159–174.

107. Згуровский М. З. Оценивание устойчивого развития окружающей среды на субнациональном уровне в Украине / М. З. Згуровский, Г. А. Статюха, И. Н. Джигирей // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2008. – № 4. – С. 7–20.

108. Каменева И. П. Модели и методы анализа экологической безопасности урбанизированных территорий с использованием технологий геоинформационных систем / И. П. Каменева, А. В. Яцишин // Электронное моделирование. – 2011. – № 3. – С. 95–108.

109. Герасимчук З. В. Еколого-економічні основи формування та реалізації регіональної політики сталого розвитку (питання методології та методики): дис. док. екон. наук : 08.10.01 / Герасимчук Зоряна Вікторівна. – Львів, 2002. – 522 с.

110. Рубанов И. Н. Методология оценки экологической составляющей устойчивого развития и состояния окружающей среды в российских условиях / И. Н. Рубанов, В. С. Тикунов // Материалы международной конференции ИнтерКарто ИнтерГИС 12 «Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт». – Ставрополь: СГУ, 2005. – С. 206–214.

111. Мазуров Ю. Л. Измерение устойчивости развития социума, от интерпретации к расчетам / Ю. Л. Мазуров, В. С. Тикунов // Материалы международной конференции ИнтерКарто ИнтерГИС 12 «Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт». – Ставрополь: СГУ, 2005. – С. 21–36.

112. Харчун В.М. Оцінювання якості життя населення України з використанням модифікованих показників МІУР / В. М. Харчун // Системний анализ и информационные технологии: Материалы 18-й Международной научно-технической конференции SAIT 2016. – К. : УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2016. – С. 171–172.

113. Кузнецов В. И. Математический аппарат комплексной экологической оценки / В. И. Кузнецов, В. Б. Миляев, А. О. Тараканова. – СПб. : Северо-балтийский экологический фонд, 1998. – 245 с.

114. Экономико-математическое моделирование регулирования экологического состояния окружающей среды с учетом трансграничного загрязнения / Под ред. А. Ф. Рогачева. – Волгоград : ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2015. – 172 с.

115. Лисиченко Г. В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г. В. Лисиченко, Ю. Л. Забулонов, Г. А. Хміль. – К. : Наукова думка, 2008. – 543 с.

116. Білова М. О. Оцінка екологічності системних об'єктів за методом компараторної ідентифікації / М. О. Білова // VIII Університетська науково-практична студентська конференція магістрантів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» : матеріали конференції. – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – Ч. 1. – С. 9–10.

117. Білова М. О. Інформаційно-методичне забезпечення оцінки стану регіонів України з позицій безпеки здоров'ю населення / М. О. Білова // Proceedings of 2015 Information technologies in innovation business conference (ITIB). – Харків : ХНУРЕ, 2015. – С. 6–7.

118. Jolliffe I. T. Principal Component Analysis / I. T. Jolliffe. – New York : Springer, 2010. – 518 p.

119. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж. О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка и др. ; пер. с англ. под. ред. И. С. Енюкова – М. : Финансы и статистика, 1989. – 218 с.

120. Дубров А. М. Обработка статистических данных методом главных компонент / А. М. Дубров. – М. : Статистика, 1978. – 135 с.

121. Тютюник В. В. Оцінка рівня техногенної небезпеки території України за даними аналізу показників життєдіяльності регіонів методами факторного аналізу і аналізу головних компонент / В. В. Тютюник, М. В. Бондарев, Р. І. Шевченко, Л. Ф. Черногор, В. Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2014. – Вип. 19. – С. 142–162.

122. Чинкуляк Н. М. Компаративний аналіз регіонів України за рівнем викидів забруднювальних речовин від автотранспорту / Н. М. Чинкуляк, І. В. Маров // Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2014. – № 1. – С 287–296.

123. Баглей О. В. Оцінка впливу екологічних факторів на життєздатність популяцій видів роду *Saussurea* DC. Українських Карпат : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук. : спец. 03.00.16 «Екологія» / Баглей Оксана Василівна ; Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича. – Чернівці, 2009. – 18 с.

124. Абдуліна Д. Р. Сульфідогенні мікробні угруповання техногенно-трансформованих ґрунтів / Д. Р. Абдуліна, Л. М. Пуріш, Л. Г. Асауленко, Г. О. Іутинська // Мікробіологія і біотехнологія. – 2016. – № 2 (34). – С. 16–29.

125. Кліменко О. В. Формування соціо-еколого-економічної системи в регіоні в контексті сталого розвитку / О. В. Кліменко // Коммунальное хозяйство городов. – 2012. – № 3. – С. 137–141.

126. Стегній О. Г. Типи політичної культури регіональних спільнот України / О. Г. Стегній // Вісник Львівського університету. – 2008. – Вип. 2. – С. 32–56.

127. Пасічник О. А. Застосування математичних методів для аналізу чинників впливу на населення на різних стадіях міграції / О. А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012 – № 3. – Т. 3. – С. 209–213.

128. Веретюк С. М. Застосування методу головних компонент для порівняльного аналізу розвитку інформаційного суспільства в Україні / С. М. Веретюк, В. В. Пілінський, І. М. Панченко // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2016. – № 1. – С. 35–43.

129. Пурський О. І. Визначення інтегральних показників соціально-економічного розвитку регіонів на основі експертних оцінок та методу головних компонент / О. І. Пурський, І. О. Мороз // Проблеми економіки. – 2013. – № 2. – С. 230–236.

130. Сендзюк М. А. Методи вибору ключових показників оцінки ефективної діяльності підприємств / М. А. Сендзюк, І. В. Науменко // БІЗНЕСІНФОРМ. – 2014. – № 6. – С. 145–152.

131. Загреба М. М. Теоретичні аспекти використання факторного аналізу при аналізі динаміки фінансового стану підприємства / М. М. Загреба // Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. – 2014. – № 25. – С. 455–461.

132. Кендюхов А. В. Использование метода главных компонент для оценки конкурентоспособности машиностроительных предприятий / А. В. Кендюхов, Д. О. Толкачѳв // Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2013. – № 4. – С. 219–227.

133. Головень О. В. Моделі оцінки рівня економічного розвитку підприємств молочної галузі України / О. В. Головень, І. О. Клопов // Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності : збірник наукових праць. – Маріуполь : ПДТУ, 2013. – Вип. 2. – Т. 1. – С. 47–53.

134. Fedorenko I. Applying principle components analysis for modeling investment acceptance of companies / I. Fedorenko, V. Rybalko // Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. – 2012. – № 140. – С. 31–36.

135. Чередниченко О. Ю. Мозгоподобные структуры для сбора и автоматизированной переработки бизнес-информации / О. Ю. Чередниченко, О. В. Янголенко, Ю. Н. Гонтарь // International Collection of scientific proceedings «European Cooperation». – 2015. – Vol. 2 (2). – P. 125–136.

136. Доценко Н. В. Компараторная идентификация параметров модели многофакторного оценивания / Н. В. Доценко, Н. В. Косенко // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2012. – № 1 (21). – Т. 2. – С. 140–143.

137. Петров К. Э. Компараторная структурно-параметрическая идентификация моделей скалярного многофакторного оценивания / К. Э. Петров, В. В. Крючковский. – Херсон : Олди-плюс, 2009. – 294 с.

138. Кульба В. В. Анализ устойчивости социально-экономических систем с использованием знаковых орграфов / В. В. Кульба, П. Б. Миронов, В. М. Назаретов // Автоматика и телемеханика. – 1993. – № 7. – С. 130–137.

139. Основы топологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/manage-data/topologies/topology-basics.htm>.

140. Скворцов А. В. Технология построения и анализа топологических структур для геоинформационных систем и систем автоматизированного проектирования / А. В. Скворцов, Д. С. Сарычев // Вестник Томского государственного университета. – 2002. – № 275. – С. 60–63.

141. Белова М. А. Комплексный подход к оценке безопасности состояния системных объектов различного уровня организации / М. А. Белова // Материалы III Всероссийской конференции и школы для молодых ученых «Системы обеспечения техносферной безопасности». – Таганрог : ЮФУ, 2016. – С. 34–36.

142. Гусев Е. Г. Когнитивные модели как инструмент разработки предпринимательской среды в туризме региона / Е. Г. Гусев // Научный альманах. – 2016. – № 3 (17). – С. 85–88.

143. Пылькин А. Н. Методология когнитивного анализа в вопросах автоматизации управления материальными потоками / А. Н. Пылькин, А. В. Крошилин, С. В. Крошилина // Интеллектуальные системы. – 2012. – № 2 (32). – С. 138–149.

144. Кузнецов О. П. Интеллектуализация поддержки управляющих решений и создание интеллектуальных систем / О. П. Кузнецов // Проблемы управления. – 2009. – № 3. – С. 64–72.

145. Солохин С. С. О когнитивном моделировании устойчивого развития социально-экономических систем (на примере туристско-рекреационной системы Юга России) / С. С. Солохин // Искусственный интеллект. – 2009. – № 4. – С. 150–160.

146. Козуля Т. В. Впровадження компараторної ідентифікації для комплексної оцінки рівня безпеки об'єктів / Т. В. Козуля, Н. В. Шаронова, М. О. Білова, М. М. Козуля // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2015. – 4 (2015). – С. 63–74.

147. Климентович Ю. Л. Статистическая теория открытых систем / Ю. Л. Климентович. – М. : Янус, 2001. – 305 с.

148. Машина Н. І. Економічний ризик і методи його вимірювання / Н. І. Машина. – К. : Центр навчальної літератури, 2003. – 188 с.

149. Білова М. О. Підвищення ефективності системи оцінки екологічності складних об'єктів / М. О. Білова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – Ч. IV. – С. 336.

150. Сердюцкая Л. Ф. Геоинформационная аналитическая система визуализации данных медико-экологического мониторинга Украины – ГИАСВ МЭМУ / Л. Ф. Сердюцкая, А. В. Яцишин, Д. Г. Васильев, Д. А. Полишко, А. Ф. Бугаев // Геоінформатика. – 2006. – № 4. – С. 67–72.

151. ТОВ «Софт фонд» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sfund.kiev.ua/ukr/products/ecology.htm>.

152. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86). – Ленинград: ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ, 1987. – 94 с.

153. Наказ МОЗ України «Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» № 173. – Введ. 19.06.1996.

154. ДБН А.2.2-1-2003 Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. – Введ. 01.04.2004.

155. Наказ Держархбудінспекції «Перелік (кодифікатор) робіт, пов'язаних із створенням об'єктів архітектури» № 24. – Введ. 19.02.2008.

156. Наказ Мінприроди України «Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел» № 3092. – Введ. 7.06.2006.

157. Тайлакова А. А. Програмный комплекс для оценки экологоэкономической устойчивости промышленного предприятия / А. А.Тайлакова, А. А. Кудрявцев, И. Е. Трофимов, В. Г. Михайлов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 6 (100). – С. 121–124.

158. Джигирей І. М. Програмний засіб підтримування прийняття оптимальних еколого-економічних рішень у промисловості / І. М. Джигирей, О. В. Минько, Р. Є. Журавчак, Р. Б. Медведєв // Комп'ютерне моделювання в хімії і технологіях та системах сталого розвитку – КМХТ-2016: Збірник наукових статей П'ятої міжнар. наук.-практ. конф. – К. : НТУУ «КПІ», 2016 – С. 62–65.

159. Softpro:містобудівний кадастр – геоінформаційна платформа для формування та актуалізації інформаційних ресурсів містобудівного кадастру [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://softpro.ua/ru/softpro-mistobudivni-inventory---geoinformacina-platform>.

160. The World Bank [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://data.worldbank.org/country>

161. United Nations Statistics Division [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://unstats.un.org/unsd/default.htm>.

162. Organisation for economic cooperation and development [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://stats.oecd.org/>

163. World Health Organization. Health statistics and information systems [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.who.int/healthinfo/statistics/>

164. Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://wdc.org.ua/uk>.

165. Аналіз сталого розвитку: глобальний і регіональний контексти. Україна в індикаторах сталого розвитку (2011-2012) / М. З. Згуровський та ін. ; Міжнар. рада з науки (ICSU). – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – Ч. 2. – 232 с.

166. Аналіз сталого розвитку: глобальний і регіональний контексти: монографія. Україна в індикаторах сталого розвитку (2013) / М. З. Згуровський та ін. ; Міжнар. рада з науки (ICSU). – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – Ч. 2. – 172 с.

167. Корпорація Microsoft представляє Visual Studio 2008 і .NET Framework 3.5 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.microsoft.com/Ukraine/News/Issues/2007/12/vs2008.mspх>.

168. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16 жовтня 1992 р N 2708-XII // // Відомості Верховної Ради України. – 1992. – № 50. – Ст. 678.

169. Доповідь про стан навколишнього природного середовища у Харківській області у 2015 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2015-rotsi/harkiv_2015.pdf.

170. Прибилова В. М. Оцінка впливу техногенного навантаження на геологічне середовище та особливості накопичення забруднювачів в зоні розміщення Зміївської ТЕС (Харківська область) / В. М. Прибилова // Вісник Харківського національного університету. – 2013. – № 1084. – С. 237–243.

171. Сталий розвиток та екологічна безпека суспільства: теорія, методологія, практика / За ред. Є.В. Хлобистова ; ДУ «ІЕПСР НАН України», ІПРЕЕД НАН України, СумДУ, НДІ СРП. – Сімферополь : ІТ «АРИАЛ», 2011. – 589 с.

172. Закон України «Про засади державної регіональної політики» від 5 лютого 2015 р. № 156-VIII // Відомості Верховної Ради України. – 2015. – № 13. – Ст. 90.

173. Сотник І. М. Теоретичні засади соціо-еколого-економічного моніторингу ресурсозберігаючих процесів території / І. М. Сотник // Механізм регулювання економіки. – 2012. – № 2. – С. 66–68.

174. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища у 2012 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua/index.php/dopovidi/regionalni>.

175. Сільське господарство України 2012: Статистичний збірник. – К. : Державна служба статистики України, 2013. – 402 с.

176. Соціально-демографічні характеристики домогосподарств України у 2012 році (за даними вибіркового обстеження умов життя домогосподарств України): Статистичний збірник. – К. : Державна служба статистики України, 2012. – 324 с.

177. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. Third Edition. – New York : United Nations, 2007. – 93 p.

Додаток А

Аналіз підходів до визначення поняття «система»

Таблиця А.1 – Аналіз підходів до визначення поняття «система»

Назва	Змістовність визначення	Варіанти визначення
Математичний підхід	Система як сукупність частин, пов'язаних між собою	<ol style="list-style-type: none"> 1. У загальному і широкому сенсі системою прийнято називати складне утворення, що складається з безлічі взаємозалежних елементів, які як єдине ціле взаємодіють із зовнішнім середовищем [27]. 2. Г. Бергман: «На даний час досить розглянути систему як групу фізичних об'єктів в обмеженому просторі, яка залишається тотожною як група в оціненому періоді часу» [28]. 3. Г. Є. Зборовський і Г. П. Орлов: «Система – це ансамбль взаємопов'язаних елементів» [28]. 4. К. Черрі: «Система є ціле, складене з багатьох частин. Ансамбль ознак» [28]. 5. А Холл, Р. Фейджи: «Система – це безліч елементів з відносинами між ними і між їх атрибутами» [29]. 6. К. Уотт «Система – це комплекс, що характеризується багатьма взаємними шляхами причинно-наслідкових впливів» [28].
Кібернетичний підхід	Система як «чорний ящик», що має зв'язки з НС через входи і виходи	<ol style="list-style-type: none"> 1. У. Росс Ешбі: «Система – будь-яка сукупність змінних, яку спостерігач вибирає з змінних, властивих реальній «машині» [28]. 2. Т. Бус: «Теорія систем виходить з припущення, що зовнішня поведінка будь-якого фізичного пристрою може бути описана відповідною математичною моделлю, яка ідентифікує всі критичні властивості, що впливають на операції пристрою. Математична модель, що формується у результаті, називається системою» [28]. 3. Система являє собою відображення входів і станів об'єкта в його виходах [30]. 4. О. Ланге: Система є «безліч пов'язаних, діючих елементів, розглядає зв'язок – один з видів відносин» [28].
Цільовий підхід	Система як утворення, сформоване для досягнення певної мети	<ol style="list-style-type: none"> 1. Система – це «складна єдність, сформована багатьма, як правило, різними факторами, що має загальний план або служить для досягнення спільної мети» [28]. 2. І. М. Верещагін: Система визначається як «організований комплекс засобів досягнення загальної мети» [28]. 3. Система – це функціональна сукупність матеріальних утворень, спрямованих на досягнення певного результату, необхідного для задоволення початкової потреби [31].

Закінчення таблиці А.1

Назва	Змістовність визначення	Варіанти визначення
Характеристичний підхід	Система як сукупність характеристик, що її визначають	<ol style="list-style-type: none"> 1. Система – це сукупність елементів, організованих таким чином, що зміна, виключення і введення нового елемента закономірно відбивається на інших елементах [32]. 2. Системою є сукупність елементів, що знаходяться у відносинах і зв'язках між собою і визначають певну цілісність, єдність [33]. 3. Система – безліч елементів, що знаходяться у відносинах і зв'язках один з одним, які утворюють певну цілісність, єдність [28]. 4. Системою буде будь-який об'єкт, в якому має місце якесь відношення, яке задовольняє деяким заздалегідь певним властивостям [22].

Додаток Б

Класифікація існуючих систем моніторингу

Таблиця Б.1 – Класифікація існуючих систем моніторингу

Види спостережень	Система моніторингу	Мета і завдання
Спостереження за реакцією складових біосфери	Біологічний моніторинг	Визначення стану живої складової біосфери, відгуку біоти на антропогенний вплив, аналіз її відхилення від нормального природного стану на різних рівнях дослідження
	Геофізичний моніторинг	Визначення реакції неживої складової в мікро-, макромасштабах; реакція і аналіз стану погоди, клімату, тектоносфери; моніторинг чинників, пов'язаних із забрудненням: сонячної радіації, каламутності атмосфери, температури тощо.
За чинниками і об'єкта впливу	Інгредієнтний моніторинг	Моніторинг забруднювачів включно з електромагнітними випромінюваннями, теплом, шумом; дослідження найбільш токсичних, стійких, рухливих (мобільних) речовин; аналіз речовин, що мають небезпечні дочірні продукти (при розпаді і перетвореннях), а також небезпечних у результаті впливу, поєднання з іншими речовинами.
	Моніторинг середовищ	Визначення стану: а) атмосфери – приземного шару і верхньої атмосфери, атмосферних опадів; б) гідросфери – поверхневих вод (води річок, озер і водосховищ), вод океанів і морів, підземних вод; в) літосфери, в тому числі ґрунту. Дослідження шляхів переходів з одного середовища в інше, перенесення, поширення і міграції забруднюючих речовин.
	Моніторинг об'єктів впливу	Дослідження стану живих організмів, що піддаються впливу, по їх кількості, біомасі, щільності популяції тощо. Виділення: а) пріоритетних популяцій з позицій збереження системи, що своєю присутністю забезпечують стан благополуччя тієї чи іншої системи; б) популяцій, більш чутливих або критичних до даного впливу; в) популяцій (видів) – індикаторів.
За масштабами впливу	Детальний моніторинг	Дослідження у межах територій і зон впливів окремих підприємств, заводів, господарських комплексів, родовищ тощо.
	Локальний моніторинг	Аналіз впливу в межах міста, району.
	Регіональний	Дослідження систем в межах краю, області чи в

Закінчення таблиці Б.1

Види спостережень	Система моніторингу	Мета і завдання
	моніторинг	межах декількох областей. Забезпечення оцінки змін територій комплексного антропогенного освоєння.
	Національний моніторинг	Аналіз у межах країни. Дотримання законодавства в галузі охорони надр та екології, систематичного контролю за станом усіх компонентів навколишнього середовища, забезпечення ефективної та екологічно безпечної інженерно-господарської діяльності.
	Глобальний моніторинг	Спостереження за станом і прогнозування можливих змін загальносвітових процесів і явищ, включаючи антропогенний вплив на стан біосфери в цілому.

Додаток В

Характеристика показників стану екологічної безпеки

Таблиця В.1 – Характеристика показників стану екологічної безпеки [77]

Показники стану окремих систем навколишнього природного середовища, одиниця виміру	Порогове значення
Атмосферне повітря	
Індекс забруднення атмосфери (ІЗА), од. Визначається сумою відношення концентрацій забруднюючих речовин до гранично допустимих норм.	Не більше 1
Індекс річних викидів шкідливих речовин в атмосферу, од. Застосовується для оцінки потенціалу безпеки в екологічній сфері, враховує річні темпи зростання викидів шкідливих речовин в атмосферу. Значення показника означає зниження обсягів викинутих в повітря шкідливих речовин.	Менше 1
Земельні ресурси	
Коефіцієнт екологічної стабільності, од. Використовується для характеристики безпеки землекористування, є критерієм ефективності землекористування, що гарантує безпечність. У межах регіонів країни цей показник коливається від 0,74 у Закарпатській області до 0,28 у Дніпропетровській, Запорізькій та Миколаївській областях.	У межах 0,51–0,67
Рівень розораності території, %. Визначає оптимальні екологічні параметри структури землекористування за умови врахування обмежень на частку ораних площ від загального розміру дослідженої території. Згідно з існуючими нормами, розораність земель на рівні 60–80 % є несприятливою; 25–60% – умовно сприятливою; менше 25% – сприятливою. Розораність земель в Україні складає 53,8 %, що є найвищою серед країн Європи: у Франції і Німеччині рівень розораності земель становить – 33 %, в Іспанії – 30 %, Нідерландах – 24 %.	Не більше 60 %
Ліси	
Рівень лісистості території держави, % . Встановлюється відношенням площ, вкритих лісами, до загальної площі території.	Не менше 20 %
Коефіцієнт відтворення лісів відповідно до площі суцільних рубок	Не менше 2

Закінчення таблиці В.1

Показники стану окремих систем навколишнього природного середовища, одиниця виміру	Порогове значення
(рівень відтворення лісів), од. Величина розраховується за співвідношенням відновлених лісових площ до загальної території вирубок.	
Водні ресурси	
Індекс забрудненості поверхневих вод (ІЗВ), од. ІЗВ розраховується за гідрохімічними та гідробіологічними показниками. За його значенням визначається клас якості води, передбачено 7 класів, де при значенні зазначеного індексу в межах $0,3 < \text{ІЗВ} < 1$ вода вважається чистою, в межах $1 < \text{ІЗВ} < 2,5$ – помірно забруднена.	Не більше 2,5 од.
Потужність споруд оборотного водопостачання об'єктів господарювання, тис. м ³ на добу Потужність споруд оборотного водопостачання об'єктів господарювання відповідно до Закону України «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» на рівні 80 тис. м ³ на добу вважається граничною.	Не менше 80 тис. м ³ на добу

Додаток Г

Оцінка рівня екологічної безпеки районів Харківської області

Таблиця Г.1 – Характеристика техногенного впливу на навколишнє середовище в районах Харківської області

Райони	Викиди від стаціонарних джерел забруднення, тис. т.				Викиди від пересувних джерел забруднення, т	Проби атмосферного повітря з перевищенням ГДК, %
	Діоксид сірки	Діоксид азоту	Оксид вуглецю	Всього викидів		
Балаклійський р-н	0,0600	1,0370	0,6690	3,9780	3873,7	0,4
Барвінківський р-н	0,0040	0,0020	0,0010	0,0680	965,2	4,4
Близнюківський р-н	0,0080	0,0020	0,0003	0,1570	863,6	3,3
Богодухівський р-н	0,0040	0,0030	0,0010	0,3430	1637,1	0,0
Борівський р-н	0,0230	0,1890	0,0530	0,6400	650,8	5,3
Валківський р-н	0,0010	0,0170	0,0130	0,5290	1253,2	0,0
Великобурлуцький р-н	0,0070	0,0150	0,0220	0,8150	1177,8	0,0
Вовчанський р-н	0,1300	0,0710	0,0500	0,5590	1934,7	0,0
Дворічанський р-н	0,0000	0,0001	0,0004	0,0820	962,3	0,0
Дергачівський р-н	0,3790	0,7520	0,8130	2,5090	2662,7	0,9
Зачепилівський р-н	0,0001	0,0004	0,0003	0,2890	584,5	0,0
Зміївський р-н	12,454	2,1200	1,2750	23,432	2276,4	2,2
Золочівський р-н	0,0030	0,0030	0,0004	0,1010	1205,5	1,7
Ізюмський р-н	0,0100	0,0060	0,0040	0,2510	966,6	2,3
Кегичівський р-н	0,0040	0,0220	0,0190	0,8210	1142,8	0,0
Коломацький р-н	0,0010	0,0530	0,0006	0,1330	325,2	0,0
Красноградський р-н	0,0260	0,2510	0,1770	1,7170	3562,1	0,9
Краснокутський р-н	0,0020	0,0060	0,0030	0,1780	1162,6	0,0
Куп'янський р-н	0,0080	0,0008	0,0004	0,2950	1136,7	3,6
Лозівський р-н	0,0070	0,0150	0,0000	0,0980	1175,1	7,1
Нововодолазький р-н	0,0050	0,0170	0,0130	0,4040	1380,8	0,0
Первомайський р-н	0,0003	0,0060	0,0050	0,3650	811,7	0,0
Печенізький р-н	0,0000	0,0002	0,0001	0,0446	391,8	0,0
Сахновщинський р-н	0,3200	0,0020	0,0020	0,1070	879,6	4,4
Харківський р-н	0,0030	0,0240	0,0270	1,0380	6402,1	1,0
Чугуївський р-н	3,0460	1,2960	0,5260	7,2010	1780,5	2,5
Шевченківський р-н	0,0050	0,0030	0,0040	0,2200	1061,3	0,0

Таблиця Г.2 – Параметри становища району як навколишнього середовища для підприємства

Райони	Видобуток води, тис. м ³ /добу	Площа екомережі до всієї площі району, %	Кількість сміттєзвалищ	Площа під твердими побутовими відходами	Кількість живонароджених	Кількість померлих	Кількість померлих дітей у віці до 1 року
Балаклійський р-н	8,167	13,6	2	21,700	601	1105	7
Барвінківський р-н	0,678	2,8	1	5,000	182	401	2
Близнюківський р-н	1,700	1,8	1	5,000	182	334	2
Богодухівський р-н	3,168	2,6	1	5,565	329	566	1
Борівський р-н	0,981	18,5	11	20,189	134	284	1
Валківський р-н	2,429	1,5	4	6,500	247	470	4
Великобурлуцький р-н	3,039	7,8	2	5,500	180	366	1
Вовчанський р-н	3,883	7,3	3	8,500	356	761	1
Дворічанський р-н	11,329	7,7	1	1,200	126	269	0
Дергачівський р-н	1,461	1,7	3	8,360	749	1361	11
Зачепилівський р-н	19,897	8,4	2	4,000	113	221	3
Зміївський р-н	1,212	17,6	2	15,530	530	1116	4
Золочівський р-н	1,680	4,3	3	4,350	226	448	3
Ізюмський р-н	8,842	8,1	0	0,000	145	342	0
Кегичівський р-н	4,925	0,5	2	7,850	187	300	1
Коломацький р-н	0,611	0,0	1	1,000	54	155	1
Красноградський р-н	1,643	6,3	14	17,600	323	632	5
Краснокутський р-н	5,882	6,4	3	5,500	195	444	1
Куп'янський р-н	7,446	5,2	0	0,000	174	436	2
Лозівський р-н	3,206	7,4	2	5,400	246	443	3
Нововодолазький р-н	2,182	1,5	5	8,630	318	562	2
Первомайський р-н	1,452	3,5	0	0,000	122	269	2
Печенізький р-н	0,438	59,7	5	4,400	61	168	0
Сахновщинський р-н	1,864	3,9	1	6,000	193	333	3
Харківський р-н	48,425	3,0	0	0,000	1413	2502	11
Чугуївський р-н	5,151	6,4	0	0,000	338	698	5
Шевченківський р-н	2,155	4,7	1	9,910	158	295	0

Таблиця Г.3 – Максимально досяжні параметри становища району як навколишнього середовища для підприємства

Викиди від стаціонарних джерел забруднення, тис. т.				Викиди від пересувних джерел забруднення, т	Проби атмосферного повітря з перевищенням ГДК, %
Діоксид сірки	Діоксид азоту	Оксид вуглецю	Всього викидів		
min	min	min	min	min	Min
0	0,0001	0	0,045	266,2	0

Таблиця Г.4 – Максимально досяжні параметри становища району як навколишнього середовища для підприємства

Видобуток води, тис. м ³ /добу	Площа екомережі до всієї площі району, %	Кількість сміттєзвалищ	Площа під твердими побутовими відходами	Кількість живонароджених	Кількість померлих	Кількість померлих дітей у віці до 1 року
min	max	min	min	max	min	max
0,438	59,7	0	0	1413	155	0

Таблиця Г.5 – Нормування показників техногенного впливу на навколишнє середовище в районах Харківської області

Райони	Викиди від стаціонарних джерел забруднення				Викиди від пересувних джерел забруднення	Проби атмосферного повітря з перевищенням ГДК
	Діоксид сірки	Діоксид азоту	Оксид вуглецю	Всього викидів		
Балаклійський р-н	600000	10370	0,6690	88,4	11,913	0,4
Барвінківський р-н	40000	20	0,0010	1,511	2,968	4,4
Близнюківський р-н	80000	20	0,0003	3,489	2,656	3,3
Богодухівський р-н	40000	30	0,0010	7,622	5,034	0,0
Борівський р-н	0,0230	1890	0,0530	14,222	2,001	5,3
Валківський р-н	0,0010	170	0,0130	11,756	3,853	0,0
Великобурлуцький р-н	0,0070	150	0,0220	18,111	3,622	0,0
Вовчанський р-н	0,1300	710	0,0500	12,422	5,95	0,0
Дворічанський р-н	0,0000	1	0,0004	1,822	2,959	0,0
Дергачівський р-н	0,3790	7520	0,8130	55,756	8,189	0,9
Зачепилівський р-н	0,0001	4	0,0003	6,422	1,797	0,0
Зміївський р-н	12,454	21200	1,2750	520,711	6,999	2,2
Золочівський р-н	0,0030	30	0,0004	2,244	3,708	1,7
Ізюмський р-н	0,0100	60	0,0040	5,578	2,972	2,3
Кегичівський р-н	0,0040	220	0,0190	18,244	3,515	0,0
Коломацький р-н	0,0010	530	0,0006	2,296	1	0,0
Красноградський р-н	0,0260	2510	0,1770	38,156	10,953	0,9
Краснокутський р-н	0,0020	60	0,0030	3,956	3,576	0
Куп'янський р-н	0,0080	8	0,0004	6,556	3,496	3,6
Лозівський р-н	0,0070	150	0,0000	2,178	3,613	7,1
Нововодолазький р-н	0,0050	170	0,0130	8,978	4,247	0,0
Первомайський р-н	0,0003	60	0,0050	8,111	2,496	0,0
Печенізький р-н	0,0000	2	0,0001	1	1,205	0,0
Сахновщинський р-н	0,3200	20	0,0020	2,378	2,705	4,4
Харківський р-н	0,0030	240	0,0270	23,067	19,686	1,0
Чугуївський р-н	3,0460	12960	0,5260	160,022	5,474	2,5
Шевченківський р-н	0,0050	30	0,0040	4,889	3,263	0,0

Таблиця Г.6 – Нормування параметрів становища району як навколишнього середовища для підприємства

Райони	Видобуток води	Площа екомережі до всієї площі району	Кількість сміттєзвалищ	Площа під твердими побутовими відходами	Кількість живонароджених	Кількість померлих	Кількість померлих дітей у віці до 1 року
Балаклійський р-н	18,646	0,228	2	21,700	0,425	7,129	7
Барвінківський р-н	1,548	0,047	1	5,000	0,129	2,587	2
Близнюківський р-н	3,881	0,03	1	5,000	0,129	2,155	2
Богодухівський р-н	7,233	0,044	1	5,565	0,233	3,652	1
Борівський р-н	2,24	0,31	11	20,189	0,095	1,832	1
Валківський р-н	5,546	0,025	4	6,500	0,175	3,032	4
Великобурлуцький р-н	6,938	0,131	2	5,500	0,127	2,361	1
Вовчанський р-н	8,865	0,122	3	8,500	0,252	4,91	1
Дворічанський р-н	25,865	0,129	1	1,200	0,089	1,735	0
Дергачівський р-н	3,336	0,028	3	8,360	0,53	8,781	11
Зачепилівський р-н	45,427	0,141	2	4,000	0,08	1,426	3
Зміївський р-н	2,767	0,295	2	15,530	0,375	7,2	4
Золочівський р-н	3,836	0,072	3	4,350	0,16	2,89	3
Ізюмський р-н	20,187	0,136	0	0,000	0,103	2,206	0
Кегичівський р-н	11,244	0,008	2	7,850	0,132	1,935	1
Коломацький р-н	1,395	0	1	1,000	0,038	1	1
Красноградський р-н	3,751	0,106	14	17,600	0,229	4,077	5
Краснокутський р-н	13429	0,107	3	5,500	0,138	2,865	1
Куп'янський р-н	17	0,087	0	0,000	0,123	2,813	2
Лозівський р-н	7,32	0,124	2	5,400	0,174	2,858	3
Нововодолазький р-н	4,982	0,025	5	8,630	0,225	3,626	2
Первомайський р-н	3,15	0,059	0	0,000	0,086	1,735	2
Печенізький р-н	1	1	5	4,400	0,043	1,084	0
Сахновщинський р-н	4,256	0,065	1	6,000	0,137	2,148	3
Харківський р-н	110,559	0,05	0	0,000	1	16,142	11
Чугуївський р-н	11,76	0,107	0	0,000	0,239	4,503	5
Шевченківський р-н	4,92	0,079	1	9,910	0,112	1,903	0

Таблиця Г.7 – Відхилення від відповідності показників техногенного впливу на навколишнє середовище в районах Харківської області

Райони	Викиди від стаціонарних джерел забруднення				Викиди від пересувних джерел забруднення	Проби атмосферного повітря з перевищенням ГДК
	Діоксид сірки	Діоксид азоту	Оксид вуглецю	Всього викидів		
Балаклійський р-н	0,075	0,489	0,260	0,168	0,584	0,085
Барвінківський р-н	0,080	0,001	0,784	0,001	0,105	0,479
Близнюківський р-н	0,080	0,001	0,784	0,005	0,089	0,324
Богодухівський р-н	0,080	0,001	0,784	0,013	0,216	0,141
Борівський р-н	0,078	0,089	0,743	0,025	0,054	0,606
Валківський р-н	0,080	0,008	0,774	0,021	0,153	0,141
Великобурлуцький р-н	0,080	0,007	0,767	0,033	0,140	0,141
Вовчанський р-н	0,070	0,033	0,745	0,022	0,265	0,141
Дворічанський р-н	0,080	0,000	0,784	0,002	0,105	0,141
Дергачівський р-н	0,050	0,355	0,147	0,105	0,385	0,014
Зачепилівський р-н	0,080	0,000	0,784	0,010	0,043	0,141
Зміївський р-н	0,920	1,000	0,216	1,000	0,321	0,169
Золочівський р-н	0,080	0,001	0,784	0,002	0,145	0,099
Ізюмський р-н	0,079	0,003	0,781	0,009	0,106	0,183
Кегичівський р-н	0,080	0,010	0,769	0,033	0,135	0,141
Коломацький р-н	0,080	0,025	0,784	0,004	0,000	0,141
Красноградський р-н	0,078	0,118	0,645	0,071	0,533	0,014
Краснокутський р-н	0,080	0,003	0,782	0,006	0,138	0,141
Куп'янський р-н	0,080	0,000	0,784	0,011	0,134	0,366
Лозівський р-н	0,080	0,007	0,784	0,002	0,140	0,859
Нововодолазький р-н	0,080	0,008	0,774	0,015	0,174	0,141
Первомайський р-н	0,080	0,003	0,780	0,014	0,080	0,141
Печенізький р-н	0,080	0,000	0,784	0,000	0,011	0,141
Сахновщинський р-н	0,055	0,001	0,783	0,003	0,091	0,479
Харківський р-н	0,080	0,011	0,763	0,042	1,000	0,000
Чугуївський р-н	0,164	0,611	0,372	0,306	0,239	0,211
Шевченківський р-н	0,080	0,001	0,781	0,007	0,121	0,141

Таблиця Г.8 – Відхилення від відповідності параметрів становища району як навколишнього середовища для підприємства

Райони	Видобуток води	Площа екомережі до всієї площі району	Кількість сміттєзвалищ	Площа під твердими побутовими відходами	Кількість живонароджених	Кількість померлих	Кількість померлих дітей у віці до 1 року
Балаклійський р-н	0,161	0,772	0,071	0,954	0,597	0,405	0,545
Барвінківський р-н	0,005	0,953	0,000	0,184	0,906	0,105	0,091
Близнюківський р-н	0,026	0,970	0,000	0,184	0,906	0,076	0,091
Богодухівський р-н	0,057	0,956	0,000	0,210	0,798	0,175	0,000
Борівський р-н	0,011	0,690	0,714	0,884	0,941	0,055	0,000
Валківський р-н	0,041	0,975	0,214	0,253	0,858	0,134	0,273
Великобурлуцький р-н	0,054	0,869	0,071	0,207	0,907	0,090	0,000
Вовчанський р-н	0,072	0,878	0,143	0,346	0,778	0,258	0,000
Дворічанський р-н	0,227	0,871	0,000	0,009	0,947	0,049	0,091
Дергачівський р-н	0,021	0,972	0,143	0,339	0,489	0,514	0,909
Зачепилівський р-н	0,406	0,859	0,071	0,138	0,957	0,028	0,182
Зміївський р-н	0,016	0,705	0,071	0,670	0,650	0,409	0,273
Золочівський р-н	0,026	0,928	0,143	0,154	0,873	0,125	0,182
Ізюмський р-н	0,175	0,864	0,071	0,046	0,933	0,080	0,091
Кегичівський р-н	0,094	0,992	0,071	0,316	0,902	0,062	0,000
Коломацький р-н	0,036	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
Красноградський р-н	0,025	0,894	0,929	0,765	0,802	0,203	0,364
Краснокутський р-н	0,113	0,893	0,143	0,207	0,896	0,123	0,000
Куп'янський р-н	0,146	0,913	0,071	0,046	0,912	0,120	0,091
Лозівський р-н	0,058	0,876	0,071	0,203	0,859	0,123	0,182
Нововодолазький р-н	0,036	0,975	0,286	0,352	0,806	0,173	0,091
Первомайський р-н	0,021	0,941	0,071	0,046	0,950	0,049	0,091
Печенізький р-н	0,000	0,000	0,286	0,157	0,995	0,006	0,091
Сахновщинський р-н	0,030	0,935	0,000	0,230	0,898	0,076	0,182
Харківський р-н	1,000	0,950	0,071	0,046	0,000	1,000	0,909
Чугуївський р-н	0,098	0,893	0,071	0,046	0,791	0,231	0,364
Шевченківський р-н	0,036	0,921	0,000	0,411	0,923	0,060	0,091

Таблиця Г.9 – Відхилення від відповідності показників техногенного впливу на навколишнє середовище в районах Харківської області

Райони	Викиди від стаціонарних джерел забруднення				Викиди від пересувних джерел забруднення	Проби атмосферного повітря з перевищенням ГДК
	Діоксид сірки	Діоксид азоту	Оксид вуглецю	Всього викидів		
Балаклійський р-н	1	0	0	1	0	1
Барвінківський р-н	1	1	0	1	1	0
Близнюківський р-н	1	1	0	1	1	0
Богодухівський р-н	1	1	0	1	0	1
Борівський р-н	1	1	0	1	1	0
Валківський р-н	1	1	0	1	1	1
Великобурлуцький р-н	1	1	0	1	1	1
Вовчанський р-н	1	1	0	1	0	1
Дворічанський р-н	1	1	0	1	1	1
Дергачівський р-н	1	0	1	1	0	1
Зачепилівський р-н	1	1	0	1	1	1
Зміївський р-н	0	0	0	0	0	1
Золочівський р-н	1	1	0	1	1	1
Ізюмський р-н	1	1	0	1	1	1
Кегичівський р-н	1	1	0	1	1	1
Коломацький р-н	1	1	0	1	1	1
Красноградський р-н	1	1	0	1	0	1
Краснокутський р-н	1	1	0	1	1	1
Куп'янський р-н	1	1	0	1	1	0
Лозівський р-н	1	1	0	1	1	0
Нововодолазький р-н	1	1	0	1	1	1
Первомайський р-н	1	1	0	1	1	1
Печенізький р-н	1	1	0	1	1	1
Сахновщинський р-н	1	1	0	1	1	0
Харківський р-н	1	1	0	1	0	1
Чугуївський р-н	1	0	0	0	0	0
Шевченківський р-н	1	1	0	1	1	1

Таблиця Г.10 – Фактори дестабілізації становища району як навколишнього середовища для підприємства

Райони	Видобуток води, тис. м ³ /добу	Площа екомережі до всієї площі району, %	Кількість сміттєзвалищ	Площа під твердими побутовими відходами	Кількість живонароджених	Кількість померлих	Кількість померлих дітей у віці до 1 року
Балаклійський р-н	1	0	1	0	0	0	0
Барвінківський р-н	1	0	1	1	0	1	1
Близнюківський р-н	1	0	1	1	0	1	1
Богодухівський р-н	1	0	1	0	0	1	1
Борівський р-н	1	0	0	0	0	1	1
Валківський р-н	1	0	0	0	0	1	0
Великобурлуцький р-н	1	0	1	0	0	1	1
Вовчанський р-н	1	0	1	0	0	0	1
Дворічанський р-н	0	0	1	1	0	1	1
Дергачівський р-н	1	0	1	0	0	0	0
Зачепилівський р-н	0	0	1	1	0	1	1
Зміївський р-н	1	0	1	0	0	0	0
Золочівський р-н	1	0	1	1	0	1	1
Ізюмський р-н	1	0	1	1	0	1	1
Кегичівський р-н	1	0	1	0	0	1	1
Коломацький р-н	1	0	1	1	0	1	1
Красноградський р-н	1	0	0	0	0	0	0
Краснокутський р-н	1	0	1	0	0	1	1
Куп'янський р-н	1	0	1	1	0	1	1
Лозівський р-н	1	0	1	0	0	1	1
Нововодолазький р-н	1	0	0	0	0	1	1
Первомайський р-н	1	0	1	1	0	1	1
Печенізький р-н	1	1	0	1	0	1	1
Сахновщинський р-н	1	0	1	0	0	1	1
Харківський р-н	0	0	1	1	1	0	0
Чугуївський р-н	1	0	1	1	0	0	0
Шевченківський р-н	1	0	1	0	0	1	1

На першому кроці дослідження, $t=1$

$$v_1^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.1 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

На другому кроці дослідження, $t=2$

$$v_2^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & -0.1 & -0.1 & -0.1 & -0.1 & 0 & 0.1 & 0 & 0 & -0.1 & -0.1 & 0 & 0 & 0 & -0.1 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

На третьому кроці дослідження, $t=3$

$$v_3^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \\ \hline 1 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & -0.1 & 0 & 0 & -0.1 & -0.1 & 0.1 & -0.1 & 0 & 0 & 0 & -0.1 & 0 & 0.1 & 0 & -0.1 & 0 & -0.1 \end{array}$$

На четвертому кроці дослідження, $t=4$

$$v_4^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \\ \hline 1 & 0.5 & 0.5 & 0.6 & -0.2 & -0.2 & -0.1 & -0.2 & 0 & 0.1 & 0 & 0 & -0.2 & -0.1 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & -0.1 & 0.6 \end{array}$$

Рисунок Г.1 – Результати імпульсного аналізу для першої альтернативи регулювання екологічної безпеки для чотирьох часових відрізків за розрахунковими формулами (3.13–3.14)

На першому кроці дослідження, $t=1$

$$v_1^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.1 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

На другому кроці дослідження, $t=2$

$$v_2^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.1 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

На третьому кроці дослідження, $t=3$

$$v_3^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \\ \hline 1 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & -0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.1 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.1 & 0 & 0 \end{array}$$

На четвертому кроці дослідження, $t=4$

$$v_4^T = \begin{array}{c|cccccccccccccccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 \\ \hline 1 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0 & -0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.1 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0.1 & 0 & 0.1 & -0.1 & -0.1 & 0.1 \end{array}$$

Рисунок Г.2 – Результати імпульсного аналізу для другої альтернативи регулювання екологічної безпеки для чотирьох часових відрізків за розрахунковими формулами (3.13–3.14)

Додаток Д

Оцінка рівня екологічної безпеки регіонів України

Таблиця Д. 1 – Моніторингові еколого-соціально-економічні показники стану регіонів України відповідно до міжнародної класифікації за концепцією сталого розвитку (CSD Indicators of Sustainable Development)

№	Показники з оцінки рівня екобезпеки стану регіонів відповідно до звітної інформації щодо еколого-соціально-економічного розвитку України	Перелік показників безпечності згідно з класифікаційною системою індикаторів ООН за концепцією сталого розвитку*		Систематизація показників з оцінки рівня екологічної безпеки за розробленим методичним забезпеченням
		Тема (Theme)	Підтема (Sub-Theme)	
1	Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т (<i>Generation of waste</i>)	Consumption and production patterns	Waste generation and management	Економічні
2	Забруднення атмосферного повітря від автотранспорту, тис. т (<i>Generation of hazardous waste</i>)	Consumption and production patterns	Waste generation and management	Економічні
3	Викиди в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення, тис. т (<i>Generation of hazardous waste</i>)	Consumption and production patterns	Waste generation and management	Економічні
4	Потужність очисних споруд (<i>Wastewater treatment</i>)	Freshwater	Water quality	Екологічні
5	Скиди забруднених вод у поверхневі водні об'єкти, млн. м ³ (<i>Wastewater treatment</i>)	Freshwater	Water quality	Екологічні
6	Обсяг зворотних вод, млн. м ³ (<i>Generation of waste</i>)	Consumption and production patterns	Waste generation and management	Економічні
7	Обсяги використання свіжої води, млн. м ³ (<i>Proportion of total water resources used</i>)	Freshwater	Water quantity	Екологічні
8	Обсяг утворених відходів 1-3 класів небезпеки, тис. т (<i>Generation of waste</i>)	Consumption and production patterns	Waste generation and management	Економічні
9	Обсяг утворених відходів 4 класу небезпеки, т	Consumption and production	Waste generation and management	Економічні

Продовження таблиці Д.1

№	Показники з оцінки рівня екобезпеки стану регіонів відповідно до звітної інформації щодо еколого-соціально-економічного розвитку України	Перелік показників безпечності згідно з класифікаційною системою індикаторів ООН за концепцією сталого розвитку*		Систематизація показників з оцінки рівня екологічної безпеки за розробленим методичним забезпеченням
		Тема (Theme)	Підтема (Sub-Theme)	
	<i>(Generation of hazardous waste)</i>	patterns		
10	Загальний обсяг відходів 1-3 класів небезпеки, тис. т <i>(Waste treatment and disposal)</i>	Consumption and production patterns	Waste generation and management	Економічні
11	Загальний обсяг відходів 4 класу небезпеки, тис. т <i>(Waste treatment and disposal)</i>	Consumption and production patterns	Waste generation and management	Економічні
12	Питомі об'єми використання води, м ³ / на особу <i>(Proportion of total water resources used)</i>	Freshwater	Water quantity	Екологічні
13	Загальний вміст пилу в атмосферному повітрі, тис. т <i>(Ambient concentration of air pollutants in urban areas)</i>	Atmosphere	Air quality	Екологічні
14	Загальний вміст діоксиду сірки в атмосферному повітрі, тис. т <i>(Emissions of greenhouse gases)</i>	Atmosphere	Air quality	Екологічні
15	Загальний вміст діоксиду азоту в атмосферному повітрі, тис. т <i>(Emissions of greenhouse gases)</i>	Atmosphere	Climate change	Екологічні
16	Загальний вміст діоксиду вуглецю в атмосферному повітрі, тис. т <i>(Carbon dioxide emissions)</i>	Atmosphere	Climate change	Екологічні
17	Питоме техногенне навантаження, кг/км ² території <i>(Generation of waste)</i>	Consumption and production patterns	Waste generation and management	Економічні
18	Питоме техногенне навантаження на населення, кг/ на особу <i>(Generation of waste)</i>	Consumption and production patterns	Waste generation and management	Економічні

Продовження таблиці Д.1

№	Показники з оцінки рівня екобезпеки стану регіонів відповідно до звітної інформації щодо еколого-соціально-економічного розвитку України	Перелік показників безпечності згідно з класифікаційною системою індикаторів ООН за концепцією сталого розвитку*		Систематизація показників з оцінки рівня екологічної безпеки за розробленим методичним забезпеченням
		Тема (Theme)	Підтема (Sub-Theme)	
19	Приріст населення за 2012 р, осіб (<i>Population growth rate</i>)	Demographics	Population	Соціальні
20	Народжуваність, осіб (<i>Total fertility rate</i>)	Demographics	Population	Соціальні
21	Померлі до 1 року, осіб (<i>Under-five mortality rate</i>)	Health	Mortality	Соціальні
22	Приріст населення за рахунок зовнішньої міграції, осіб (<i>Population growth rate</i>)	Demographics	Population	Соціальні
23	Кількість домогосподарств з дітьми, тис (<i>Dependency ratio</i>)	Demographics	Population	Соціальні
24	Відсоток домогосподарств, житло яких оснащено водопроводом, % (<i>Proportion of population using an improved water source</i>)		Drinking water	Соціальні
25	Оснащення гарячим водопостачанням, відсоток домогосподарств, % (<i>Proportion of population using an improved sanitation facility</i>)	Poverty	Sanitation	Соціальні
26	Низький рівень житлових умов, % домогосподарств (<i>Proportion of urban population living in slums</i>)	Poverty	Living conditions	Соціальні
27	Високий рівень житлових умов, % домогосподарств (<i>Proportion of urban population living in slums</i>)	Poverty	Living conditions	Соціальні
28	Населення у віці від 16 років з повною вищою освітою (<i>Gross intake ratio to last grade of primary education</i>)	Education	Education level	Соціальні
29	Населення у віці від 16 років з повною середньою освітою, % (<i>Adult literacy rate</i>)	Education	Legacy	Соціальні

Продовження таблиці Д.1

№	Показники з оцінки рівня екобезпеки стану регіонів відповідно до звітної інформації щодо еколого-соціально-економічного розвитку України	Перелік показників безпечності згідно з класифікаційною системою індикаторів ООН за концепцією сталого розвитку*		Систематизація показників з оцінки рівня екологічної безпеки за розробленим методичним забезпеченням
		Тема (Theme)	Підтема (Sub-Theme)	
30	Рівень неграмотності населення, % (<i>Adult literacy rate</i>)	Education	Legacy	Соціальні
31	Рівень заняття спортом серед жінок, не менше 1 разу на тиждень, % (<i>Heath status and risks</i>)	Health	Heath status and risks	Соціальні
32	Рівень заняття спортом серед чоловіків, не менше 1 разу на тиждень, % (<i>Heath status and risks</i>)	Health	Heath status and risks	Соціальні
33	Неповні домогосподарства (без дітей, складаються з однієї особи), тис. (<i>Dependency ratio</i>)	Demographics	Population	Соціальні
34	Середньомісячна заробітна плата, грн (<i>Ratio of share in national income of highest to lowest quintile</i>)	Poverty	Income poverty	Соціальна
35	Сума заборгованості заробітної плати, млн. грн (<i>Ratio of share in national income of highest to lowest quintile</i>)	Poverty	Income inequality	Соціальні
36	Обсяги будівельних робіт, млн. грн. (<i>Material intensity of the economy</i>)	Consumption and production patterns	Material consumption	Економічні
37	Обсяг експортованих товарів, млн. долл (<i>Average tariff barriers imposed on exports from developing countries and LDCs</i>)	Global economic partnership	Trade	Економічні
38	Обсяг реалізованої промислової продукції, млн.грн (<i>Gross domestic product (GDP) per capita</i>)	Economic development	Macroeconomic performance	Економічні
39	Рівень безробіття, тис.чол. (<i>Vulnerable employment</i>)	Economic development	Employment	Економічні

Закінчення таблиці Д.1

№	Показники з оцінки рівня екобезпеки стану регіонів відповідно до звітної інформації щодо еколого-соціально-економічного розвитку України	Перелік показників безпечності згідно з класифікаційною системою індикаторів ООН за концепцією сталого розвитку*		Систематизація показників з оцінки рівня екологічної безпеки за розробленим методичним забезпеченням
		Тема (Theme)	Підтема (Sub-Theme)	
40	Обсяг добування водних живих ресурсів, т (<i>Proportion of fish stocks within safe biological limits</i>)	Oceans, seas and coasts	Fisheries	Екологічні
41	Обсяг капітальних інвестицій, млн. грн (<i>Foreign direct investment (FDI) net inflows and net outflows as percentage of GDP</i>)	Global economic partnership	External financing	Економічні
42	Рівень забезпеченості економіки (кількість підприємств), тис. (<i>GDP per capita</i>)	Economic development	Macroeconomic performance	Економічні
43	Працевлаштування, тис. осіб (<i>Employment-population ratio</i>)	Economic development	Employment	Економічні
44	Рівень розвитку господарства, кількість суб'єктів господарювання (<i>GDP per capita</i>)	Economic development	Macroeconomic performance	Економічні
45	Підприємства, що отримали прибуток, % (<i>GDP per capita</i>)	Economic development	Macroeconomic performance	Економічні
46	Рівень зайнятості населення на підприємствах, тис. працездатних осіб (<i>Employment-population ratio</i>)	Economic development	Employment	Економічні
47	Рівень економічно активного населення, тис. осіб працездатного віку (<i>GDP per capita</i>)	Economic development	Macroeconomic performance	Економічні
48	Обсяги обороту роздрібної торгівлі, млн. грн. (<i>GDP per capita</i>)	Economic development	Macroeconomic performance	Економічні
49	Валова продукція сільського господарства, млн. грн. (<i>GDP per capita</i>)	Economic development	Macroeconomic performance	Економічні
50	Кількість діючих сільськогосподарських підприємств, тис. (<i>GDP per capita</i>)	Economic development	Macroeconomic performance	Економічні

* – назва джерела інформації на англ. мові

Таблиця Д.2 – Екологічні показники стану регіонів, аркуш 1

	Потужність очисних споруд, од.	Скиди забруднених вод у поверхневі водні об'єкти, млн. м ³	Обсяги використання свіжої води, млн. м ³	Питомі об'єми використання води, м ³ / на особу	Загальний вміст пилу в атмосферному повітрі, тис. т
	1	2	3	4	5
	min	min	min	min	min
АР Крим	292	98	792	240	2,651
Вінницька	102	2	116	79	11,660
Волинська	79	1	73	77	0,006
Дніпропетровська	974	472	1407	425	126,513
Донецька	1656	554	1479	305	194,314
Житомирська	105	3	166	142	3,208
Закарпатська	41	3	31	31	0,340
Запорізька	408	70	944	530	17,153
Івано-Франківська	134	5	96	77	22,300
Київська	174	5	925	544	23,800
Кіровоградська	88	7	65	77	4,500
Луганська	689	87	186	128	55,100
Львівська	331	53	174	90	11,818
Миколаївська	111	26	189	191	5,207
Одеська	279	117	338	216	3,880
Полтавська	147	4	218	159	8,374
Рівненська	127	20	167	149	3,500
Сумська	140	7	102	99	4,939
Тернопільська	51	3	67	68	1,426
Харківська	510	14	333	139	49,929
Херсонська	99	7	963	261	6,400
Хмельницька	103	1	95	82	2,844
Черкаська	155	8	270	217	8,500
Чернівецька	99	5	70	90	1,500
Чернігівська	67	17	141	137	5,320

Таблиця Д.2 – Екологічні показники стану регіонів, аркуш 2

	Загальний вміст діоксиду сірки в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду азоту в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду вуглецю в атмосферному повітрі, тис. т	Обсяг добування водних живих ресурсів, т
	6	7	8	9
	min	min	min	min
АР Крим	12,516	2,349	7,48	13235
Вінницька	60,750	20,73	6600,00	2403
Волинська	0,400	0,600	0,42	512
Дніпропетровська	258,547	59,710	34600,00	2214
Донецька	482,100	83,900	60700,00	6866
Житомирська	0,685	1,917	801,70	605
Закарпатська	0,841	0,851	202,80	530
Запорізька	83,449	30,773	69,31	10177
Івано-Франківська	138,950	15,330	12100,00	595
Київська	69,000	21,500	7400,00	2370
Кіровоградська	1,300	1,600	287,00	1298
Луганська	93,100	33,100	20400,00	485
Львівська	38,620	7,255	5,20	1123
Миколаївська	899,800	9,100	903,20	2883
Одеська	1,109	4,374	1632,00	10318
Полтавська	4,431	12,520	2445,50	1303
Рівненська	0,740	3,700	2000,00	458
Сумська	4,240	2,993	1560,80	2192
Тернопільська	0,306	1,006	2239,00	713
Харківська	109,657	14,734	6210,00	1128
Херсонська	128,000	364,4	381,50	5848
Хмельницька	0,704	4,424	2833,07	443
Черкаська	19,844	8,873	4373,71	5519
Чернівецька	0,400	9,100	700,00	612
Чернігівська	12,961	3,928	1862,00	1102

Таблиця Д.3 – Економічні показники стану регіонів, аркуш 1

	Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т	Забруднення атмосферного повітря від автотранспорту, тис. т	Викиди в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення, тис. т	Обсяг зворотних вод, млн. м ³	Обсяг утворених відходів 1-3 класів небезпеки, тис. т	Обсяг утворених відходів 4 класу небезпеки, т
	1	2	3	4	5	6
	min	min	min	min	min	min
АР Крим	32,9	88,5	8,7	254	273,8	3274,8
Вінницька	87,3	72,7	9,9	90	0,6	2583,6
Волинська	7,6	41,2	4,0	59	0,7	700,2
Дніпропетровська	950,4	184,6	22,9	1291	152,9	277644,2
Донецька	1525,9	177,0	26,4	1529	132,6	61629,7
Житомирська	19,0	62,7	5,1	162	4,2	568,0
Закарпатська	17,2	70,8	1,4	36	10,2	129,8
Запорізька	229,3	101,7	10,2	702	29,3	6364,1
Івано-Франківська	221,8	51,9	2,2	86	3,6	1573,1
Київська	113,6	149,1	16	835	2,8	6623,6
Кіровоградська	15,2	49,5	9,2	71	6,9	36427,0
Луганська	472,0	74,2	7,3	314	25,4	18468,0
Львівська	129,4	122,3	4,9	236	1,4	3460,3
Миколаївська	25,7	53,3	10,9	77	158,4	3028,7
Одеська	30,5	128,0	15,3	292	12,8	673,6
Полтавська	72,3	87,3	21,7	213	149,0	5730,0
Рівненська	17,1	40,8	4,6	114	3,9	768,8
Сумська	35,9	45,6	6,5	55	168,9	1025,6
Тернопільська	20,4	39,4	5,6	71	11,3	1093,5
Харківська	174,1	114,7	14,2	332	149,1	2136,7
Херсонська	5,8	62,3	6,8	76	108,5	328,8
Хмельницька	18,7	57,2	7,6	51	1,2	1595,6
Черкаська	62,2	68,3	9,7	248	6,1	2148,4
Чернівецька	3,8	39,3	2,3	54	0,1	225,0
Чернігівська	49,5	43,6	4,9	128	1,2	538,0

Таблиця Д.3 – Економічні показники стану регіонів, аркуш 2

	Загальний обсяг відходів 1-3 класів небезпеки, тис. т	Загальний обсяг відходів 4 класу небезпеки, тис. т	Питоме техногенне навантаження, кг/км ² території	Питоме техногенне навантаження на населення, кг/ на особу	Обсяги будівельних робіт, млн. грн	Обсяг експортованих товарів, млн. долл
	7	8	9	10	11	12
	min	min	min	min	max	max
АР Крим	48211,3	1899,8	3016,8	40,06	1811,2	888,835
Вінницька	26752,3	0,4	3824,0	62,10	1205,5	652,401
Волинська	14769,9	1,7	2500,0	48,50	558	605,783
Дніпропетровська	9320583,7	509,5	36747,0	354,01	4206,2	10129,717
Донецька	2665589,4	5393,1	57100,0	345,10	8055,3	14127,178
Житомирська	6601,9	44,1	2882,3	95,10	538,4	550,038
Закарпатська	954,0	0,4	634,9	6,50	317,2	1385,087
Запорізька	143458,9	8267,2	12300,0	176,70	1338,4	4004,8
Івано-Франківська	36671,5	65,3	14100,0	142,50	857,6	821,538
Київська	41420,3	69,3	6000,0	179,00	2305,6	1982,972
Кіровоградська	249018,1	16,3	682,3	73,80	548,2	630,605
Луганська	1460352,1	904,8	16800,0	197,60	1424,4	4192,709
Львівська	189361,8	36,7	11,6	99,90	1975,7	1343,535
Миколаївська	42670,3	97,2	3540,0	74,10	1157,7	2370,724
Одеська	464,0	35,8	5800,0	70,70	3159,7	1784,639
Полтавська	16473,3	37,2	6222,7	121,49	3288,7	3404,406
Рівненська	26097,8	15,7	743,1	12,90	1454,7	503,536
Сумська	27986,1	1946,0	3363,0	70,10	577,2	1122,088
Тернопільська	252,1	0,1	4709,0	60,30	634,3	236,823
Харківська	39835,2	132,6	6289,2	62,89	3681,6	2022,112
Херсонська	175,9	24,7	225,4	67,90	379,5	328,474
Хмельницька	19276,4	4,8	3863,0	60,50	699,8	460,424
Черкаська	4317,6	1,1	3320,0	54,50	585,4	1007,649
Чернівецька	1955,3	0,0	400,0	3,20	935,4	124,920
Чернігівська	9263,5	2,5	2932,0	88,00	466,3	542,355

Таблиця Д.3 – Економічні показники стану регіонів, аркуш 3

	Рівень безробіття, тис. осіб	Обсяг капітальних інвестицій, млн. грн	Рівень забезпеченості економіки (кількість підприємств), од.	Рівень зайнятості населення на підприємствах, тис. працездатних осіб	Рівень розвитку господарства, кількість суб'єктів господарювання, од.	Підприємства, що отримали прибуток, %
	13	14	15	16	17	18
	min	max	max	max	max	max
АР Крим	56,1	3236,2	16228	241,5	65545	59,9
Вінницька	66,5	840,	9321	164,9	51088	68,0
Волинська	39,9	503,0	5511	113,9	29081	62,0
Дніпропетровська	109,8	4352,2	28194	764,4	107955	60,6
Донецька	177,2	4650,6	28731	902,0	135693	66,8
Житомирська	57,3	474,4	6645	127,7	39020	60,8
Закарпатська	47,5	489,8	6024	91,5	3786,5	71,6
Запорізька	59,5	1248,3	14777	312,6	63036	62,1
Івано-Франківська	45,0	922,5	7996	98,3	40792	72,1
Київська	52,4	4140,6	18676	371,5	70347	67,0
Кіровоградська	40,1	555,8	7381	108,1	30407	73,5
Луганська	69,3	1375,1	11385	357,2	70463	65,4
Львівська	85,4	1623,9	18762	377,0	74454	61,0
Миколаївська	45,8	509,1	10767	141,7	47017	67,0
Одеська	63,4	1578,1	26016	367,9	102333	63,9
Полтавська	60,4	2171,4	10129	240,7	50212	68,2
Рівненська	53,7	522,1	5174	96,4	31089	61,0
Сумська	46,3	365,9	5817	132,6	34918	63,8
Тернопільська	47,9	548,0	5234	85,2	28583	69,1
Харківська	89,9	2076,6	26086	456,7	113216	61,7
Херсонська	44,9	386,1	8104	102,5	36725	63,9
Хмельницька	54,0	561,9	6925	119,4	48480	66,8
Черкаська	57,3	389,4	7931	150,7	42486	69,2
Чернівецька	33,5	353,4	4160	60,4	32285	61,0
Чернігівська	49,0	307,1	6220	116,0	33520	66,1

Таблиця Д.3 – Економічні показники стану регіонів, аркуш 4

	Рівень економічно активного населення, тис. осіб працездатного віку	Обсяги обороту роздрібноі торгівлі, млн. грн	Кількість діючих сільськогосподарських підприємств, тис. од.	Валова продукція сільського господарства, млн. грн	Працевлаштування, тис. осіб	Обсяг реалізованої промислової продукції, млн. грн
	19	20	21	22	23	24
	max	max	max	max	max	max
АР Крим	903,1	36036,2	1992	6665,0	847	16864
Вінницька	696,2	22697,5	2584	14492,2	628,9	16087,2
Волинська	445,4	15905,7	1089	6183,5	406,4	7255,7
Дніпропетровська	1553,8	61351,4	4359	11535,4	1145,3	152557,7
Донецька	2033,0	82562,9	2079	10863,2	1861,2	152185,7
Житомирська	551,5	16970,1	1316	7945,3	492,6	11555,1
Закарпатська	548,4	16272,2	1698	4207,3	497,8	6672,1
Запорізька	823,5	34419,2	3020	7083,2	762,1	55192,1
Івано-Франківська	557,2	2217,7	784	5501,5	510,3	14870,8
Київська	762,3	31536,8	2070	14791,1	711,5	29863,1
Кіровоградська	437,0	13645,2	3179	8963,9	397,0	10429,6
Луганська	994,3	34702,0	1741	6280,2	925,8	51432,7
Львівська	1112,7	36232,1	1450	8753,4	1023,6	22000,8
Миколаївська	539,7	20025,1	4761	6936,5	494,1	15814,9
Одеська	1045,4	50130,7	6533	8046,9	979,8	18065,2
Полтавська	663,8	21273,8	2445	13399,8	602,6	46050,8
Рівненська	495,4	14573,9	823	6190,1	442,1	10797,2
Сумська	510,1	14941,4	1216	8227,8	461,1	15969,5
Тернопільська	445,0	13312,7	1233	7949,3	397,0	5232,2
Харківська	1286,9	5645,25	1900	12198,8	1193,9	45742,0
Херсонська	488,4	16716,7	3112	8334,2	442,7	7899,8
Хмельницька	569,1	18291,3	1853	11162,2	515,4	11871,7
Черкаська	578,0	19440,4	1856	14028,8	522,2	20903,7
Чернівецька	361,5	11255,3	1007	4363,3	328,0	2889,4
Чернігівська	468,0	14603,8	1099	9151,9	416,4	10235,2

Таблиця Д.4 – Соціальні показники стану регіонів, аркуш 1

	Приріст населення за 2012 р, осіб	Народжуваність, осіб	Померлі до 1 року, осіб	Приріст населення за рахунок зовнішньої міграції, осіб	Кількість домогосподарств з дітьми, тис. од.	Відсоток домогосподарств, житло яких оснащене водопроводом, %
	1	2	3	4	5	6
	max	max	min	max	max	max
АР Крим	2381	24702	215	4328	270,4	84,7
Вінницька	0	18339	166	1418	227,0	48,6
Волинська	2080	15346	106	337	163,2	64,1
Дніпропетровська	0	37087	370	3459	452,0	87,7
Донецька	0	42839	540	4370	595,0	85,0
Житомирська	0	15486	124	477	187,3	53,1
Закарпатська	1621	18968	168	0	192,9	83,5
Запорізька	0	18882	154	2460	244,8	83,9
Івано-Франківська	1307	17101	109	1400	214,5	52,5
Київська	3179	20966	119	1617	239,1	63,8
Кіровоградська	0	11029	103	403	140,3	57,0
Луганська	0	21743	165	2482	329,3	86,7
Львівська	0	30220	233	2005	373,6	74,3
Миколаївська	0	13515	97	679	176,2	75,5
Одеська	0	30384	267	7345	329,8	73,3
Полтавська	0	14635	85	1417	195,3	71,7
Рівненська	1331	18316	147	89	179,8	59,4
Сумська	0	11093	76	248	155,8	66,6
Тернопільська	0	12202	97	97	168,0	57,2
Харківська	0	27244	203	13141	346,4	84,3
Херсонська	0	12643	100	283	150,0	72,1
Хмельницька	0	14881	134	280	193,5	50,7
Черкаська	0	12798	122	656	183,1	56,4
Чернівецька	348	11592	92	1312	157,5	57,4
Чернігівська	0	10222	94	600	154,4	60,6

Таблиця Д.4 – Соціальні показники стану регіонів, аркуш 2

	Оснащення гарячим водопостачанням, відсоток домогосподарств, %	Низький рівень житлових умов, % домогосподарств	Високий рівень житлових умов, % домогосподарств	Населення у віці від 16 років з повною вищою освітою, %	Населення у віці від 16 років з повною середньою освітою, %	Рівень неграмотності населення, %
	7	8	9	10	11	12
	max	min	max	max	max	min
АР Крим	11,1	1,9	53,2	20,2	40,5	4,9
Вінницька	21,3	3,3	35,7	14,5	35,0	5,2
Волинська	27,0	3,7	55,2	12,7	44,3	6,7
Дніпропетровська	37,2	4,5	52,0	21,1	37,6	4,5
Донецька	23,5	4,2	44,9	21,0	33,7	4,8
Житомирська	22,5	3,7	42,5	16,1	38,5	6,0
Закарпатська	62,5	17,9	36,9	12,8	46,8	4,9
Запорізька	27,1	2,1	55,1	17,7	40,1	5,1
Івано-Франківська	46,0	3,6	45,3	11,8	40,9	5,6
Київська	21,5	1,6	62,6	18,0	41,3	4,5
Кіровоградська	30,3	3,1	26,3	18,4	36,9	3,6
Луганська	17,4	3,8	49,2	17,2	38,8	4,4
Львівська	24,7	4,3	48,6	22,0	37,7	4,5
Миколаївська	27,2	5,9	45,8	22,4	36,8	5,2
Одеська	39,3	4,8	51,9	25,9	35,8	3,9
Полтавська	30,0	2,6	57,8	16,9	40,2	5,5
Рівненська	10,9	3,1	47,7	15,3	42,8	6,1
Сумська	22,6	2,8	48,4	14,7	41,8	4,7
Тернопільська	7,1	6,5	45,3	15,9	39,1	5,1
Харківська	43,0	2,1	58,1	25,5	36,0	4,9
Херсонська	9,1	5,3	41,4	17,5	38,9	5,9
Хмельницька	22,8	2,0	51,2	15,1	44,0	5,0
Черкаська	31,9	4,0	35,9	17,6	39,9	5,4
Чернівецька	24,6	5,0	51,7	13,7	41,0	6,5
Чернігівська	32,4	4,0	35,8	13,6	41,7	5,4

Таблиця Д.4 – Соціальні показники стану регіонів, аркуш 3

	Рівень заняття спортом серед жінок, не менше 1 разу на тиждень, %	Рівень заняття спортом серед чоловіків, не менше 1 разу на тиждень, %	Неповні домогосподарства (без дітей, складаються з однієї особи), тис. од.	Середньомісячна заробітна плата, грн	Сума заборгованості заробітної плати, млн. грн
	13	14	15	16	17
	max	max	min	max	min
АР Крим	25,6	41,4	464,8	2623	59,9
Вінницька	30,6	43,4	417,0	2432	14,7
Волинська	21,5	43,8	172,7	2339	4,9
Дніпропетровська	25,3	39,0	863,8	3138	11,7
Донецька	23,3	32,2	1094,4	3495	158,8
Житомирська	17,0	34,5	306,2	2369	124
Закарпатська	15,1	24,3	163,1	2351	11,0
Запорізька	24,9	34,7	444,2	2927	46,2
Івано-Франківська	14,4	27,9	236,8	2540	7,3
Київська	9,3	21,8	400,3	3157	2,2
Кіровоградська	18,3	29,2	285,5	2428	35,6
Луганська	24,3	33,4	581,9	3090	79,2
Львівська	22,2	40,9	446,7	2578	63,0
Миколаївська	28,2	40,2	272,0	2822	38,4
Одеська	18,1	33,0	512,3	2700	16,4
Полтавська	30,0	50,2	408,0	2850	11,6
Рівненська	14,7	40,4	197,3	2575	1,6
Сумська	17,9	32,2	291,2	2503	60,2
Тернопільська	17,9	33,4	192,2	2185	8,7
Харківська	29,6	39,0	684,7	2752	125,0
Херсонська	26,5	34,4	255,4	2268	24,1
Хмельницька	15,1	23,0	296,3	2425	14,3
Черкаська	29,3	43,9	342,9	2508	15,6
Чернівецька	18,6	31,1	148,1	2329	0,04
Чернігівська	26,3	41,1	298,2	2308	28,8

Таблиця Д.5 – Максимально досяжні показники екологічної якості

x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₉
min	min	min	min	min	min	min	min
3,8	39,3	1,4	41	1	36	31	129,8
x ₁₁	x ₁₂	x ₁₃	x ₁₄	x ₁₇	x ₁₈	x ₁₉	x ₂₀
min	min	min	min	min	min	min	min
175,9	31	38,2	0,006	0,42	11,6	2,9	3,2

Таблиця Д.6 – Максимально досяжні показники соціального розвитку

z ₁	z ₂	z ₃	z ₄	x ₅	z ₆	z ₇	z ₈	z ₉
max	max	min	min	max	max	min	max	max
3179	42839	76	10496	13141	49178	8512	595,0	87,7
z ₁₀	z ₁₁	z ₁₃	z ₁₄	z ₁₅	z ₁₈	z ₁₉	z ₂₀	
max	min	max	max	min	max	min	min	
62,5	1,6	25,9	46,8	3,6	50,2	15,4	148,1	

Таблиця Д.7 – Максимально досяжні параметри економічного дослідження

y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅	y ₆	y ₇	y ₈	y ₉	y ₁₀
max	min	max	max	max	max	min	max	max	max
3495	0,04	3624,7	8055,3	14127,178	152557,7	33,5	59,1	847,4	13235
y ₁₁	y ₁₂	y ₁₃	y ₁₄	y ₁₅	y ₁₆	y ₁₇	y ₁₈	y ₁₉	y ₂₀
max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
4650,6	28731	902	135693	73,5	1861,2	2033,0	82562,9	14791,1	6533

	Потужність очисних споруд	Скиди забруднених вод у поверхневій водні об'єкти, млн. м3	Обсяги використання свіжої води, млн. м3	Питомі об'єми використання води, м3/ на особу	Загальний вміст пилу в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду сірки в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду азоту в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду вуглецю в атмосферному повітрі, тис. т	Обсяг добування водних живих ресурсів, т
АР Крим	7,122	98	25,5484	7,7419	441,8333	40,902	3,915	17,8095	29,8758
Вінницька	2,4878	2	3,7419	2,5484	1943,3333	198,5294	34,55	15714,2857	5,4244
Волинська	1,9268	1	2,3548	2,4839	1	1,3072	1	1	1,1558
Дніпропетровська	23,7561	472	45,3871	13,7097	21085,5	844,9248	99,5167	82380,9524	4,9977
Донецька	40,3902	554	47,7097	9,8387	32385,6667	1575,4902	139,8333	144523,8095	15,4989
Житомирська	2,561	3	5,3548	4,5806	534,6667	2,2386	3,195	1908,8095	1,3657
Закарпатська	1	3	1	1	56,6667	2,7484	1,4183	482,8571	1,1964
Запорізька	9,9512	70	30,4516	17,0968	2858,8333	272,7092	51,2883	165,0238	22,9729
Івано-Франківська	3,2683	5	3,0968	2,4839	3716,6667	454,085	25,55	28809,5238	1,3431
Київська	4,2439	5	29,8387	17,5484	3966,6667	225,4902	35,8333	17619,0476	5,3499
Кіровоградська	2,1463	7	2,0968	2,4839	750	4,2484	2,6667	683,3333	2,93
Луганська	16,8049	87	6	4,129	9183,3333	304,2484	55,1667	48571,4286	1,0948
Львівська	8,0732	53	5,6129	2,9032	1969,6667	126,2092	12,0917	12,381	2,535
Миколаївська	2,7073	26	6,0968	6,1613	867,8333	2940,5229	15,1667	2150,4762	6,5079
Одеська	6,8049	117	10,9032	6,9677	646,6667	3,6242	7,29	3885,7143	23,2912
Полтавська	3,5854	4	7,0323	5,129	1395,6667	14,4804	20,8667	5822,619	2,9413
Рівненська	3,0976	20	5,3871	4,8065	583,3333	2,4183	6,1667	4761,9048	1,0339
Сумська	3,4146	7	3,2903	3,1935	823,1667	13,8562	4,9883	3716,1905	4,9481
Тернопільська	1,2439	3	2,1613	2,1935	237,6667	1	1,6767	5330,9524	1,6095
Харківська	12,439	14	10,7419	4,4839	8321,5	358,3562	24,5567	14785,7143	2,5463
Херсонська	2,4146	7	31,0645	8,4194	1066,6667	418,3007	607,3333	908,3333	13,2009
Хмельницька	2,5122	1	3,0645	2,6452	474	2,3007	7,3733	6745,4048	1
Черкаська	3,7805	8	8,7097	7	1416,6667	64,8497	14,7883	10413,5952	12,4582
Чернівецька	2,4146	5	2,2581	2,9032	250	1,3072	15,1667	1666,6667	1,3815
Чернігівська	1,6341	17	4,5484	4,4194	886,6667	42,3562	6,5467	4433,3333	2,4876

Рисунок Д.1 – Нормування параметрів у межах екологічних досліджень

	Потужність очисних споруд	Скиди забруднених вод у поверхневій водні об'єкти, млн. м3	Обсяги використання свіжої води, млн. м3	Питомі об'єми використання води, м3/ на особу	Загальний вміст пилу в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду сірки в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду азоту в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду вуглецю в атмосферному повітрі, тис. т	Обсяг добування водних живих ресурсів, т
АР Крим	0,155	0,175	0,526	0,407	0,014	0,014	0,005	0	1
Вінницька	0,038	0,002	0,059	0,094	0,06	0,067	0,055	0,109	0,153
Волинська	0,024	0	0,029	0,09	0	0	0	0	0,005
Дніпропетровська	0,578	0,852	0,95	0,768	0,651	0,287	0,162	0,57	0,138
Донецька	1	1	1	0,534	1	0,536	0,229	1	0,502
Житомирська	0,04	0,004	0,093	0,216	0,016	0	0,004	0,013	0,013
Закарпатська	0	0,004	0	0	0,002	0,001	0,001	0,003	0,007
Запорізька	0,227	0,125	0,631	0,973	0,088	0,092	0,083	0,001	0,761
Івано-Франківська	0,058	0,007	0,045	0,09	0,115	0,154	0,04	0,199	0,012
Київська	0,082	0,007	0,617	1	0,122	0,076	0,057	0,122	0,151
Кіровоградська	0,029	0,011	0,023	0,09	0,023	0,001	0,003	0,005	0,067
Луганська	0,401	0,156	0,107	0,189	0,284	0,103	0,089	0,336	0,003
Львівська	0,18	0,094	0,099	0,115	0,061	0,043	0,018	0	0,053
Миколаївська	0,043	0,045	0,109	0,312	0,027	1	0,023	0,015	0,191
Одеська	0,147	0,21	0,212	0,361	0,02	0,001	0,01	0,027	0,772
Полтавська	0,066	0,005	0,129	0,25	0,043	0,005	0,033	0,04	0,067
Рівненська	0,053	0,034	0,094	0,23	0,018	0	0,009	0,033	0,001
Сумська	0,061	0,011	0,049	0,133	0,025	0,004	0,007	0,026	0,137
Тернопільська	0,006	0,004	0,025	0,072	0,007	0	0,001	0,037	0,021
Харківська	0,29	0,024	0,209	0,211	0,257	0,122	0,039	0,102	0,054
Херсонська	0,036	0,011	0,644	0,448	0,033	0,142	1	0,006	0,423
Хмельницька	0,038	0	0,044	0,099	0,015	0	0,011	0,047	0
Черкаська	0,071	0,013	0,165	0,363	0,044	0,022	0,023	0,072	0,397
Чернівецька	0,036	0,007	0,027	0,115	0,008	0	0,023	0,012	0,013
Чернігівська	0,016	0,029	0,076	0,207	0,027	0,014	0,009	0,031	0,052

Рисунок Д.2 – Розрахунок відхилення від відповідності параметрів у межах екологічних досліджень

	Потужність очисних споруд	Скиди забруднених вод у поверхневі водні об'єкти, млн. м3	Обсяги використання свіжої води, млн. м3	Питоми об'єми використання води, м3/ на особу	Загальний вміст пилу в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду сірки в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду азоту в атмосферному повітрі, тис. т	Загальний вміст діоксиду вуглецю в атмосферному повітрі, тис. т	Обсяг добування водних ресурсів, т
АР Крим	1	1	0	0	1	1	1	1	0
Вінницька	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Волинська	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Дніпропетровська	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Донецька	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Житомирська	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Закарпатська	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Запорізька	0	1	0	0	1	1	1	1	0
Івано-Франківська	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Київська	1	1	0	0	1	1	1	1	1
Кіровоградська	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Луганська	0	1	1	1	0	1	1	0	1
Львівська	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Миколаївська	1	1	1	0	1	0	1	1	1
Одеська	1	0	0	0	1	1	1	1	0
Полтавська	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Рівненська	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Сумська	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Тернопільська	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Харківська	0	1	0	0	0	1	1	1	1
Херсонська	1	1	0	0	1	1	0	1	0
Хмельницька	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Черкаська	1	1	1	0	1	1	1	1	0
Чернівецька	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Чернігівська	* 1	1	1	0	1	1	1	1	1

Рисунок Д.3 – Компаратрна ідентифікація параметрів у межах екологічних досліджень

	Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т	Забруднення атмосферного повітря від автотранспорту, тис. т	Викиди в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення, тис. т	Обсяг зворотних вод, млн. м3	Обсяг утворених відходів 4 класу небезпеки, т	Загальний обсяг відходів 1-3 класів небезпеки, тис. т	Загальний обсяг відходів 4 класу небезпеки, тис. т	Питома техногенне навантаження на територію, кг/км2	Питома техногенне навантаження на населення, кг/ на особу	Обсяги будівельних робіт, млн. грн
АР Крим	8,6579	2,2519	6,2143	7,0556	25,2296	274,0836	18998000...	260,069	12,5188	0,2248
Вінницька	22,9737	1,8499	7,0714	2,5	19,9045	152,0881	4000000	329,6552	19,4062	0,1497
Волинська	2	1,0483	2,8571	1,6389	5,3945	83,9676	17000000	215,5172	15,1562	0,0693
Дніпропетровська	250,1053	4,6972	16,3571	35,8611	2139,0154	52987,9687	5095000000	3167,8448	110,6281	0,5222
Донецька	401,5526	4,5038	18,8571	42,4722	474,8051	15154,0045	53931000...	4922,4138	107,8438	1
Житомирська	5	1,5954	3,6429	4,5	4,376	37,5321	441000000	248,4741	29,7187	0,0668
Закарпатська	4,5263	1,8015	1	1	1	5,4235	4000000	54,7328	2,0312	0,0394
Запорізька	60,3421	2,5878	7,2857	19,5	49,03	815,5708	82672000...	1060,3448	55,2187	0,1662
Івано-Франківська	58,3684	1,3206	1,5714	2,3889	12,1194	208,4792	653000000	1215,5172	44,5312	0,1065
Київська	29,8947	3,7939	11,4286	23,1944	51,0293	235,4764	693000000	517,2414	55,9375	0,2862
Кіровоградська	4	1,2595	6,5714	1,9722	280,6394	1415,6799	163000000	58,819	23,0625	0,0681
Луганська	124,2105	1,888	5,2143	8,7222	142,2804	8302,1723	9048000000	1448,2759	61,75	0,1768
Львівська	34,0526	3,112	3,5	6,5556	26,6587	1076,531	367000000	1	31,2188	0,2453
Миколаївська	6,7632	1,3562	7,7857	2,1389	23,3336	242,5827	972000000	305,1724	23,1562	0,1437
Одеська	8,0263	3,257	10,9286	8,1111	5,1895	2,6379	358000000	500	22,0938	0,3923
Полтавська	19,0263	2,2214	15,5	5,9167	44,1448	93,6515	372000000	536,4397	37,9656	0,4083
Рівненська	4,5	1,0382	3,2857	3,1667	5,923	148,3673	157000000	64,0603	4,0312	0,1806
Сумська	9,4474	1,1603	4,6429	1,5278	7,9014	159,1023	19460000...	289,9138	21,9062	0,0717
Тернопільська	5,3684	1,0025	4	1,9722	8,4245	1,4332	1000000	405,9483	18,8437	0,0787
Харківська	45,8158	2,9186	10,1429	9,2222	16,4615	226,465	1326000000	542,1724	19,6531	0,457
Херсонська	1,5263	1,5852	4,8571	2,1111	2,5331	1	247000000	19,431	21,2188	0,0471
Хмельницька	4,9211	1,4555	5,4286	1,4167	12,2928	109,5873	48000000	333,0172	18,9062	0,0869
Черкаська	16,3684	1,7379	6,9286	6,8889	16,5516	24,5458	11000000	286,2069	17,0312	0,0727
Чернівецька	1	1	1,6429	1,5	1,7334	11,116	0	34,4828	1	0,1161
Чернігівська	13,0263	1,1094	3,5	3,5556	4,1448	52,6634	25000000	252,7586	27,5	0,0579

Рисунок Д.4 – Нормування параметрів у межах економічних досліджень, аркуш 1

	к	Обсяг експортованих товарів, млн. долл.	Рівень безробіття, тис. осіб	Обсяг капітальних інвестицій, млн. грн.	Рівень забезпеченості економіки (кількість підприємств), од.	Рівень зайнятості населення на підприємстві, тис. працездатних	Рівень розвитку господарств: кількість суб'єктів господарювання	Підприємства, що отримали прибуток, %	Рівень економічно активного населення, тис. осіб працездатного віку	Обсяги обороту роздрібною торгівлю, млн. грн.	Працевлаштування, тис. осіб	Обсяг реалізованої промислової продукції, млн. грн.
АР Крим	▶	888,835	56,1	3236,2	16228	241,5	65545	59,9	903,1	36036,2	847	16864
Вінницька		652,401	66,5	840,	9321	164,9	51088	68,0	696,2	22697,5	628,9	16087,2
Волинська		605,783	39,9	503,0	5511	113,9	29081	62,0	445,4	15905,7	406,4	7255,7
Дніпропетровська		10129,717	109,8	4352,2	28194	764,4	107955	60,6	1553,8	61351,4	1145,3	152557,7
Донецька		14127,178	177,2	4650,6	28731	902,0	135693	66,8	2033,0	82562,9	1861,2	152185,7
Житомирська		550,038	57,3	474,4	6645	127,7	39020	60,8	551,5	16970,1	492,6	11555,1
Закарпатська		1385,087	47,5	489,8	6024	91,5	3786,5	71,6	548,4	16272,2	497,8	6672,1
Запорізька		4004,8	59,5	1248,3	14777	312,6	63036	62,1	823,5	34419,2	762,1	55192,1
Івано-Франківська		821,538	45,0	922,5	7996	98,3	40792	72,1	557,2	2217,7	510,3	14870,8
Київська		1982,972	52,4	4140,6	18676	371,5	70347	67,0	762,3	31536,8	711,5	29863,1
Кіровоградська		630,605	40,1	555,8	7381	108,1	30407	73,5	437,0	13645,2	397,0	10429,6
Луганська		4192,709	69,3	1375,1	11385	357,2	70463	65,4	994,3	34702,0	925,8	51432,7
Львівська		1343,535	85,4	1623,9	18762	377,0	74454	61,0	1112,7	36232,1	1023,6	22000,8
Миколаївська		2370,724	45,8	509,1	10767	141,7	47017	67,0	539,7	20025,1	494,1	15814,9
Одеська		1784,639	63,4	1578,1	26016	367,9	102333	63,9	1045,4	50130,7	979,8	18065,2
Полтавська		3404,406	60,4	2171,4	10129	240,7	50212	68,2	663,8	21273,8	602,6	46050,8
Рівненська		503,536	53,7	522,1	5174	96,4	31089	61,0	495,4	14573,9	442,1	10797,2
Сумська		1122,088	46,3	365,9	5817	132,6	34918	63,8	510,1	14941,4	461,1	15969,5
Тернопільська		236,823	47,9	548,0	5234	85,2	28583	69,1	445,0	13312,7	397,0	5232,2
Харківська		2022,112	89,9	2076,6	26086	456,7	113216	61,7	1286,9	5645,25	1193,9	45742,0
Херсонська		328,474	44,9	386,1	8104	102,5	36725	63,9	488,4	16716,7	442,7	7899,8
Хмельницька		460,424	54,0	561,9	6925	119,4	48480	66,8	569,1	18291,3	515,4	11871,7
Черкаська		1007,649	57,3	389,4	7931	150,7	42486	69,2	578,0	19440,4	522,2	20903,7
Чернівецька		124,920	33,5	353,4	4160	60,4	32285	61,0	361,5	11255,3	328,0	2889,4
Чернігівська	*	542,355	33,5	353,4	4160	60,4	32285	61,0	468,0	14603,8	416,4	10235,2

Рисунок Д.4 – Нормування параметрів у межах економічних досліджень, аркуш 2

	Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т	Забруднення атмосферного повітря від автотранспорту, тис. т	Викиди в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення, тис. т	Обсяг зворотних вод, млн. м ³	Обсяг утворених відходів 4 класу небезпеки, т	Загальний обсяг відходів 1-3 класів небезпеки, тис. т	Загальний обсяг відходів 4 класу небезпеки, тис. т	Питома техногенне навантаження, кг/км ² території	Питома техногенне навантаження на населення, кг/на особу	Обсяги бізнесу, млн. грн.	Обсяг експортованих товарів, млн. долл.	Рівень безробіття, тис. осіб
АР Крим	0,019	0,339	0,292	0,146	0,011	0,005	0,23	0,053	0,105	0,807	0,945	0,157
Вінницька	0,055	0,23	0,34	0,036	0,009	0,003	0	0,067	0,168	0,885	0,962	0,23
Волинська	0,002	0,013	0,104	0,015	0,002	0,002	0	0,044	0,129	0,969	0,966	0,045
Дніпропетровська	0,622	1	0,86	0,841	1	1	0,062	0,643	1	0,497	0,286	0,531
Донецька	1	0,948	1	1	0,222	0,286	0,652	1	0,975	0	0	1
Житомирська	0,01	0,161	0,148	0,084	0,002	0,001	0,005	0,05	0,262	0,971	0,97	0,166
Закарпатська	0,009	0,217	0	0	0	0	0	0,011	0,009	1	0,91	0,097
Запорізька	0,148	0,429	0,352	0,446	0,022	0,015	1	0,215	0,495	0,868	0,723	0,181
Івано-Франківська	0,143	0,087	0,032	0,033	0,005	0,004	0,008	0,247	0,397	0,93	0,95	0,08
Київська	0,072	0,756	0,584	0,535	0,023	0,004	0,008	0,105	0,501	0,743	0,867	0,132
Кіровоградська	0,007	0,07	0,312	0,023	0,131	0,027	0,002	0,012	0,201	0,97	0,964	0,046
Луганська	0,308	0,24	0,236	0,186	0,066	0,157	0,109	0,294	0,554	0,857	0,709	0,249
Львівська	0,083	0,571	0,14	0,134	0,012	0,02	0,004	0	0,276	0,786	0,913	0,361
Миколаївська	0,014	0,096	0,38	0,027	0,01	0,005	0,012	0,062	0,202	0,891	0,84	0,086
Одеська	0,018	0,61	0,556	0,171	0,002	0	0,004	0,101	0,192	0,633	0,881	0,208
Полтавська	0,045	0,33	0,812	0,119	0,02	0,002	0,004	0,109	0,337	0,616	0,766	0,187
Рівненська	0,009	0,01	0,128	0,052	0,002	0,003	0,002	0,013	0,028	0,853	0,973	0,141
Сумська	0,021	0,043	0,204	0,013	0,003	0,003	0,235	0,059	0,191	0,966	0,929	0,089
Тернопільська	0,011	0,001	0,168	0,023	0,003	0	0	0,082	0,163	0,959	0,992	0,1
Харківська	0,112	0,519	0,512	0,198	0,007	0,004	0,016	0,11	0,17	0,565	0,865	0,392
Херсонська	0,001	0,158	0,216	0,027	0,001	0	0,003	0,004	0,184	0,992	0,985	0,079
Хмельницька	0,01	0,123	0,248	0,01	0,005	0,002	0,001	0,067	0,163	0,951	0,976	0,143
Черкаська	0,038	0,2	0,332	0,142	0,007	0	0	0,058	0,146	0,965	0,937	0,166
Чернівецька	0	0	0,036	0,012	0	0	0	0,007	0	0,92	1	0
Чернігівська	0,03	0,03	0,14	0,062	0,001	0,001	0	0,051	0,242	0,981	0,97	0

Рисунок Д.5 – Розрахунок відхилення від відповідності параметрів у межах економічних досліджень, аркуш 1

	Обсяг експортованих товарів, млн. долл	Рівень безробіття, тис. осіб	Обсяг капітальних інвестицій, млн. грн.	Рівень забезпеченості економіки (кількість підприємств), од.	Рівень зайнятості населення на підприємстві, тис. працездатних	Рівень розвитку господарства: кількість суб'єктів господарювання	Підприємств, що отримали прибуток, %	Рівень економічно активного населення, тис. осіб працездатного віку	Обсяги обороту роздрібною торгівлею, млн. грн.	Працевлаштування, тис. осіб	Обсяг реалізованої промислової продукції, млн. грн.
АР Крим	0,945	0,157	0,329	0,509	0,785	0,532	1	0,676	0,579	0,661	0,907
Вінницька	0,962	0,23	0,887	0,79	0,876	0,641	0,404	0,8	0,745	0,804	0,912
Волинська	0,966	0,045	0,965	0,945	0,936	0,808	0,846	0,95	0,83	0,949	0,971
Дніпропетровська	0,286	0,531	0,069	0,022	0,163	0,21	0,949	0,287	0,264	0,467	0
Донецька	0	1	0	0	0	0	0,493	0	0	0	0,002
Житомирська	0,97	0,166	0,972	0,899	0,92	0,733	0,934	0,886	0,816	0,893	0,942
Закарпатська	0,91	0,097	0,968	0,924	0,963	1	0,14	0,888	0,825	0,889	0,975
Запорізька	0,723	0,181	0,792	0,568	0,7	0,551	0,838	0,724	0,599	0,717	0,65
Івано-Франківська	0,95	0,08	0,868	0,844	0,955	0,719	0,103	0,883	1	0,881	0,92
Київська	0,867	0,132	0,119	0,409	0,63	0,495	0,478	0,76	0,635	0,75	0,82
Кіровоградська	0,964	0,046	0,953	0,869	0,943	0,798	0	0,955	0,858	0,955	0,95
Луганська	0,709	0,249	0,762	0,706	0,647	0,494	0,596	0,621	0,596	0,61	0,676
Львівська	0,913	0,361	0,704	0,406	0,624	0,464	0,919	0,551	0,577	0,546	0,872
Миколаївська	0,84	0,086	0,964	0,731	0,903	0,672	0,478	0,893	0,778	0,892	0,914
Одеська	0,881	0,208	0,715	0,111	0,635	0,253	0,706	0,591	0,404	0,575	0,899
Полтавська	0,766	0,187	0,577	0,757	0,786	0,648	0,39	0,819	0,763	0,821	0,712
Рівненська	0,973	0,141	0,961	0,959	0,957	0,793	0,919	0,92	0,846	0,926	0,947
Сумська	0,929	0,089	0,997	0,933	0,914	0,764	0,714	0,911	0,842	0,913	0,913
Тернопільська	0,992	0,1	0,955	0,956	0,971	0,812	0,324	0,95	0,862	0,955	0,984
Харківська	0,865	0,392	0,599	0,108	0,529	0,17	0,868	0,446	0,957	0,435	0,714
Херсонська	0,985	0,079	0,992	0,839	0,95	0,75	0,706	0,924	0,82	0,925	0,966
Хмельницька	0,976	0,143	0,952	0,888	0,93	0,661	0,493	0,876	0,8	0,878	0,94
Черкаська	0,937	0,166	0,992	0,847	0,893	0,707	0,316	0,87	0,786	0,873	0,88
Чернівецька	1	0	1	1	1	0,784	0,919	1	0,888	1	1
Чернігівська	* 0,97	0	1	1	1	0,784	0,919	0,936	0,846	0,942	0,951

Рисунок Д.5 – Розрахунок відхилення від відповідності параметрів у межах економічних досліджень, аркуш 2

	Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т	Забруднення атмосферного повітря від автотранспорту, тис. т	Викиди в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення, тис. т	Обсяг зворотних вод, млн. м ³	Обсяг утворених відходів 4 класу небезпеки, т	Загальний обсяг відходів 1-3 класів небезпеки, тис. т	Загальний обсяг відходів 4 класу небезпеки, тис. т	Питома техногенне навантаження на територію, кг/км ²	Питома техногенне навантаження на населення, кг/на особу	Обсяги будівельних робіт, млн. грн.	Обсяг експортованих товарів, млн. долл	Рівень безробіття, тис. осіб
АР Крим	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1
Вінницька	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Волинська	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Дніпропетровська	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Донецька	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Житомирська	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
Закарпатська	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Запорізька	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
Івано-Франківська	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
Київська	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1
Кіровоградська	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
Луганська	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Львівська	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Миколаївська	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
Одеська	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Полтавська	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
Рівненська	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Сумська	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1
Тернопільська	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Харківська	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Херсонська	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Хмельницька	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Черкаська	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Чернівецька	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Чернігівська	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1

Рисунок Д.6 – Компараторна ідентифікація параметрів у межах економічних досліджень, аркуш 1

№	Обсяг експортованих товарів, млн. долл.	Рівень безробіття, тис. осіб	Обсяг капітальних інвестицій, млн. грн.	Рівень забезпеченості економіки (кількість підприємств) од.	Рівень зайнятості населення на підприємстві тис. працевдатнів	Рівень розвитку господарств: кількість суб'єктів господарювання	Підприємств, що отримали прибуток, %	Рівень економічно активного населення, тис. осіб працевдатного віку	Обсяги обороту роздрібною торгівлею, млн. грн.	Працевлашту тис. осіб	Обсяг реалізованої промислової продукції, млн. грн.
АР Крим	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Вінницька	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Волинська	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Дніпропетровська	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	
Донецька	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	
Житомирська	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Закарпатська	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
Запорізька	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Івано-Франківська	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
Київська	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
Кіровоградська	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
Луганська	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Львівська	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Миколаївська	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Одеська	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Полтавська	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Рівненська	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Сумська	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Тернопільська	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Харківська	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	
Херсонська	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Хмельницька	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Черкаська	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Чернівецька	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Чернігівська	*	0	1	0	0	0	0	0	0	0	

Рисунок Д.6 – Компараторна ідентифікація параметрів у межах економічних досліджень, аркуш 2

№	Приріст населення за 2012 р. осіб	Народжуваність осіб	Померлі до 1 року, осіб	Приріст населення за рахунок зовнішньої міграції, осіб	Кількість домогосподарств з дітьми, тис.	Відсоток домогосподарств житло яких оснащене водопроводом, %	Оснащення гарячим водопостачанням, відсоток домогосподарств, %	Низький рівень житлових умов, % домогосподарств
АР Крим	0,749	0,5766	2,8289	0,3294	0,4545	0,9658	0,1776	1,1875
Вінницька	0	0,4281	2,1842	0,1079	0,3815	0,5542	0,3408	2,0625
Волинська	0,6543	0,3582	1,3947	0,0256	0,2743	0,7309	0,432	2,3125
Дніпропетровська	0	0,8657	4,8684	0,2632	0,7597	1	0,5952	2,8125
Донецька	0	1	7,1053	0,3325	1	0,9692	0,376	2,625
Житомирська	0	0,3615	1,6316	0,0363	0,3148	0,6055	0,36	2,3125
Закарпатська	0,5099	0,4428	2,2105	0	0,3242	0,9521	1	11,1875
Запорізька	0	0,4408	2,0263	0,1872	0,4114	0,9567	0,4336	1,3125
Івано-Франківська	0,4111	0,3992	1,4342	0,1065	0,3605	0,5986	0,736	2,25
Київська	1	0,4894	1,5658	0,123	0,4018	0,7275	0,344	1
Кіровоградська	0	0,2575	1,3553	0,0307	0,2358	0,6499	0,4848	1,9375
Луганська	0	0,5076	2,1711	0,1889	0,5534	0,9886	0,2784	2,375
Львівська	0	0,7054	3,0658	0,1526	0,6279	0,8472	0,3952	2,6875
Миколаївська	0	0,3155	1,2763	0,0517	0,2961	0,8609	0,4352	3,6875
Одеська	0	0,7093	3,5132	0,5589	0,5543	0,8358	0,6288	3
Полтавська	0	0,3416	1,1184	0,1078	0,3282	0,8176	0,48	1,625
Рівненська	0,4187	0,4276	1,9342	0,0068	0,3022	0,6773	0,1744	1,9375
Сумська	0	0,2589	1	0,0189	0,2618	0,7594	0,3616	1,75
Тернопільська	0	0,2848	1,2763	0,0074	0,2824	0,6522	0,1136	4,0625
Харківська	0	0,636	2,6711	1	0,5822	0,9612	0,688	1,3125
Херсонська	0	0,2951	1,3158	0,0215	0,2521	0,8221	0,1456	3,3125
Хмельницька	0	0,3474	1,7632	0,0213	0,3252	0,5781	0,3648	1,25
Черкаська	0	0,2987	1,6053	0,0499	0,3077	0,6431	0,5104	2,5
Чернівецька	0,1095	0,2706	1,2105	0,0998	0,2647	0,6545	0,3936	3,125
Чернігівська	*	0	0,2386	1,2368	0,0457	0,2595	0,691	2,5

Рисунок Д.7 – Нормування параметрів у межах соціальних досліджень, аркуш 1

	Високий рівень житлових умов, % домогосподар	Населення у віці від 16 років з повною вищою освітою, %	Населення у віці від 16 років з повною середньою освітою, %	Рівень неграмотності населення, %	Рівень зайняття спортом серед жінок, не менше 1 разу на тиждень, %	Рівень зайняття спортом серед чоловіків, не менше 1 разу на тиждень, %	Неповні домогосподарі (без дітей, складаються з однієї особи), тис.	Середньоміся заробітна плата, грн	Сума заборгованості заробітної плати, млн. грн
АР Крим	0,8498	0,7799	0,8654	1,3611	0,8366	0,8247	3,1384	0,7505	1497,5
Вінницька	0,5703	0,5598	0,7479	1,4444	1	0,8645	2,8157	0,6959	367,5
Волинська	0,8818	0,4903	0,9466	1,8611	0,7026	0,8725	1,1661	0,6692	122,5
Дніпропетровська	0,8307	0,8147	0,8034	1,25	0,8268	0,7769	5,8325	0,8979	292,5
Донецька	0,7173	0,8108	0,7201	1,3333	0,7614	0,6414	7,3896	1	3970
Житомирська	0,6789	0,6216	0,8226	1,6667	0,5556	0,6873	2,0675	0,6778	3100
Закарпатська	0,5895	0,4942	1	1,3611	0,4935	0,4841	1,1013	0,6727	275
Запорізька	0,8802	0,6834	0,8568	1,4167	0,8137	0,6912	2,9993	0,8375	1155
Івано-Франківська	0,7236	0,4556	0,8739	1,5556	0,4706	0,5558	1,5989	0,7268	182,5
Київська	1	0,695	0,8825	1,25	0,3039	0,4343	2,7029	0,9033	55
Кіровоградська	0,4201	0,7104	0,7885	1	0,598	0,5817	1,9278	0,6947	890
Луганська	0,7859	0,6641	0,8291	1,2222	0,7941	0,6653	3,9291	0,8841	1980
Львівська	0,7764	0,8494	0,8056	1,25	0,7255	0,8147	3,0162	0,7376	1575
Миколаївська	0,7316	0,8649	0,7863	1,4444	0,9216	0,8008	1,8366	0,8074	960
Одеська	0,8291	1	0,765	1,0833	0,5915	0,6574	3,4591	0,7725	410
Полтавська	0,9233	0,6525	0,859	1,5278	0,9804	1	2,7549	0,8155	290
Рівненська	0,762	0,5907	0,9145	1,6944	0,4804	0,8048	1,3322	0,7368	40
Сумська	0,7732	0,5676	0,8932	1,3056	0,585	0,6414	1,9662	0,7162	1505
Тернопільська	0,7236	0,6139	0,8355	1,4167	0,585	0,6653	1,2978	0,6252	217,5
Харківська	0,9261	0,9846	0,7692	1,3611	0,9673	0,7769	4,6232	0,7874	3125
Херсонська	0,6613	0,6757	0,8312	1,6389	0,866	0,6853	1,7245	0,6489	602,5
Хмельницька	0,8179	0,583	0,9402	1,3889	0,4935	0,4582	2,0007	0,6938	357,5
Черкаська	0,5735	0,6795	0,8526	1,5	0,9575	0,8745	2,3153	0,7176	390
Чернівецька	0,8259	0,529	0,8761	1,8056	0,6078	0,6195	1	0,6664	1
Чернігівська	0,5719	0,5251	0,891	1,5	0,8595	0,8187	2,0135	0,6604	720

Рисунок Д.7 – Нормування параметрів у межах соціальних досліджень, аркуш 2

	Приріст населення за 2012 р. осіб	Народжуваність осіб	Померлі до 1 року, осіб	Приріст населення за рахунок зовнішньої міграції, осіб	Кількість домогосподарств з дітьми, тис.	Відсоток домогосподарств, які оснащені водопроводом, %	Оснащення гарячим водопостачанням, відсоток домогосподарств, %	Низький рівень житлових умов, % домогосподарств
АР Крим	0,251	0,556	0,3	0,671	0,714	0,077	0,928	0,018
Вінницька	1	0,751	0,194	0,892	0,809	1	0,744	0,104
Волинська	0,346	0,843	0,065	0,974	0,95	0,604	0,641	0,129
Дніпропетровська	1	0,176	0,634	0,737	0,314	0	0,457	0,178
Донецька	1	0	1	0,668	0	0,069	0,704	0,16
Житомирська	1	0,839	0,103	0,964	0,897	0,885	0,722	0,129
Закарпатська	0,49	0,732	0,198	1	0,884	0,107	0	1
Запорізька	1	0,734	0,168	0,813	0,77	0,097	0,639	0,031
Івано-Франківська	0,589	0,789	0,071	0,894	0,837	0,9	0,298	0,123
Київська	0	0,671	0,093	0,877	0,783	0,611	0,74	0
Кіровоградська	1	0,975	0,058	0,969	1	0,785	0,581	0,092
Луганська	1	0,647	0,192	0,811	0,584	0,026	0,814	0,135
Львівська	1	0,387	0,338	0,847	0,487	0,343	0,682	0,166
Миколаївська	1	0,899	0,045	0,948	0,921	0,312	0,637	0,264
Одеська	1	0,382	0,412	0,441	0,583	0,368	0,419	0,196
Полтавська	1	0,865	0,019	0,892	0,879	0,409	0,587	0,061
Рівненська	0,581	0,752	0,153	0,993	0,913	0,724	0,931	0,092
Сумська	1	0,973	0	0,981	0,966	0,54	0,72	0,074
Тернопільська	1	0,939	0,045	0,993	0,939	0,78	1	0,301
Харківська	1	0,478	0,274	0	0,547	0,087	0,352	0,031
Херсонська	1	0,926	0,052	0,978	0,979	0,399	0,964	0,227
Хмельницька	1	0,857	0,125	0,979	0,883	0,946	0,717	0,025
Черкаська	1	0,921	0,099	0,95	0,906	0,801	0,552	0,147
Чернівецька	0,89	0,958	0,034	0,9	0,962	0,775	0,684	0,209
Чернігівська	*	1	0,039	0,954	0,969	0,693	0,543	0,147

Рисунок Д.8 – Розрахунок відхилення від відповідності параметрів у межах соціальних досліджень, аркуш 1

	Високий рівень житлових умов, % домогоспода	Населення у віці від 16 років з повною вищою освітою, %	Населення у віці від 16 років з повною середньою освітою, %	Рівень неграмотності населення, %	Рівень заняття спортом серед жінок, не менше 1 разу на тиждень, %	Рівень заняття спортом серед чоловіків, не менше 1 разу на тиждень, %	Неповні домогосподар (без дітей, складаються з однієї особи), тис.	Середньомісячна заробітна плата, грн	Сума заборгованості заробітної плати, млн. грн
АР Крим	0,259	0,404	0,481	0,419	0,235	0,31	0,335	0,666	0,377
Вінницька	0,741	0,809	0,901	0,516	0	0,24	0,284	0,811	0,092
Волинська	0,204	0,936	0,191	1	0,427	0,225	0,026	0,883	0,031
Дніпропетровська	0,292	0,34	0,702	0,29	0,249	0,394	0,756	0,272	0,073
Донецька	0,487	0,348	1	0,387	0,343	0,634	1	0	1
Житомирська	0,554	0,695	0,634	0,774	0,638	0,553	0,167	0,86	0,781
Закарпатська	0,708	0,929	0	0,419	0,728	0,912	0,016	0,873	0,069
Запорізька	0,207	0,582	0,512	0,484	0,268	0,546	0,313	0,434	0,291
Івано-Франківська	0,477	1	0,451	0,645	0,761	0,785	0,094	0,729	0,046
Київська	0	0,56	0,42	0,29	1	1	0,267	0,258	0,014
Кіровоградська	1	0,532	0,756	0	0,578	0,739	0,145	0,815	0,224
Луганська	0,369	0,617	0,611	0,258	0,296	0,592	0,458	0,309	0,499
Львівська	0,386	0,277	0,695	0,29	0,394	0,328	0,316	0,7	0,397
Миколаївська	0,463	0,248	0,763	0,516	0,113	0,352	0,131	0,514	0,242
Одеська	0,295	0	0,84	0,097	0,587	0,606	0,385	0,607	0,103
Полтавська	0,132	0,638	0,504	0,613	0,028	0	0,275	0,492	0,073
Рівненська	0,41	0,752	0,305	0,806	0,746	0,345	0,052	0,702	0,01
Сумська	0,391	0,794	0,382	0,355	0,596	0,634	0,151	0,757	0,379
Тернопільська	0,477	0,709	0,588	0,484	0,596	0,592	0,047	1	0,055
Харківська	0,124	0,028	0,825	0,419	0,047	0,394	0,567	0,567	0,787
Херсонська	0,584	0,596	0,603	0,742	0,193	0,556	0,113	0,937	0,152
Хмельницька	0,314	0,766	0,214	0,452	0,728	0,958	0,157	0,817	0,09
Черкаська	0,735	0,589	0,527	0,581	0,061	0,222	0,206	0,753	0,098
Чернівецька	0,3	0,865	0,443	0,936	0,563	0,673	0	0,89	0
Чернігівська	0,738	0,872	0,389	0,581	0,202	0,32	0,159	0,906	0,181

Рисунок Д.8 – Розрахунок відхилення від відповідності параметрів у межах соціальних досліджень, аркуш 2

	Приріст населення за 2012 р. осіб	Народжуваність осіб	Померлі до 1 року, осіб	Приріст населення за рахунок зовнішньої міграції, осіб	Кількість домогосподарств з дітьми, тис.	Відсоток домогосподарств житло яких оснащене водопроводом, %	Оснащення гарячим водопостачанням, відсоток домогосподарств, %	Низький рівень житлових умов, % домогосподарств
АР Крим	0	0	0	0	0	1	0	1
Вінницька	0	0	1	0	0	0	0	1
Волинська	0	0	1	0	0	0	0	1
Дніпропетровська	0	1	0	0	0	1	0	1
Донецька	0	1	0	0	1	1	0	1
Житомирська	0	0	1	0	0	0	0	1
Закарпатська	0	0	1	0	0	1	1	0
Запорізька	0	0	1	0	0	1	0	1
Івано-Франківська	0	0	1	0	0	0	0	1
Київська	1	0	1	0	0	0	0	1
Кіровоградська	0	0	1	0	0	0	0	1
Луганська	0	0	1	0	0	1	0	1
Львівська	0	0	0	0	0	0	0	1
Миколаївська	0	0	1	0	0	0	0	0
Одеська	0	0	0	0	0	0	0	1
Полтавська	0	0	1	0	0	0	0	1
Рівненська	0	0	1	0	0	0	0	1
Сумська	0	0	1	0	0	0	0	1
Тернопільська	0	0	1	0	0	0	0	0
Харківська	0	0	0	1	0	1	0	1
Херсонська	0	0	1	0	0	0	0	0
Хмельницька	0	0	1	0	0	0	0	1
Черкаська	0	0	1	0	0	0	0	1
Чернівецька	0	0	1	0	0	0	0	0
Чернігівська	* 0	0	1	0	0	0	0	1

Рисунок Д.9 – Компараторна ідентифікація параметрів у межах соціальних досліджень, аркуш 1

	Високий рівень житлових умов, % домогоспода	Населення у віці від 16 років з повною вищою освітою, %	Населення у віці від 16 років з повною середньою освітою, %	Рівень неграмотності населення, %	Рівень зайняття спортом серед жінок, не менше 1 разу на тиждень, %	Рівень зайняття спортом серед чоловіків, не менше 1 разу на тиждень, %	Неповні домогосподар (без дітей, складаються з однієї особи), тис.	Середньомісячна заробітна плата, грн	Сума заборгованості заробітної плати, млн. грн
АР Крим	0	0	0	0	0	0	0	0	
Вінницька	0	0	0	0	1	0	0	1	
Волинська	0	0	1	0	0	0	1	0	
Дніпропетровська	0	0	0	0	0	0	0	1	
Донецька	0	0	0	0	0	0	0	1	
Житомирська	0	0	0	0	0	0	1	0	
Закарпатська	0	0	1	0	0	0	1	0	
Запорізька	0	0	0	0	0	0	0	0	
Івано-Франківська	0	0	0	0	0	0	1	0	
Київська	1	0	0	0	0	0	0	1	
Кіровоградська	0	0	0	1	0	0	1	0	
Луганська	0	0	0	0	0	0	0	0	
Львівська	0	0	0	0	0	0	0	0	
Миколаївська	0	0	0	0	1	0	1	0	
Одеська	0	1	0	1	0	0	0	1	
Полтавська	1	0	0	0	1	1	0	0	
Рівненська	0	0	0	0	0	0	1	0	
Сумська	0	0	0	0	0	0	1	0	
Тернопільська	0	0	0	0	0	0	1	0	
Харківська	1	1	0	0	1	0	0	0	
Херсонська	0	0	0	0	1	0	1	0	
Хмельницька	0	0	0	0	0	0	1	0	
Черкаська	0	0	0	0	1	0	0	1	
Чернівецька	0	0	0	0	0	0	1	0	
Чернігівська	0	0	0	0	0	0	1	0	

Рисунок Д.9 – Компараторна ідентифікація параметрів у межах соціальних досліджень, аркуш 2

Додаток Е

Фрагмент коду програмного забезпечення оцінки рівня екологічної безпеки

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.IO;

namespace DiplomaProject
{
    public partial class frmMain : Form
    {
        double[,] initialData;
        string[] rating;
        List<string> regions;
        public frmMain()
        {
            InitializeComponent();
            dgvInitialData.RowCount = 25;
            dgvInitialData.ColumnCount = 9;
        }
        private void btnCalculate_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            rtxtResults.Clear();
            initialData = new double[25, 9];
            rating = new string[initialData.GetUpperBound(0) + 1];
            regions = new List<string>(new string[] { "Автономна Республіка Крим", "Вінницька",
"Волинська", "Дніпропетровська", "Донецька", "Житомирська", "Закарпатська", "Запорізька",
"Івано-Франківська", "Київська", "Кіровоградська", "Луганська", "Львівська", "Миколаївська",
"Одеська", "Полтавська", "Рівненська", "Сумська", "Тернопільська", "Харківська", "Херсонська",
"Хмельницька", "Черкаська", "Чернівецька", "Чернігівська"});
            for (int i = 0; i < 25; i++)
            {
                for (int j = 0; j < 9; j++)
                {
                    initialData[i, j] = double.Parse(dgvInitialData[j, i].Value.ToString());
                }
            }
            for (int iteration = 0; iteration < 25; iteration++)
            {
                double[] etalonnueZnacheniya = new double[initialData.GetUpperBound(1) + 1];
                for (int i = 0; i < etalonnueZnacheniya.Length; i++)
                {
                    if (i == 0 || i == 1 || i == 3 || i == 5 || i == 8)
                    {
                        etalonnueZnacheniya[i] = GetMaxByColumn(initialData, i);
                        continue;
                    }
                    etalonnueZnacheniya[i] = GetMinByColumn(initialData, i);
                }
                double[,] normalizedData = new double[initialData.GetUpperBound(0) +
1, initialData.GetUpperBound(1) + 1];
                for (int i = 0; i <= normalizedData.GetUpperBound(0); i++)
                {
                    for (int j = 0; j <= normalizedData.GetUpperBound(1); j++)
                    {
                        normalizedData[i, j] = Math.Round(initialData[i, j] / etalonnueZnacheniya[j],
3);}}

                double[,] otkloneniya = new double[initialData.GetUpperBound(0) + 1,
initialData.GetUpperBound(1) + 1];
                double max, min;
                for (int j = 0; j <= otkloneniya.GetUpperBound(1); j++)
                {
                    max = GetMaxByColumn(normalizedData, j);
                    min = GetMinByColumn(normalizedData, j);

                    for (int i = 0; i <= otkloneniya.GetUpperBound(0); i++)
                    {
                        otkloneniya[i, j] = Math.Round(Math.Abs(normalizedData[i, j] - 1)/(max - min),
3);
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        int[,] comparatIdentification = new int[initialData.GetUpperBound(0) + 1,
initialData.GetUpperBound(1) + 1];

        for (int i = 0; i <= otkloneniya.GetUpperBound(0); i++)
        {
            for (int j = 0; j <= otkloneniya.GetUpperBound(1); j++)
            {
                if (otkloneniya[i, j] >= 0 && otkloneniya[i, j] <= 0.2)
                {
                    comparatIdentification[i, j] = 1;
                }
            }
        }
        int[] sumsPoStrokam = new int[initialData.GetUpperBound(0) + 1];
        for (int i = 0; i <= initialData.GetUpperBound(0); i++)
        {
            int sum = 0;
            for (int j = 0; j <= initialData.GetUpperBound(1); j++)
            {
                sum += comparatIdentification[i, j];
            }
            sumsPoStrokam[i] = sum;
        }

        int maxSumPoStrokam = sumsPoStrokam.Max();

        List<int> indexesOfMaxValues = new List<int>();

        for (int i = 0; i < sumsPoStrokam.Length; i++)
        {
            if (sumsPoStrokam[i] == maxSumPoStrokam)
                indexesOfMaxValues.Add(i);
        }

        if (indexesOfMaxValues.Count == 1)
        {
            PutCitiesInRating(rating, ref regions, ref initialData, itteration,
indexesOfMaxValues[0]);
        }
        else
        {
            double[] sumsByRegions = new double[indexesOfMaxValues.Count];

            for (int i = 0; i < sumsByRegions.Length; i++)
            {
                double sum = 0;
                for (int j = 0; j <= initialData.GetUpperBound(1); j++)
                {
                    sum += otkloneniya[indexesOfMaxValues[i], j];
                }
                sumsByRegions[i] = sum;
            }
            int indexMinRegion = 0;
            min = sumsByRegions[0];
            for (int i = 1; i < sumsByRegions.Length; i++)
            {
                if (sumsByRegions[i] < min)
                {
                    min = sumsByRegions[i];
                    indexMinRegion = i;
                }
            }
            PutCitiesInRating(rating, ref regions, ref initialData, itteration,
indexesOfMaxValues[indexMinRegion]);
        }
    }
    foreach (string val in rating)
    {
        rtxtResults.AppendText(val + "\n");
    }
    rtxtResults.Visible = true;
}

private static void PutCitiesInRating(string[] rating, ref List<string> cities, ref double[,]
initialData, int itteration, int index)
{
    DeleteRow(ref initialData, index);
    rating[itteration] = cities[index];
}

```

```

        cities.Remove(cities[index]);
    }
    private static void DeleteRow(ref double[,] matrix, int index)
    {
        double[,] newMatrix = new double[matrix.GetUpperBound(0), matrix.GetUpperBound(1) + 1];

        for (int i = 0; i <= newMatrix.GetUpperBound(0); i++)
        {
            for (int j = 0; j <= newMatrix.GetUpperBound(1); j++)
            {
                if (i < index)
                {
                    newMatrix[i, j] = matrix[i, j];
                }
                else
                {
                    newMatrix[i, j] = matrix[i + 1, j];
                }
            }
        }
        matrix = newMatrix;
    }
    static double GetMaxByColumn(double[,] matrix, int columnIndex)
    {
        double max = matrix[0, columnIndex];

        for (int i = 1; i <= matrix.GetUpperBound(0); i++)
        {
            if (matrix[i, columnIndex] > max)
            {
                max = matrix[i, columnIndex];
            }
        }
        return max;
    }
    static double GetMinByColumn(double[,] matrix, int columnIndex)
    {
        double min = matrix[0, columnIndex];
        for (int i = 1; i <= matrix.GetUpperBound(0); i++)
        {
            if (matrix[i, columnIndex] < min)
            {
                min = matrix[i, columnIndex];
            }
        }
        return min;
    }
    private void btnLoadDataFromFile_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        openFileDialog1.ShowDialog();
        openFileDialog1.FileOk += new CancelEventHandler(openFileDialog1_FileOk);
    }
    void openFileDialog1_FileOk(object sender, CancelEventArgs e)
    {
        StreamReader strReader = new StreamReader(openFileDialog1.FileName);
        string line = "";
        string[] values;
        int i = 0;
        while (!strReader.EndOfStream)
        {
            line = strReader.ReadLine();
            values = line.Split(';');
            for (int j = 0; j < dgvInitialData.ColumnCount; j++)
            {
                dgvInitialData[j, i].Value = values[j];
            }
            i++;
        }
        dgvInitialData.Refresh();
    }
}
}}

```

Додаток Ж

Рейтинги регіонів України за їх відповідністю вимогам екологічної безпеки

Таблиця Ж.1 – Рейтинги регіонів України за їх відповідністю вимогам екологічної безпеки

Рейтинг регіонів за станом екологічної сфери		Рейтинг регіонів за станом економічної сфери		Рейтинг регіонів за станом соціальної сфери	
№	Назва	№	Назва	№	Назва
1	Закарпатська	1	Донецька	1	Харківська
2	Волинська	2	Дніпропетровська	2	Полтавська
3	Тернопільська	3	Харківська	3	Волинська
4	Чернівецька	4	Одеська	4	Закарпатська
5	Кіровоградська	5	Львівська	5	Одеська
6	Хмельницька	6	АР Крим	6	Донецька
7	Житомирська	7	Чернівецька	7	Дніпропетровська
8	Сумська	8	Закарпатська	8	Київська
9	Чернігівська	9	Волинська	9	АР Крим
10	Рівненська	10	Рівненська	10	Запорізька
11	Вінницька	11	Кіровоградська	11	Львівська
12	Полтавська	12	Чернігівська	12	Луганська
13	Львівська	13	Миколаївська	13	Рівненська
14	Івано-Франківська	14	Тернопільська	14	Івано-Франківська
15	Миколаївська	15	Херсонська	15	Чернівецька
16	Черкаська	16	Луганська	16	Вінницька
17	Київська	17	Київська	17	Миколаївська
18	Харківська	18	Сумська	18	Черкаська
19	Луганська	19	Хмельницька	19	Хмельницька
20	Одеська	20	Житомирська	20	Чернігівська
21	АР Крим	21	Запорізька	21	Кіровоградська
22	Херсонська	22	Полтавська	22	Сумська
23	Запорізька	23	Вінницька	23	Житомирська
24	Дніпропетровська	24	Черкаська	24	Херсонська
25	Донецька	25	Івано-Франківська	25	Тернопільська

Додаток И

Акт про використання результатів кандидатської роботи у навчальному процесі НТУ «ХПІ»



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»

Марченко А. П.

« 13 » січня 2017 р.

АКТ

про використання результатів кандидатської дисертаційної роботи асистента
кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики
Білової Марії Олексіївни
**«Системний аналіз еколого-соціально-економічних об'єктів для
визначення комплексної оцінки рівня екологічної безпеки»**
у навчальному процесі Національного технічного університету «Харківський
політехнічний інститут»

Теоретичні результати дисертаційної роботи Білової Марії Олексіївни, яка виконувалась на кафедрі комп'ютерного моніторингу і логістики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», впроваджено у навчальний процес при викладанні спеціальних дисциплін «Дискретна математика», «Математичні методи дослідження операцій», «Оптимізація систем моніторингу» для спеціальності «Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг» в НТУ «ХПІ» з метою поліпшення якості викладання цих дисциплін, надання новітніх знань з математичного моделювання складних систем, ознайомлення студентів з розробками інформаційно-методичного забезпечення проведення досліджень і розв'язання комплексних задач в сфері еколого-соціально-економічного аналізу територіальних і виробничих об'єктів.

Програмне забезпечення, розроблене у дисертаційній роботі Білової Марії Олексіївни, використовується при проведенні науково-дослідницької роботи студентів на кафедрі комп'ютерного моніторингу і логістики Національного технічного університету «ХПІ».

Декан факультету економічної
інформатики і менеджменту, проф., д.е.н.

В. Я. Заруба

Зав кафедрі комп'ютерного
моніторингу і логістики, проф., д.т.н.

Л. Г. Раскін

Додаток К

Довідка про впровадження результатів кандидатської роботи у навчальний процес НТУ «ХПІ»



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»

Марченко А. П.

«13» січня 2012 р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів кандидатської дисертаційної роботи асистента кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики Білової Марії Олексіївни

«Системний аналіз еколого-соціально-економічних об'єктів для визначення комплексної оцінки рівня екологічної безпеки»

Матеріали кандидатської дисертаційної роботи Білової Марії Олексіївни, в якій розроблено інформаційно-методичне забезпечення комплексної оцінки рівня екологічної безпеки еколого-соціально-економічних об'єктів, використовується дисертантом у навчальному процесі Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» на кафедрі комп'ютерного моніторингу і логістики при підготовці спеціалістів з напрямку 6.050101 – Комп'ютерні науки зі спеціальності 8.05010105 «Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг»:

1. Розроблені в дисертаційній роботі графологічні моделі у якості прикладу орієнтованих і знакових орієнтованих графів як основи щодо прийняття управлінського рішення відповідно до фактів дестабілізації станів і процесів об'єкта дослідження використані у модулі 1 «Вступ до теорії графів» при викладанні навчальної дисципліни «Дискретна математика. Частина 2» загального обсягу 92 години (3 кред.)

2. Запропоновані у дисертаційній роботі основи системного підходу, який поєднує різні методи оцінки і прогнозування стану складних систем використані для отримання повного аналізу дослідження з урахуванням математичних моделей в управлінні при викладанні навчальної дисципліни «Математичні методи дослідження операцій» загального обсягу 144 години (4,5 кред.).

3. Розроблене у дисертаційній роботі інформаційно-методичне забезпечення оцінки промислових підприємств як еколого-соціально-економічних об'єктів локального рівня дослідження використано для виконання індивідуальних завдань при викладанні навчальної дисципліни «Оптимізація систем моніторингу» загального обсягу 150 годин (5 кред.).

Результати дисертаційної роботи асистента кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики відображені у наукових роботах при проведенні науково-дослідницької роботи студентів.

Декан факультету економічної інформатики і менеджменту, проф., д.е.н.

В. Я. Заруба

Зав кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики, проф., д.т.н.

Л. Г. Раскін

Додаток Л

Акт про використання результатів кандидатської дисертації у науково-дослідних роботах ДП «УкрНТЦ «Енергосталь»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор Державного підприємства
«Український науково-технічний центр
металургійної промисловості «Енергосталь»


д.т.н., проф. Д.В. Сталінський

2015 р.

АКТ

**про використання результатів кандидатської дисертаційної роботи Білової
Марії Олексіївни**

Цей акт підтверджує, що результати дисертаційної роботи Білової Марії Олексіївни з тематики «**Системний аналіз еколого-соціально-економічних об'єктів для визначення комплексної оцінки рівня екологічної безпеки**», яку виконано в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», використано у дослідженнях ДП «УкрНТЦ «ЕНЕРГОСТАЛЬ».

На основі наданого у дисертаційній роботі інформаційно-алгоритмічного забезпечення комплексної оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів проведено обґрунтування екологічної безпечності за темами: «Переробка зношених автомобільних шин методом термохімічної деструкції», «Розробка ТЕО з організації системи повернення води господарчо-побутових стоків з метою їх використання у виробничому водопостачанні».

Результати розрахунків екологічної якості техногенних об'єктів використані у дослідженнях і проектах ДП «УкрНТЦ «ЕНЕРГОСТАЛЬ».

Заст. директора з НТР
«НДП «Енергосталь», к.т.н.



А.Л. Скоромний

Заст. директора з НТР «УкрНДІмет»,
д.т.н., проф.



О.М. Касімов

Додаток М


**Акт впровадження результатів дисертаційної роботи у дослідження
центральної науково-дослідної лабораторії ХНМУ**


 Професор з наукової роботи
 Харківського національного
 медичного університету
 проф. В.В. М'ясоєдов
 « 09 » 12 2016 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Найменування пропозиції для впровадження. Методика інформаційно-алгоритмічного забезпечення для оцінки екологічної безпеки природно-техногенних територій, що знаходяться під впливом промислових об'єктів.
2. Установа-розробник. Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».
3. Автор. Аспірант Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Білова Марія Олексіївна.
4. Джерело інформації. Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук з тематики: «Системний аналіз еколого-соціально-економічних об'єктів для визначення комплексної оцінки рівня екологічної безпеки», яку виконано в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут».
5. Базова установа, яка проводить впровадження. Центральна науково-дослідна лабораторія Харківського національного медичного університету.
6. Термін впровадження: січень - травень 2017 р.
7. Форма впровадження: матеріали використовуються в науково-практичних дослідженнях.
8. Зауваження та пропозиції: немає.
9. Відповідальний за впровадження.

Головний науковий співробітник
 Центральної науково-дослідної
 лабораторії Харківського національного
 медичного університету


 проф. М.Г. Щербань