

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

На правах рукопису

ЄМЕЛЬЯНОВА ДАР'Я ІГОРІВНА

УДК 504.7.064.3:614

**ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ
ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ ІНФОРМАЦІЙНО-МЕТОДИЧНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

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.....	4
Загальна характеристика роботи.....	5
Розділ 1 Аналіз інформаційно-методичного забезпечення оцінки екологічного стану природно-техногенних об'єктів.....	11
1.1 Огляд методів визначення рівня екологічної безпеки складних систем...	11
1.2 Характеристика методів комплексної оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів.....	21
1.2.1 Оцінка стану соціально-економічної системи за відповідністю екологічним характеристикам безпеки.....	21
1.2.2 Оцінка стану еколого-економічної системи.....	31
1.2.3 Оцінка стану соціально-екологічної системи за вимогами безпеки життєдіяльності.....	40
1.3 Формування комплексного методичного забезпечення екологічної оцінки природно-техногенних об'єктів.....	44
1.4 Постановка задачі.....	48
Висновки до розділу 1.....	50
Розділ 2 Характеристика основних методів оцінки екологічності та безпечності складних систем.....	51
2.1 MIPS-аналіз: визначення оцінки еко-ефективності.....	51
2.2 Застосування методології екологічного ризику для оцінки рівня безпечності об'єктів навколишнього середовища.....	60
2.3 Інформаційне забезпечення комплексної еколого-економічної оцінки природно-техногенних систем.....	76
Висновки до розділу 2.....	88
Розділ 3 Розробка методичного забезпечення комплексної оцінки рівня екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів.....	89
3.1 Передумови формування методичного забезпечення комплексної оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів.....	89

3.2 Формування інформаційно-методичної підтримки оцінки екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів.....	93
3.2.1 Удосконалення положень методичного забезпечення MIPS-аналізу для встановлення екологічності та безпечності.....	93
3.2.2 Методичне забезпечення ризик-аналізу в межах комплексної оцінки рівня екологічної безпеки.....	101
3.3 Інформаційно-алгоритмічна підтримка методичного забезпечення комплексної оцінки якості природно-техногенних об'єктів.....	111
Висновки до розділу 3.....	121
Розділ 4 Інформаційне забезпечення застосування системи комплексного оцінювання рівня екологічної безпеки системних об'єктів.....	122
4.1 Аналіз сучасних інформаційних систем і їх використання для завдань оцінки екологічності природно-техногенних систем.....	123
4.2 Розробка інформаційно-програмного забезпечення практичної реалізації методичної підтримки комплексної оцінки рівня екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів.....	129
Висновки до розділу 4.....	139
Висновки.....	140
Перелік посилань.....	142
Додатки.....	159

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГДК	– гранично-допустима концентрація
ЕМ	– екологічний менеджмент
ЕО	– екологічна оцінка
ЕР	– екологічний ризик
ЕС	– екологічна сертифікація
ЖЦ	– життєвий цикл
ІЗ	– інформаційне забезпечення
ІЗА	– індекс забруднення атмосфери
НДЗ	– нормативно-допустиме значення
НПС	– навколишнє природне середовище
ОВНС	– оцінка впливу на навколишнє середовище
ОЕЕ	– оцінка екологічної ефективності
ПТК	– природно-техногенний комплекс
ПТО	– природно-техногенний об'єкт
ПТСО	– природно-техногенний системний об'єкт
ПТПВ	– полігон твердих побутових відходів
СПЗ	– сумарний показник забруднення
ТЕСЕС	– територіальна еколого-соціально-економічна система
ТХД ЗАШ	– технологія термохімічної деструкції зношених автомобільних шин

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розробка комплексного підходу з визначення оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів (ПТО) обумовлена необхідністю запровадження інформаційно-методичної підтримки рішень з управління екологічною безпекою різномірних складних систем. Методика комплексної оцінки якості об'єктів техногенного навантаження заснована на принципах гармонізації сталого розвитку економічних систем, сутність її полягає в можливості встановлення зовнішніх і внутрішніх факторів деструктивних явищ і процесів, що призводять до зменшення рівня небезпеки і негативного техногенного впливу на об'єкти навколишнього природного середовища [1].

Основи комплексного методичного підходу з оцінки рівня екологічної безпеки природно-техногенних комплексів (ПТК) надані у роботах вітчизняних науковців Г. В. Лисиченка [2], М.С. Мальованого [3] та ін., зарубіжних авторів А. М. Dies [4], М. Н. Ordoueia [5], V. Costantini [6] та ін.

Аналіз вітчизняних і зарубіжних методик оцінки стану природно-техногенних об'єктів за їх спрямованістю і можливостями дозволив встановити, що вони мають економічну змістовність – засновані на вартісних показниках втрат якості об'єктів навколишнього природного середовища (НПС), не враховують екологічні пріоритети їх розвитку в рішенні питань безпеки.

Зарубіжні теоретико-практичні розробки методів MIPS-аналізу надані у роботах М. Ritthoff [7], I. K. Wernick [8], K. Wiesen [9], C. Liedtkea [10], L. Mancini [11], S. Laaksoa [12]. Методика MIPS-аналізу застосовується для визначення рівня екологічності об'єктів господарської діяльності в межах екологічного менеджменту на основі економічних характеристик. Для отримання оцінки рівня екологічної безпеки і ступеня небезпечного впливу господарської діяльності на об'єкти НПС запропоновані зміни змістовності MIPS-аналізу та його математичної інтерпретації, враховуючи екологічні пріоритети при розв'язанні еколого-економічних задач.

Методичне забезпечення ризик-аналізу надано у роботах вітчизняних науковців Г.В. Лисиченко [2], А.Б. Качинського [13], Є.О. Яковлева [14], Г.О. Статюхи [15] та ін.; зарубіжних авторів – D.W. Connell [16], M.H. Whittaker [17] та ін. За методиками оцінки екологічних ризиків загалом визначають стан досліджених систем і не розглядають питання перебігу процесів, які супроводжують переходи систем НПС при певному техногенному навантаженні в змінений чи початковий стан.

Таким чином, доцільною і необхідною стає розробка методичного забезпечення комплексної оцінки екологічності і безпечності ПТК на основі моделей MIPS- і ризик-аналізу для аналітичної системи «стан₁ – процес – стан₂». Це дозволить відповідно до загальної MIPS-оцінки визначати рівень екологічності ПТО, виявляти довільні процеси дестабілізації і стабілізації стану ПТК за результатами загально-детального і детального ризик-аналізу, фактори регулювання безпечності об'єктів дослідження.

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 праці згідно з науковими напрямами 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). 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), розв'язання окремих розрахункових задач за темою «Модуль очистки шламових вод» у межах наукового співробітництва на 2014–2015 рр. з ТОВ «Науково-технічний центр «ЕКОМАШ» (№ 444 – 2014).

Мета і задачі дослідження. Мета роботи полягає у вирішенні науково-практичного завдання з розробки інформаційно-методичного забезпечення оцінки рівня екологічної безпеки системних об'єктів на основі удосконалення теоретичних, методичних положень комплексного екологічного аналізу щодо стану природно-техногенних об'єктів.

Для досягнення мети дослідження поставлені такі завдання:

- 1) надати узагальнюючу характеристику методичного забезпечення комплексної оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів;
- 2) визначити напрями удосконалення методичного забезпечення оцінки екологічної безпеки складних систем із встановленням факторів і процесів дестабілізації при застосуванні MIPS- і ризик-аналізу відповідно до імовірності прояву негативних порушень у соціальній, економічній і екологічній системах;
- 3) надати інформаційно-методичну підтримку для визначення оцінки екологічності і безпечності природно-техногенних комплексів;
- 4) розширити функціональні можливості інформаційно-програмного комплексу щодо проведення екологічних досліджень складних природно-техногенних утворень «об'єкт – навколишнє середовище» на основі MIPS-аналізу, загально-детальної і детальної оцінки змін в системах за результатами ризик-аналізу «стан₁ об'єкта – процес – стан₂»;
- 5) провести апробацію запропонованої методично-програмної розрахункової системи з підтримки прийняття екологічних управлінських рішень для об'єктів еколого-економічної діяльності різних рівнів організації: територіальні природно-техногенні комплекси, промислові об'єкти, окремі технології виробництва.

Об'єктом дослідження є інформаційно-методична система з оцінки ступеня екологічної безпеки природно-техногенних комплексів з різним рівнем організації, техногенного навантаження та відповідності екологічним вимогам сталого розвитку.

Предметом дослідження є методи, моделі та засоби оцінки екологічної безпеки природно-техногенних комплексів різного рівня складності на основі розробленого інформаційно-методичного забезпечення.

Методи дослідження засновані на комплексному використанні положень системного аналізу і теорії ризиків для розробки інформаційно-методичного забезпечення комплексної оцінки екологічності природно-техногенних угруповань; методів теорії баз даних і багатовимірному аналізу даних екологічного моніторингу; методів математичної статистики і математичного моделювання для обробки моніторингових даних і побудови моделей комплексної оцінки екологічності і безпечності ПТО. Обробка результатів розрахунків показників MIPS- і ризик-оцінки екологічності природно-техногенних комплексів проводилась з використанням програмного пакету MathCAD і засобів об'єктно-орієнтованого програмування у середовищі розробки Visual Studio.

Наукова новизна одержаних результатів:

– *вперше* запропоновано методичне забезпечення комплексного дослідження природно-техногенних систем з оцінки рівня екологічної безпеки при аналізі «стан₁ – навантаження – процес – стан₂»;

– *вперше* надано комплексне методичне та інформаційно-алгоритмічне забезпечення оцінювання рівня екологічної безпеки системних ПТО на глобальному, макро- і мікрорівнях дослідження;

– *вперше* отримано методичне забезпечення загальної оцінки екологічності ПТК на основі взаємоузгодження результатів за загальним, загально-детальним і детальним рівнями дослідження завдяки комплексному підходу щодо послідовного розв'язання соціально-еколого-економічних задач;

– *удосконалено* у методичному забезпеченні MIPS- і ризик-аналізу підходи з визначення негативного впливу на природні системи на основі комплексного врахування властивостей діючих факторів, параметрів стану систем і процесів в них;

– *дістали подальшого розвитку* науково-методичні основи застосування прикладних засобів MIPS- і ризик-аналізу з метою їх використання для практичних досліджень у вигляді інформаційно-програмного забезпечення оцінки екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів різного рівня організації: техногенно-навантажені території, технологічні системи, операції, технологічні процеси.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено інформаційно-методичне забезпечення комплексної оцінки рівня екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів та інформаційно-програмна підтримка для його практичної реалізації щодо вирішення екологічних завдань різного рівня складності: оцінка стану безпеки НПС в районі Дергачівського і Рівненського полігонів твердих побутових відходів (акт впровадження в роботу Центральної науково-дослідної лабораторії ХНМУ від 19.08.2016); визначення рівня екологічності технології термохімічної деструкції зношених автомобільних шин у межах досліджень ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» (акт впровадження від 02.09.2016), безпечності технологічних процесів обробки шламових вод від утилізації відходів вуглезбагачуючих виробництв.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес на кафедрі комп'ютерного моніторингу і логістики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» при викладанні дисциплін «Основи наукових досліджень», «Моделювання економічних систем», «Комп'ютерна графіка» для спеціальності «Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг» (акт впровадження від 30.08.2016).

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні аналізу існуючих методів оцінки екологічної безпеки природно-техногенних систем; дослідженні моделей та методів оцінки екологічності складних еколого-економічних систем різного рівня організації; формуванні математичного забезпечення оцінки екологічності стану ПТК для комплексного вирішення завдань управління безпекою; розробці інформаційно-алгоритмічного забезпечення комплексного оцінювання екологічного стану природно-техногенних об'єктів на основі

взаємоузгодження показників MIPS- і ризик-аналізу; наданні управлінського рішення щодо урегулювання питань безпечності систем на глобальному, макро- і мікрорівні дослідження на основі результатів практичного застосування запропонованого інформаційно-програмного комплексу розрахунку рівня екологічності ПТО.

Апробація результатів досліджень. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на таких науково-практичних конференціях: XIV, XV, XVI, XVII, XVIII Міжнародні науково-технічні конференції «Системний аналіз та інформаційні технології (SAIT)» (Київ, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016); VI, VII, VIII Міжнародні науково-практичні конференції «Еколого-правові і економічні аспекти техногенної безпеки регіонів» (Харків, 2011, 2012, 2013); X IEEE East-west design and test symposium (EWDTS) (Харків, 2012); XVIII International scientific conference «Economics for ecology ISCS» (Суми, 2012); III Міжгалузева науково-практична конференція молодих вчених і фахівців в області проектування гірничо-металургійного комплексу, енерго- та ресурсозбереження, захисту навколишнього природного середовища (Харків 2014); XII Міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах» (Вінниця, 2014); XX, XXI, XXII, XXIII Міжнародні науково-практичні конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, 2012, 2013, 2014, 2015), II Міжнародна конференція «Information Technologies in Innovation Business» (Харків, 2015).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 38 наукових праць: 18 статей у наукових фахових виданнях відповідно до переліку МОН України, 2 статті у наукових зарубіжних журналах, 18 публікацій у матеріалах міжнародних науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 172 сторінках, містить 24 таблиці, 75 рисунків, перелік умовних скорочень, складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, у бібліографії наведено перелік джерел посилань, що включає 151 назву на 17 сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНО-МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ ОБ'ЄКТІВ

У першому розділі надано літературний огляд підходів і методів вирішення проблемних задач екологічної безпеки, управління якістю природно-техногенних систем. Проведена класифікація методів визначення рівня екологічної безпеки для ПТК, розроблена схема реалізації методів екологічної оцінки природно-техногенних факторів відповідно до вимог сталого розвитку соціально-еколого-економічних систем.

На основі проаналізованих методів оцінки стану соціально-економічної, еколого-економічної, соціально-екологічної систем за відповідністю екологічним характеристикам безпеки визначені напрями теоретично-практичних досліджень: аналіз функціонування господарських об'єктів згідно з вимогами екологічного менеджменту, використання MIPS-аналізу, засобів ризик-оцінки з урахуванням особливостей розвитку соціальної, економічної систем і вимог екологічної безпеки.

1.1 Огляд методів визначення рівня екологічної безпеки складних систем

Основи загальної концепції оцінки рівня екологічної безпеки у системному аспекті викладені у роботах М.Ф. Реймерса, В.І. Данілова-Данільяна, К.Ф. Фролова, В.О. Бокова, А.О. Бикова, Р.М. Кларка, М.Н. Мойсеєва та інших вчених. Існують два основні наукові напрями з питань визначення поняття екологічної безпеки: 1) дотримання вимог екологічних обмежень при техніко-економічній діяльності (Б.М. Данілішин, О.М. Трофимчук, А.Г. Шапар, Є.О. Яковлев, В.Р. Лозанський, І.А. Шеренков, А.В. Гриценко, І.П. Крайнов, В.М. Шестопапов, М.С. Мальований, А.Б. Горстко) [3, 14]; 2) збереження природної якості природно-техногенних об'єктів (ПТО) (Г.О. Білявський, І.Г. Черваньов, В.І. Осипов, О.Л. Рагозін, С.К. Шойгу, Є.С. Дзекцер, А.Б. Качинський, Є.О. Яковлев, М.І. Адаменко, В.Я. Шевчук, В.М. Шестопапов, І.Р. Пригожин, В.А. Котляревський,

А.В. Забегаєва, А.В. Лушик, Я.М. Семчук) [3, 13, 18]. Екологічна безпека держави розглядається як складова національної безпеки (А.Б. Качинський, В.О. Косовцев та ін.) [2, 13]. В межах наукових розробок слід відмітити системно-динамічну концепцію безпеки, яка базується на інтегрованому підході дослідження (С.І. Дорогунцов, О.М. Ральчук та ін.).

Основні особливості дослідження і розв'язання задач оцінки екологічної безпеки ПТО відображені в роботах багатьох науковців (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Напрями розв'язання задач оцінки екологічної безпеки

Автор	Змістовність оцінки екологічної безпеки
Білявський Г.О., Ісаєнко В.М.	екологічна оцінка фундаментальних складових національної безпеки України [18].
Веденін М.М.	встановлення рівня захищеності людини, суспільства, держави та навколишнього природного середовища; ступінь негативного природного та техногенного впливу, що забезпечується організаційно-правовими, економічними, науково-технічними засобами [19].
Голіченков О.К.	оцінка якості навколишнього природного середовища, яка визначає фактори впливу, що забезпечує прийнятний рівень здоров'я людини та її гармонійну взаємодію з природою [20].
Економічна енциклопедія	визначення рівня екологічного стану навколишнього середовища у межах країни загалом і окремих регіонів, на підприємствах, що не загрожує здоров'ю населення у процесі праці та життєдіяльності [21].
Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»	досягнення такого рівня якості стану навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної ситуації та виникнення небезпеки для здоров'я людей [22].
Качинський А.Б.	забезпечення захищеності життєво важливих інтересів людини, суспільства, навколишнього середовища й держави від реальних або потенційних загроз антропогенного або природного походження [23].
Колбасов О.С.	встановлення загрози масової загибелі людей у результаті такої несприятливої антропогенної зміни стану природного середовища, за якої людина як біологічний вид втрачає можливість існувати, задовольняти свої природно-фізіологічні й соціальні потреби за рахунок навколишнього матеріального світу [24].
Колодова А.В.	досягнення екологічних результатів при еволюції проблем охорони навколишнього середовища [24].
Кривошеїн Д.О., Муравей Л.А., Роєва Н.М.	забезпечення захищеності біосфери, суспільства, держави від загроз, які виникають внаслідок антропогенних і природних впливів на навколишнє середовище [25].
Поплавська Ж.В., Поплавський В.Г.	оцінка здатності промислових об'єктів протистояти екологічним ризикам, які виникають внаслідок порушення чинного екологічного законодавства [26].

Продовження таблиці 1.1

Автор	Змістовність оцінки екологічної безпеки
Прокопенко О.В., Ілляшенко С.М.	досягнення безпечного рівня функціонування об'єктів навколишнього середовища, відтворення та розвитку різних поколінь людей [27].
Реймерс М.Ф.	1) забезпечення гарантії запобігання екологічних катастроф і аварій внаслідок сукупності дій, станів і процесів, які прямо або опосередковано не призводять до цих подій; 2) забезпечення відповідності існуючих або прогнозованих екологічних умов завданням збереження здоров'я населення і забезпечення тривалого й стабільного соціально-економічного розвитку; 3) досягнення екологічного балансу на Землі на рівні фізично, економічно, технологічно й політично забезпеченого людства [28].
Романко С.М.	1) оцінка глобальної та національної безпеки природного та техногенного характеру як один з основних принципів екологічного права, об'єкт міжнародно-правового регулювання; 2) встановлення взаємодії між розвитком суспільних відносин і систем навколишнього природного середовища, при якому забезпечується захист інтересів, життя та здоров'я людини від шкідливого впливу; 3) визначення заходів, передбачених чинним законодавством з метою забезпечення уповноваженими державними органами, ведення екологічно безпечної діяльності [29].
Серов Г.П.	захищеність життєво важливих інтересів особистості, суспільства і держави у процесі взаємодії суспільства і природи від загроз з боку природних об'єктів, загроз, обумовлених знищенням, пошкодженням та виснаженням природних ресурсів [30].
Хіміч О.М.	забезпечення у межах національної безпеки стану захищеності людини, суспільства і держави від загроз дії небезпечних природних об'єктів, забруднення внаслідок аварій, катастроф, господарської діяльності, природних явищ, надзвичайних ситуацій природного й техногенного характеру [31].
Хлобистов Є.В.	складова національної безпеки; передбачення певного стану розвитку продуктивних сил і нормативно-правових відносин у суспільстві, який здатний забезпечувати стале відтворення природно-ресурсного потенціалу, сприятливі екологічні умови для життєдіяльності населення [32].
Хотунцев Ю.Л.	забезпечення стану захищеності життєво важливих інтересів особистості, суспільства, природи і держави від реальних і потенційних загроз, які створюються антропогенними або природними факторами впливу на НС [33].
Шевчук В.Я., Саталкін Ю.М., Білявський Г.О.	регулювання стану НПС відповідно до чинного законодавства, норм та нормативів, що забезпечує запобігання погіршенню екологічного стану та виникнення небезпеки для здоров'я людей [34].
Шмаль А.Г.	встановлення механізмів, які забезпечують допустимий негативний вплив природних та антропогенних чинників екологічної небезпеки на навколишнє середовище і людину [35].

Таким чином, у роботі об'єктом дослідження є інформаційно-методичне забезпечення оцінки екологічної якості природно-техногенних комплексів, які є

складними об'єктами визначення рівня екологічної безпеки щодо урахування стану природних систем і техногенних факторів впливу.

Природно-техногенний комплекс визначається як структурована система природних, природно-техногенних і техногенних складових НС, вплив яких на екосистеми і людину визначається за оцінкою рівня екологічної безпеки [30].

При формуванні у роботі інформаційно-методичного забезпечення оцінки стану таких систем аналітична база складається не тільки з елементів і компонентів дослідження, а і враховує процеси, які стосуються змін у дослідженому об'єкті і при його взаємодії з НПС.

Таким чином, у будь-якому аспекті дослідження з оцінки безпечності розглядається сукупність елементів, компонентів і процесів, що визначає поняття складна система. Приймаючи до уваги зазначене вище, у роботі природно-техногенний комплекс синонімічно приймається як природно-техногенна система.

Для вирішення науково-практичних задач оцінки якості для прийняття регулюючих рішень досліджуються, вивчаються і піддаються управлінню з екологічної безпеки природно-техногенні комплекси, які становлять об'єкт зазначених дій. Виходячи з цього ПТК за змістом постановки завдань зазначається як природно-техногенний об'єкт.

Оцінка рівня екологічної безпеки природно-техногенних систем розглядається в межах національної безпеки і характеризує рівень захищеності природних об'єктів НС і здоров'я населення.

До основних факторів, що формують рівень техногенно-екологічної безпеки ПТК, відносяться такі комплексні показники [36]:

- економічні – визначення рівня розвитку економічної системи та її можливості адаптуватися до вимог сталого розвитку;
- технологічні – оцінка рівня безпечності виробництва продукції, рівня впливу техногенних об'єктів на НПС;
- соціальні – оцінка стану здоров'я населення відповідно до забезпечення умов дотримання положень концепції сталого розвитку;
- екологічні – оцінка рівня стабілізації і дестабілізації стану об'єктів

НПС, впливу на соціально-економічний розвиток суспільства.

Таким чином, оцінка рівня екологічної безпеки природно-техногенних комплексів базується на аналізі двох основних формуючих її характеристик – стану екологічної складової і техногенно-екологічного впливу та визначається як оцінка рівня техногенного навантаження на НПС і людину (рис. 1.1) [37].

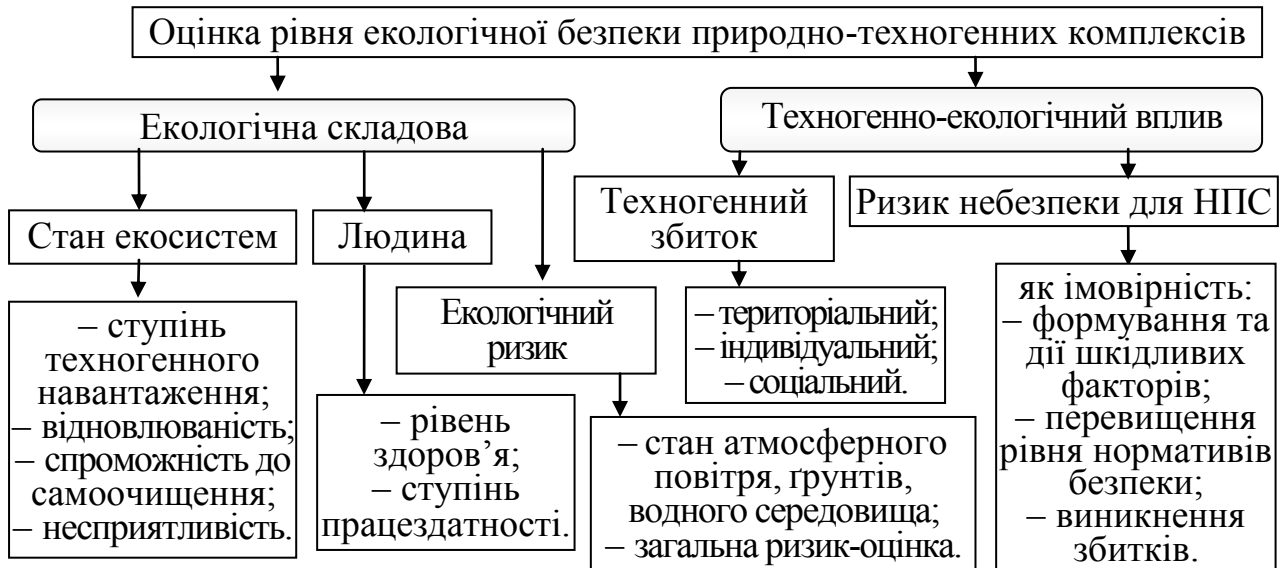


Рисунок 1.1 – Характеристика складових оцінки екологічної безпеки природно-техногенних комплексів

Техногенне навантаження на природні системи визначається на основі оцінки рівня порушення стану навколишнього середовища (НС) за показниками якості атмосферного повітря, водного середовища і ґрунтів.

Характеристики впливу на атмосферне повітря визначаються за такими показниками: рівень забруднення шкідливими речовинами, акустичне, теплове забруднення, електромагнітне випромінювання, радіаційний, вібраційний, іонізуючий вплив.

Характеристики впливу на водне середовище встановлюють за рівнем забруднення шкідливими речовинами, бактеріально-епідеміологічним станом, ступенем теплового забруднення, інтенсивністю радіаційного впливу.

Оцінка безпечності впливу на ґрунти визначається відповідно до рівня забруднення шкідливими речовинами, радіаційного впливу, бактеріально-епідеміологічного стану, ступеня теплового забруднення.

Розглянуті показники встановлюються на основі існуючого методичного забезпечення оцінки рівня екологічної якості техногенних об'єктів, заснованого на загальних принципах управління екологічною безпекою відповідно до результатів аналізу станів системи без врахування процесів, які відбуваються при дестабілізаційному впливі на природне середовище (рис. 1.2) [37].

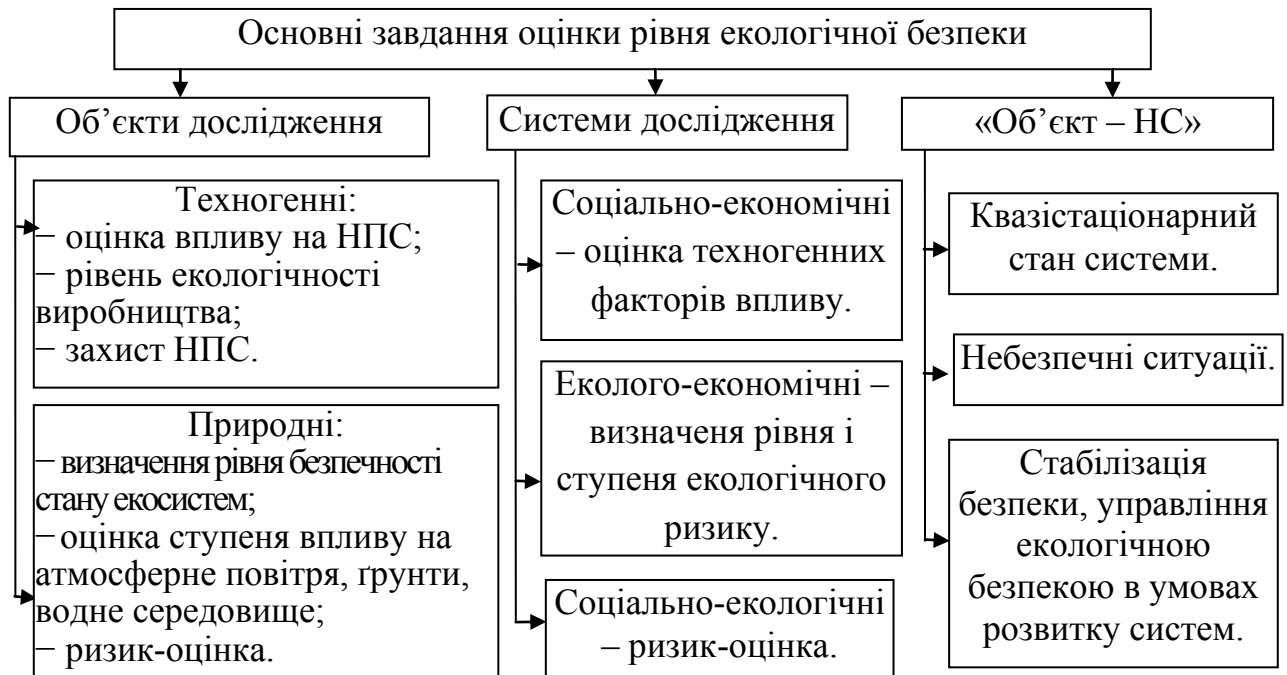


Рисунок 1.2 – Задачі оцінки рівня екологічної безпеки

Задачі оцінки рівня екологічної безпеки за об'єктами дослідження мають соціально-економічне, еколого-економічне і соціально-екологічне спрямування.

Необхідність формування механізмів регулювання природокористування зумовлює потребу у поглибленому дослідженні еколого-соціально-економічних відносин у сфері економіки природокористування, передумов формування еколого-економічних інструментів вирішення екологічних проблем щодо забезпечення ефективного управління екологічною безпекою.

Методи багатокритеріальної екологічної оцінки (ЕО) зовнішнього впливу на ПТК умовно поділяються науковцями на категорії: картографічні, матричні, адаптивні методи, методи експертних оцінок, методи мереж, оцінка якості

компонентів природного середовища на основі індикаторів, індексів і ризик-аналізу, нечітка модель оцінки впливів (табл. 1.2) [36].

Таблиця 1.2 – Основні переваги і недоліки методів екологічної оцінки

Методи ЕО	Переваги	Недоліки
Картографічні методи [38]	1) візуалізація екологічної інформації; 2) інструмент наочного фізико-географічного районування.	1) враховують тільки прямі впливи; 2) не враховують термін дії та імовірності впливів.
Метод контрольних списків [39]	1) прості для сприйняття інформації; 2) адаптовані для визначення пріоритетних показників екологічної оцінки.	1) не розрізняють прямі і непрямі впливи; 2) не встановлюють зв'язок між антропогенною діяльністю і впливом; 3) неоднозначність процесу врахування соціальних і природних цінностей.
Матричні методи [39, 40]	1) відображають зв'язок між антропогенною діяльністю і впливом; 2) наочні для представлення результатів ЕО.	1) важко розрізняти прямі і непрямі впливи; 2) подвійне врахування впливу факторів навантаження на НПС.
Мережні діаграми [41]	1) відображають зв'язок між антропогенною діяльністю і впливом; 2) виявляють впливи другого порядку; 3) виявляють прямі і непрямі впливи.	складні для використання при оцінці повномасштабного впливу.
Статистичні методи [42]	1) агрегування інформації; 2) виділення узагальнюючих факторів впливу; 3) прив'язка до конкретних територіальних одиниць.	1) необхідні великі об'єми інформації; 2) слабо формалізовані набори показників та факторів впливу.
Адаптивні методи [43]	1) включення ЕО у процеси управління станом НПС; 2) врахування ризиків; 3) врахування процедурних питань проведення ЕО.	необхідність одночасної підтримки безперервних процесів ЕО і управління станом НПС.
Методи імітаційного моделювання [44, 45]	1) адаптовані для прогнозування й аналізу впливу; 2) дозволяють проводити віртуальний експеримент (оцінки різних сценаріїв).	1) залежність від накопичених знань і даних; 2) складні для застосування на практиці.

Аналіз методів ЕО впливу техногенних об'єктів на НПС показує, що з позицій екологічної безпеки вони повинні забезпечувати розв'язання таких задач для надання інформації щодо прийняття регулюючих заходів:

- ідентифікація первинних впливів і їх наслідків;
- оцінка величини і значимості впливу;
- встановлення синергетичних ефектів, що призводять до стабілізації ситуації «об'єкт – НС»;
- розрахунок агрегованих оцінок стану безпечності природно-техногенних угруповань;
- прогнозування розвитку ситуації при наявних техногенних впливах на природні системи для прийняття рішення щодо регулювання їх стану.

При визначенні ЕО стану об'єктів НПС під дією техногенно-небезпечних факторів важливим є вибір прийнятних методів ЕО з точки зору їх переваг і недоліків. На рисунку 1.3 наведено узагальнюючу схему комплексного використання існуючих методів ЕО впливу дестабілізуючих факторів на стан об'єктів НПС [36].



Рисунок 1.3 – Узагальнена схема реалізації методів екологічної оцінки природно-техногенних факторів

У роботі проаналізовано 21 метод ЕО і надана їх характеристика на основі десяти критеріїв визначення рівня екологічної безпеки. Визначені методи дозволяють кількісно оцінити рівень впливу за допомогою бальних оцінок, ординарних, інтервальних або відносних шкал, функції корисності (табл. 1.3).

Розглянуте методичне забезпечення ідентифікує впливи першого порядку, що є актуальною задачею для оцінки ступеня навантаження техногенно-небезпечних факторів на об'єкти НС і визначення заходів забезпечення прийняттого рівня екологічної безпеки. Наочними і простими з них є матриця Леопольда, метод контрольних списків і східчаста діаграма Соренсена, які дозволяють визначити величину і рівень значимості впливу дестабілізаційних факторів. Методи Сондхейма, Холлінга визначають загальний рівень ідентифікації первинних впливів джерел техногенної безпеки, їх використовують в поєднанні з матричними методами [41–46].

Таблиця 1.3 – Порівняння різних методів оцінки впливу

Метод	Критерії відповідності методів екологічної оцінки									
	Ідентифікації первинних впливів	Ідентифікації впливів більш високого порядку	Визначення величини впливу	Визначення значимості впливу	Можливість прогнозування впливу	Можливість здійснення адаптації	Потреба у ресурсах	Необхідність застосування ЕОМ	Ступінь відтворення показників	Наглядність результатів
1 Накладання карт	++	-	++	++	+	-	++	+/-	++	+++
2 Метод Бателле	+++	-	++	++	+++	-	++	++	+++	++
3 Матриця Леопольда	+++	-	++	++	-	-	+	-	++	+
4 Матриця Петерсона	+++	++	+	-	-	+/-	++	+++	+	++
5 Матриця взаємодіючих компонентів	+++	+++	++	-	+	-	+++	+++	++	+
6 Східчаста матриця Соренсена	+++	+++	-	-	-	-	+	-	++	+++
7 Метод оцінних спектрів	+++	-	++	+++	++	++	+++	++	+++	++
8 Метод функціонально-го розсіювання	+++	++	++	+++	+++	++	+++	++	+++	+++
9 Мережна діаграма	++	++	+++	+	-	-	+	-	++	+++

Продовження таблиці 1.3

Метод	Критерії відповідності методів екологічної оцінки									
	Ідентифікації первинних впливів	Ідентифікації впливів більш високого порядку	Визначення величини впливу	Визначення значимості впливу	Можливість прогнозування впливу	Можливість здійснення адаптації	Потреба у ресурсах	Необхідність застосування ЕОМ	Ступінь відтворення показників	Наглядність результатів
10 Метод експертних оцінок	++	+	+	-	++	-	+++	++	+	+
11 Статистичні методи	+	-	+	+	+	-	+++	+++	+++	++
12 Метод Сондхейма	++	++	++	++	+	++	++	+++	++	+
13 Аналіз рішень	++	+	+++	+++	++	++	+++	+++	++	++
14 Метод Холінга	+	+	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+
15 Імітаційно-оптимізаційні моделі	+	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
16 Моделі баз даних	+++	+++	+	+	+++	+++	+++	+++	+++	+
17 Логіко-інформаційні моделі	+	+	+	+	++	++	++	+++	+++	+
18 Екстраполяційна модель	++	+	++	+	+	+	++	+	+	+
19 Інтерполяційна модель	++	+	++	+	+	+	+++	+	+	+
20 Ризик-оцінка на основі індексів	+++	-	++	+	-	+/-	+++	++	++	++
21 Нечітка модель	+	-	+	+	-	+	++	+	+	++

Примітка. «+++» – високий ступінь відповідності методів перерахованим критеріям, «++» – середній, «+» – низький, «+/-» – метод відповідає критерію за певних умов, «-» – метод критерію не задовольняє.

Проаналізовані методи екологічної оцінки ПТО засновані на детермінованих даних і статичності систем, не враховують стохастичності і випадковості факторів, що вірогідно призводять до дестабілізації об'єктів дослідження. За таких умов необхідно звернутися до методів імовірнісного аналізу і моделей невизначеності ситуацій. Для цього доцільно розділити систему оцінки екологічності на складові з послідовним вирішенням екологічних задач на основі існуючого методологічного апарату.

1.2 Характеристика методів комплексної оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів

1.2.1 Оцінка стану соціально-економічної системи за відповідністю екологічним характеристикам безпеки

Оцінка стану соціально-економічної системи за відповідністю екологічним характеристикам безпеки визначається за сукупністю:

- 1) методичного забезпечення систем екологічного менеджменту;
- 2) на основі оцінки екологічної ефективності;
- 3) методик екологічної експертизи, екологічного аудиту та сертифікації.

1. Відповідно до сучасних вимог екологічної безпеки виробництво продукції і послуг повинно бути екологічно ефективним, що передбачено положеннями екологічного менеджменту відповідно до ISO 14001 [8].

Екологічний менеджмент (ЕМ) – це система управління екологічними характеристиками конкретних суб'єктів екологічно небезпечної діяльності, джерел екологічної небезпеки або окремих природних комплексів [47].

Комплексність оцінки стану об'єкта дослідження, його сталого розвитку забезпечується методичною базою, що визначається структурою екоменеджменту відповідно до ДСТУ ISO 14001 (рис. 1.4) [48].



Рисунок 1.4 – Модель системи екологічного менеджменту

Система екологічного менеджменту забезпечує стійкий розвиток у трьох напрямках: екологічному, економічному і соціальному. В екологічному напрямі критеріями стійкого розвитку є раціональне використання відновлюваних ресурсів, обмежене використання невідновлюваних ресурсів шляхом відтворення подібних ресурсів-замінників, розрахунок кількості викидів шкідливих речовин у допустимих для об'єктів НПС межах з урахуванням їх функціональних можливостей, екологічна оцінка техногенного навантаження на природні об'єкти, визначення техногенного навантаження на системи НПС.

Схема оцінки екологічності ПТК у сфері екологічного менеджменту передбачає комплексну ідентифікацію небезпеки дії екологічних ефектів за послідовністю «доза – фактор впливу – результат» для визначення факторів дестабілізації системи управління якістю НПС (рис. 1.5) [49].

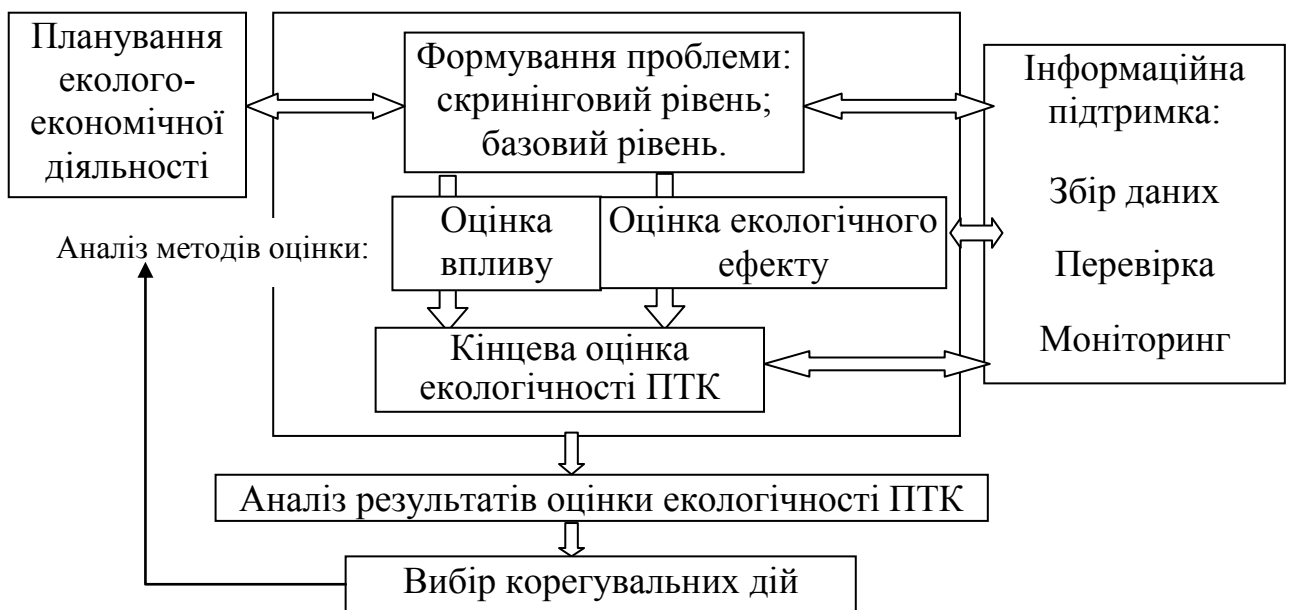


Рисунок 1.5 – Схема оцінки ефективності застосування екологічного менеджменту

Методом узагальнюючої оцінки якості еколого-економічних систем в екологічному менеджменті є MIPS-аналіз – інструмент оцінки еко-ефективності. Специфіка методу дозволяє виявити небезпечні фактори впливу на складні об'єкти природної і техногенної змістовності, що є основою для запобігання порушення положень сталого розвитку і зменшення витрат на відшкодування екологічних збитків [50].

Для оцінки попереднього стану об'єктів природного середовища за результатами MIPS-аналізу приймаються до уваги не тільки небезпечні речовини, матеріальні потоки з метою запобігання встановлених і прогнозованих екологічних проблем з охорони екосистем за умови певного рівня техногенного навантаження. Перевагою цього методу є здатність виявляти небезпечні фактори на кожній стадії життєвого циклу продукції, конкретні чинники екологічних збитків.

Завдяки застосуванню MIPS-показників система управління якістю виробництва дозволяє проводити безперервний контроль життєвого циклу продукції, рівня безпечності виробництва і дотримання екологічних вимог щодо стану НС [51]. Даний підхід дозволяє встановити допустимий і необхідний рівень екологізації виробничих процесів – поєднання технологічних і екологічних операцій у процесі виробництва і реалізації продукції.

Використання методичного забезпечення MIPS-аналізу дозволяє визначити необхідний потенціал для інноваційних методів виробництва з використання сировини і процесів переробки. Впровадження екологічно безпечних технологічних процесів і операцій спрямоване на суттєве покращення ринкової конкурентоспроможності підприємств на тривалий термін за рахунок підвищення екологічної ефективності та екологічності товарів і послуг.

На відміну від існуючих систем екологічної оцінки виробництва, які орієнтуються на характеристики впливів на НПС, MIPS-аналіз визначає загальний рівень екологічності цілісної системи, пов'язаної з випуском кінцевої продукції і надання послуг [50].

Таким чином, методи екологічного менеджменту з оцінювання якості стану соціально-економічних систем, забезпечують ефективність механізму ЕО та процесів планування, а отже, ефективність охорони навколишнього середовища у контексті дотримання вимог сталого екологічного розвитку.

2. Методика визначення оцінки екологічної ефективності дозволяє забезпечити керівництво об'єктивною і надійною інформацією, необхідною для прийняття управлінських рішень, які стосуються різних напрямів екологічної діяльності підприємства [52].

Відповідно до міжнародного стандарту ДСТУ ISO 14031 [52], оцінка екологічної ефективності (ОЕЕ) – це процес, який сприяє прийняттю управлінських рішень на основі визначення показників екологічної ефективності (ЕЕ), збору та аналізу даних, оцінювання інформації відповідно до критеріїв екологічної безпеки ПТО, складання звітності та розповсюдження інформації, періодичного перегляду та покращання процедури оцінювання процесів управління якістю об’єктів НС.

Оцінка екологічної ефективності здійснюється відповідно до стандарту ISO 14031 за таким послідовним аналізом: «планування – виконання – перевірка та корегувальні дії» (рис. 1.6) [52].

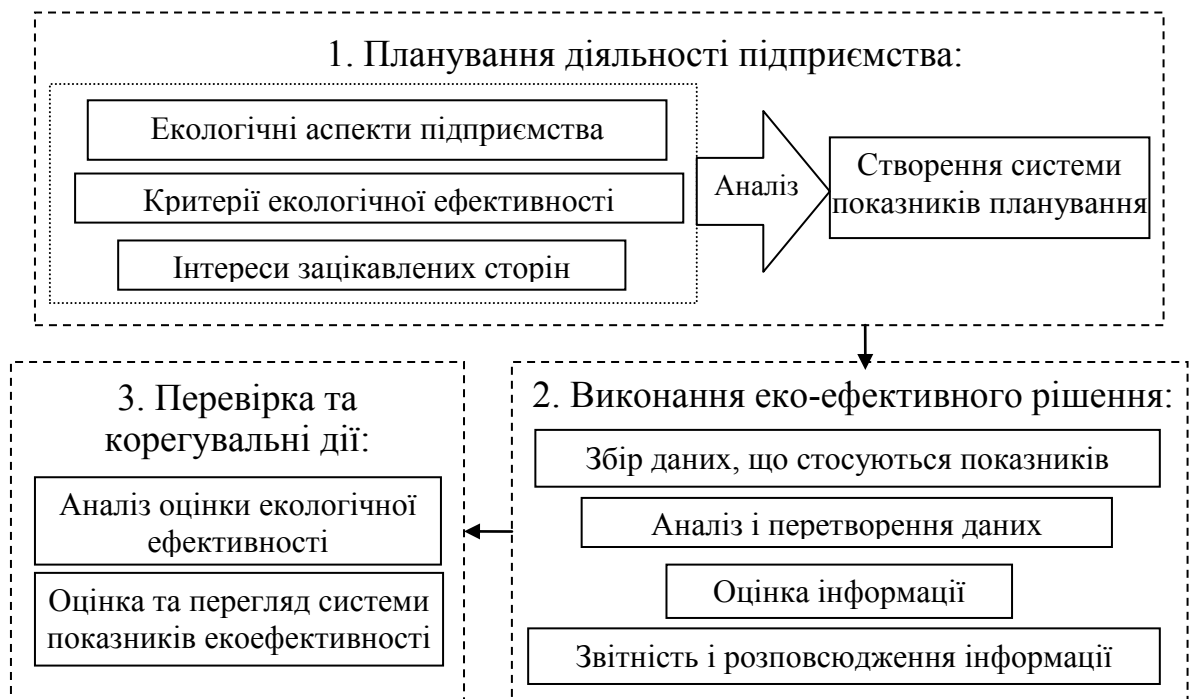


Рисунок 1.6 – Основні етапи оцінки екологічної ефективності

Отримані результати за даною методикою є основою для управління екологічними аспектами виробничої діяльності з метою підвищення рівня екологічної ефективності, функціональності виробничої структури, реалізації екологічної політики на підприємстві, раціонального використання фінансів.

Величина ОЕЕ встановлюється у вигляді ризик-оцінки стану систем НПС (екологічний ризик), здоров'я працівників і населення загалом (ризик здоров'ю), витрат на відшкодування збитків НПС (фінансовий ризик) [53, 54].

Таким чином, реалізація засобів ОЕЕ згідно з ISO 14031 в соціально-економічній діяльності передбачає аналіз ситуації і оцінку несприятливих ефектів на основі положень теорії ризиків. Ризик розглядається як імовірність здійснення подій, які мають несприятливі наслідки для природного середовища і викликані негативним впливом господарської або іншої діяльності, надзвичайними ситуаціями природного і техногенного характеру [55].

3. Екологічна експертиза – методика оцінки науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, пов'язаних з міжгалузевими екологічними дослідженнями, аналізом та оцінкою передпроектних, проектних та інших об'єктів, функціонування яких негативно позначається на стані НС. Проведення процедури екологічної експертизи на підприємстві дозволяє зробити висновки про відповідність запланованої та виконавчої діяльності нормам і вимогам законодавства про охорону НПС, раціональне використання, відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки [55, 56].

Методи екологічної експертизи передбачають:

- врахування можливих негативних впливів проектів на якість НПС або природний стан його компонентів, на здоров'я та життя населення;
- визначення динамічної і збалансованої природної рівноваги та сприятливої екологічної обстановки при реалізації проектів;
- забезпечення дотримання норм і вимог екологічної безпеки проєктованих об'єктів, уникнення екологічного ризику.

Методичним забезпеченням для встановлення рівня екологічної безпеки об'єктів дослідження передбачено надання ризик-оцінки, що відображає відхилення у відповідності вимогам екологічності запланованої або здійснюваної діяльності; положень проектних матеріалів за статтями Конституції України, Водного, Лісового, Земельного кодексів та Кодексу України про надра, Закону України про охорону НПС і Закону про охорону атмосферного повітря, основ інших законодавчих і підзаконних актів про охорону природи та раціональне використання природних ресурсів, норм екологічності ситуації, планування, проектування будівельних, санітарних норм; вимог заходів щодо охорони НПС і здоров'я людей (рис. 1.7) [56].



Рисунок 1.7 – Схема характеристик державної екологічної експертизи

Отже, збалансованість екологічних, економічних, медико-екологічних і соціальних інтересів при розробці і введенні в експлуатацію проектних рішень соціально-економічного характеру досягається відповідністю їх параметрів стану вимогам екологічної безпеки за оцінкою запланованої (здійсненої) діяльності на основі екологічної експертизи.

Метою проведення екологічного аудиту є встановлення міри екологічності конкретного виробництва і рекомендацій щодо його реформування для зниження екологічних податків, плати за ресурси, стимулювання залучення інвестицій держави або приватного капіталу. За результатами екологічного аудиту розробляються заходи з підвищення рентабельності підприємства і конкурентоспроможності виробництва [57].

Методичне забезпечення оцінки екологічності соціально-еколого-економічних систем визначено положеннями діяльності Керівництва

Європейського Союзу з екологічного аудиту (The Eco-Management and Audit Scheme EMAS). Положення EMAS передбачають зниження впливів на НПС до рівня, що відповідає застосуванню економічно обґрунтованої і кращої з доступних технологій. Впровадження стандарту EMAS полягає у застосуванні системного підходу до розробки екологічної політики в галузі дослідження промислових об'єктів і дозволяє більш обґрунтовано визначити впливові екологічні аспекти діяльності, встановити пріоритети та визначити прийнятні екологічні цілі й завдання і в подальшому розробити структуру та програму реалізації політики підприємства для досягнення поставлених цілей і завдань. При цьому положення EMAS не повинні суперечити відповідним законам ЄС чи технічним стандартам і мають бути узгоджені з міжнародним стандартом ISO 14001 [58].

У таблиці 1.4 наведено основні відмінності між зазначеними основними документами екоаудиту. Характерною особливістю цих стандартів є те, що вони при врахуванні первісної інформації щодо кількісних параметрів впливу (об'єми викидів, концентрації речовин тощо), стану технологій виробництва (вимоги використання та невикористання певних технологій, вимоги використання «найліпшої доступної технології») зорієнтовані на організацію, запровадження і дотримання певних процедур з підготовки документів для визначення екологічно безпечної діяльності.

Таблиця 1.4 – Основні розбіжності в аналізованих аспектах з оцінки якості систем в межах вимог стандартів EMAS та ISO 14001 [58]

Аспекти, що аналізуються	ISO 14000	EMAS
Дія, ступінь охоплення	Повсюдно	Повсюдно
Екологічна заява для громадськості	Необов'язково	Обов'язково
Структура ЕМ	Логічна і сувора	Не досить детальна
Цільова група	На всіх рівнях організації	На всіх рівнях організації
Набуття чинності державними акредитованими екологічними інспекторами	Не враховується	Береться до уваги
Екологічні аспекти товарів, послуг	Беруться до уваги	Не враховуються
Вимоги аудиту	Відповідають положенням ЕМ і критеріям екологічного аудиту	Оцінка природоохоронної діяльності і системи ЕМ

Проведення екологічного аудиту передбачає врахування екологічних показників якості об'єктів навколишнього середовища. Однак, положення екоаудиту не охоплюють всього комплексу організаційно-економічних специфічних параметрів і характеристик ресурсокористування в контексті сталого економічного розвитку підприємства.

Запровадження екологічного аудиту на підприємствах дозволяє вдосконалити маркетингові операції; скоротити внутрішні витрати, поєднати охорону НПС з економічною вигодою; забезпечити відповідність природоохоронної діяльності вимогам екологічного законодавства.

Екологічна сертифікація – це процедура підтвердження відповідності рівня безпеки виробництва для людини і НС вимогам національних і міжнародних стандартів, нормативно-технічних документів [59]. Екологічна сертифікація (ЕС) проводиться на добровільній основі за ініціативою заявника, є обов'язковою для суттєвих і важливих для життя виробництв, небезпечних видів діяльності. За результатами сертифікації визначають рівень відповідності стану економічного об'єкта вимогам екологічної політики, дієспроможність екологічних програм і ефективних заходів екологічної безпеки.

Проведення на підприємстві ЕС дозволяє забезпечити нормативно-технічне, правове регулювання екологічної безпеки при розподілі, обміні, споживанні товарів і послуг. Методика ЕС дозволяє попередити негативний вплив процесів виробництва, утилізації, споживання природних ресурсів на стан НПС і здоров'я людини; захистити споживачів від небезпечних для здоров'я та природного середовища товарів у процесі їх використання та утилізації; забезпечити раціональне використання та охорону природно-ресурсного потенціалу.

Методологічний інструментарій запровадження ЕС включає послідовне використання сертифікації на макро- і мікрорівнях дослідження системи, механізмів екорегулювання відповідно до законів, нормативів, принципів екологічної політики, консалтингу, розробки стандартів у різних галузях; формування ціни на екологічно сертифіковану продукцію; організаційно-економічного забезпечення безпеки природокористування (рис. 1.8–1.9) [60].



Рисунок 1.8 – Методичні засади процедури екологічної сертифікації

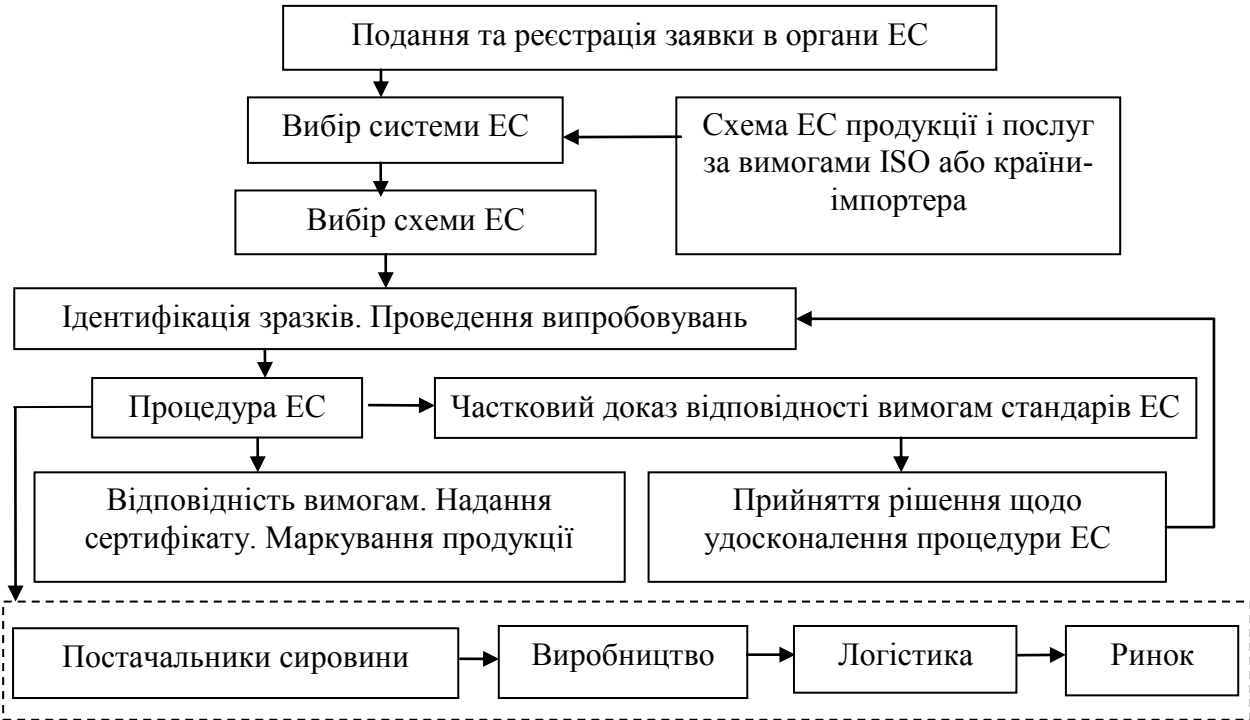


Рисунок 1.9 – Типова процедура екологічної сертифікації

Таким чином, методика запровадження екологічної сертифікації сприяє регулюванню якості сировини та послуг на всіх етапах життєвого циклу продукту; дозволяє стабілізувати екологічний стан об'єктів НПС, здоров'я населення; сприяє збереженню природного капіталу і розвитку інновацій, залученню інвестицій.

Аналіз аналітичних можливостей методів оцінки стану соціально-економічних систем показав, що поглиблена екологічна оцінка функціонування господарських об'єктів надається на основі MIPS-аналізу, його доцільно доповнити імовірнісними методами з метою визначення впливу природно-техногенних чинників на соціально-еколого-економічні системи, що забезпечує надання оцінки стану об'єкта та ступеня прояву небезпечних процесів, пов'язаних з порушенням природної стійкості систем (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Порівняльна характеристика методичних засобів оцінки стану соціально-економічних систем

Оцінка екологічності виробництва	Середовища, які оцінюються	Масштаб оцінки	Кількісна оцінка	Якісна оцінка	Враховування матеріальних потоків	Стадії життєвого циклу продукту
Екологічний менеджмент	Усі компоненти НС	Макро	+	+	+	Усі стадії
Екологічна експертиза	Усі компоненти НС	Макро	+	+	-	Проектування, виробництво
Екологічний аудит	Усі компоненти НС	Мікро	-	+	-	Виробництво
Екологічна сертифікація	Усі компоненти НС	Макро Мікро	-	+	-	Виробництво, використання

1.2.2 Оцінка стану еколого-економічної системи

Оцінка екологічності стану еколого-економічної системи складається з таких основних методичних засобів:

- стратегічної оцінки рівня екологічної безпеки ПТК, при якій основний акцент робиться на виявлення наслідків техногенного впливу на НС, управлінських рішень в різних сферах соціально-економічного розвитку;
- традиційної оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС), яка спрямована на виконання вимог безпеки при реалізації проектів;
- показників сталого розвитку та стандартів, екологічно орієнтованих систем впровадження положень екологічного управління на промислових підприємствах (Міжнародна організація стандартизації ISO 14000);
- комплексного контролю за рівнем забруднення НПС (включаючи розробку відповідних законодавчих актів) на етапах життєвого циклу продукту;
- реєстрів викидів, скидів і переносів забруднюючих речовин, розширення використання «торгівлі» дозволами на «невикористані» викиди в атмосферу і водне середовище;
- комплексного екологічного та економічного аналізу та обліку природних ресурсів на основі системи національних рахунків, схваленої ООН і спільного проведення екологічних заходів на міжнародному рівні [61].

Процедура проведення еколого-економічної оцінки складається з етапів:

- визначення системи природних ресурсів, що оцінюються (рослинні ресурси, лісові біогеоценози);
- ранжування споживної вартості природних ресурсів, функцій, способів користування, а також критеріїв їх оцінки;
- оцінка можливостей фактичних і потенційних споживачів природних ресурсів (галузей виробництва, підприємств, регіону, суспільства в цілому);
- аналіз стану природних ресурсів із застосуванням натуральних, натурально-вартісних, вартісних критеріїв виміру стану природних ресурсів в залежності від особливостей впливу дестабілізуючих факторів [61, 62].

Аналіз наслідків дестабілізуючого антропогенного впливу на природні ресурси включає:

- виявлення і вивчення зв'язку між зміною стану ресурсів та відповідними екологічними, соціальними і економічними наслідками;
- визначення масштабів, характеру і тенденцій прояву наслідків змін стану НПС у територіальній і галузевій структурі господарства;
- удосконалення механізму природокористування на основі комплексної еколого-економічної оцінки.

Сучасні методи еколого-економічного оцінювання засновані на показниках економічного збитку, завданого внаслідок погіршення якості природних ресурсів і екосистем загалом. У системі управління природокористуванням, регулювання правовою та економічною відповідальністю економічний збиток стає ключовим показником [61]. Для визначення впливу антропогенної діяльності на стан природних ресурсів, окрім економічного збитку, використовують показник екологічної шкоди. Економічний збиток, пов'язаний з фінансово-економічними інтересами природокористувачів, визначається у формі фінансово-матеріальних збитків [62].

Проблеми екологізації діяльності промислових підприємств досліджені у наукових працях таких науковців: Е.В. Гірусова, А.С. Гриніна, І.А. Александрова, В.Г. Глушкової, Л.Г. Мельник, Л.Д. Пляцука, А.А. Садекова, В.Я. Шевчук, С.К. Харичкова, Н.Н. Андрєєвої, О.Ю. Попової, С.О. Білої, Т.П. Галушкіної, М.С. Мальованого та ін. З огляду на виключно важливу роль екологічно спрямованої діяльності підприємства, необхідним є удосконалення інструментарію корпоративного екологічного управління.

Для еколого-економічної оцінки рівня екологічної безпеки промислового підприємства використовуються такі комплексні показники:

1. Коефіцієнт нормативної екологічної небезпеки K_n характеризує міру потенційної екологічної небезпеки підприємства в умовах нормальної експлуатації при дотриманні всіх екологічних нормативів. Він виражається в балах і визначається залежно від класу небезпеки підприємства. Значення коефіцієнта K_n пропорційні нормованим величинам гранично-допустимих

концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин для підприємств різних класів небезпеки і становлять таке: для підприємств 1-го класу небезпеки дорівнює 400 балів, 2-го – 100 балів, 3-го – 36 балів, 4-го – 4 бали, 5-го – 1 бал [63].

2. Показник перевищення нормативної зони забруднення L – безрозмірний коефіцієнт, що характеризує міру невідповідності нормативному забрудненню атмосфери. Згідно з існуючими нормами викиди підприємства не повинні приводити до перевищення ГДК в приземному шарі атмосфери:

$$L = \frac{\left(\pi(r_{\text{сзз}} + V_a S_{\text{п}} / \pi)^2 + S_3\right)}{\pi(r_{\text{сзз}} + V_a S_{\text{п}} / \pi)^2}, \quad (1.1)$$

де $r_{\text{сзз}}$ – радіус санітарно-захисної зони, м;

V_a – показник перевищення нормативного об'єму викидів речовин в атмосферу;

$S_{\text{п}}$ – протяжність підприємства, м;

S_3 – площа зони забруднення, м² [63].

3. Показник перевищення нормативного об'єму викидів шкідливих речовин в атмосферу V_a – безрозмірний коефіцієнт, що характеризує міру збільшення реальних викидів шкідливих речовин в атмосферу порівняно з нормативними рівнями гранично-допустимих викидів (ГДВ):

$$V_a = \frac{M_{\text{сум}}}{M_{\text{ГДВ}}}, \quad \text{де } M_{\text{сум}} = \left(\frac{M^j}{G_{\text{ГДК}}^j}\right)^{bj}, \quad M_{\text{ГДВ}} = \left(\frac{M^j_{\text{ГДВ}}}{G_{\text{ГДК}}^j}\right)^{bj}, \quad (1.2)$$

де M^j – фактична кількість j -ї шкідливої речовини в атмосферному повітрі від всіх джерел викиду, кг/м³;

$G_{\text{ГДК}}^j$ – максимальна разова ГДК j -ї забруднюючої речовини, кг/м³;

b_j – безрозмірний коефіцієнт відносної небезпеки j -ї забруднюючої речовини, визначається залежно від класу небезпеки речовини: для 1-го класу небезпеки він становить 1,7; 2-го – 1,3; 3-го – 1,0; 4-го – 0,9;

$M^j_{\text{ГДВ}}$ – дозволений для підприємства гранично-допустимий об'єм викиду j -ї шкідливої речовини, кг/м³ [63].

4. Показник перевищення нормативного об'єму скидів шкідливих речовин у водоймища V_B – безрозмірний коефіцієнт, визначається як міра невідповідності реальних скидів шкідливих речовин у водоймища нормативним рівням гранично-допустимого скиду (ГДС), враховує показник цінності водоймищ (рекреаційна, рибогосподарська, виробнича) [63].

5. Показник перевищення нормативного обсягу відходів $V_{\text{відх}}$ – безрозмірний коефіцієнт, який визначає збільшення реальної кількості вивезення і складування відходів над нормативним обмеженням. Розраховується на основі інформації про небезпечні характеристики місць складування відходів [63].

6. Показник перевищення нормативних рівнів фізичних впливів $V_{\text{фв}}$ – безрозмірний коефіцієнт, який характеризує міру збільшення реальних шкідливих фізичних дій над нормативними величинами [63].

7. Коефіцієнт людності ареалу шкідливої дії $k_{\text{люд}}$ – це міра заселеності ареалу зони впливу підприємства, характеристика потенційної небезпеки підприємства для населення [63]:

$$k_{\text{люд}} = \frac{H_p + P_n}{H_p}, \quad (1.3)$$

де H_p – нормативна кількість розселення населення, чол./м²;

P_n – середня щільність населення у межах ареалу шкідливої дії, чол./м².

8. Інтегральний показник екологічної небезпеки підприємства $R_{\text{інт}}$ – виражається в балах і визначається залежно від класу небезпеки, що дозволяє дати комплексну інтегральну оцінку рівня екологічної небезпеки підприємства з врахуванням внутрішніх і зовнішніх чинників негативної дії [63]:

$$R_{\text{інт}} = k_{\text{люд}} \cdot L \cdot V_a \cdot V_B \cdot V_{\text{відх}} \cdot V_{\text{фв}} \cdot K_n. \quad (1.4)$$

де $k_{\text{люд}}$ – коефіцієнт людності ареалу шкідливої дії;

L – показник перевищення нормативної зони забруднення;

V_a, V_b – показники перевищення нормативного об'єму викидів речовин в атмосферу, водне середовище;

$V_{\text{відх}}$ – безрозмірний коефіцієнт, який визначає збільшення реальних обсягів відходів над нормативним обмеженням;

$V_{\text{фв}}$ – безрозмірний коефіцієнт, який характеризує міру перевищення реальних шкідливих фізичних дій встановлених нормативних величин;

K_H – коефіцієнт нормативної екологічної небезпеки.

Запропонована система показників екологічної небезпеки промислового об'єкта охоплює чотири основні напрями:

1) оцінка потенційної небезпеки промислового об'єкта в умовах нормальної експлуатації (показник K_H);

2) оцінка міри перевищення рівня шкідливої дії нормативної бази (нормативно-безпечні показники $L, V_a, V_b, V_{\text{відх}}, V_{\text{фв}}$);

3) оцінка реципієнтів шкідливої дії (показник $k_{\text{люд}}$);

4) комплексна інтегральна оцінка міри екологічної небезпеки промислового об'єкта (показник $R_{\text{інт}}$).

Основні показники екологічної небезпеки регіонального промислового комплексу становлять такі сумарні величини [63, 64].

1. Сумарні натуральні та умовні показники характеризують рівень техногенної дії підприємств регіону – сумарні об'єми фактичних і умовних викидів і скидів шкідливих речовин, вивезення відходів, розраховані і фактичні поля середніх і максимальних концентрацій шкідливих речовин в різних середовищах. Вони детально описані у відповідній нормативно-довідковій літературі і надані в стандартних формах статистичної звітності (2ТП-повітря, 2ТП-водгосп та ін.) [65].

2. Сумарні комплексні і інтегральні показники екологічної небезпеки.

2.1. Регіональний коефіцієнт нормативної екологічної небезпеки $K_{\text{рег}}^H$ – характеристика потенційної екологічної небезпеки промислового комплексу в умовах нормальної експлуатації при дотриманні всіх екологічних нормативів, виражається в балах і визначається залежно від класу небезпеки підприємства:

$$K_{\text{рег}}^{\text{н}} = \sum_{i=1}^n K_{\text{н}_i}, \quad (1.5)$$

де n – кількість промислових підприємств регіону;

$K_{\text{н}_i}$ – коефіцієнт нормативної екологічної небезпеки i -го підприємства.

2.2. Регіональний інтегральний показник екологічної небезпеки $R_{\text{рег}}$ дозволяє надати комплексну інтегральну оцінку сукупного фактичного рівня екологічної небезпеки підприємств регіону, визначається залежно від класу небезпеки підприємства:

$$R_{\text{рег}} = \sum_{i=1}^n R_{\text{інт}_i}, \quad (1.6)$$

де $R_{\text{інт}_i}$ – інтегральний показник екологічної небезпеки i -го підприємства.

3. Питомі показники нормативного і фактичного екологічного навантаження на об'єкти НПС і людину містять такі характеристики [65]:

а) демографічний показник нормативного екологічного навантаження $C_{\text{дем}}^{\text{н}}$, бал/тис. чол.:

$$C_{\text{дем}}^{\text{н}} = \frac{K_{\text{рег}}^{\text{н}}}{N}, \quad (1.7)$$

де N – загальна кількість населення, тис. чол.;

б) демографічний показник інтегрального екологічного навантаження, $C_{\text{дем}}^{\text{и}}$ бал/тис. чол.:

$$C_{\text{дем}}^{\text{и}} = \frac{R_{\text{рег}}}{N}, \quad (1.8)$$

де $R_{\text{рег}}$ – регіональний інтегральний показник екологічної небезпеки в умовах нормальної експлуатації при дотриманні всіх екологічних нормативів;

в) територіальний показник нормативного екологічного навантаження $C_{\text{тер}}^{\text{н}}$, бал/м²:

$$C_{\text{тер}}^{\text{н}} = \frac{K_{\text{рег}}^{\text{н}}}{S}, \quad (1.9)$$

де S – площа регіону, м^2 ;

г) територіальний показник інтегрального екологічного навантаження $C_{\text{тер}}^{\text{и}}$, бал/ м^2 :

$$C_{\text{тер}}^{\text{и}} = \frac{R_{\text{рег}}}{S}. \quad (1.10)$$

Завданий натуральний збиток K_n для об'єктів НПС у вигляді забруднення атмосфери, водних об'єктів, земельних ресурсів трансформується у витрати підприємства у вигляді сплачених податків за викиди, скиди, розміщення відходів, штрафів у разі перевищення встановлених екологічних нормативів і порушення вимог природоохоронного законодавства [66]:

$$K_n = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_j \cdot \frac{\Gamma \text{ДВ}_{ij}}{b_{ij}}}{\sum_{i=1}^m A_j \cdot k_j}, \quad (1.11)$$

де n – кількість джерел викидів (скидів) забруднюючих речовин;

i – номер джерела викиду (скиду);

m – кількість забруднюючих речовин;

j – номер забруднюючої речовини;

A_j – показник відносної небезпечності j -ї речовини;

$\Gamma \text{ДВ}_{ij}$ – гранично-допустимий викид (скид) j -ї речовини i -м джерелом, кг/с ;

b_{ij} – фактичний викид (скид) j -ї речовини i -м джерелом викиду, кг/с ;

k_j – вид j -ї забруднюючої речовини.

Надана система критеріїв оцінки впливу на НПС дозволяє комплексно:

– проводити оцінку екологічної безпеки промислових об'єктів, природно-техногенних комплексів і регіону як єдиної техно-соціо-природної системи;

– здійснювати порівняльний аналіз рівня екологічної безпеки промислових об'єктів і регіонів;

– визначати небезпечні для регіону фактори техногенної дії.

Для визначення оцінки екологічної якості ПТО класично використовують методику оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС).

Показник ОВНС застосовується для виявлення характеру, інтенсивності і ступеня небезпеки впливу планованої господарської діяльності на стан навколишнього середовища і здоров'я населення. Результати ОВНС є основою для прийняття управлінського рішення з реалізації запланованої господарської діяльності, визначення можливих несприятливих впливів і оцінки екологічних наслідків, розробки заходів щодо зменшення і запобігання негативних впливів.

У ході проведення ОВНС використовується здебільшого нормативний підхід, за яким оцінка діяльності промислових об'єктів надається у вигляді порівняння фактичного стану НПС з нормативними даними.

Методологія ОВНС використовується для виявлення зворотного зв'язку у взаємодії НПС з техногенним об'єктом з урахуванням впливу конкретного компонента природного середовища на соціальні комплекси (рис. 1.10) [67].



Рисунок 1.10 – Алгоритм процедури оцінки впливу на навколишнє середовище

З урахуванням існуючого методичного забезпечення кількісної оцінки для ухвалення рішення про прийнятність проекту та управління безпекою запропонована завершальна стадія ОВНС, яка становить систему кількісних характеристик екологічної безпеки ПТК (рис. 1.11, рис. 1.12) [68–70].

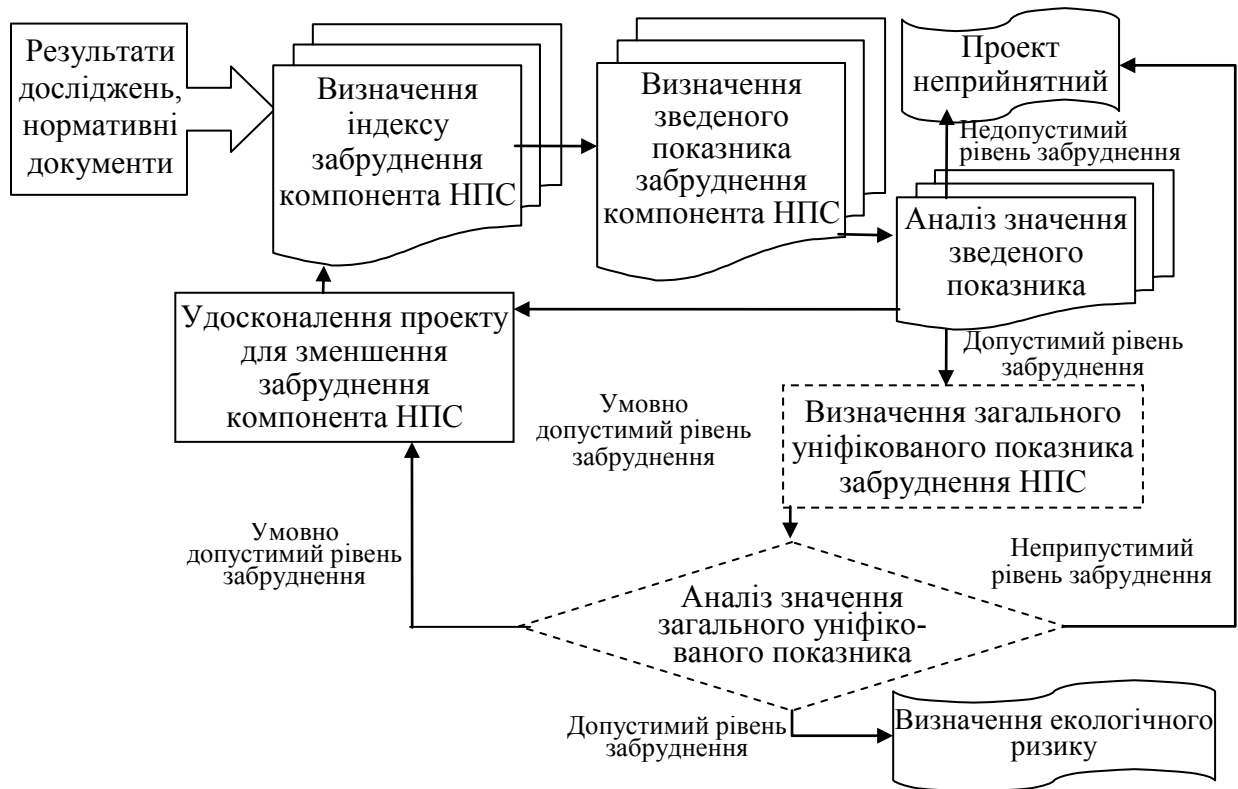


Рисунок 1.11 – Реалізація процедури оцінки впливу на навколишнє середовище

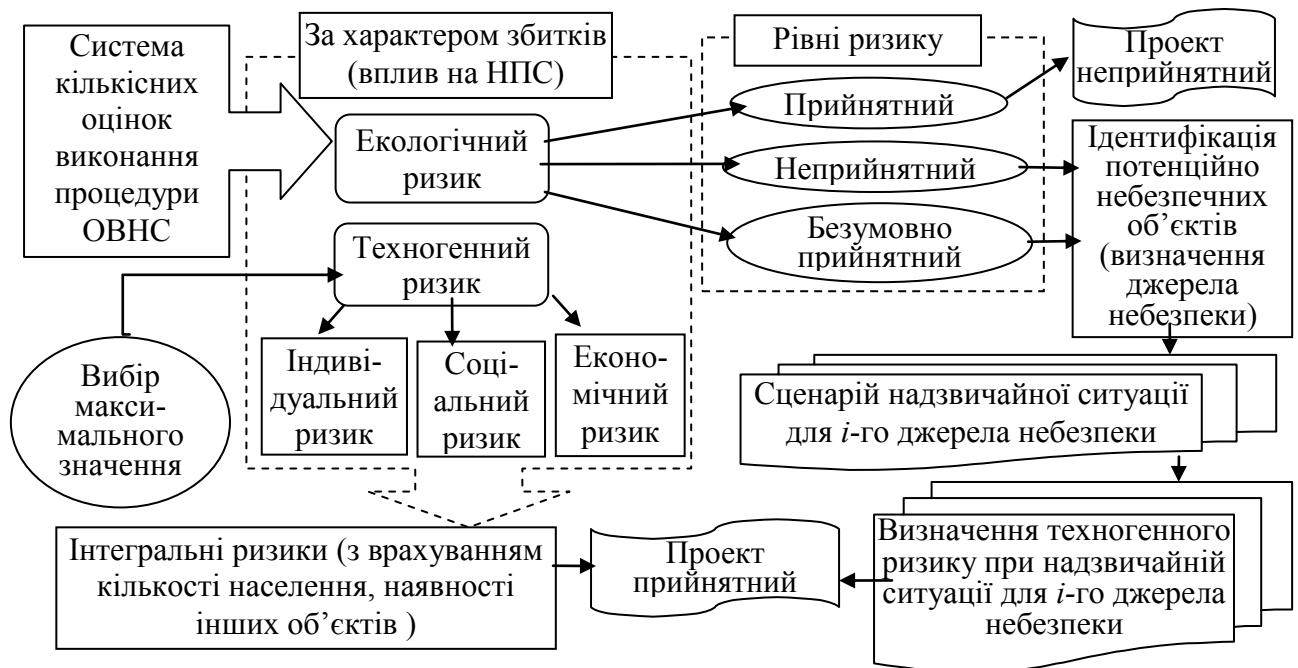


Рисунок 1.12 – Класифікація ризиків впливу на навколишнє середовище

Таким чином, проаналізовані методи оцінки екологічної якості ПТО відносяться до методів визначення рівня екологічності кінцевих стадій життєвого циклу продукції та послуги, встановлюють екологічні наслідки нестійкого розвитку, запровадження і реалізацію екологічних політик і технологій, які зменшують ці наслідки. Індикатори ОВНС визначають параметри (характеристики) ресурсного циклу, матеріальні, енергетичні входи і становлять вихідні дані з оцінки екологічності об'єкта дослідження, причинно-наслідкового аналізу [70].

1.2.3 Оцінка стану соціально-екологічної системи за вимогами безпеки життєдіяльності

Основна увага в соціально-екологічному аспекті досліджень рівня екологічної безпеки спрямована на встановлення оцінки ризику здоров'я людини. Зміни рівня здоров'я населення визначені дією факторів НПС і техногенних факторів [71].

Для аналізу причинно-наслідкових зв'язків між станом об'єктів НПС, що становлять сферу життєзабезпечення населення, отримані функціональні залежності, які містять показники рівня забруднення природного середовища, характеристики викидів, соціально-економічного розвитку.

Складність оцінки соціально-екологічних аспектів стану здоров'я населення полягає в тому, що захворюваність залежить від ряду факторів суб'єктивного характеру, які важко оцінити кількісно. Визначення зв'язку між рівнем здоров'я населення та погіршенням стану НС в межах окремих об'єктів має вигляд ряду лінійних залежностей [72]:

$$Z = k \cdot M, \quad (1.12)$$

де k – кількість випадків захворювань, пов'язаних з високим рівнем забруднення НПС у межах населеного пункту;

M – фактичний рівень забруднення НПС [72]:

$$M = \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i}{\text{ГДК}_i} \right), \quad (1.13)$$

де n – кількість забруднюючих речовин;

m_i – питома маса викидів i -ї забруднюючої речовини, кг/м³;

ГДК _{i} – гранично-допустима концентрація i -ї забруднюючої речовини, кг/м³.

Вираз $(k \cdot M)$ розглядається як екологічно обумовлена захворюваність, зміст якої полягає в тому, що при збільшенні рівня забруднення природного середовища на одну одиницю вище нормативного значення, захворюваність зростає на k випадків. Наведена модель надає абсолютне значення екологічнообумовленої захворюваності, дає можливість оцінити її структуру.

У медико-екологічному аспекті зв'язок між рівнем здоров'я і рівнем безпечності НПС визначається статистичною залежністю між індикаторами здоров'я та екологічним станом середовища, які містять сукупність природних, антропогенних та соціальних чинників (рис. 1.13).



Рисунок 1.13 – Складові медико-екологічного аналізу території

Теоретико-методологічною основою медико-екологічного аналізу стану території вважається система методичних підходів, яка містить такі складові: геосистемна, екологічна, ландшафтна, ландшафтно-геофізична, ландшафтно-геохімічна, еколого-геохімічна, медико-географічна та ландшафтно-екологічна (еколандшафтна) [73]. Значимим для екологічного оцінювання небезпеки є ландшафтно-геохімічний підхід, за яким визначається хімічний аспект стану та взаємодії (через міграцію елементів) компонентів геосистеми. Інтегрований ландшафтно-екологічний підхід з медико-екологічних досліджень системи «людина – НПС» дає можливість дослідити її просторово-часові особливості на рівні ландшафтних одиниць, враховуючи геохімічні та геофізичні фактори НС.

Медико-екологічні дослідження системи «людина – навколишнє середовище» проводяться за трьома основними етапами [74].

1. Збір і первинна обробка інформації.
2. Аналітичний та інтегративний етап.

Аналіз особливостей розповсюдження захворювань населення, умов його життя і діяльності передбачає застосування порівняльного географічного методу й методу спряженого картографування, виявлення емпіричних залежностей. За результатами картографічного моделювання, кореляційного, дисперсійного та інших методів встановлюється статистичний зв'язок між компонентами-факторами географічного середовища і захворюваністю (нозоареали). На інтегративному етапі досліджень визначається вагомість кожного із факторів та комплексів у виникненні захворювання. Надається комплексна оцінка стану оточуючого людину середовища. Підсумок медико-екологічних досліджень робиться з використанням методів типології (класифікації) і районування території.

3. Медико-географічне районування території реалізується в медико-географічній практиці на основі двох підходів. Перший підхід – спряжений аналіз (одночасне поєднання) декількох компонентів середовища та явищ зв'язків у системі «людина – середовище» з виділенням таксономічної одиниці будь-якого рангу. Другий підхід – послідовне введення компонентів

середовища і встановлення зв'язків з рівнем захворюваності, виділення кожної таксономічної одиниці районування за однією ознакою.

Серед методичних прийомів з характеристики техногенного впливу (навантаження) на середовище проживання людини широке застосування має аналіз геохімічних коефіцієнтів і показників.

До кількісних характеристик впливу відноситься коефіцієнт концентрації або аномальності хімічних елементів K_{c_i} , кларк концентрації K_{k_i} , сумарний показник забруднення НПС. Для оцінки екологічної ситуації використовують показник інтенсивності забруднення природного компонента P_j та інтегральний показник екологічної небезпеки ландшафту в умовних одиницях – $I_{нб}$ [75, 76]:

$$K_{c_i} = \frac{C_{ij}}{C_{фон_{ij}}}, \quad P_j = \sum_{i=1}^n K_{c_i} \cdot M_i, \quad I_{нб} = \sum_{j=1}^m P_j \cdot T_j, \quad (1.14)$$

де K_{c_i} – коефіцієнт перевищення фонові концентрації i -го хімічного елемента;

C_{ij} – вміст i -го хімічного елемента у j -му компоненті НПС кг/кг;

$C_{фон_{ij}}$ – природний фон (природна концентрація) i -го хімічного елемента у j -му компоненті НПС, кг/кг;

j – компонент НПС;

n – кількість хімічних елементів, що враховуються;

M_i – значення індексу токсичності хімічного елемента відповідно до класу небезпечності: для 1-го класу – $\geq 4,1$, 2-го – $2,6-4$, 3-го – $0,5-2,5$, 4-го – $< 0,5$ [76];

m – кількість компонентів НПС;

T_j – транслокаційний показник шкідливості для j -го компонента НПС, виражений в умовних одиницях: для ґрунтів – 2, атмосферного повітря – 3, ґрунтових вод – 4, біомаси – 5.

Системне використання концепцій медико-екологічного аналізу й оцінка території з врахуванням геоекологічних факторів і медико-екологічних особливостей регіону дозволяє отримати узагальнену достовірну медико-екологічну інформацію щодо стану здоров'я населення і спрогнозувати розвиток ситуації відповідно до впливу негативних факторів НПС [77].

Аналіз результатів досліджень в області екологічної безпеки в окремих складних системах (еколого-економічна, соціально-екологічна, соціально-економічна) визначив, що загальна екологічна оцінка доцільна на різних рівнях дослідження ПТО. Прийняття управлінського рішення за цих умов не враховує трансформаційні процеси, які відбуваються при переході екосистеми до нового стану та вплив негативних техногенних факторів на здоров'я населення у разі перевищення гранично-допустимих рівнів забруднення.

Таким чином, доцільним і необхідним стає формування комплексної моделі дослідження, наданої у вигляді системного утворення «стан₁ – процес – стан₂», що дозволить на основі всебічного аналізу екологічної відповідності системних об'єктів встановити механізми саморегулювання гомеостазу в природних системах і визначити синергетичні процеси, які потребують підтримки сталого безпечного розвитку.

1.3 Формування комплексного методичного забезпечення екологічної оцінки природно-техногенних об'єктів

Для вирішення завдань з екологічної безпеки для природно-техногенних комплексів пропонується використовувати системний підхід, який поєднує різні методи оцінки і прогнозування стану об'єктів НПС для отримання повного опису ситуації із урахуванням математичних моделей, сучасного методичного забезпечення оцінки впливу техногенних джерел на НПС і їх відповідності вимогам екологічної безпеки.

Визначені обмеження традиційних підходів з оцінки небезпеки навколишнього середовища для здоров'я людини і динамічність причинно-наслідкових зв'язків у системі «соціально-економічна діяльність – екологічний стан природного середовища», стохастичний характер впливів визначили необхідність розвитку імовірнісних методів оцінки збитків для НПС і рівня екологічної безпеки на основі теорії ризиків, застосування ризик-аналізу.

Для всебічної оцінки екологічності і небезпечного впливу господарської діяльності на об'єкти природного середовища (атмосферне повітря, ґрунт, водні об'єкти) і здоров'я населення необхідна характеристика процесів і явищ,

пов'язаних з життєвими умовами виробництва, що визначило доцільність застосування MIPS-аналізу як методичної основи оцінювання екологічної якості складних систем.

Методичне забезпечення MIPS-аналізу передбачає виділення стадій виробництва і оцінки екологічності кожної з них з метою забезпечення вихідної інформації для прийняття рішення за такими характеристиками:

- екологічність виробництва;
- заходи екологічної безпеки на виробництві;
- технології повторної переробки і розміщення відходів;
- використання екологічно безпечної продукції та послуг.

На відміну від існуючих систем екологічної оцінки виробництва, які орієнтуються на характеристики впливів на НС, MIPS-аналіз визначає загальний рівень екологічності цілісної системи, пов'язаної з випуском кінцевої продукції та послуг.

Отримані розрахункові величини параметрів за MIPS-аналізом характеризують рівень впливу на НПС матеріально-енергетичних аспектів відповідно до кількості виробленої та утилізованої продукції. При оцінці екологічності техногенного об'єкта з метою підвищення об'єктивності управлінського рішення доцільним є визначення імовірності негативного впливу господарчої діяльності на природні системи і людину у вигляді оцінки екологічних ризиків. Така кількісна оцінка відображає динамічність у системі «людина – навколишнє середовище» і опосередковано враховує дію зовнішніх і внутрішніх факторів на об'єкти екологічного управління (рис. 1.14) [58].



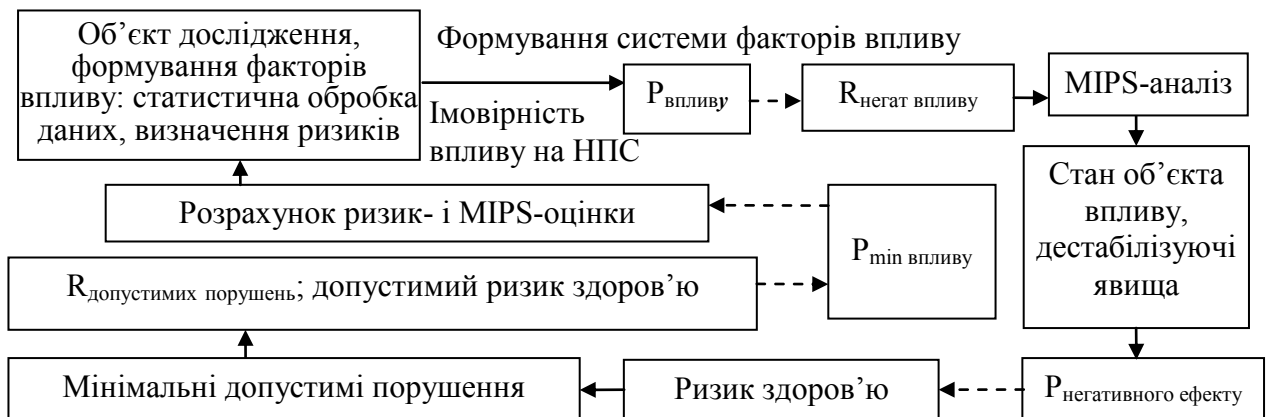
Рисунок 1.14 – Схема оцінки рівня екологічної безпеки техногенних об'єктів

Для реалізації етапів 4–6 запропонованої схеми оцінки безпеки техногенних впливів (рис. 1.14) і рішення щодо зниження ризику здоров'я населення запропоновано комплексну систему кількісного імовірнісного оцінювання небезпечних факторів (рис. 1.15) [59].



Рисунок 1.15 – Схема кількісної оцінки небезпечних факторів впливу на об'єкти навколишнього природного середовища

Відповідно до величини екологічного ризику встановлюється імовірність негативного впливу шкідливих факторів на здоров'я людини. Головною метою цих розрахунків є визначення допустимих з точки зору екологічності НПС кількості викидів шкідливих речовин за умови відсутності їх впливу на живий організм і людину при врахуванні інтенсивності дії первинного джерела порушення гомеостазу (рис. 1.16) [59].



P – імовірність; R – ризик

Рисунок 1.16 – Ризик-аналіз для системи «людина – навколишнє середовище»

Таким чином, за даними MIPS-аналізу визначається навантаження на техногенно-природні системи, а додаткове використання ризик-аналізу дозволяє спрогнозувати наслідки від техногенного впливу на НПС (рис. 1.17) [59].

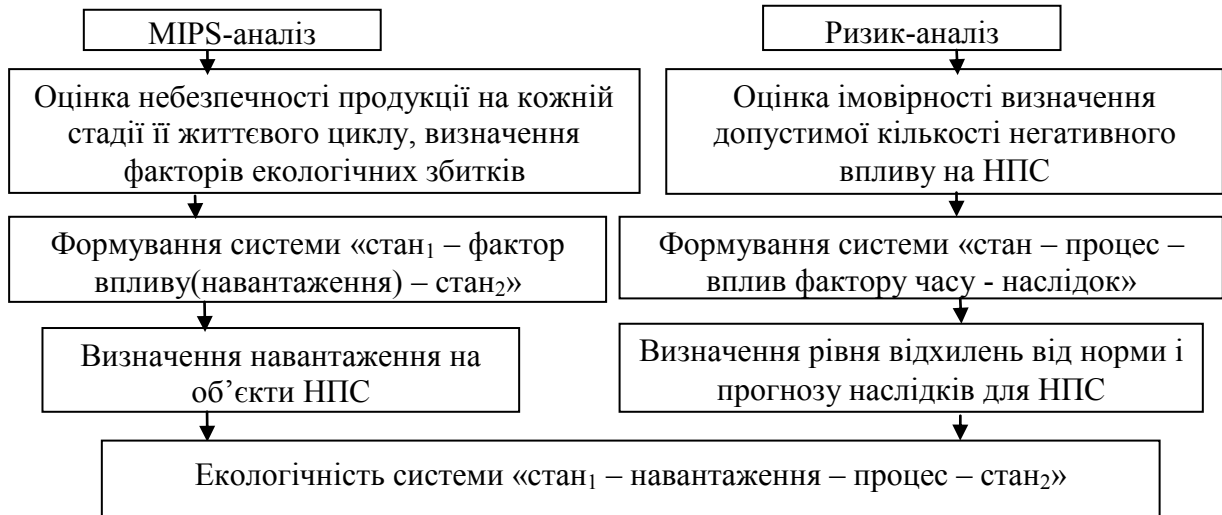


Рисунок 1.17 – Система оцінки екологічності природно-техногенних комплексів «стан₁ – навантаження – процес – стан₂»

Таким чином, створення методології комплексної оцінки екологічності є актуальною задачею екологічного управління безпекою об'єктів НПС, яке спрямоване на удосконалення інформаційно-екологічної складової моніторингу НПС на рівні територіально-об'єктового угруповання, наданого у вигляді моделі ПТК з усвідомленням еколого-соціально-економічної інформації й отриманням екологічних знань для пошуку балансу між інтересами систем і загальною екологічною змістовністю об'єкта дослідження на основі визначеного взаємозв'язку між станом і процесами внутрішньої самоорганізації і зовнішнього зв'язку з НС відповідно до правил системного гомеостазу.

1.4 Постановка задачі

За результатами огляду наукової літератури з дослідження в системі екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів встановлено необхідність підвищення рівня об'єктивності еколого-економічної оцінки стану техногенно-

навантажених комплексів за основними аспектами сталого розвитку – екологічним, економічним, соціальним.

Звідси актуальною науково-практичною задачею в системі екологічної безпеки є розробка інформаційно-методичного забезпечення оцінювання екологічності і безпечності промислових об'єктів на основі удосконалення теоретичних, методичних положень комплексного екологічного аналізу щодо стану природно-техногенних об'єктів на основі однорідних за масштабністю і розмірністю показників екологічної відповідності в системі «техногенний об'єкт – НПС – людина».

Основна мета дослідження – визначення складових інформаційно-методичної підтримки комплексної оцінки рівня екологічної безпеки ПТК з встановленням зовнішніх і внутрішніх деструктивних факторів і процесів їх сталого розвитку для прийняття рішення щодо регулювання функціональних можливостей стабільності екосистем.

Для розв'язання основної задачі дослідження поставлені такі питання:

1) надати узагальнюючу характеристику методичного забезпечення оцінки екологічності природно-техногенних комплексів рівня дослідження навколишнього середовища;

2) визначити напрями удосконалення методичного забезпечення аналізу складних систем з встановленням факторів дестабілізації на рівні дослідження соціально-економічних, еколого-економічних і соціально-екологічних об'єктів;

3) надати інформаційно-методичну підтримку для визначення оцінки екологічності і безпечності різнорідних систем і процесів в них;

4) розробити інформаційно-програмний комплекс з оцінки екологічності дослідження складних природно-техногенних утворень «об'єкт – навколишнє середовище» на основі MIPS-аналізу, загально-детальної і детальної оцінки змін в системах за результатами ризик-аналізу «стан₁ об'єкта – процес – стан₂ об'єкта»;

5) провести апробацію запропонованої методично-програмної розрахункової системи з підтримки прийняття екологічних управлінських рішень для об'єктів еколого-економічної діяльності різних рівнів організації.

Поставлені задачі вирішені на основі поетапного формування системи комплексної оцінки рівня екологічної безпеки за MIPS- і ризик-аналізом з урахуванням ризику негативних порушень у соціальній, економічній і екологічній системі, що дозволить надати загальну характеристику техногенного впливу на об'єкти НПС і встановити небезпечні ризик-фактори для здоров'я населення. Системний підхід у дослідженні рівня екологічності ПТК дозволяє обґрунтувати методичні засади для врахування самовільних процесів природної регуляції в управлінні якістю НПС (рис. 1.18).

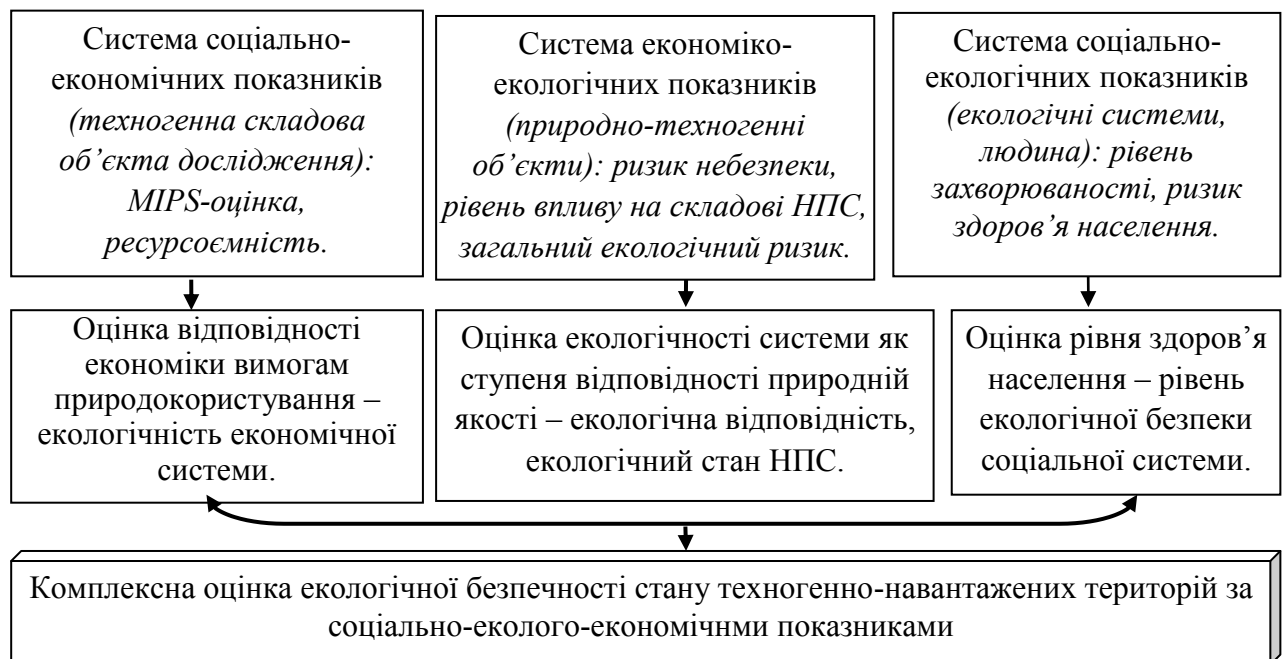


Рисунок 1.18 – Модель комплексної оцінки стану природно-техногенних об'єктів

Таким чином, розробка методичного забезпечення розв'язання задачі оцінки екологічності ПТО є актуальною для екологічного управління якістю НПС, спрямована на удосконалення інформаційно-алгоритмічної складової дослідження рівня екологічної безпеки системних об'єктів.

Висновки до розділу 1

У даному розділі розглянуті існуючі методи оцінки стану соціально-економічної, еколого-економічної, соціально-екологічної систем за відповідністю екологічним характеристикам безпеки і надані такі висновки.

1. Аналіз методів оцінки екологічної якості ПТК виявив, що вони засновані на використанні детермінованих даних для статичних систем, не враховують стохастичність і випадковість дестабілізуючих факторів. За таких умов необхідно звернутися до методів імовірнісного аналізу і ризик-оцінки.

2. Визначена необхідність поглибленого аналізу рівня екологічної безпеки техногенних об'єктів на основі MIPS-аналізу, який доцільно доповнити методами ризик-аналізу з метою визначення впливу природно-техногенних чинників на соціально-економічні системи, що забезпечить отримання комплексної оцінки стану об'єкта з урахуванням імовірності прояву небезпечних процесів, пов'язаних з порушенням природної стійкості досліджених систем.

3. Надані основні напрями формування методичного забезпечення комплексної оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів на основі MIPS- і ризик-аналізу. Це дозволить визначити рівень екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів з урахуванням процесів дестабілізації і стабілізації стану систем природного середовища і надати об'єктивні підстави для встановлення механізмів управління безпечністю техногенно-навантажених територій за рахунок підтримки і посилення процесів внутрішньої самоорганізації в НПС і регулювання рівнів техногенного впливу [50].

Одержані результати надано в публікаціях автора: 37, 42, 50, 58, 59, 60, 71.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

У другому розділі надано аналіз загальних підходів з визначення оцінки невідповідностей у стані природно-техногенного об'єкта в екологічному аспекті за MIPS-аналізом і оцінкою ризиків. Розроблено алгоритмічне забезпечення MIPS-оцінки, визначено поняття екологічного ризику у контексті його застосування для встановлення рівня екологічної безпеки систем різного рівня дослідження.

За результатами аналізу методів ризик-оцінки запропоновано схему комплексного використання ризик-аналізу в управлінні безпекою системних об'єктів, розроблено інформаційне забезпечення практичного застосування ризик-характеристик перебігу процесів в системах і об'єктах НПС.

Розроблена схема ризик-оцінки на різних рівнях дослідження системних утворень природно-техногенного походження враховує специфіку природних процесів у них.

Встановлено роль і значення комплексної оцінки екологічності ПТК з характеристики негативних факторів впливу на компоненти НПС і здоров'я населення за результатами узагальненого MIPS-аналізу, загально-детальних і детальних визначень ризик-оцінки з встановленням точок регулювання екологічності систем.

2.1 MIPS-аналіз: визначення оцінки еко-ефективності

Ефективне використання природних ресурсів і мінімізація відходів є необхідними умовами сталого розвитку суспільства. Методологія обліку природних ресурсів і ресурсоемності продукції, екологічні індикатори еко-ефективності природокористування визначені детально у закордонних і вітчизняних дослідженнях. Методика оцінки загального матеріального споживання, оцінки ресурсоемності продукції (повної ресурсної потреби)

надана у роботах Ф. Шмідт-Блека, С. Брінгеца, Ф. Хінтербергера [78]. Динамічні міжгалузеві моделі з урахуванням витрат на охорону навколишнього середовища набули розвитку у роботах Д. Тзукуї та І. Мураками [8]. Розрахунок повної ресурсної потреби продукції здійснювався в дослідженнях М. Хакосало [9], визначення повної ресурсної потреби для окремих видів продукції на основі методичного забезпечення MIPS-аналізу надане в роботах О.І. Сергієнко [7, 60].

Загальним для відзначених методичних робіт є встановлення оцінки здатності природної системи зберігати природну функціональність при вилученні певної маси ресурсів. Завдяки складному розвитку територіального комплексу в часі і просторі досягається певна стійкість природних систем, що відображає сутність життєдіяльності екосистеми в межах НПС [79].

У роботі поняття стійкості пропонується визначати за М.Д. Гродзинським [80]: «Стійкість – це здатність системи у разі дії зовнішнього фактора перебувати у даній області станів та повертатися до неї завдяки інертності та відновлюваності, а також переходити завдяки пластичності з однієї локально-стійкої області до інших, не виходячи, за рамки інваріанта впродовж заданого інтервалу часу».

Таким чином, стійкість – це складний комплексний критерій, який відображає одночасно усі складові стану динаміки природних систем.

Складовими стійкості екосистем є екологічні, економічні, соціальні показники та їх похідні. На виробництво, використання та утилізацію корисного продукту завжди витрачається певна кількість речовини-енергії, частина якої в процесі життєвого циклу продукту неминуче розсіюється в навколишнє середовище у вигляді різноманітних впливів.

Для стійкого розвитку природно-техногенних об'єктів необхідне отримання екологічних знань для пошуку балансу між інтересами систем і загальною екологічною змістовністю об'єкта дослідження на основі визначеного взаємозв'язку між станом і процесами внутрішньої самоорганізації, зовнішнього зв'язку з навколишнім середовищем відповідно до

правил системного гомеостазу. Споживання природних ресурсів є вагомим навантаженням на НПС [7, 51].

Кількісною оцінкою вірогідних порушень природної організації екосистем є МІ-індекси, що встановлюють питому ресурсомісткість і рівень екологічності виробництва, дозволяють виявити негативні фактори впливу техногенних угруповань на макро- і мікрорівні системного аналізу природно-техногенних об'єктів, визначити процеси змін факторів, що є причиною зменшення рівня екологічної безпеки для НПС (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Схема MIPS-аналізу системного дослідження

На макрорівні визначаються повні витрати у процесі життєвого циклу виробництва продукції, використані ресурси і викиди у НПС.

Загальні повні витрати речовини-енергії у процесі життєвого циклу продукту в кількості E поєднують витрати на виготовлення продукції Π і витрати V на зменшення рівня забруднення об'єктів НПС. Таким чином, формалізована оцінка життєвого циклу продукту складає суму $E = \Pi + V$. Розрахунки проводяться за показниками споживання або використання різних

видів ресурсів, які визначаються в одиницях кілограм вхідного ресурсу на кілограм вихідного продукту $\text{кг}_1/\text{кг}_2$ [80]:

1) Π/E – коефіцієнт корисної витрати енергії виробничої системи, оцінка енергетичної ефективності;

2) E/V – коефіцієнт технологічної ефективності, відображає внутрішні характеристики виробничих процесів з урахуванням впливу на НПС;

3) Π/V – екологічна «чистота» одиниці кінцевої продукції, її екологічна ефективність;

4) $(E \cdot \Pi)/V$ – коефіцієнт енерговитратності, відображає екологічну ефективність системи;

5) $(V \cdot \Pi)/E$ – коефіцієнт природовитратності, визначає рівень негативного впливу на об'єкти НПС.

Для оцінки якості виробництва застосовують критерії екологічної ефективності за умови досягнення ним відповідного оптимального значення:

1) енергетична ефективність – $E_1 = \Pi/E \Rightarrow \max$;

2) технологічна ефективність – $E_2 = E/V \Rightarrow \max$;

3) екологічна ефективність – $E_3 = \Pi/V \Rightarrow \max$;

4) коефіцієнт енерговитратності – $E_4 = (E \cdot \Pi)/V \Rightarrow \min$;

5) коефіцієнт природовитратності – $E_5 = (V \cdot \Pi)/E \Rightarrow \min$.

За методикою екологічної ефективності в системі екологічного менеджменту MIPS-показники враховують усі джерела споживання ресурсів на кожній стадії життєвого циклу (ЖЦ) техногенного об'єкта, оцінюють його потенційний вплив на макрорівні і враховують негативний вплив на компоненти НПС [81]. Загальна сума входів «з природи» і виходів «в природу» є основою для подальшого аналізу й оцінювання впливів продукційної системи на НПС і на здоров'я людини. Звернення до оцінки життєвого циклу (ОЖЦ) продукту є доцільним для визначення екологічних, економічних і соціальних аспектів господарської діяльності, врахування потенційного екологічного впливу продукту або послуги у вигляді викидів, скидів, утворення відходів у

процесі виробництва, встановлення обсягів матеріальних і енергетичних ресурсів, що є складовою навантаження на природне середовище (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Оцінка життєвого циклу продукційної системи

Застосування MIPS-аналізу для процедури ОЖЦ становить послідовний розгляд етапів з визначення рівня відповідності вимогам екологічності. Для кожного окремого процесу або стадії ЖЦ визначають «входи» – використання ресурсів, сировини, компонентів і продуктів, енергоносіїв тощо, і «виходи» – викиди скиди, відходи, побічні продукти. Вихідна функція продукційної системи порівнюється з функціональними характеристиками еталонних значень входів і виходів. Вона відображає продукційну систему відповідно до зазначеної мети та сфери застосування готового продукту.

На макрорівні застосування MIPS-аналізу визначається загальний рівень екологічності цілісної природно-техногенної системи за умови випуску кінцевої продукції та послуг. Остаточні висновки з розрахунку MIPS-чисел передбачають реалізацію семи етапів оцінки екологічності, які починаються з формулювання мети і задач дослідження, вибору основної одиниці послуги, встановлення управляючих дій за вихідною інформацією (рис.2.3) [82, 83].

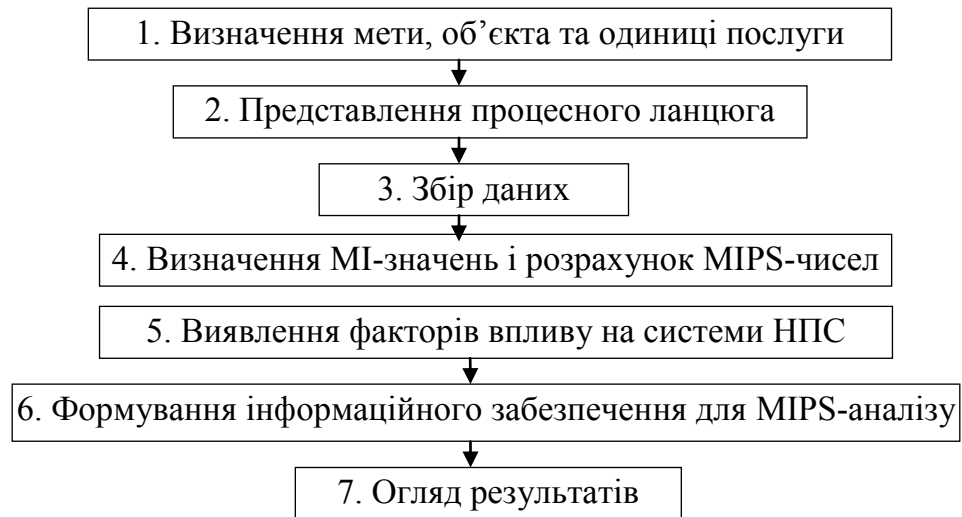


Рисунок 2.3 – Схема проведення MIPS-аналізу

Для складових процесного ланцюга життєвий цикл продукту визначається за MIPS-аналізом на основі вхідних даних для розрахунку екологічності продукції [82].

На основі одержаної інформації встановлюють МІ-числа відповідно до існуючої міжнародної інформаційної довідкової системи, що є базою даних для розрахунку значень MIPS-оцінки [84].

Отримання інформації про екологічність стадій використання і повторної обробки та утилізації відходів є завершальним етапом MIPS-аналізу життєвого циклу продукту.

Повний облік потоків ресурсів у ЖЦ дозволяє врахувати внутрішні та зовнішні процеси господарської діяльності і таким чином встановити вагомі чинники підвищення екологічної продуктивності виробництва, оптимальні варіанти відповідності вимогам безпеки [64, 85].

Методичне забезпечення MIPS-оцінки передбачає облік повної вартості ресурсів, витрачених для виробництва. У першу групу витрачених ресурсів BP_1 входить сировина або напівфабрикати, які безпосередньо використовують при виробництві продукту. Вихідна інформація містить дані про виробничий процес, особливості технологічних операцій, якість води, повітря і ґрунту. Друга група ресурсів BP_2 враховує енергетичні та паливні ресурси виробництва, а третя група BP_3 – пакувальні матеріали. Четверта група BP_4

встановлює ресурси, витрачені на доставку продукту до споживача. Виділяють п'яту групу BP_5 у вигляді ресурсів, витрачених на утилізацію і переробку продукції. Для кожної групи розраховують міру екологічного навантаження на НПС – еко-ефективність ресурсів, витрачених на виробництво [86].

До уваги беруть не лише ресурси, безпосередньо використані для виготовлення товару та послуги, а і сумарну кількість ресурсів, пов'язаних з матеріально-енергетичним забезпеченням виробництва:

$$BP = BP_{1n} + BP_{1k} + BP_{2n} + BP_{2k} + BP_{3n} + BP_{3k} + BP_{4n} + BP_{4k} + BP_{5n} + BP_{5k}, \quad (2.1)$$

де BP – маса витрачених ресурсів у процесі виробництва продукту, кг;

n – вид ресурсів, використаних у процесі виробництва, інформація про які встановлюється за нормативно-технічною документацією підприємства;

k – вид побічно використаних ресурси, або витрачених на виробництво ресурсів – додатковий аналітично-інформаційний ресурс.

Для оцінки економічної ефективності підприємства на кожному етапі виробництва використовується інформація про вартість ресурсів. За оцінкою еко-ефективності враховуються витрати на ресурси виробництва, що мають відношення до інших підприємств. Загальна вартість ресурсів, витрачених підприємством на виробництво продукту враховує такі витрати:

$$C = C_{in} + C_{ik} = \sum_{j=1}^n m_{ij_n} \cdot p_{ij_n} + m_{ij_k} \cdot p_{ij_k}, \quad i = \overline{1,5}, \quad j = \overline{1,n},$$

$$C = C_{1n} + C_{1k} + C_{2n} + C_{2k} + C_{3n} + C_{3k} + C_{4n} + C_{4k} + C_{5n} + C_{5k} \quad (2.2)$$

де C – вартість загальної кількості витрачених на продукцію ресурсів, грн;

C_{in} – вартість n -го виду ресурсу на i -му етапі виробництва, грн;

C_{ik} – вартість k -го виду побічного ресурсу на i -му етапі виробництва, грн;

m_{ij_n} – маса n -го виду j -го ресурсу на i -му етапі виробництва, кг;

p_{ij_n} – вартість 1кг n -го виду j -го ресурсу на i -му етапі виробництва, грн/кг;

m_{ij_k} – маса k -го виду побічного j -го ресурсу на i -му етапі виробництва, кг;

p_{ij_k} – вартість 1кг k -го виду побічного j -го ресурсу на i -му етапі виробництва, грн/кг.

На «виході» враховуються викиди, скиди, надходження у навколишнє середовище, визначені за технологічним процесом та утворені у процесі виробництва або утилізації продукту.

Матеріальний вхід на одиницю продукції визначається за MIPS-оцінкою:

$$MIPS = (BP_1 + BP_2 + BP_3 + BP_4 + BP_5) / S, \quad (2.3)$$

де S – одиниця продукту, кг.

MIPS-числа є оціночною мірою: чим більша величина MIPS, тим вище екологічна вартість одиниці продукції. Отримані результати MIPS-оцінки підприємства враховують при проведенні аудиту виробництва, екологічній сертифікації, ухваленні інвестиційних рішень, виборі постачальників [9].

Величина, зворотна від MIPS-показників є мірою природо-ресурсної продуктивності, яка дозволяє розрахувати кількісні характеристики користі при вилученні природних ресурсів. Матеріально-енергетично-ресурсні характеристики виробництва, його відходи, витрати на утилізацію, рециклінг і розміщення відходів розраховуються у тонах ресурсів, які є основою життєвого циклу продукту [82].

Вхідні дані для MIPS-оцінки відповідають кількості переміщеної у навколишньому середовищі маси речовини з розподілом на відповідні категорії природних ресурсів: біотичні (відновлювальні) і абіотичні (невідновлювальні) ресурси, воду, повітря, переміщення ґрунту.

Використання сумарних МІ-чисел в якості критеріїв питомої ресурсоемності обґрунтував Д.Ю. Двінін [79]. Такий підхід дає можливість врахувати усі види споживаних природних ресурсів та елементів навколишнього середовища і звести їх до єдиної величини, використати в якості цільових показників функції цілочисельного програмування для планування ресурсозбереження в системах екологічного менеджменту регіону.

Однак, такий аналіз не враховує навантаження на окремі компоненти НПС і не надає детального визначення стосовно вагомості дії негативних факторів на природні системи.

Показники MIPS-аналізу характеризуються інформативністю отриманих даних в галузі екології: охорона НПС і ресурсозбереження. Використання концепції еко-ефективності на основі MIPS-аналізу передбачає новий підхід до організації маркетингу, який дозволяє підприємству здійснювати виробничі процеси і випускати продукцію з найменшим впливом на навколишнє середовище і отримувати додатковий економічний прибуток. Для встановлення рівня екологічності певного виду господарської діяльності пропонується застосовувати оцінку еко-ефективності відповідно до ступеня впливу на навколишнє середовище:

$$e_i = \frac{E_i}{V_{\text{вир}}}, \quad (2.4)$$

де E_i – показник i -го навантаження на природне середовище при виробництві одиниці продукту (ресурсоємність, відходоємність, збиткоємність, природоємність), кг;

$V_{\text{вир}}$ – обсяг виробництва продукції, кг.

Показник еко-ефективності використовують для таких напрямів досліджень:

– оцінки рівня екологічної безпеки виробництва і його впливу на здоров'я населення – екомаркетинг, екоаудит, екостандартизація, що відповідає вимогам концепції сталого розвитку;

– визначення рівня еко-ефективності послуги, товару з урахуванням навантаження на об'єкти природного середовища;

– оцінки ступеня впливу на екосистеми.

Для оцінки попереднього стану об'єктів НПС за результатами MIPS-аналізу приймаються до уваги не тільки небезпечні речовини, а матеріальні потоки з метою запобігання встановлених і прогнозованих проблем з охорони навколишнього природного середовища за умови певного рівня техногенного

навантаження. Перевагою MIPS-аналізу є здатність виявляти фактори прояву небезпечності продукції на кожній стадії її життєвого циклу, чинники екологічних збитків.

Таким чином, MIPS-оцінку, яку використовують у системі екологічного менеджменту, запропоновано розглядати як показник рівня екологічної безпеки виробництва продукції і послуг, що є основою для встановлення механізмів зниження вихідних потоків навантаження на НПС.

2.2 Застосування методології екологічного ризику для оцінки рівня безпеки об'єктів навколишнього середовища

Дослідженням питань теорії і практики екологічної безпеки у сфері управління і оцінки екологічного ризику проводили вчені: Г. Лисиченко [2], Б. Данілішин [87], С. Ілляшенко [27], О. Кононенко [88], Б. Буркінський, С. Харічков [89], В. Данилов-Данильян [90], М. Долішній [91] та ін.

У загальному вигляді під екологічним ризиком розуміють імовірність несприятливих для НС наслідків від будь-яких змін у природних об'єктах.

Прийняття управлінського рішення щодо зниження рівня екологічного ризику пов'язано з імовірністю виникнення техногенних аварій, що завдають істотної шкоди природному середовищу і здоров'ю людей.

При визначенні екологічного ризику вихідною інформацією є дані про порушення стану, функціональності об'єкта, небезпечні антропогенні явища та процеси; рівень захворюваності населення за умови прояву небезпечних явищ.

Відповідно до задач сталого розвитку ризик розглядається у трьох аспектах – економічному, соціальному і екологічному [2].

Економічний аспект ризик-аналізу визначається оцінкою рівня техногенного навантаження на НПС у вигляді екологічних збитків.

Для конкретного стану об'єкта навколишнього середовища визначають ступінь негативного впливу з урахуванням небезпечних факторів дії на об'єкт і на його складові, що складає екологічний аспект ризик-аналізу.

Екологічний ризик визначається як імовірна характеристика реалізації настання або відсутності негативного впливу техногенних факторів на компоненти НПС і здоров'я населення (екологічний аспект).

Соціальний аспект ризик-аналізу полягає у дослідженні дії негативних факторів на стійкість ПТК, рівень здоров'я населення. Визначення ризику проводиться для системи «стан₁ – процес – стан₂», враховуються наслідки впливу техногенного об'єкта на складові НПС і людину.

Термін «екологічний ризик» визначається згідно з трактуваннями у наукових працях щодо оцінки рівня екологічної безпеки (табл. 2.1) [92–97].

Таблиця 2.1 – Визначення терміну «екологічний ризик»

Визначення екологічного ризику	Область застосування	Автори
Імовірність виникнення негативних змін у НПС, які викликані антропогенним або іншим впливом.	Екологічна	В.Ф.Семенов [92].
Імовірність порушення стійкості систем НПС через господарську чи іншу діяльність людини, порушення еколого-економічного потенціалу.	Еколого-економічна	А.Б.Качинський [93].
Імовірність збільшення рівня захворюваності, смертності людей у разі підвищення концентрації забруднювачів у НПС, порушення граничних обмежень функціональних характеристик середовища.	Соціально-екологічна	А.Б.Качинський [2].
Імовірність небажаних наслідків при експлуатації природних ресурсів у процесі функціонування споруд, технологічних ліній тощо, які споживають ресурси в межах і за межами нормативного строку їх роботи.	Еколого-економічна	Б.А. Порфирьев [94].
Імовірність випадкових, стохастичних, катастрофічних змін у природних об'єктах, ресурсах при дії факторів, що призводять до несприятливих екологічних наслідків.	Соціально-екологічна	М.М. Мусієнко [95].
Вірогідність навмисних або випадкових, поступових катастрофічних антропогенних змін в існуючих природних об'єктах, екосистемах.	Екологічна	Н.А. Климчук [96].
Вірогідність настання негативних для життєдіяльності суспільства (здоров'я населення) наслідків від дії техногенних факторів у природних об'єктах.	Соціально-екологічна	В.В.Лук'янова [97].

Узагальнюючи надані у таблиці 2.1 визначення і враховуючи соціально-еколого-економічну сутність досліджень, екологічний ризик визначається як ступінь порушення природного стану систем за економічним (вплив на об'єкти НПС), екологічним (порушення цілісного стану екосистем), соціальним (порушення рівноваги у об'єктах НПС, вплив на здоров'я людини) факторами дестабілізації, імовірність виникнення несприятливих ефектів для існування екосистем та життєдіяльності суспільства [105].

Метою оцінки екологічних ризиків об'єкта або системи є виявлення небезпек, отримання та узагальнення якісної і кількісної інформації про рівні та наслідки дії шкідливих і небезпечних факторів впливу та визначення імовірності наслідків для попередження розвитку несприятливих ефектів для обґрунтування управлінських рішень щодо зменшення рівня ризику. Отже, виділяють рівень і ступінь ризику [83]. Процедура оцінки екологічних ризиків визначається за трьома етапами: ідентифікація небезпек, оцінка ризику впливів і характеристика ризику (рис. 2.4) [98].

Ідентифікація небезпек є початковим етапом процедури оцінки ризику, яка передбачає встановлення спроможності фактору небезпеки викликати несприятливі ефекти або наслідки в об'єктах негативного впливу. Головною задачею цього етапу є вибір уразливих об'єктів, пріоритетних шкідливих та небезпечних факторів для характеристики рівня екологічного ризику і джерел його виникнення. На цьому етапі здійснюється оцінка повноти та достовірності існуючих даних, визначаються задачі щодо збору інформації, аналізується наявна інформація щодо кількісних показників небезпечних факторів впливу (концентрації, дози, безпечні рівні, інтенсивність ураження), визначаються пріоритети. Вихідні дані, які отримано на етапі ідентифікації небезпек, використовуються у подальшому для оцінки ризику впливу дестабілізаційних факторів на об'єкти НПС і здоров'я людини.



Рисунок 2.4 – Схема процедури з оцінки екологічного ризику

На другому етапі процедури оцінки ризику – оцінка ризику впливів, встановлюються причинні зв'язки між впливом потенційно небезпечного фактора і розвитком несприятливих ефектів і наслідків об'єкта впливу, виконується кількісна оцінка ризику у вигляді імовірності виникнення загрози для природно-техногенних об'єктів і людини. Даний етап є важливим для надання вихідної інформації щодо остаточної оцінки небезпеки.

Математичне моделювання екологічних процесів з метою аналізу ризику – це насамперед виявлення матеріально-енергетичних потоків, що становлять загрозу для об'єктів НПС [99]. Вивчення відповідних змін у системах базується на лінійних стаціонарних балансових моделях [100]. Порушення та невідповідності в об'єктах визначаються, виходячи з єдиної термодинамічної структури систем і прогнозування вторинного забруднення на основі основних законів термодинаміки. Такі ефекти слід ґрунтовно вивчати при стратегічному плануванні розвитку нових промислових районів, впровадженні нових технологій і прогнозуванні глобальних екологічних ефектів від забруднення техногенними сполуками.

Структура, функції та еволюція екосистем залежать від обміну речовин та енергії з НПС, від зв'язків між процесами, які збільшують або зменшують неупорядкованість всередині даної екосистеми [101]. При незворотних процесах характеристика будь-якої структури залежить від певних умов, а їх розвиток відбувається якісними стрибками (фазовими переходами), які відповідають проходженню певних порогових значень [102]. Зростанню порушень, деструкції сприяють хімічні перетворення речовин, біологічні процеси, швидкість яких є нелінійною функцією. Стохастичність порушень у разі прояву таких змін встановлюється за статистичними спостереженнями, що є основою визначення імовірності дестабілізацій у стані системи та розрахунку екологічного ризику.

Третій етап передбачає оцінку ризиків за різними категоріями, спектрами та видами. На цьому етапі здійснюється порівняльна оцінка ризиків та аналіз їх розподілу за будь-якими аспектами – територіальним, часовим станом біооб'єктів, факторами, наслідками тощо. Під час виконання етапу узагальнюються отримані дані, формулюються рекомендації, які необхідні для розробки заходів з управління ризиком, проводиться оцінка значимості існуючих проблем і здійснюється порівняння отриманих кількісних характеристик ризику зі значеннями умовно встановленого прийняттого рівня ризику. За результатами виконаних досліджень узагальнюється здобута інформація та надаються висновки щодо рівня фактичного ризику [103].

Процедура аналізу ризику – управління ризиком, базується на сукупності отриманих висновків за станом об'єкта дослідження. Процедура управління ризиком складається з вибору стратегії зниження та контролю ризику, з прийняття управлінських рішень, при цьому визначається комплекс заходів щодо попередження або обмеження дії шкідливих і небезпечних факторів впливу на об'єкти НПС. Управління ризиком спрямовано на обґрунтування ефективних рішень відповідно до ситуації з його усуненням або мінімізацією за прийнятими регулюючими заходами [104].

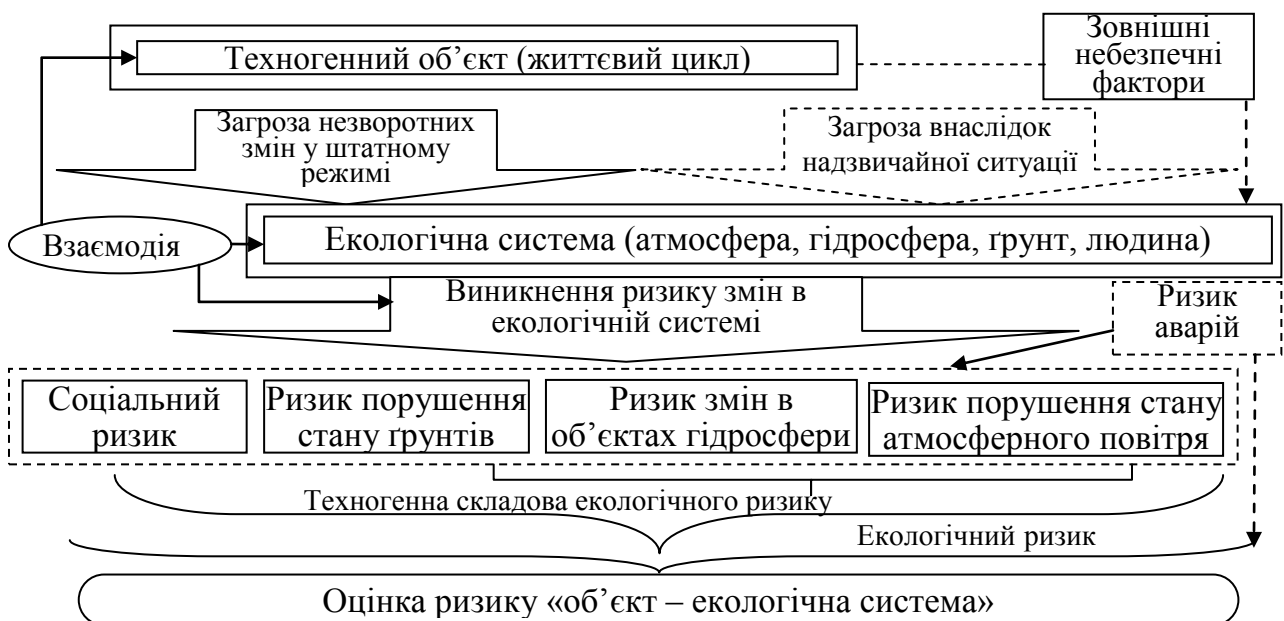
Прогнозування екологічного ризику проводиться за методичним забезпеченням екологічної експертизи з врахуванням негативних впливів

дестабілізуючих факторів природного стану об'єкта дослідження і складових його компонентів, остаточної ідентифікації негативного ефекту відповідно до встановленого рівня здоров'я населення.

Система аналізу екологічних ризиків передбачає три рівні дослідження за зазначеними аспектами концепції сталого розвитку:

- оцінка небезпеки для системи «стан моніторингових об'єктів – фактори впливу на ПТК – ідентифікація рівня здоров'я людини», що відповідає аспектам сталого розвитку «екологічний рівень – економічний розвиток – соціальний стан» з оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів;
- встановлення порушень (невідповідності) цілісності і стійкості об'єктів дослідження на основі появи і розвитку факторів впливу на НПС;
- оцінка екологічності ПТК на глобальному, макро- і мікрорівні дослідження об'єкта з точки зору його декомпозиції та аналізу у методичному плані (MIPS-аналіз і ризик-аналіз) [105].

Оцінка екологічного ризику є узагальненою характеристикою впливу на НПС господарської діяльності і наслідків реалізації чинників функціонування техногенних об'єктів (рис. 2.5) [94].



подвійний контур – взаємодіючі системи; безперервна лінія – характерні ознаки штатного режиму роботи об'єкта; пунктирна лінія – характерні ознаки надзвичайних ситуацій

Рисунок 2.5 – Концептуальна схема визначення екологічних ризиків

Застосування принципів управління екологічним ризиком передбачає раціональний розподіл ресурсних витрат на зниження рівня порушень і негативних наслідків, що досягається при існуючих у даному суспільстві економічних, соціальних умовах і технологічних можливостях (рис. 2.6) [94].



Рисунок 2.6 – Загальна схема управління екологічним ризиком

В узагальненому вигляді екологічний ризик зводять до двох типів:

- ризик порушення стійкості екосистем, прискорення процесів деградації життєдіяльності елементів екосистем у результаті реального і потенційного забруднення навколишнього середовища;
- ризик здоров'я населення, який є імовірністю розвитку у населення несприятливих для стану організму ефектів [93].

Ризик-оцінка безпечності ПТК визначається на макро- і мікрорівні при врахуванні процесів підтримки екологічної рівноваги (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Особливості екологічного ризику-аналізу на мікро- і макрорівнях дослідження

Складові аналітичної процедури	Рівні дослідження об'єктів ризик-аналізу екологічності	
	мікрорівень	макрорівень
Мета	Оцінка прямих збитків від техногенного явища	Визначення наслідків від екологічних збитків для компонентів ПТК
Модель аналізованої системи	Детерміновані функції відповідності	Функція імовірнісних характеристик
Загальний вигляд моделі	$Risk = M(x)$, де $M(x)$ – математичне очікування негативного явища	$Risk = P(x) \cdot M(x)$, де $P(x)$ – імовірність негативного впливу на компоненти ПТК
Кількісний аналіз	$Risk = \frac{1}{CL_{50}} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}$, де CL_{50} – смертельна концентрація токсиканта у відході як критерій токсичності; C_i – вміст токсичних речовин у компонентах НПС.	$Risk = (-P_i) \ln P_i$, де P_i – імовірність негативного впливу на i -й компонент НПС: $P_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_{\min} \cdot K} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_{\min}^2} \cdot x\right]$, де K – значення класу небезпеки; σ_{\min} – нормований показник.

Система оцінки детермінованого екологічного ризику заснована на фіксованих значеннях показників токсичності і концентрацій забруднюючих речовин. Імовірнісний підхід відповідає класичному визначенню поняття ризику і враховує варіабельність і невизначеність розподілу негативного фактору впливу на НПС. Результатом оцінки такого ризику є імовірність настання несприятливих наслідків за період негативної дії [93].

За оцінкою екологічного ризику на макрорівні передбачається ідентифікація рівня екологічної небезпеки стану компонентів НПС, встановлення пріоритетності ефективного зниження дії ризикових факторів впливу на екосистеми, науково-практичне обґрунтування заходів поліпшення стану систем і компонентів природного середовища [106].

Екологічний ризик P на макрорівні як імовірність порушення стійкості об'єктів НПС залежить від існуючого стану екосистеми K_i , впливу фактичного та потенційного антропогенного навантаження H_i на територіальні комплекси і визначається за функцією, яка має загальний вигляд $P = f_i(K_i, H_i)$.

Імовірність порушення екологічної стійкості та розвитку деградаційних процесів i -ї складової природно-техногенного комплексу при наявності негативних чинників розраховується за формулою [98]:

$$P = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - P_i), \quad (2.5)$$

де P_i – імовірність порушення стійкості екосистем, i -ї складової ПТК.

Оцінка екологічного ризику за наявним станом i -го компоненту НПС визначається за формулою:

$$Risk_i^c = f_i(K_i^c, H_i^c), \quad (2.6)$$

де K_i^c – ідентифікований стан i -го компоненту навколишнього середовища;

H_i^c – фактичний рівень антропогенного навантаження при дії негативних чинників на i -й компонент навколишнього середовища.

Для врахування випадкового, стохастичного, імовірнісного характеру переходу систем на макрорівні, за умови прихованого середніми значеннями показників прояву негативної реакції процесів, пропонується проводити аналіз екологічного стану об'єктів за результатами досліджень на мікрорівні.

На мікрорівні визначення оцінки екологічного ризику передбачено аналіз технічних і технологічних чинників роботи економічних об'єктів і заходів, спрямованих на мінімізацію небезпеки з урахуванням імовірності негативної дії на НПС. Це дозволяє визначити умови, за яких рівень ризику залишається

прийнятним, встановити заходи щодо регулювання природної безпечності для систем і об'єктів НПС в межах екологічного управління.

Загальна модель оцінки екологічного ризику на мікрорівні надається у вигляді [98]:

$$M = \{q_p \mid p = 1, n\}, \quad (2.7)$$

де M – множина чинників ризику;

q_p – чинник p -го типу ризику.

Для остаточної оцінки ризику небезпеки стану «система – НПС» використовують аналіз багатofакторних ризиків для i -х компонентів НПС, що враховує конкретні умови стабілізації для систем НПС.

Кожний j -й показник i -ї складової системи x_{ij} q -го чинника ризику визначається інформаційним вектором I_{ij} [100]:

$$I_{ij} = \{x_{ij} \mid x_{ij} = \langle x_{jq} \mid q = 1, n_{ij} \rangle; j \in N_p\}. \quad (2.8)$$

Екологічний чинник ризику q_p загалом характеризується показником антропогенного навантаження H_p і природними чинниками.

Антропогенне навантаження є причиною порушення стійкості екосистем, встановлюється відповідно до значень j -х показників виду h_{pj} :

$$H_p = \{h_{pj} \mid p \in N_p; j = 1, n_p\}, N_p \in [1, n], \quad (2.9)$$

де H_p – визначений рівень антропогенного навантаження на i -й компонент НПС, що викликає p -й вид ризику появи негативних наслідків для екосистеми;

N_p – кількість чинників ризику p -го виду впливу антропогенного навантаження на i -й компонент об'єкта природного середовища.

На мікрорівні надається оцінка ризику для здоров'я людини відповідно до стану діяльності промислових об'єктів, що дозволяє провести послідовний аналіз даних для таких визначень:

- гігієнічних характеристик біосфери, які формуються як наслідок життєдіяльності людини, її господарської діяльності;
- небажаних для людини порушень і змін у НС, тобто дестабілізаційних факторів еколого-економічного і соціального характеру;
- взаємозв'язку між екологічним ризиком і ризиком здоров'я населення від соціально-економічних змін.

Характеристика ризику здоров'я проводиться для окремих речовин відповідно до пропозицій А.Б. Качинського [13] на основі розрахунку коефіцієнта небезпеки:

$$HQ = AC / RfC, \quad (2.10)$$

де HQ – коефіцієнт небезпеки;

AC – середня концентрація, мг/м³;

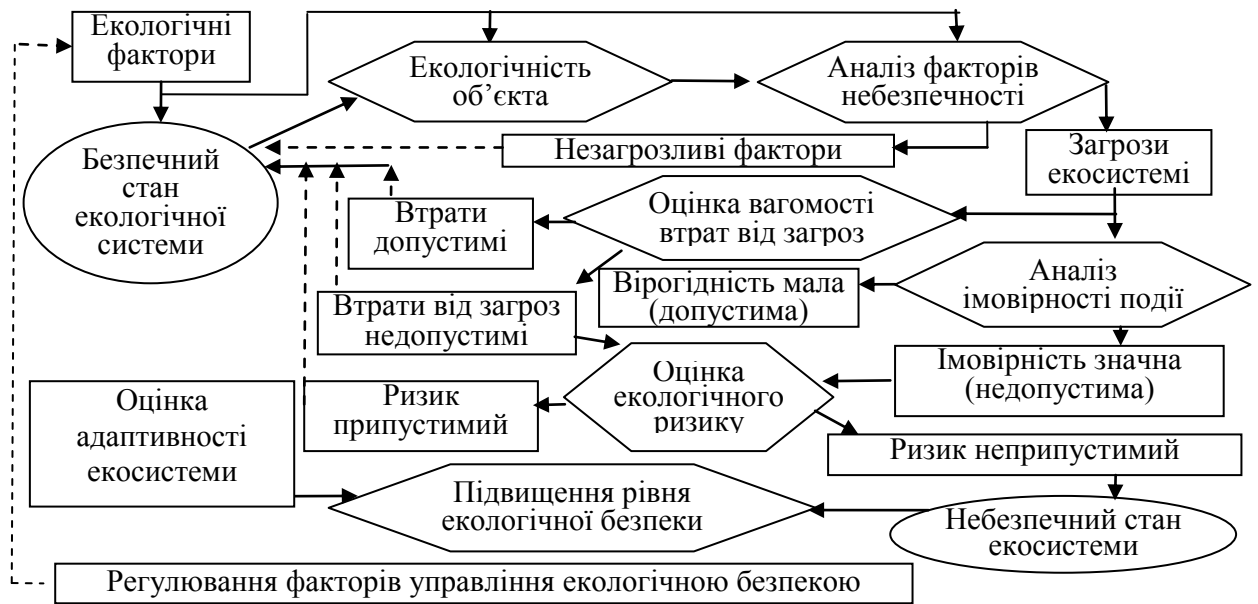
RfC – референтна (безпечна) концентрація, мг/м³.

Оцінка сумарного ризику розвитку небезпечних ефектів за комбінованим і комплексним впливом хімічних сполук надається на основі розрахунку індексу небезпеки HI_j , який відноситься до однорідних за шкідливою дією і/або впливом на певні органи/системи організму хімічних сполук [13]:

$$HI_j = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n, \quad j = \overline{1, \dots, n} \quad (2.11)$$

де HQ_n – коефіцієнти небезпеки кожної забруднюючої речовини залежно від класу небезпеки.

Використання екосистемного підходу забезпечує можливість створення універсального методу оцінки небезпеки за станом природних утворень для конкретного рівня техногенного навантаження на об'єкти НПС (рис. 2.7) [99].



→ – інформаційно-керуючі зв'язки в системному об'єкті; --> – інформаційні зв'язки

Рисунок 2.7 – Схема ризик-оцінки екологічності на рівні екосистем

Дестабілізаційні фактори впливу на природні об'єкти є результатом стохастичності, невизначеності процесів і уповільнених реакцій у ПТО, вони встановлюються за синергетичним аналізом послідовності «первинний стан системи – умови внутрішнього середовища – невизначене ініціювання процесів – розвиток процесів – нові умови у системі – кінцевий стан системи» [106]. Для визначення екологічного ризику використовують методики кількісної і якісної оцінки екологічної безпеки ПТК (рис. 2.8) [107].



Рисунок 2.8 – Основні методи ризик оцінки природно-техногенних об'єктів

Для оцінки якості складових ПТК з урахуванням різної змістовності об'єктів НПС більш прийнятними є детерміновані, імовірно-статистичні методи аналізу в умовах невизначеності (табл. 2.3) [107].

Таблиця 2.3 – Методи аналізу і оцінки екологічного ризику

Група методів	Якісні	Кількісні
Детерміновані		
Детерміновані	<ul style="list-style-type: none"> – Перевірочного листа (Check-list); – "Що буде якщо?" (What - If); – Попередній аналіз небезпеки (Process Hazard and Analysis); – Аналіз виду та наслідків відмов (FMEA); – Аналіз помилкових дій (АЕА); – Аналіз впливу людського фактора (HRA); – Логічного аналізу. 	<ul style="list-style-type: none"> – Методи, засновані на розпізнаванні образів (кластерний аналіз); – Методи експертних оцінок; – Методика визначення та ранжирування ризику (HIRA); – Аналіз виду, наслідків та критичності відмови (FMESA); – Методика аналізу ефекту доміно; – Методика визначення та оцінки потенційного ризику.
Імовірно-статистичні		
Статистичні	– Картти потоків.	– Контрольні карти.
Теоретико-імовірнісні	– Причини послідовності нещасних випадків (Accident Sequences Precursor) (ASP).	<ul style="list-style-type: none"> – Аналіз дерева подій (ETA); – Аналіз дерев відмов (FTA); – Оцінка ризику мінімальних шляхів від ініціюючої до основної події (SCRA); – Дерево рішень; – Імовірнісна оцінка ризику.
Імовірно-евристичні	<ul style="list-style-type: none"> – Експертні оцінки; – Метод аналогій для визначення сценаріїв розвитку аварій. 	<ul style="list-style-type: none"> – Бальні оцінки; – Методи попарних порівнянь.
Умови невизначеності нестатичної природи		
Нечіткі	– Метод аналізу небезпеки (HAZOP).	–
Нейромережеві	–	– Методи прогнозування порушень, відмов, оперативного управління безпекою хіміко-технологічних процесів.
Комбіновані		
Детерміновані та імовірнісні Імовірнісні і нечіткі Детерміновані та статистичні	<ul style="list-style-type: none"> – Логіко-графічні методи аналізу ризику; – Аналіз максимальної можливості виникнення нещасного випадку (MCAA); – Блок-схема надійності (RBD). 	<ul style="list-style-type: none"> – Методи оптимального аналізу ризику (ORA); – Методи організованого систематичного аналізу ризику (MOSAR); – Кількісна оцінка ризику (QRA).

Для реалізації на практиці методів оцінки екологічного ризику враховуються фактори негативного впливу, процеси і кінцевий стан екосистеми (наслідки дії негативного фактора для компонентів НПС і здоров'я населення), що передбачає розробку і використання інформаційних систем для поетапного застосування сукупності методів ризик-аналізу (рис. 2.9) [108].



Рисунок 2.9 – Основні кількісні методики й комп'ютерні системи оцінки екологічних ризиків

Для достовірної, точної, репрезентативної оцінки екологічних ризиків використовують кількісні методи. Недоліком цих методів є неузгодженість точності і детальності (врахування чинників), що звужує область їх використання, потребує визначення обмежень для задач оцінки (табл. 2.4) [105].

Таблиця 2.4 – Характеристика методів кількісної оцінки ризиків

Характеристика	Методи кількісного аналізу ризику						
	статистичний	аналітичний	дерева рішень	експертних оцінок	індексний	аналізу чутливості	аналогій
Оцінка	абсолютна	відносна	абсолютна	відносна	відносна	відносна	абсолютна
Точність оцінки	–	–	+	–	+	+	–
Урахування окремих факторів впливу	–	–	+	–	+	–	–

Ризик-оцінка рівня екологічної безпеки ПТО проводиться з урахуванням процесів в аналізованих еколого-економіко-соціальних об'єктах для встановлення вагомості впливу негативного фактору (ступінь ризику) та розрахунку «збитку» природної якості НПС за визначенням ризик-факторів у системі «стан₁ – вплив – процес – стан₂».

Для визначення рівня впливу окремих техногенних об'єктів встановлюється зв'язок показників (індексів) забруднення компоненту НПС із прийнятним рівнем екологічного ризику з використанням функції бажаності Харингтона (кількісної оцінки якості компонента НС за умови навантаження об'єкта господарської діяльності). За лінгвістичними змінними і значенням рівня ризику встановлюється відповідність оцінок за шкалою бажаності [109]:

$$R_j = a \cdot e^{b \cdot (1 - ind_j)}, \quad j = \overline{1, k} \quad (2.12)$$

де R_j – ризик по j -му компоненту НПС;

a, b – константи ($a = 4,99 \cdot 10^{-6}$, $b = -7,557$);

e – експоненціальна функція;

ind_j – індекс небезпечності об'єкта господарської діяльності для j -го компонента НПС:

$$ind_j = 1 - D = \sqrt[k]{\prod_{j=1}^k I_j} = \sqrt[k]{\prod_{j=1}^k (1 - d_j)} = \sqrt[k]{\prod_{j=1}^k 1 - e^{-(e^{-y_j})}} \quad (2.13)$$

де D – узагальнений показник якості;

I_j – індекс забруднення для j -го компонента НПС k -го компонента екосистеми, визначається за емпіричними залежностями (табл. 2.5);

d_j – функція бажаності для j -го компонента НПС;

y_j' – деяка безрозмірна величина, яка пов'язана з y_j' (кількісний показник оцінки) і визначається для кожного впливу на екосистему.

Таблиця 2.5 – Визначення індексу забруднення компонентів НПС

Компонент навколишнього середовища	Сформована система індексів	
	Вихідні дані	Розрахункова залежність I_j
Атмосфера ($j=1$)	КП – кратність перевищення нормативів, безрозмірний	$I_1 = 1 - e^{-(0,25 \cdot КП - 1)}$
Гідросфера ($j=2$)	ІЗВ – індекс забруднення води, безрозмірний	$I_2 = 1 - e^{-(0,2 \cdot ІЗВ - 1)}$
Ґрунт ($j=3$)	Z_c – сумарний показник забруднення ґрунту, безрозмірний	$I_3 = 1 - e^{-(0,016 \cdot Z_c - 1)}$

Оцінка екологічного ризику для визначення рівня безпеки здійснюється за індексами забруднення компонентів НПС (табл. 2.6) [110].

Таблиця 2.6 – Класифікація рівнів ризику

Рівень ризику	Значення ризику
Неприйнятний	$> 10^{-6}$
Прийнятний	$10^{-6} - 10^{-8}$
Безумовно прийнятний	$< 10^{-8}$

Таким чином, доцільне комплексне використання методів оцінки екологічних ризиків, заснованих на показниках небезпечності явищ й джерел їх виникнення, екологічних збитків, негативного впливу на здоров'я населення, стійкості території до техногенного впливу з врахуванням початкового стану об'єкта негативного впливу, визначення можливостей всебічного аналізу факторів ідентифікації небезпеки процесів стабілізації і дестабілізації, стаціонарності і функціональності систем і встановлення заходів їх регулювання сталості розвитку за результатами досліджень «стан₁ – процес – стан₂».

2.3 Інформаційне забезпечення комплексної оцінки рівня екологічної безпеки природно-техногенних систем

Комплексний підхід з визначення оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів запроваджено з позицій реалізації тривірневого аналізу (глобальний, макро- і мікрорівень) перетворень у досліджених системах при оцінці «стан₁ – процес – стан₂» за трьома аспектами: екологічним – порушення цілісності екосистем, економічним – вплив на ПТК, соціальним – індикатори стану здоров'я людини.

Згідно з концепцією сталого розвитку пріоритетним є визначення безпечних екологічно-техногенних умов для збереження якості НПС, формування механізмів раціонального використання природних ресурсів і визначення допустимих меж небезпечності для негативних факторів впливу на здоров'я населення [1].

Актуальною у межах розв'язання задач сталого розвитку і проблемних питань концепції національної екологічної політики є розробка методичного забезпечення комплексної оцінки екологічності системних утворень, що містять природну складову і потребують її збереження за станом і функціональними можливостями.

Екологічна стійкість ПТК ґрунтується на синергетичності ефектів негативного впливу, їх ролі в самоорганізації і стабілізації стану природно-

техногенних систем і визначається на основі моделі причинно-наслідкових зв'язків «вплив – навантаження – стан – реакція» [111–113].

Багатогранність проблеми комплексної оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів розглядається в публікаціях багатьох науковців з пропозицією різних підходів і методів її визначення: Т.А. Акімової, В.В. Хаскіна, В.В. Батоняна, О.В. Моїсеєнкова [114], М.М. Гузева [115], А.Л. Боброва, К.В. Папена [116], С.А. Дятлова [117] та ін.

У роботах М.М. Гузева [115] показники комплексної оцінки еколого-економічної безпеки території встановлюються в умовах багатокритеріального підходу, який передбачає врахування таких факторів:

- рівень соціально-економічного розвитку території;
- стан природно-ресурсного потенціалу;
- природно-кліматичних особливості;
- техніко-технологічний і виробничий потенціал;
- стан здоров'я населення;
- динаміка народження і смертності;
- демографічна структура населення.

Прийняття рішення стосовно стабілізації системи дослідження визначається з урахуванням екологічних, економічних і соціальних критеріїв.

Підхід до оцінки екологічного збитку навколишньому середовищу передбачає розрахунок умовного (приведеного) навантаження на навколишнє середовище і його елементи [115]:

$$M = \sigma_k \cdot \sum_{i=1}^n A_i m_i, \quad (2.14)$$

де M – показник умовного навантаження впливу k -го фактору на навколишнє середовище, кг_{умовн.н.};

σ_k – константа, яка дозволяє враховувати регіональні особливості територій, що зазнають негативного впливу;

A_i – показник відносної екологічної небезпечності i -ї забруднюючої речовини: $A_i = 1/\Gamma\text{ДК}_i$, $\Gamma\text{ДК}_i$ – гранично-допустима концентрація i -ї забруднюючої речовини, $\text{кг}_{\text{умовн.н.}}/\text{кг}$;

m_i – маса i -ї забруднюючої речовини, що надходить у навколишнє середовище при природокористуванні, кг .

Екологічний критерій визначається як характеристика забруднення атмосфери, води, ґрунту у вигляді:

$$K_{\text{екол}} = \prod_{j=1}^3 \left(\frac{C_{ij}}{\Gamma\text{ДК}_{ij}} + 1 \right)^{B_{ij}} - 1, \quad (2.15)$$

де C_{ij} – концентрація i -ї забруднюючої речовини у j -му компоненті НПС, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\Gamma\text{ДК}_{ij}$ – гранично-допустима концентрація i -ї забруднюючої речовини у j -му компоненті НПС, $\text{кг}/\text{м}^3$;

B_{ij} – константа приведення ступеня шкідливості i -ї забруднюючої речовини у j -му компоненті НПС, залежить від класу безпеки речовин.

Екологічний збиток визначається спектром негативних наслідків – від погіршення здоров'я людей, що проживають і працюють в районі поширення негативного впливу, збитків від втрати і загибелі представників флори і фауни, до змін екогеологічних, ландшафтних і рекреаційних умов, зниження продуктивності промислових об'єктів [118].

Економічні критерії за змістом відповідають значенням збитків для НС за показником втрати екологічної цінності господарської діяльності Y , грн :

$$Y = \sum_{k=1}^n \gamma \cdot M_k, \quad (2.16)$$

де γ – економічна оцінка одиниці умовного навантаження впливу k -го фактора на НПС, визначається ступенем впливу техногенного об'єкта на НС, $\text{грн}/\text{кг}_{\text{умовн.н.}}$;

M_k – показник умовного навантаження впливу k -го фактору на навколишнє середовище, $кг_{умовн.н.}$.

Економічний аспект визначається якісними та кількісними характеристиками техногенного об'єкта та ступенем його впливу на стан природних систем [118]. З одного боку, цей показник характеризує економічну вигоду від роботи на розглянутій території об'єктів природокористування, з іншого боку, економічні збитки від забруднення навколишнього середовища. Даний збиток співставляється з потребами суспільства в запобіганні, уникненні негативного техногенного впливу на навколишнє середовище і відновленні природної функціональності екосистем. Значення економічного критерію розраховують за таким відношенням [119]:

$$K_{\text{екон}} = \frac{Y_a + Y_b + Y_r}{B_{\text{зап}} + \text{Пл} + E_{\text{еф}}}, \quad (2.17)$$

де Y_a, Y_b, Y_r – економічний збиток від забруднення відповідного компонента НПС – атмосферне повітря, водне середовище, ґрунт, грн;

$B_{\text{зап}}$ – заплановані витрати на попередження забруднення НС, грн;

Пл – плата природокористувача за забруднення НПС, грн;

$E_{\text{еф}}$ – економічна ефективність (вигода) від функціонування об'єктів природокористування, що включає податки, платежі в міський бюджет, грн.

Соціальний критерій оцінки екологічності об'єкта дослідження ідентифікує рівень стану здоров'я населення, що знаходиться під впливом об'єктів НС [119]:

$$K_{\text{соц}} = P(A_{\text{комф}} / B_{\text{зах}_i}) \cdot P(B_{\text{зах}_i}), \quad (2.18)$$

де $B_{\text{зах}_i}$ – i -й вид захворювання;

$A_{\text{комф}} / B_{\text{зах}_i}$ – умовний рівень i -го виду захворювання залежно від рівня забруднення НПС;

$P(A_{\text{комф}} / B_{\text{зах}_i})$ – імовірність виникнення i -го виду захворювання залежно від рівня забруднення НПС;

$P(B_{\text{зах}_i})$ – імовірність виникнення i -го виду захворювання.

Методика комплексної оцінки системи еколого-економічної безпеки авторів Е. Бухвальда, Н. Гловацької, С. Лазаренко [120] є економічно спрямованою і враховує показники еколого-соціально-економічного сталого розвитку, за якими встановлюють:

- економічне зростання – динаміка та структура національного виробництва, показники обсягів і темпів промислового виробництва, галузева структура господарства, динаміка окремих галузей, капіталовкладення;

- обсяг природно-ресурсного, виробничого та досягнутого науково-технічного потенціалу;

- динамічність і адаптивність господарського механізму, залежність від зовнішніх факторів – рівень інфляції, дефіциту консолідованого бюджету, дії зовнішньоекономічних факторів, стабільності національної валюти, внутрішньої і зовнішньої заборгованості;

- рівень якості життя – внутрішній валовий продукт на душу населення, рівень диференціації доходів, забезпеченість основних груп населення матеріальними благами і послугами, працездатність населення, стан НС тощо.

Типовий метод аналізу та визначення рівня еколого-економічної стійкості об'єктів НПС запропонували А.Л. Бобров, К.В. Папен, А.П. Сисоєв, І.В. Усов [115]. Цей метод застосовується до галузей, які становлять значну загрозу для еколого-економічної безпеки даного регіону.

Розробка методики комплексної оцінки транскордонних взаємодій між різними регіонами, які є елементами небезпеки територіальної еколого-соціально-економічної системи (ТЕСЕС), належить вченим Санкт-Петербурзького науково-дослідного Центру екологічної безпеки РАН [121].

За даною методикою визначення рівня екологічної небезпеки (ризик) встановлюють такі складові оцінки ризику:

- рівень екологічності ПТО, включаючи аварійні ситуації – імовірність виникнення і масштаби екологічної шкоди;

– ступінь відхилення актуальних параметрів стану НПС від «нормального» природно-фонового стану, ступінь віддаленості від кордону стійкості екосистем;

– рівень впливу забруднення середовища проживання (територій) на здоров'я населення (відхилення від норми або екопатології);

– небезпечність «нововведень» у вигляді нових хімічних речовин, технологій, інших інновацій;

– ефективність управління екологічною безпекою – прийняття адекватних управлінських рішень.

У роботах С.А. Дятлова [117] методика ТЕСЕС доповнена врахуванням економічних балансів транскордонних взаємодій між певними регіонами, що входять в єдину систему на основі інформаційно-аналітичних даних.

Цей метод дозволяє отримати економічні оцінки екологічних збитків і ефектів трансформувати у фінансові величини та включити їх в поточні бюджети країн (регіонів), надалі враховувати при формуванні майбутніх бюджетів.

Методика комплексної оцінки стану атмосферного повітря, поверхневих вод, ґрунтів і земельних ресурсів України є надзвичайно актуальною при розробці системи заходів щодо мінімізації антропогенного навантаження з метою поліпшення екологічної ситуації в країні [118].

Методика комплексної оцінки екологічного стану регіонів у роботі О.В. Рибалової [122] дозволяє визначити причини незадовільного стану шляхом ранжування інтегральних показників стану поверхневих вод, атмосферного повітря і земельних ресурсів.

Комплексний показник екологічного стану регіону E визначається на основі інтегральних показників стану поверхневих вод I_B , атмосферного повітря I_P і стану ґрунтів і земельних ресурсів I_T [123, 124]:

$$E = \sqrt[3]{I_B^2 \cdot I_P^2 \cdot I_T^2} . \quad (2.19)$$

Для визначення стану поверхневих вод, атмосферного повітря, стану ґрунтів і земельних ресурсів необхідно провести інтерполяцію відповідних показників, зведення їх до комплексного показника екологічності регіону і присвоєння відповідного класу екологічного стану (табл. 2.5) [124].

Таблиця 2.5 – Класифікація екологічного стану регіону

Клас екологічного стану	1 – добрий	2 – задовільний	3 – посередній	4 – поганий	5 – дуже поганий
Значення комплексного показника екологічного стану регіону E	0 – 0,19	0,2 – 0,39	0,4 – 0,59	0,6 – 0,79	0,8 – 1,0
Значення екологічного індексу I_B	0 – 1,0	1,1 – 3,0	3,1 – 5,0	5,1 – 6,0	6,1 – 7,0
Значення індексу забруднення атмосфери I_{Π}	0 – 5	5,1 – 8	8,1 – 13	13,1 – 18	18,1 – 30
Значення інтегрального показника стану ґрунтів і земельних ресурсів I_T	0 – 1,0	1,1 – 2,0	2,1 – 3,0	3,1 – 4,0	4,1 – 5,0

Перевагою цієї методики є те, що для розрахунку показників стану компонентів НПС використовуються офіційні дані екологічних паспортів областей України та регіональні звіти про стан навколишнього природного середовища, Національна доповідь про стан НПС в Україні.

Комплексна методика визначення рівня екологічної безпеки технологічної системи за відповідним аналізом ЖЦ продукту запропонована Б.М. Комаристою [125]. Вона надає оцінку негативної дії продукту на об'єкти НПС на основі унітарного індексу шкідливого впливу виробництва, який включає 17 підкатегорій впливу на різних стадіях життєвого циклу, згрупованих у такі категорії: здоров'я людини, екосистеми, клімат і ресурси.

Унітарний індекс сталого ресурсоспоживання приведений до єдиної безрозмірної шкали оцінки від 0 до 1 за допомогою функції бажаності

Харінгтона. Він дозволяє оцінити вплив усього життєвого циклу певного продукту на природні системи, здоров'я людини та рівень виснаження природних ресурсів через врахування витрат на їх відновлювання [126].

Методичне забезпечення комплексного аналізу різних стадій ЖЦ продукту дозволяє оцінити енергоємність, рівень забруднення атмосфери, поверхневих вод і ґрунтів, ефективність використання сировинних ресурсів на стадії виробництва продукту, встановити ефективність його використання протягом терміну служби, визначити витрати на утилізацію на завершальній стадії споживання [127, 128].

Система комплексної оцінки природно-техногенних об'єктів, запропонована О.В. Шкарупю, стосується еко-соціо-економічної системи (ЕСЕ), що визначає сукупність утворень біологічної, географічної, економічної та соціальної природи. В основі методики діє принцип збалансованості, що передбачає збереження цілісності об'єкта дослідження (рис. 2.10) [129, 130].

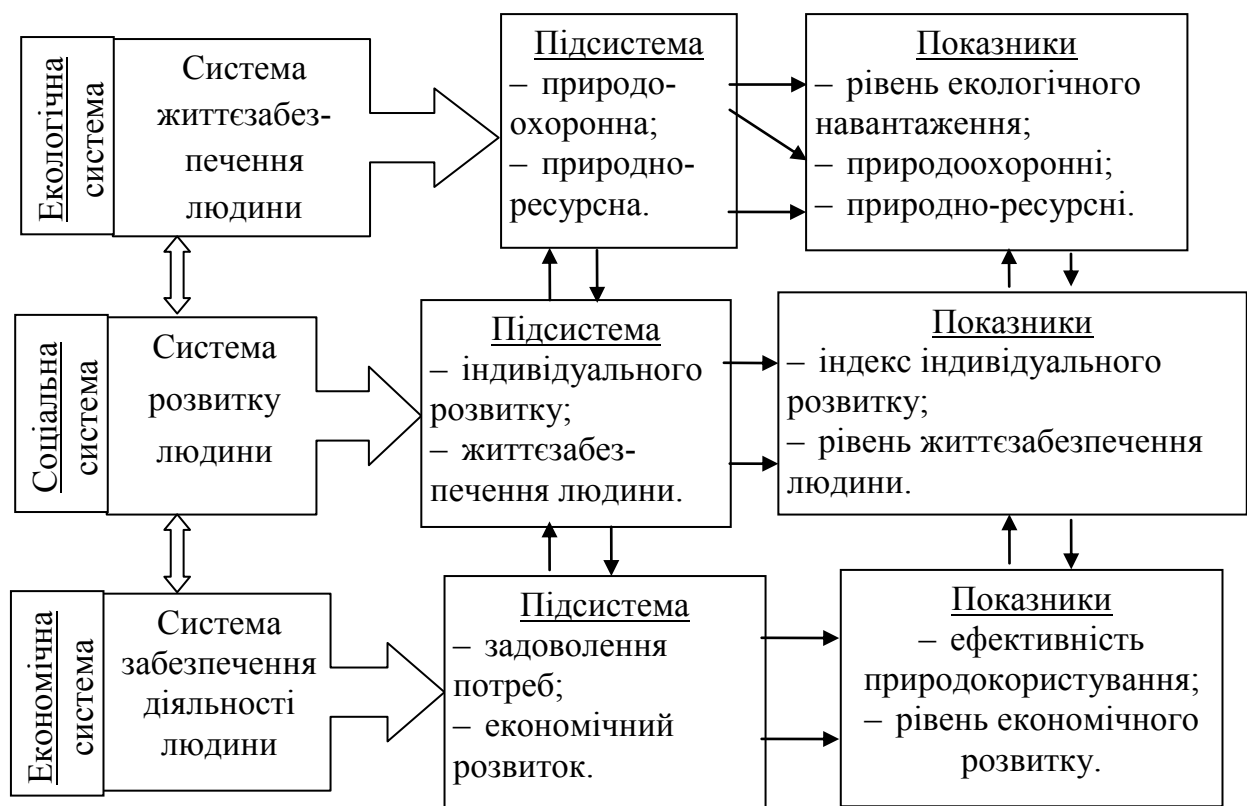


Рисунок 2.10 – Показники еко-соціо-економічної системи

Комплексна еколого-економічна оцінка території з метою планування екологічно сталого регіонального розвитку є аналітичною системою, що визначає рівень якості за такими аспектами:

- екологічним – екологічно значимі властивості ландшафтів, хімічне, механічне, фізичне, біологічне забруднення, природно-ресурсний потенціал;
- економічним – фінансові ресурси та механізми, зміна структури споживання, національна економічна політика та міжнародна кооперація, ефективність споживання ресурсів;
- соціальним – демографія, рівень життя і здоров'я населення.

Соціальна підсистема ЕСЕ-системи передбачає мінімізацію залежності від небезпечної дії факторів навколишнього природного середовища на стан здоров'я населення, забезпечення соціальної справедливості і добробуту. Екологічна підсистема передбачає гомеостатичний процес життєдіяльності екосистем в умовах техногенного навантаження на середовище і збереження якісного і кількісного біорізноманіття.

Сталий розвиток економічної підсистеми повинен забезпечувати збалансованість циркуляції потоків речовини, енергії та інформації між соціальною та екологічною підсистемами [129, 130].

Стійкість ЕСЕ-системи ґрунтується на синергетичності ефектів взаємодії підсистем і залежить від прояву об'єктивних причин, які сприяють стимуляції або дестимуляції процесів розвитку відкритих динамічних систем.

Запропонований підхід до моделювання ЕСЕ-системи дозволяє врахувати процеси саморегуляції в об'єктах техногенного навантаження.

Методика комплексного аналізу на основі сучасних ГІС-технологій за І.П. Каменевою, А.В. Яцишиним, В.О. Артемчуком [131] дозволяє встановити рівень негативного впливу техногенних об'єктів на природне середовище і здоров'я населення на територіальному рівні (макрорівні), прояв токсичних ефектів і наявність хронічних канцерогенних та імунотоксичних явищ.

Для оцінки екологічного ризику негайних токсичних ефектів використовується модель індивідуальних порогів впливу. Стосовно забруднення атмосфери ця модель надається у вигляді такої функції:

$$RI_3 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{a+b \lg(c/\text{ГДК})} \exp(-\tau^2/2) d\tau, \quad (2.20)$$

де a, b – параметри, які залежать від токсикологічних властивостей речовини;

c – концентрація токсиканта в повітрі, мг/м³;

ГДК – гранично-допустима концентрація хімічної речовини в повітрі населених пунктів, мг/м³;

τ – безрозмірний параметр інтегрування.

Параметри a, b визначаються згідно з встановленим класом небезпечності забруднювачів (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Класифікація екологічного стану системи

Клас небезпечності	Характеристика речовини	a	b
1-й	Надзвичайно небезпечні	-9,15	11,66
2-й	Високонебезпечні	-5,15	7,49
3-й	Помірно небезпечні	-2,35	3,73
4-й	Малонебезпечні	-1,41	2,33

Запропонована методика базується на сучасних ГІС-технологіях побудов статистичної інтерпретації даних моніторингу атмосферних забруднень і результатів аналізу.

Застосування наданих вище методик комплексної оцінки екологічності ПТК має ряд недоліків, які пов'язані з неврахуванням різних рівнів дослідження об'єкта і деталізації його оцінки екологічності, проведенням

оцінки екологічності для конкретного компонента НПС, неврахуванням процесів, які відбуваються у ПТО при його переході у новий стан.

Таким чином, удосконалення методології комплексної оцінки екологічності НПС повинно стосуватися двох базових аспектів: 1) встановлення структури моделі системного об'єкта на екологічних засадах і її математичний опис; формування імовірнісного підходу з оцінки екологічності систем на основі положень синергетики, теорії ризиків; 2) визначення положень з математичного моделювання системних об'єктів і формування інформаційно-управляючої бази для розв'язання задач з оцінки екологічності природної, економічної і соціальної систем ПТК.

Формування інформаційно-методичного забезпечення комплексної оцінки екологічності за принципами гармонізації сталого розвитку еколого-економічної системи полягає у встановленні зовнішніх і внутрішніх факторів деструктивних процесів, що призводять до зменшення рівня екологічної безпеки і можливостей зниження негативного впливу природно-техногенних комплексів на об'єкти НПС (рис. 2.11) [106].

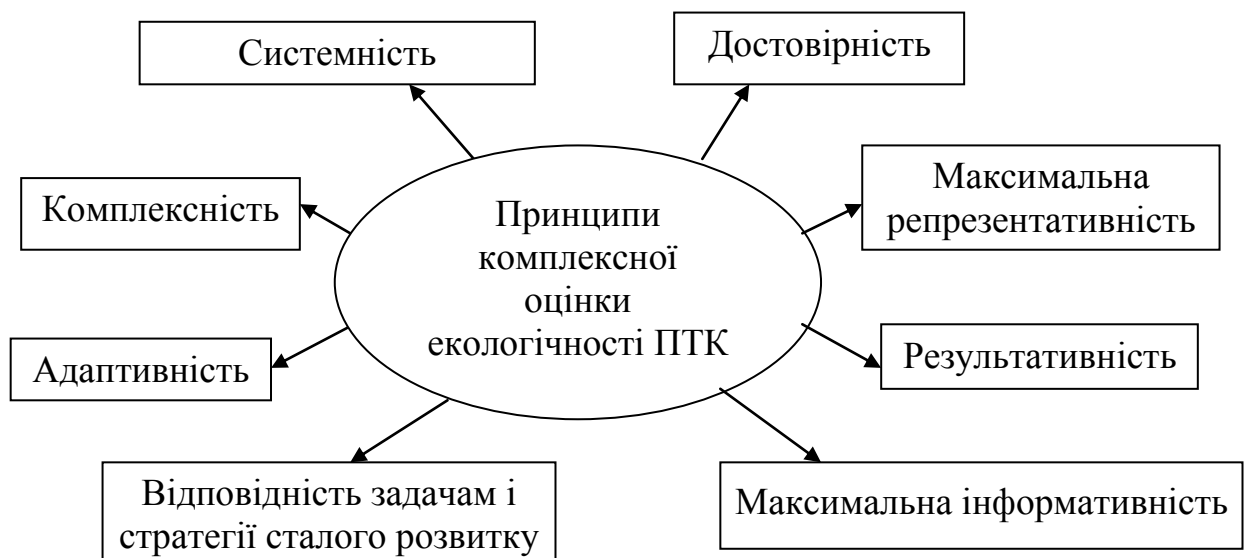


Рисунок 2.11 – Принципи комплексної оцінки екологічності природно-техногенних комплексів

Аналіз результатів досліджень в області екологічної безпеки в окремих складних системах (еколого-економічна, соціально-екологічна, соціально-економічна) показав необхідність запровадження комплексного системного підходу з оцінки екологічності складних об'єктів [108]. Комплексна оцінка рівня екологічної безпеки ПТО забезпечує ідентифікацію причин забруднення НПС, засоби підтримки безпечного природокористування за умови ефективного використання ресурсів (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 – Схема комплексної оцінки екологічної безпеки об'єктів дослідження

Таким чином, комплексна оцінка екологічності стану природно-техногенних об'єктів забезпечує ідентифікацію причин і джерел забруднення НПС, обґрунтування заходів зменшення антропогенного навантаження, визначення засобів підтримки безпечного природокористування за умови ефективного використання ресурсів.

У роботі пропонується формування методично-інформаційного забезпечення оцінки екологічності природно-техногенних систем на глобальному, макро-, мікрорівнях дослідження за методичним забезпеченням MIPS- і ризик-аналізу з визначенням ступеня, рівня небезпеки за трьома аспектами: екологічним, економічним, соціальним.

Висновки до розділу 2

1. Наведені особливості існуючого методичного забезпечення MIPS- оцінки як економічного показника еко-ефективності використання ресурсів на різних стадіях життєвого циклу продукту [50].

2. Розглянуті основні взаємозв'язані етапи процедури оцінки екологічних ризиків. Виявлені переваги і недоліки існуючих методів оцінки екологічного ризику для природно-техногенних об'єктів і визначена необхідність ризик-оцінки за результатами системного аналізу «система - НПС» виду «стан₁ – процес – стан₂» [108].

3. Доведена доцільність для отримання достовірної оцінки стану складної системи на основі комплексного підходу з визначення рівня екологічності природно-техногенних об'єктів при реалізації тривірневого аналізу (глобальний, макро- і мікрорівень), врахування процесів у системах за даними досліджень «стан₁ – процес – стан₂» за трьома аспектами: екологічним – порушення цілісності екосистем, економічним – вплив на ПТК, соціальним – індикатори стану здоров'я людини [105, 106].

Одержані результати надані в публікаціях автора: 81, 94, 105, 106, 107, 108, 111, 112.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИРОДНО- ТЕХНОГЕННИХ ОБ'ЄКТІВ

У третьому розділі обґрунтовано основні положення методичного забезпечення оцінки стану природно-техногенних комплексів з позицій сталого розвитку. Надано послідовність визначення показників комплексної оцінки екологічності на основі MIPS- і ризик- аналізу стану економічної, екологічної і соціальної складових природно-техногенних систем на глобальному, макро- і мікрорівнях дослідження з метою підвищення якості прийняття рішень стосовно зниження ступеня небезпеки в соціально-екологічному аспекті.

Розроблено алгоритмічно-інформаційне забезпечення для практичної реалізації методичного забезпечення визначення відповідності складних об'єктів вимогам екологічної безпеки з урахуванням взаємозв'язку між станом і внутрішніми процесами у ПТО і його зовнішнього зв'язку з навколишнім середовищем. Комплексний підхід з оцінки екологічності і безпечності систем природно-техногенної змістовності враховує еколого-соціально-економічні аспекти сталого розвитку об'єктів будь-якого рівня складності.

3.1 Передумови формування методичного забезпечення комплексної оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів

Розробка нових підходів для формування методичного забезпечення розв'язання задач визначення рівня екологічної безпеки ПТО обумовлена значною мірою зверненням до нового уявлення про структурно-функціональний стан об'єкта дослідження, який визначається як системне об'єднання для досягнення мети сталого розвитку. У межах природно-техногенних угруповань необхідно врахувати природні, техногенні, соціальні процеси, тісно пов'язані з екологічною і соціальною складовими об'єкта дослідження за характерними системними властивостями:

- внутрішньою єдністю і цілісністю складових – кожен фактор і елемент залежать від їх місця і призначення у функціонуючому системному об'єкті;
- різноспрямованістю взаємозв'язків з навколишнім середовищем – зовнішній негативний вплив розглядається як навантаження на компоненти НПС і здоров'я населення;
- складною структурою – окремі складові підпорядковуються цілому і являють собою підсистеми.

Доцільність розробки методичного забезпечення комплексної оцінки екологічності природно-техногенної системи пов'язана з запровадженням додаткових аспектів дослідження у методичне та інформаційне забезпечення існуючих методик з контролю якості моніторингових систем (розділ 1). Удосконалення робочих методик визначено необхідністю застосування на практиці обґрунтованого аналізу функціональності та ефективності досліджених систем, встановлення за рахунок механізмів стабілізації екологічного стану систем навколишнього природного середовища (розділ 2).

По-перше, відповідно до задач сталого розвитку вагомим завданням стає визначення регулюючих механізмів внутрішньої самоорганізації систем або підтримки таких процесів на необхідному рівні. Для аналітичної системи «стан об'єкта – процес взаємодії з НС – стан стаціонарності/дестабілізації – процеси саморегулювання – кінцевий стан об'єкта» запропоновано послідовність різнорівневих етапів розв'язання окремих завдань з оцінки відповідності функціям якості, які пов'язані з встановленням рівня екологічності і безпечності для об'єкта. Отримані на кожному послідовному етапі оцінювання відповідності, зазначені ціллю функціонування складових систем об'єкта, у кінцевому результаті становлять основу для надання комплексної характеристики якості та загальної характеристики екологічності і безпечності системних природно-техногенних об'єктів. Дослідження на рівні цільових функцій дозволяє виявити негативні фактори дестабілізації і порушення стійкості об'єкта при існуючих вимогах щодо стаціонарності і послідовного розвитку окремих систем і об'єкта в цілому [132].

По-друге, акцентується увага на комплексності у підході формування математичного забезпечення для об'єкта дослідження. В існуючих методиках здебільше декомпозиція об'єкта являє собою диференціювання цілого за окремими властивостями, критеріями, що приводить до отримання результатів у вигляді інтегрованої кількісної оцінки.

У запропонованому методичному забезпеченні усувається аспект інтегральності з переведенням змісту визначень на комплексне урахування складових системного об'єкта відповідно до цілі і мети дослідження [132].

По-третє, у кінцевій оцінці зазначаються кількісні загальні характеристики. У відповідності до названих вище двох аспектів розробки комплексного методичного забезпечення надається оцінка стану і процесів внутрішнього характеру, яка дозволяє встановити фактори стабілізації загальних показників систем і об'єкта в цілому відповідно до регулювання їх за вимогами сталого розвитку.

Комплексний підхід передбачає в системному аналізі об'єкта, як соціально-еколого-економічного утворення, виділення трьох підпорядкованих частин: загального оцінювання стану і факторів дестабілізації у вигляді соціально-економічної діяльності – техногенна складова об'єкта дослідження; стану і діяльності систем, на які спрямовані негативні впливи – соціально-екологічна складова; людина і живі організми – природна складова. Названі системні утворення мають свої характеристики, підпорядковані своїм цілям функціонування, а при взаємодії виконують загальну об'єктивну функцію – забезпечення життєдіяльності і сталого розвитку ПТК [132].

Запропоноване методичне забезпечення передбачає послідовне застосування MIPS- і ризик-аналізу для надання загальної за змістом оцінки відповідності і детальних визначень дестабілізаційних станів і деструктивних факторів і процесів, що враховує специфічність об'єкта дослідження і мету оцінювання. Об'єкт запропоновано розглядати як складну природно-техногенну систему. Отримані результати аналізу відповідності рівня екологічності і безпеки розглядаються як незалежні з точки зору управління якістю складних систем (рис. 3.1).

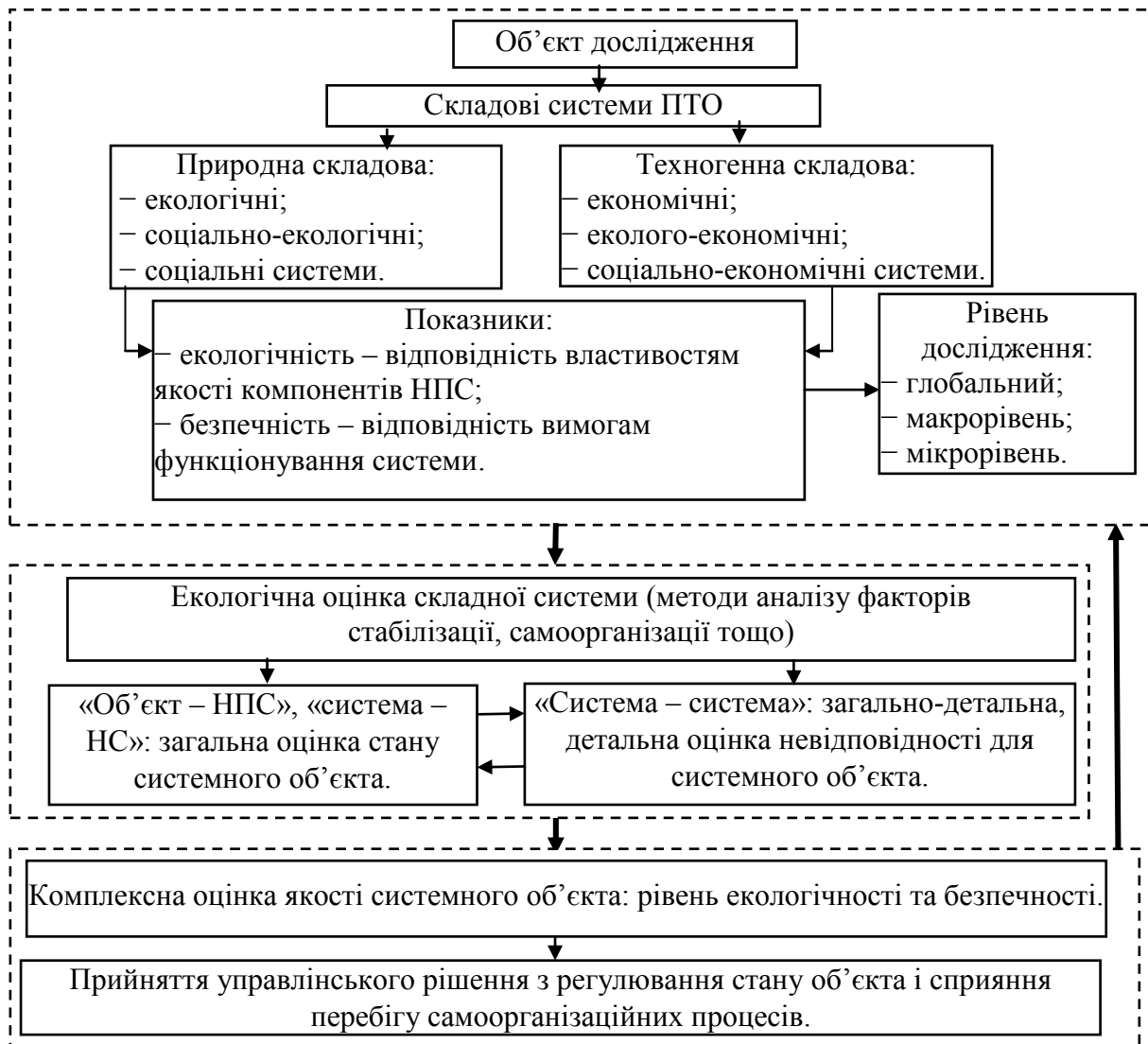


Рисунок 3.1 – Схема оцінки рівня безпечності системного об'єкта

Відповідно до змістовності визначень за методичним забезпеченням комплексного аналізу «стан₁ – процес – стан₂» (див. рис. 3.1) виділено 3 етапи оцінювання відповідності вимогам екологічності та безпечності.

Стан об'єкта розглядається як цілеспрямована впорядкована взаємодія екологічних, економічних, соціальних систем і структурованих утворень відповідно до організації матеріальних, енергетичних і інформаційних потоків на рівні еколого-соціальних, соціально-економічних, еколого-економічних систем. Отримані характеристики стану цих об'єктів повинні визначати якість за оцінкою рівня екологічності та безпечності з урахуванням різних рівнів аналізу їх природних і техногенних складових:

– глобального – оцінка загального стану систем;

- макрорівня – встановлення ознак стаціонарності/дестабілізації систем;
- мікрорівня – визначення факторів стабільності/деструктуризації для компонентів і елементів систем.

З точки зору дослідження відповідності функціонування системних об'єктів нормативам визначаються процеси підтримки/порушення умов дотримання екологічної безпечності [133].

Таким чином, запропоноване методичне забезпечення оцінки екологічності і безпечності природно-техногенних комплексів на основі аналітичної системи «стан₁ об'єкта – процес – стан₂ об'єкта» з урахуванням взаємозв'язку між станом і процесами внутрішньої самоорганізації і зовнішнього зв'язку з НС визначає умови стабілізації сталого розвитку системних утворень. Методичне забезпечення сформовано на послідовному аналізі та оцінці стану, процесів за результатами MIPS- і ризик-аналізу, що потребує відповідних удосконалень для отримання кінцевої комплексної оцінки екологічності та безпечності ПТО.

3.2 Формування інформаційно-методичної підтримки оцінки екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів

3.2.1 Удосконалення положень методичного забезпечення MIPS-аналізу для встановлення екологічності та безпечності

Методика MIPS-аналізу загалом має об'єктом дослідження економічні системи і оперує до економічних характеристик, що відповідно до аналізу доцільності її використання в задачах якості потребує зміни змістовності та математичної інтерпретації вхідної інформації і кінцевих результатів (п.п. 2.1). З цією метою у роботі пропонується удосконалення стосовно таких положень:

- визначення оцінки екологічності системного утворення з урахуванням природної і техногенної змістовності для будь-якого рівня дослідження з метою встановлення зовнішніх і внутрішніх факторів, що деструктивно впливають на окремі складові і на систему взагалі;

– врахування трьох аспектів сталого розвитку системних об'єктів: екологічного, економічного, соціального, а також їх взаємодії у вигляді соціально-економічних, еколого-економічних і соціально-екологічних для задач управління якістю відповідно до вимог екологічної безпечності умов, стану, функціонування і розвитку систем [133].

Оцінка екологічності та безпечності при дослідженні «стан₁ – процес – стан₂» за MIPS-аналізом полягає у встановленні відповідності стану та функціональності системного об'єкта вимогам природної стабільності, обмежень рівня дії зовнішніх дестабілізуючих факторів для «об'єкт – НС». Отримані результати досліджень за MIPS-аналізом дозволяють визначити загальну оцінку відповідності, загально-детальну характеристику стану компонентів, елементів стосовно виявлення факторів невідповідності, порушень вимог безпечності на рівні системних досліджень (див. рис. 3.1) [106].

На глобальному рівні дослідження визначається загальна оцінка відповідності стану об'єкта, систем з урахуванням матеріальних потоків, пов'язаних з надходженням, вилученням, наслідками змін відносно природного стану на основі встановлення деструктивних порушень, що характеризують рівень невідповідності за значенням МІ-індекса:

$$MI_T = T/Q, \quad (3.1)$$

де T – кількість деструктивних матеріальних вхідних потоків, кг;

Q – кількість кінцевого продукту, кг.

За результатами MIPS-аналізу оцінка безпечного стану природних і техногенних систем здійснюється на основі інформації про відповідність споживання конкретного ресурсу вимогам стійкості:

$$R_{пр} = R_n/Q, \quad (3.2)$$

де $R_{пр}$ – показник ресурсоемності процесу виробництва одиниці продукту;

R_n – кількість витрачених природних ресурсів на виробництво одиниці продукту, кг.

MI-індекс використовують для визначення загальної оцінки відповідності аналізованої системи вимогам екологічної безпеки при послідовному врахуванні техногенного навантаження на НПС, наслідків цього для елементів, компонентів, структури, функціональності системи загалом.

1. Показник екологічності об'єкта дослідження L – характеристика природно-техногенного навантаження на систему з розрахунку на одиницю кінцевого продукту, кг/кг:

$$L = P_B / Q, \quad (3.3)$$

де P_B – кількість ресурсів, які несуть навантаження на НПС (викиди, скиди, відходи), кг;

Q – кількість кінцевого продукту, кг.

Величина P_B враховує певним чином екологічність системи відповідно до фіксованих значень MI-індексів як показників природоємності ресурсів за збитковістю для природних комплексів, систем тощо.

2. Коефіцієнт екологічності об'єкта ε_n визначається як відношення «умов збереження природного середовища» – чистий корисний ефект $(Q - P_B)$ до кількості витрачених ресурсів R_n з урахуванням вимог необхідної забезпеченості систем:

$$\varepsilon_n = \frac{Q - P_B}{R_n} = \frac{1 - L}{R_{пр}} = \frac{1 - MI_T}{R_{пр}}, \quad (3.4)$$

де $R_{пр}$ – показник ресурсоємності процесу виробництва одиниці продукту кг/кг;

L – характеристика природно-техногенного навантаження на НПС з розрахунку на одиницю корисної дії систем, кг/кг.

Таким чином, екологічна відповідність стану і функціональності систем оцінюється за величиною ε_n як позитивна при значеннях $\varepsilon_n > 1$, екологічно неефективна за умови $\varepsilon_n < 1$.

На макрорівні дослідження системних об'єктів деталізується оцінка невідповідності з метою виявлення деструктивних елементів, компонентів, факторів, впливів, процесів тощо, які за попередньою характеристикою стану систем є небезпечними. Відповідність матеріальних потоків за MIPS-аналізом встановлюється на основі аналізу життєвого циклу об'єкта дослідження, враховуючи його еколого-економічну функціональність [105].

Оцінка екологічності та безпечності матеріальних потоків проводиться відповідно до визначення необхідної кількості ресурсів (кг, т) для забезпечення певної результативності (1 кг, т матеріального виходу) систем:

$$MIPS_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n MI_i \cdot C_{ij} \cdot x_j}{S}, \quad (3.5)$$

де $MIPS_{ij}$ – показник матеріального виходу одиниці кінцевого продукту, кг/кг;

MI_i – матеріальна інтенсивність i -го чинника навантаження на кожній стадії ЖЦ об'єкта дослідження (встановлена const), кг/кг;

C_{ij} – питома вага i -го чинника навантаження в j -му компоненті НПС, кг/кг;

x_j – кількість матеріальних вхідних (вихідних) потоків у j -й компонент НПС, кг;

S – маса кінцевого продукту, кг [3].

На рівні оцінки безпечності підприємства за MIPS-аналізом з урахуванням взаємодії «виробництво – природні екосистеми» аналізують матеріальні потоки за станом і динамікою вилучення ресурсів, виготовлення і споживання продукції і впливу результатів цих дій на природні компоненти, елементи НПС (рис. 3.2) [106].

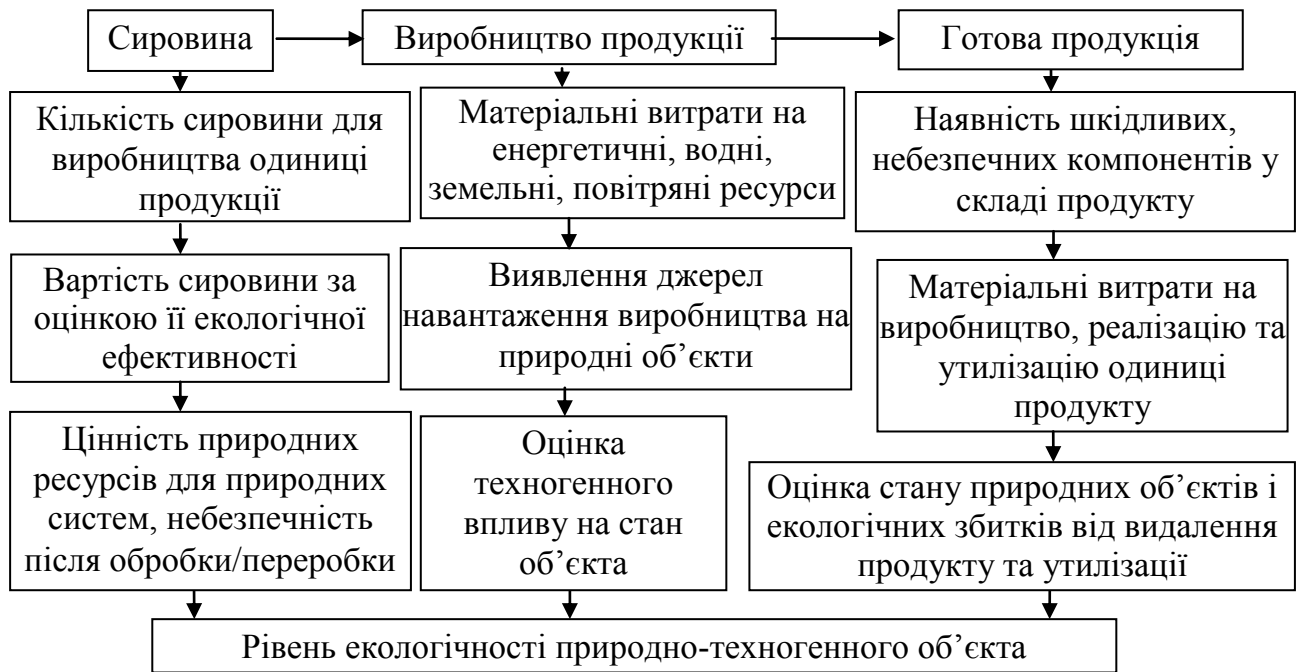
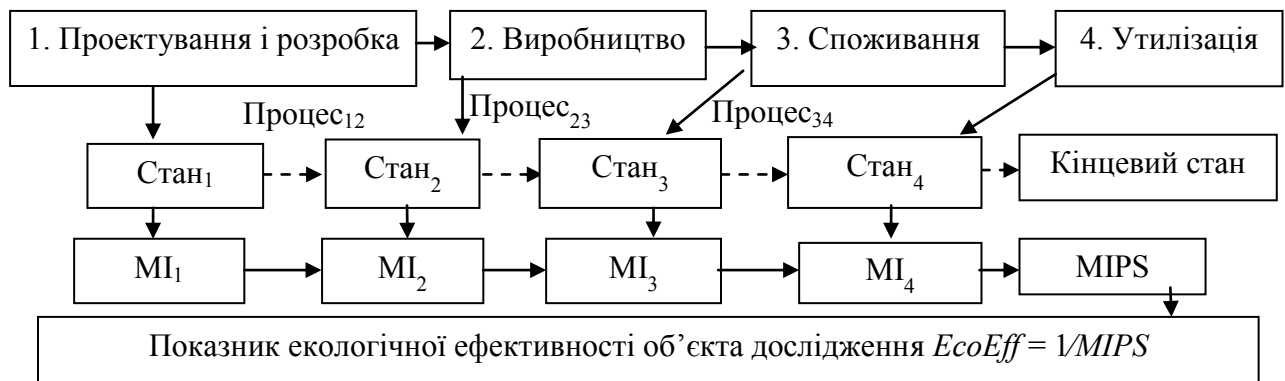


Рисунок 3.2 – Загальна оцінка екологічності за MIPS-аналізом

Для виробничого комплексу за загальною MIPS-оцінкою його ЖЦ визначається рівень екологічної ефективності (рис. 3.3).



→ – інформаційно-керуючі зв'язки в системному об'єкті; --> – спрямованість матеріальних, енергетичних, інформаційних потоків

Рисунок 3.3 – Схема визначення MIPS-оцінки на макрорівні дослідження

Таким чином, методичне забезпечення MIPS-оцінки стабільного розвитку ПТО у вигляді загальної і загально-детальної характеристики відповідності умовам екологічної безпеки є основою для прийняття рішення з управління якістю систем і підтримки їх гомеостазу (рис. 3.4).

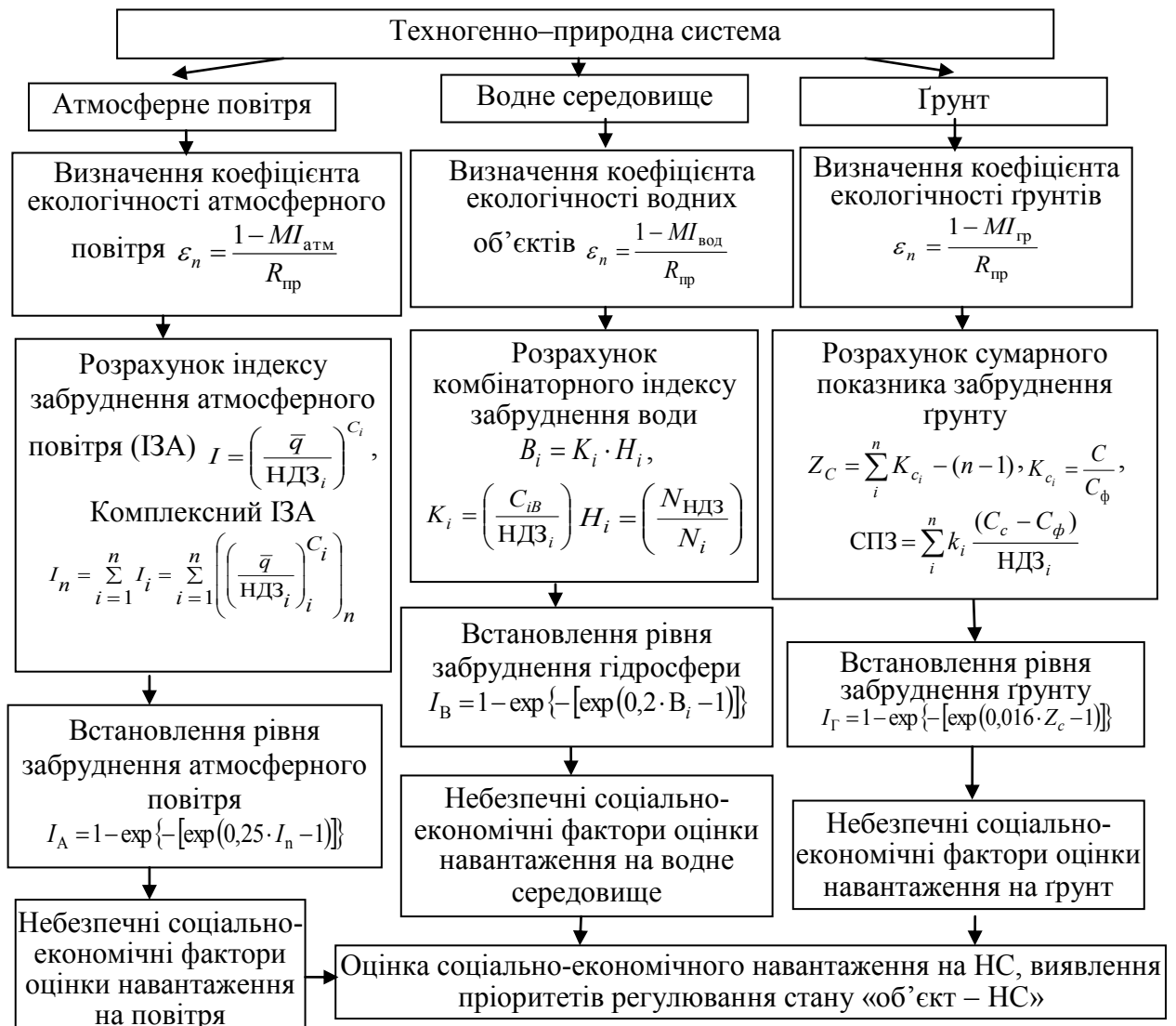


Рисунок 3.4 – Схема алгоритму MIPS-аналізу на макрорівні дослідження системних об'єктів

Визначення конкретних дестабілізуючих чинників відповідно до встановлених негативних факторів за MIPS-аналізом проводиться на мікрорівні дослідження. Характеристика стану компонентів для складових природно-техногенних об'єктів становить таке: природні системи – атмосферне повітря, водне середовище, ґрунти, біотичні складові; техногенні системи – технологічні системи, операції, процеси. Результати оцінювання використовують для загальних висновків відповідності вимогам екологічності, безпечності ПТО з урахуванням додаткових визначень рівня здоров'я населення.

Для встановлення рівня безпечності природно-техногенного об'єкта застосовують такі показники: економічні – висока ефективність виробництва і мінімальний потік із системи (викиди, утворення відходів); екологічні – підтримка на оптимальному рівні біологічної продуктивності екосистем,

соціальні – максимізація до економічно обґрунтованого рівня здоров'я людини (рис. 3.5) [105].



$R_{\text{пр}}$ – кількість витрачених природних ресурсів, т; $MI_{\text{атм}}$, $MI_{\text{вод}}$, $MI_{\text{гр}}$ – індекси «екологічної вартості» ресурсів для атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунту відповідно, т; q – концентрація i -го небезпечного інгредієнта; C_i – константа, яка приймає значення 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 відповідно для 1, 2, 3, 4-го класу безпеки; $N_{\text{НДЗ}}$ – число випадків перевищення нормативно-допустимого значення НДЗ (у т.ч. ГДК) за i -м інгредієнтом; C_{iB} – концентрація у воді i -го небезпечного інгредієнта, мг/дм³

Рисунок 3.5 – Схема мікрорівня дослідження природно-техногенного об'єкта

Навантаження на природно-техногенні об'єкти від джерел негативного впливу на НС оцінюється кількісно індексом забруднення за MIPS-аналізом.

Якщо цей індекс перевищує максимально можливе значення, то запроваджуються економічні заходи стосовно уникнення ускладнень наслідків впливу і поліпшення стану системного об'єкта (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Оцінка визначення показників MIPS-аналізу

Значення MIPS-числа	Оцінка рівня екологічної безпеки за MIPS-значеннями
0,1 – 1	Високий рівень екологічної та економічної ефективності, високий рівень екологічної безпеки складових системного об'єкта дослідження
1,1 – 5	Середній рівень екологічної та економічної ефективності, середній рівень екологічної безпеки складових об'єкта дослідження
5,1 – 10	Низький рівень екологічної та економічної ефективності, невідповідність вимогам екологічної безпеки складових об'єкта дослідження
≥ 10	Екологічно небезпечний об'єкт, необхідні заходи щодо покращення характеристик стану та уникнення надзвичайних ситуацій

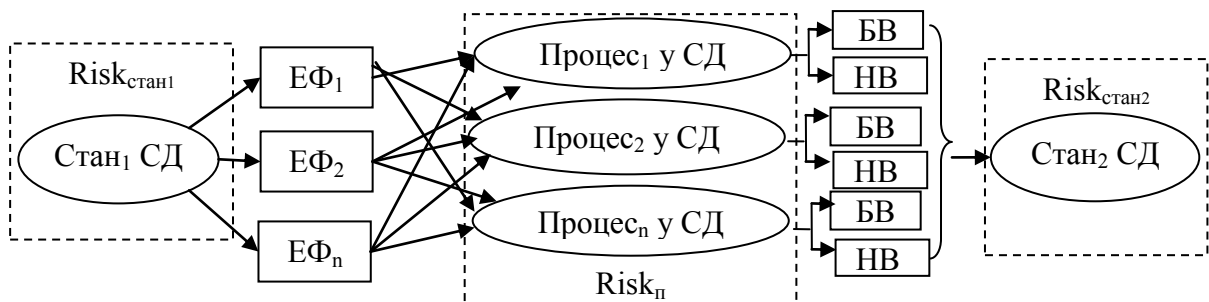
Таким чином, методичне забезпечення MIPS-аналізу з відповідними удосконаленнями стосовно змістовності щодо розв'язання задач еколого-економічного аналізу дозволяє надати загальну оцінку стану об'єкта, визначити внутрішні і зовнішні фактори стабільності системи «об'єкт – НПС». Проте, MIPS-оцінка не дає інформації стосовно ступеня деструкції системи і прояву дестабілізуючих факторів і процесів, що є підставою для встановлення регулюючих механізмів управління якістю та безпечністю.

Відповідність факторів і процесів вимогам стабільного функціонування об'єкта при детальному дослідженні пропонується визначати на основі ризик-аналізу. Цей метод виявлення деструктивних явищ при взаємодії «система – НС» дозволяє встановити імовірність прояву негативних факторів зі створенням умов порушень систем – ступінь ризику, а також імовірність стабілізації системи та її впливу на природне середовище – рівень ризику.

3.2.2 Методичне забезпечення ризик-аналізу в межах комплексної оцінки рівня екологічної безпеки

На основі аналізу існуючого методичного забезпечення оцінки екологічних ризиків (п. 2.2) запропоновано удосконалення з розрахунку ризик-оцінки відповідно до змісту і складності природно-техногенних систем. Ризик-аналіз запропоновано використати як наступний етап екологічної оцінки об'єкта, тим самим підтвердити і деталізувати результати MIPS-аналізу навантаження на природно-техногенні об'єкти.

Детальні дослідження з оцінки безпечності проводяться відповідно до методичного забезпечення комплексного ризик-аналізу системи «стан₁ об'єкта – процес – стан₂ об'єкта». Такий підхід дозволяє встановити вагомі механізми регулювання сталого розвитку, що забезпечує інформаційну основу прийняття управлінського рішення (рис. 3.6) [134].



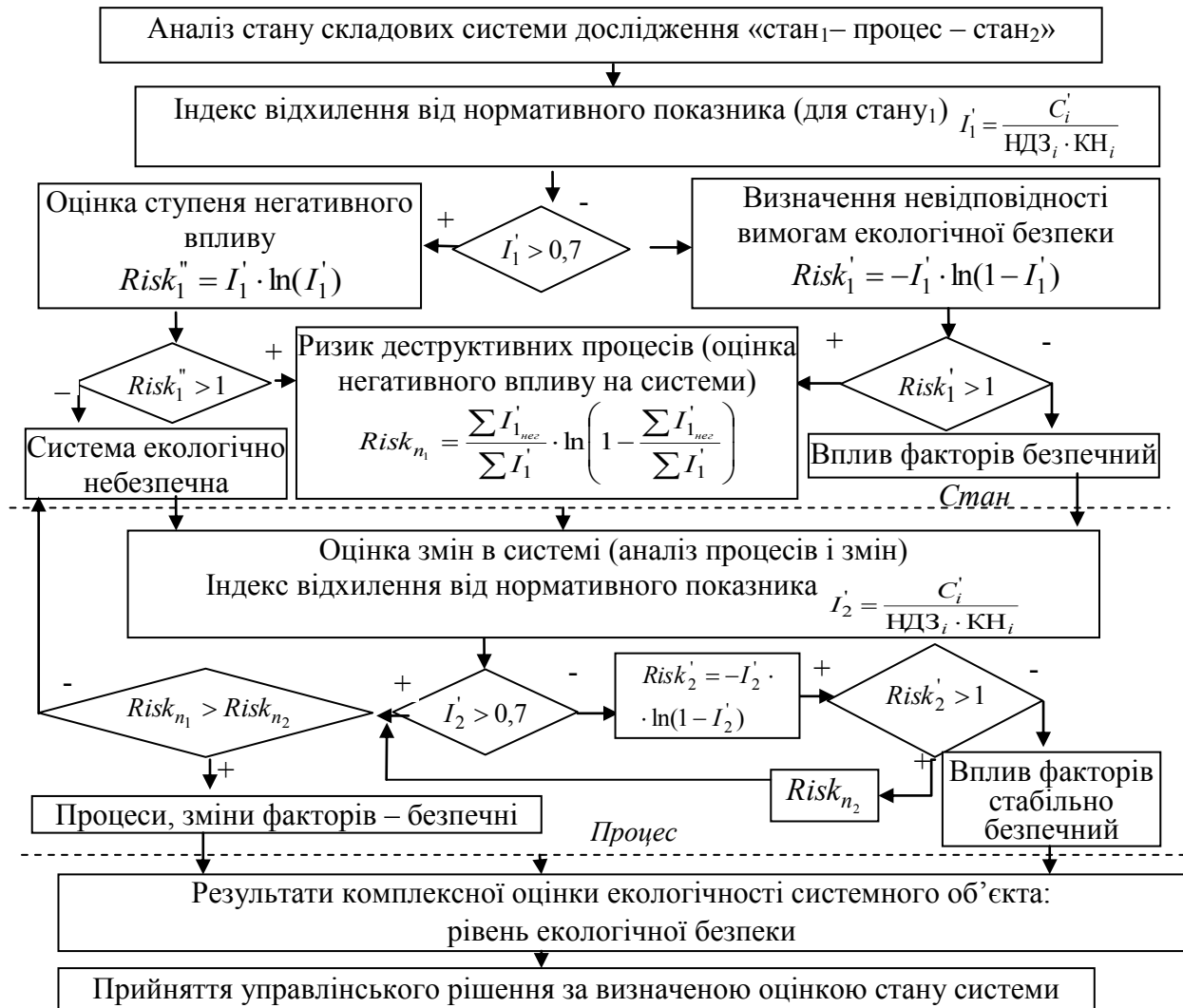
СД – система дослідження; ЕФ – екологічний фактор; БВ, НВ – безпечний (небезпечний) вплив

Рисунок 3.6 – Схема взаємодії складових системи оцінки екологічного ризику

Ризик-аналіз здійснюється системно з урахуванням структури внутрішніх і зовнішніх зв'язків, які надають інформацію щодо впливу факторів НС на об'єкт і перетворення їх на вихідні параметри стану (Стан₂ СД) (рис. 3.6). Взаємодія системи дослідження з об'єктами НПС виявляється у вигляді факторів техногенного навантаження, що визначають як сукупність факторів різноманітної природи. Характеристики впливу змінюються відповідно до особливостей структури об'єкта через процеси, що відбуваються в системах і мають деструктивний характер, а це визначає зниження рівня безпечності природно-техногенних утворень [133].

Оснoву комплексного ризик-аналізу системи і оцінку безпечності для ПТК становить аналіз перебігу процесів відповідно до вхідних факторів впливу.

Кількісний аналіз відповідності вимогам екологічності дослідженого системного об'єкта запропоновано проводити у вигляді послідовної оцінки причин деструктивних змін з встановленням регулюючих дій щодо стабілізації стану та функціональності його систем (рис. 3.7) [134].



НДЗ_{*i*} – нормативно-допустиме значення (у т.ч. ГДК) за *i*-м інгредієнтом; КН_{*i*} – клас небезпеки *i*-го інгредієнта; Risk₁' – ризик для стану₁ системи як невідповідність її функціональності природним якість за зазначеною нормативною базою; Risk₁'' – ризик для стану₁ як оцінка ступеня негативного впливу на об'єкти НПС; Risk_{*n1*} – ризик як відхилення сукупності негативних факторів від загальної характеристики процесів переходу системи до стану₂; Risk₂' – ризик для стану₂ як оцінка стабільності факторів впливу на кінцевий стан системи; Risk_{*n2*} – ризик з позиції трансформації у внутрішньому просторі дестабілізуючих факторів, які призводять до стабілізації або дестабілізації кінцевого стану «система – НС»

Рисунок 3.7 – Схема алгоритму ризик-оцінки екологічності системних об'єктів

Процедура оцінки екологічних ризиків складається з трьох взаємопов'язаних етапів послідовного розв'язання задач за деталізацією дослідження складових системи:

- ідентифікація небезпек і визначення рівня екологічного ризику для системи загалом (глобальний рівень дослідження);
- оцінка екологічного ризику для елементів, компонентів природно-техногенних об'єктів як ступеня відхилення дії негативних факторів від нормативних обмежень (макрорівень);
- оцінка ризику наслідків перебігу процесів, які відбуваються у системі відповідно до результатів апріорного аналізу характеристик потоків (матеріальних, інформаційних), що надходять в систему (мікрорівень дослідження), і обґрунтування управлінських рішень стосовно зниження небезпеки та уникнення появи і розвитку несприятливих ефектів (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Особливості проведення ризик-аналізу

Складові ризик-аналізу	Рівні ризик-аналізу екологічності систем		
	Глобальний рівень	Макрорівень	Мікрорівень
Деталізація оцінки	Загальна	Загальна, загально-детальна	Детальна
Мета оцінки	Оцінка відповідності стану систем природним властивостям і функціональності (результати MIPS-аналізу).	Визначення: 1) ризик-факторів; 2) негативних факторів і процесів; 3) кінцевого стану системи.	Встановлення довільних процесів дестабілізації і стабілізації стану системи, факторів регулювання безпечності (підтвердження результатів MIPS-аналізу).

Класифікація за масштабністю деталізації оцінки залежить від таких параметрів: цілісності (ємерджентності), ієрархічності об'єкта дослідження, складності (структура і функції об'єкта, зв'язки між його елементами). Методичним забезпеченням передбачено деталізацію оцінки у вигляді отримання загального, загально-детального, детального результату оцінювання. Загальний рівень оцінки екологічності розглядає об'єкт як цілісну систему, не виділяючи її елементи і не встановлюючи зв'язок між ними. На загально-

детальному рівні оцінювання безпечності встановлюється стан як відповідність нормативним вимогам і визначаються негативні фактори впливу на НС.

На загальному рівні дослідження екологічні ризики визначаються у вигляді ступеня порушень за інтенсивністю дії джерела негативного впливу. Оцінка небезпечності природно-техногенних системних об'єктів (ПТСО) встановлюється за рівнем невідповідності природним якостям екосистем. Екологічний ризик у такому разі пов'язаний з дослідженням факторів самоорганізації складових і системи загалом (синергетичний ефект), аналізом імовірних процесів стабілізації стану, як досягнення рівноваги в системі (відповідність нормативним показникам і обмеженням). Дослідження проводяться на рівні аналізу цілісних природно-техногенних територіальних угруповань, зазначених як глобальний рівень дослідження (рис. 3.8).

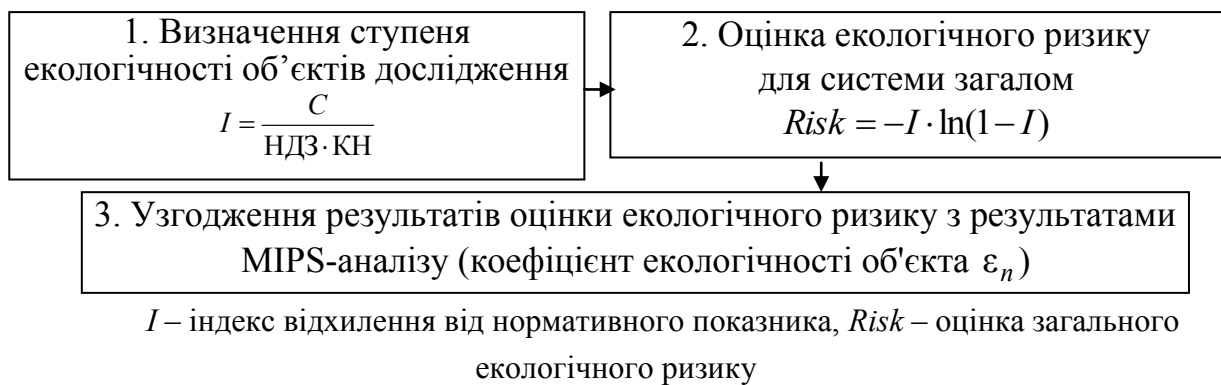


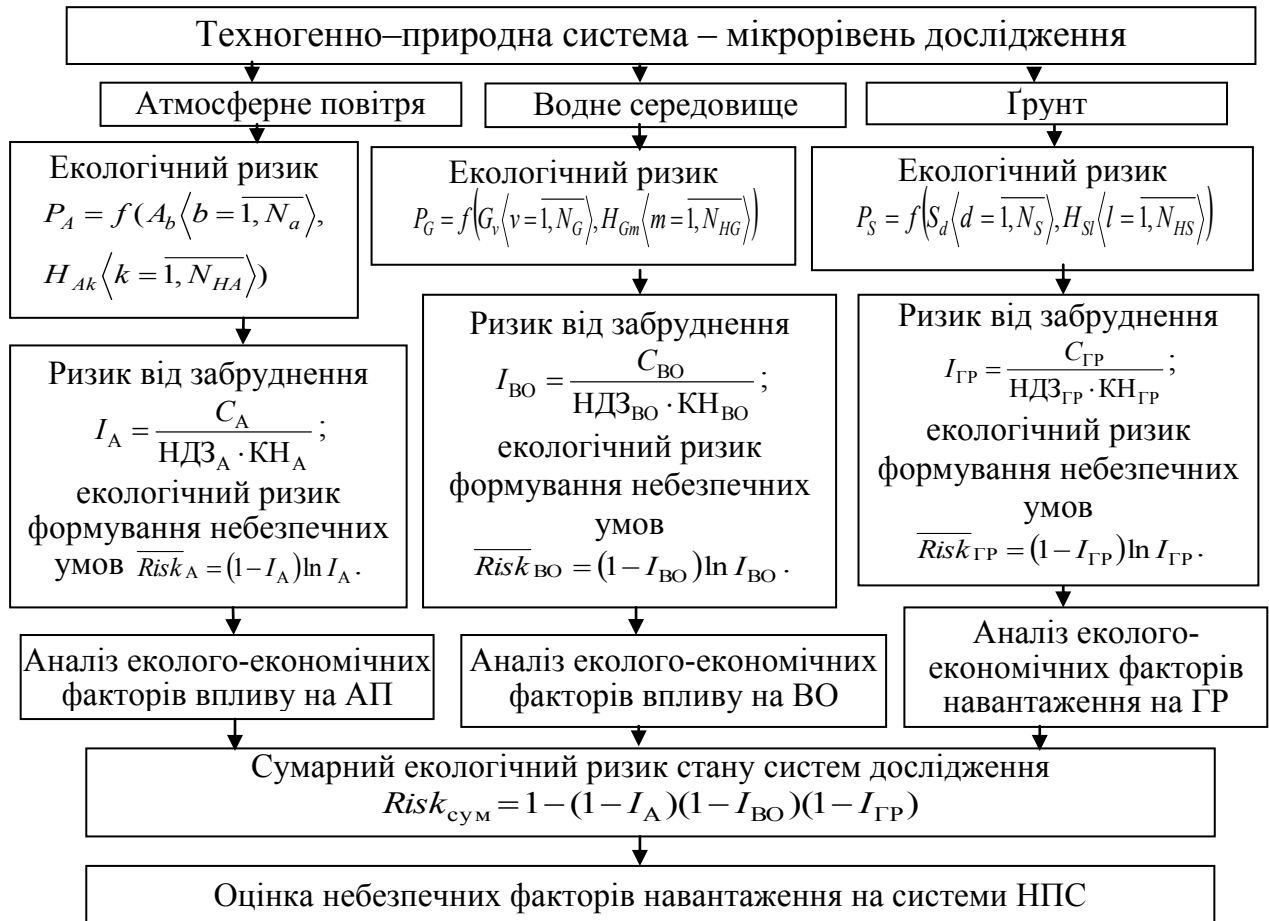
Рисунок 3.8 – Схема загальної оцінки безпеки природно-техногенних об'єктів

Таким чином, на глобальному рівні надається загальна оцінка відповідності стану об'єкта вимогам екологічності та безпечності, враховуючи отримані результати щодо стану та функціональності систем за MIPS-аналізом.

На макрорівні екологічного ризик-аналізу щодо стану ПТСО проводиться ідентифікація точок екологічної небезпеки за факторним визначенням рівня стабільності систем, перебігу можливих процесів і їх наслідків. За результатами послідовної оцінки негативних змін в системі (див. рис. 3.7) визначаються процеси трансформації вхідних факторів впливу: синергетичне посилення небезпечності, поява нових «продуктів» дестабілізації [135].

Фактори навантаження на природну складову НПС на макрорівні визначаються за результатами оцінки безпечності стану атмосферного повітря,

водного середовища і ґрунтів. На основі отриманих розрахунків рівнів невідповідності встановленим нормативним показникам якості визначається сумарний екологічний ризик стану об'єкта і надається висновок щодо його стаціонарності (рис. 3.9) [136].

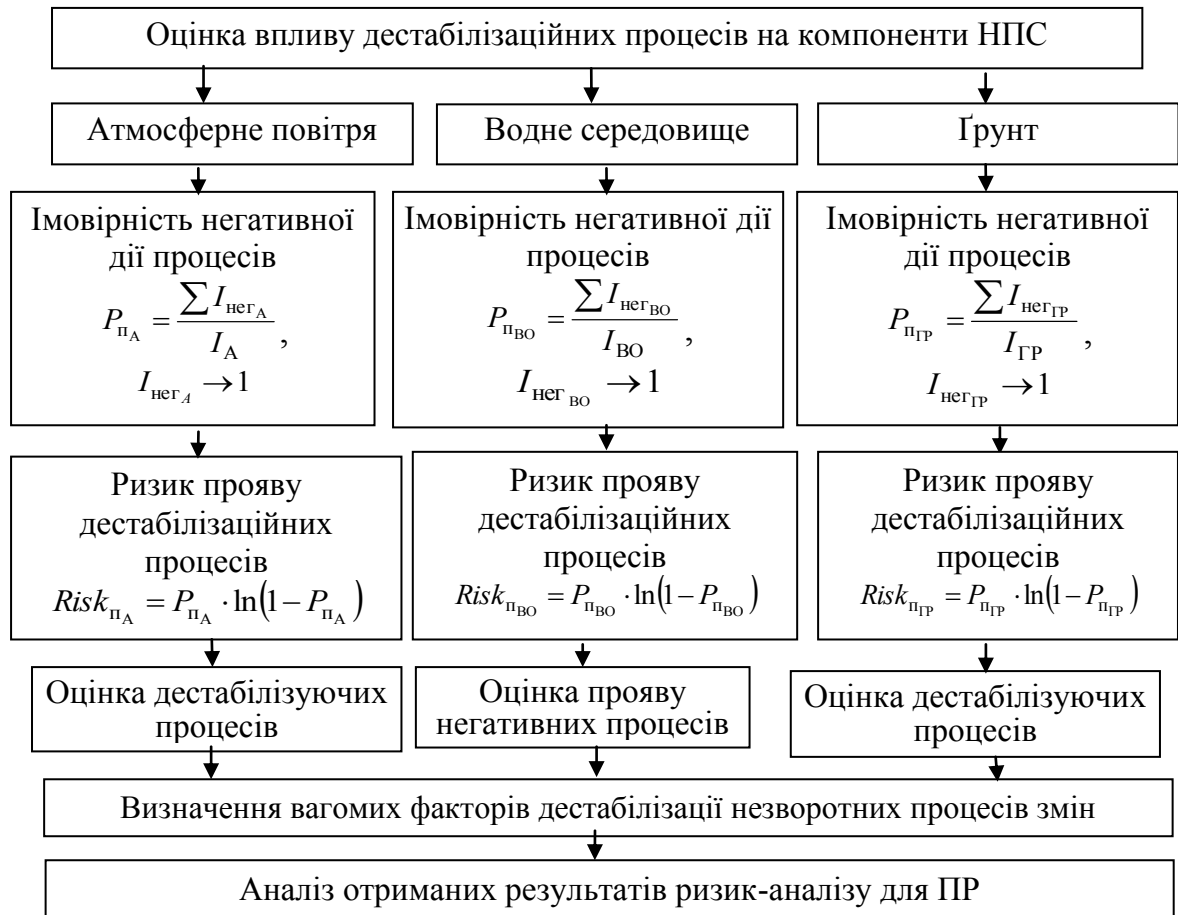


A_b, G_v, S_d – комплексна оцінка стану атмосферного повітря (АП), водних об'єктів (ВО), ґрунтів (ГР); H_{Ak}, H_{Gm}, H_{Sl} – інтегральна оцінка навантаження на АП, ВО, ГР;
 C_A, C_{BO}, C_{GP} – концентрації забруднюючих речовин у АП, ВО, ГР

Рисунок 3.9 – Схема визначення екологічного ризику на макрорівні дослідження природно-техногенних систем

Таким чином, на макрорівні на основі загально-детальної і детальної оцінки екологічних ризиків встановлюються наслідки процесів змін у структурі систем. За характеристиками негативних факторів визначається рівень дестабілізації та імовірні механізми самоорганізації систем за рахунок підтримки довільних процесів стабілізації, приймається управлінське рішення щодо регулювання стану систем.

На мікрорівні проводиться деталізація ризик-аналізу на рівні процесів з метою уточнення механізмів дестабілізуючих змін, обґрунтування вагомих факторів деструктуризації системи, що призводять до реалізації незворотних явищ з переходом системи у новий стан (рис. 3.10) [136].



$P_{ПА}, P_{п_ВО}, P_{п_ГР}$ – імовірність негативної дії процесів на стан АП, ВО, ГР;
 $I_{нег_А}, I_{нег_ВО}, I_{нег_ГР}$ – індекси відхилення від нормативних показників стану АП, ВО, ГР

Рисунок 3.10 – Схема визначення екологічного ризику на мікрорівні дослідження природно-техногенних систем

Результати загального аналізу стану «система – НС» і змін в системі «стан – процес – кінцевий стан» надаються у вигляді ризик-оцінки [135]:

$$Risk_{\Pi} = P_{\Pi} \cdot \ln(1 - P_{\Pi}), \quad P_{\Pi} = \frac{\sum I_{нег}}{I}, \quad (3.6)$$

де $I_{нег}$ – кількість процесів дестабілізуючої дії на систему дослідження;

I – загальна кількість процесів при переході системи до кінцевого стану.

Таким чином, на мікрорівні дослідження визначаються ризик-характеристики змін у системному об'єкті з метою встановлення процесів порушення стаціонарності системи та процесів її стабілізації. Системний аналіз виявлення дестабілізаційних процесів у ПТО ідентифікує фактори порушень, які треба нейтралізувати та фактори стабілізації, які треба активізувати.

У межах розробленого комплексного методичного забезпечення запропоновано для природно-техногенних об'єктів запровадити додатково ризик-оцінку здоров'я населення як індикатора екологічного благополуччя ПТО. Оцінка ризику здоров'я визначається шляхом врахування імовірності впливу ризикового фактора на людину і дози дії безпосередньо негативного фактора з наданням остаточної оцінки ризику здоров'я (рис. 3.11) [135].

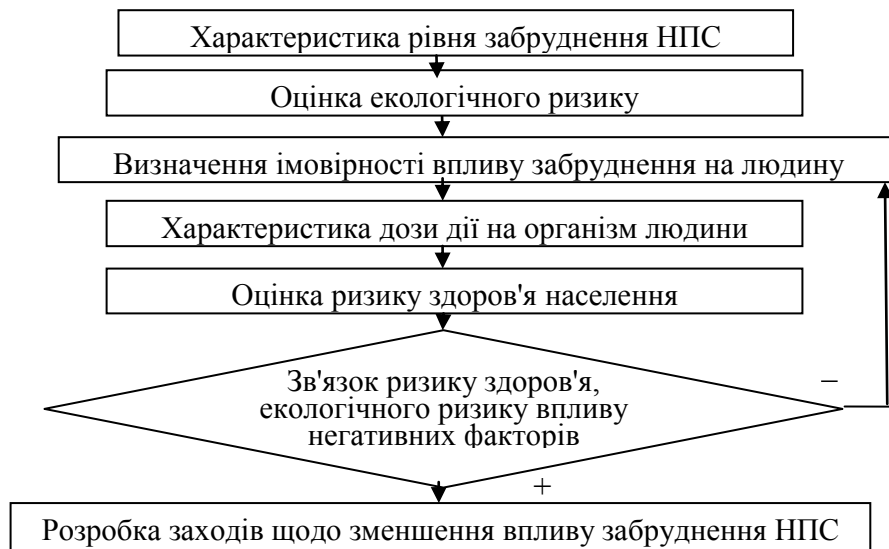


Рисунок 3.11 –Схема алгоритму оцінки ризику здоров'я

При визначенні ризику появи конкретної хвороби враховуються i -та локалізація конкретної хвороби на j -й території за значенням їх атрибутивного ризику AR_{ij} і відносного ризику RR_{ij} [136]:

$$RR_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_{\phi ij}}, \quad (3.7)$$

де P_{ij} – вірогідність появи i -го виду хвороби на j -й території;

$P_{\phi ij}$ – вірогідність появи хвороби за фоновими показниками;

$$AR_{ij} = d_{ij} \frac{(RR_{ij} - 1)}{RR_{ij}}, \quad (3.8)$$

де d_{ij} – показник приросту/зниження відносного ризику дії факторів навантаження на НПС і стан здоров'я населення.

Враховуючи екологічну складову ризику здоров'я, його медичний аспект і комплексність дії на людину зовнішніх чинників при мінімізації рівня екологічної небезпеки, розроблено алгоритм встановлення допустимих норм навантаження факторів впливу на здоров'я населення (рис. 3.12).

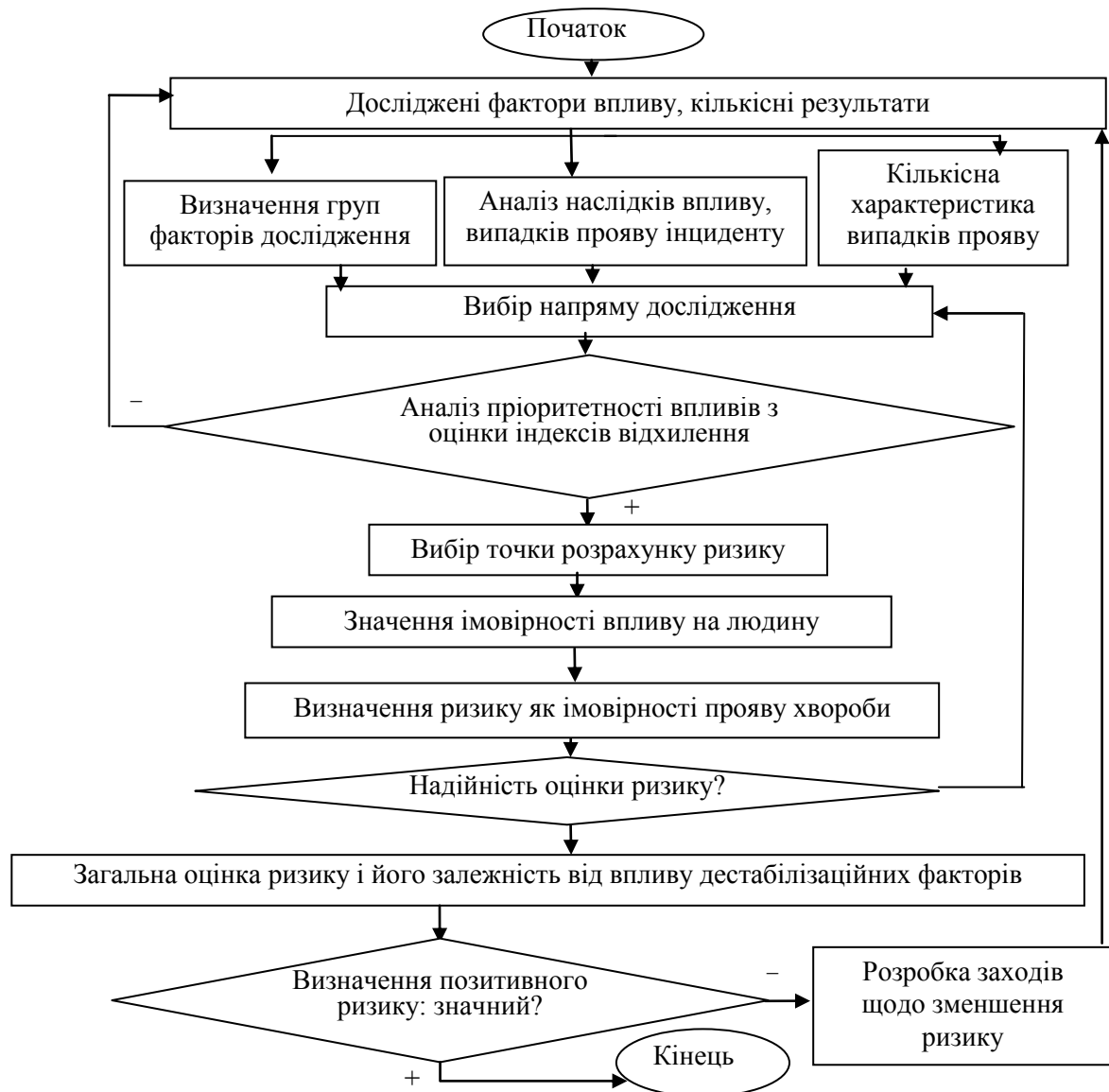


Рисунок 3.12 – Алгоритмічне забезпечення ризик-оцінки виникнення хвороби

Таким чином, на основі отриманих характеристик оцінки екологічного ризику і ризику здоров'я населення розробляються заходи щодо стабілізації та покращення кінцевого стану системи за положеннями управління екологічними ризиками. Загальна схема прийняття рішення щодо регулювання стабільного функціонування ПТСО заснована на багатоетапному системному аналізі.

1. Встановлення екологічної, економічної і соціальної складових ризиків з визначенням взаємозв'язків виділених ризик-факторів. Аналіз проводиться у розрізі потенційного та реального екологічного ризику.

2. Систематизація факторів ризиків за масштабами їх проявів, рівнем керованості, формою їх прояву з урахуванням соціального, екологічного та економічного аспектів.

3. Розробка комплексної моделі виникнення зв'язків, змін при динамічному розвитку взаємодії «система – НС».

4. Надання кількісної оцінки ризику на глобальному, макро- і мікрорівнях дослідження ПТСО.

5. Визначення та конкретизація об'єктів ризику – населення, економічна система, НПС з наступною деталізацією об'єктів впливу; надання комплексної оцінки негативного впливу і наслідків реалізації еколого-соціально-економічних ризиків.

6. Розробка інформаційно-алгоритмічного забезпечення оцінки екологічних ризиків з урахуванням вимог щодо екологічності та безпечності стану природно-техногенних об'єктів дослідження.

На інформаційному рівні аналізу екологічних ризиків стосовно ідентифікації показників небезпечності явищ й джерел їх виникнення, оцінки екологічних збитків і негативного впливу на здоров'я населення розроблена діаграма інформаційних потоків відповідно до процесного підходу. У такому вигляді методично враховуються початковий стан об'єкта, фактори, процеси і кінцевий стан окремих систем, де виявлені ризик-ефекти як реалізація дії негативного впливу на компоненти НПС і здоров'я населення (рис. 3.13, 3.14).

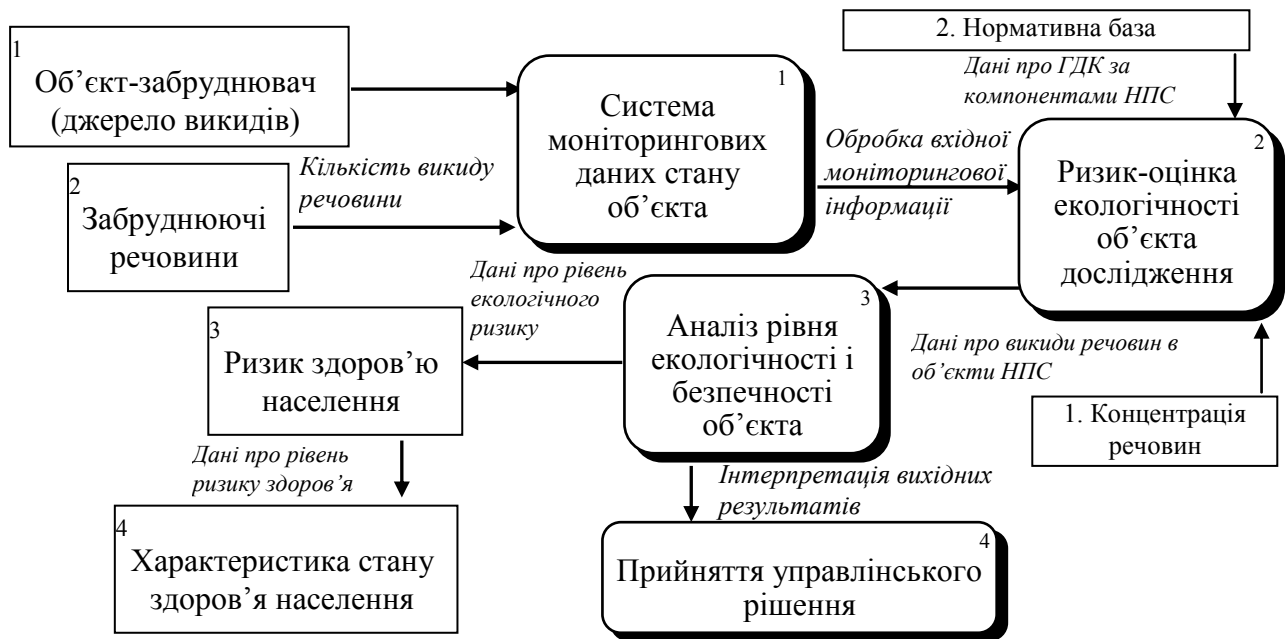


Рисунок 3.13 – Діаграма потоків для модуля «Методичне забезпечення оцінки рівня екологічності і безпечності об'єктів дослідження»



Рисунок 3.14 – Декомпозиція контекстної діаграми для модуля «Ризик-оцінка екологічності об'єкта дослідження»

Таким чином, комплексування методів MIPS- і ризик-аналізу з визначенням екологічності та безпечності стану об'єкта дослідження, ефективності, імовірності негативної дії на НПС і здоров'я людини дозволяє виявити дестабілізаційні фактори і процеси як основу для прийняття рішення з регулювання екологічної якості об'єктів дослідження.

3.3 Інформаційно-алгоритмічна підтримка методичного забезпечення комплексної оцінки якості природно-техногенних об'єктів

Вирішення проблеми отримання об'єктивної оцінки стану соціально-економічної, промислово-технологічної, еколого-економічної складових ПТК носить міждисциплінарний характер дослідження системних об'єктів. Комплексність підходу до вивчення складних систем визначає за необхідне розгляд як стану складових об'єкта дослідження, так і процесів взаємодії між ними. Звідси доцільним є формування методичного забезпечення аналізу та оцінки екологічності системних об'єктів дослідження на основі комплексного інформаційного забезпечення моніторингових природно-техногенних систем.

У межах інформаційного забезпечення роботи автоматизаційних моніторингових систем безпеки ПТО передбачено співставлення отриманих за попередніми етапами результатів оцінювання.

Методологія комплексної екологічної оцінки екологічності і безпечності природно-техногенних об'єктів передбачає реалізацію імовірно-ризикового підходу з аналізу моніторингової інформації щодо стану систем навколишнього середовища за трьома аспектами – економічним, екологічним і соціальним відповідно до вимог концепції сталого розвитку (рис. 3.15) [106].



Рисунок 3.15 – Схема послідовності комплексної оцінки стану об'єктів навколишнього середовища і здоров'я населення

Для визначення показників комплексної оцінки екологічності складних природно-техногенних об'єктів необхідна попередня обробка і структуризація моніторингових даних дослідження.

Структура інформаційних систем екологічного моніторингу заснована на спільному аналізі даних та алгоритмічній моделі прийняття рішення.

Основними методами статистичної обробки екологічної моніторингової інформації є кластерний, факторний і регресійний аналіз [137].

Застосування методів статистичного аналізу дозволяє виділити більш проблемні складові об'єкта дослідження (кластерний аналіз), вагомі фактори з негативними наслідками (факторний аналіз), отримати реляційну модель взаємозв'язку цих факторів (кореляційний аналіз).

Кластерний аналіз заснований на принципі «подібності формалізації ознак», дозволяє виділити однотипні за рівнем екологічної безпеки дестабілізаційні фактори, екологічне навантаження яких характеризується як критичне, сильно напружене, напружене, незадовільне і задовільне.

Методи кластерного аналізу використовуються з метою стиснення великих об'ємів інформації, що є важливим чинником в умовах постійного збільшення і ускладнення потоків статистичних даних.

Поширеним методом кластерного аналізу з розв'язання завдань еколого-економічного змісту є аналіз «однієї ланки». Зв'язки між вибірками виражаються через таксономічні відстані між кожною парою виборок. Метод полягає в такому сортуванні виборок, яка визначає кластери відповідно до зростаючого набору порогових відстаней (d_1, d_2, \dots, d_n) . Кластери рівня d_i визначаються у заданій послідовності [138].

1. Вибірки групуються шляхом об'єднання всіх відрізків довжини d_i або менше. Кожна множина утворює кластер рівня d_i , а довжина всіх відрізків, які з'єднують два кластери буде більше d_i .

2. Після проведення сортування при пороговій відстані $d_{i+1} > d_i$ усі кластери рівня d_i зберігаються. Два кластери об'єднуються, коли між ними існує хоча б одна ланка такої довжини d , що $d_i < d \leq d_{i+1}$.

Між кожними двома показниками визначають відстань в евклідовому просторі:

$$d_{ij} = \left(\sum_{k=1}^n (x_{ki} - x_{kj})^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (3.9)$$

де d_{ij} – евклідова відстань між i -м і j -м-показниками;

x_{ki} – значення k -ї випадкової змінної для i -го показника;

x_{kj} – значення k -ї випадкової змінної для j -го показника, нормалізовані з урахуванням середнього.

За встановленими кластерами показників негативного впливу на складові системного об'єкта встановлюються дестабілізаційні фактори порушення стійкості за методом факторного аналізу.

Факторний аналіз (ФА) послідовно вирішує дві взаємопов'язані задачі: 1) стискає вихідний масив моніторингових даних, виражаючи їх у термінах щодо невеликого числа незалежних змінних (факторів); 2) розкриває функціональні залежності між вихідними ознаками, описуючи схожість і відмінність у термінах виділених факторів [139].

Методика ФА спрямована на оцінку факторних навантажень і специфічних дисперсій. Чим вище абсолютне значення факторного навантаження, тим тісніше зв'язок відповідної змінної з даним фактором, тим більше її вага в його структурі. Сукупність факторних навантажень конкретної змінної за всіма виділеними факторами свідчить про те, яка частка варіації даної змінної викликана кожним фактором [140].

ФА за методом головних компонент дозволяє визначити негативні фактори навколишнього середовища після кластеризації даних.

Факторний аналіз використовується для характеристики структури складного об'єкта відповідно до наданих вихідних даних:

$$X_1 = \sum_{j=1}^m \lambda_1 F_j + e_1, \dots, X_p = \sum_{j=1}^m \lambda_p F_j + e_p, \quad (3.10)$$

де $\lambda_1, \dots, \lambda_j$ – постійні, факторні навантаження;

j – кількість факторів навантаження;

F_j – загальні змінні, характеризують навантаження первинних j -х факторів, використовуються для представлення p вихідних даних;

e_1, \dots, e_p – специфічні (характерні) фактори для кожної змінної X ;

F_j і e_p – некорельовані параметри.

Згідно з методом визначення головних компонент в якості загальних факторів береться m перших головних компонент, зважених таким чином:

$$F_j = \frac{Y_j}{[V(Y_j)]^{0,5}}, \quad j = 1, \dots, m, \quad (3.11)$$

де $[V(Y_j)]^{0,5}$ – середньоквадратичне відхилення.

Комплексний вплив небезпечних чинників на стан здоров'я населення має синергетичний характер [139]. У зв'язку з цим виникає проблема вибору такої підмножини дестабілізаційних факторів, які мають негативний вплив на конкретний показник здоров'я. Для вирішення такого роду завдань використовують множинний регресійний аналіз. Оптимальний набір регресорів забезпечує пояснення істотної частки дисперсії показника дослідження.

Для моделі множинної лінійної регресії використовують рівняння виду:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p + e_i, \quad (3.12)$$

де $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ – невідомі параметри;

e_i – незалежні випадкові помилки, розподілені за нормальним законом.

Для оцінки параметрів $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ мінімізують суму квадратів відхилень:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_1 - \dots - \beta_p x_p)^2. \quad (3.13)$$

Для обробки вихідних моніторингових даних за регресійним аналізом використовують величини, наведені у таблиці 3.3 [141].

Таблиця 3.3 – Розрахункові формули для моделі множинної регресії

Джерело дисперсії	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F-відношення
Регресія	$SS_D = \sum_{i=1}^p b_i \sum (x_{ij} - \bar{x}_i) y_i$	$\nu_D = p$	$MS_D = \frac{SS_D}{\nu_D}$	$F = \frac{MS_D}{MS_Y}$
Відхилення	$SS_Y = SS_T - SS_D$	$\nu_Y = n - p - 1$	$MS_Y = \frac{SS_Y}{\nu_Y}$	
Повна регресія	$SS_T = \sum (y_i - \bar{y})^2$	$\nu_T = n - 1$		

Примітка. b_i – коефіцієнти регресії; x_{ij} – залежні змінні рівняння регресії; \bar{x}_i – середньоарифметичні значення залежної змінної; y_i – незалежні змінні рівняння регресії; \bar{y} – середньоарифметичні значення незалежної змінної.

Застосування методів багатовимірного статистичного аналізу дозволяє формалізувати кількісні та якісні ознаки, в системах ПТО виявити залежність стану здоров'я населення від екологічної ситуації та окремих факторів навколишнього середовища.

Формування методичного забезпечення оцінки екологічності системних об'єктів розглядається з позицій універсалізації дослідження на глобальному, макро- і мікрорівнях з урахуванням прояву соціально-еколого-економічних аспектів систем відповідно до синергетики процесів самоорганізації. Оцінка стану природно-техногенних систем у комплексному сенсі визначається послідовною реалізацією трьох рівнів дослідження системного об'єкта [142]:

1) глобального – оцінка загального стану системних об'єктів дослідження на основі визначення природно-ресурсного потенціалу техногенно-навантажених територій за MIPS-аналізом;

2) макрорівня – загальна характеристика екологічності природних і техногенних систем відповідно до результатів MIPS-аналізу і ризик-оцінки;

3) мікрорівня – встановлення конкретних факторів і процесів порушень стаціонарності систем дослідження відповідно до ризик-аналізу відхилень за функцією відповідності вимогам екологічного благополуччя (рис. 3.16) [136].

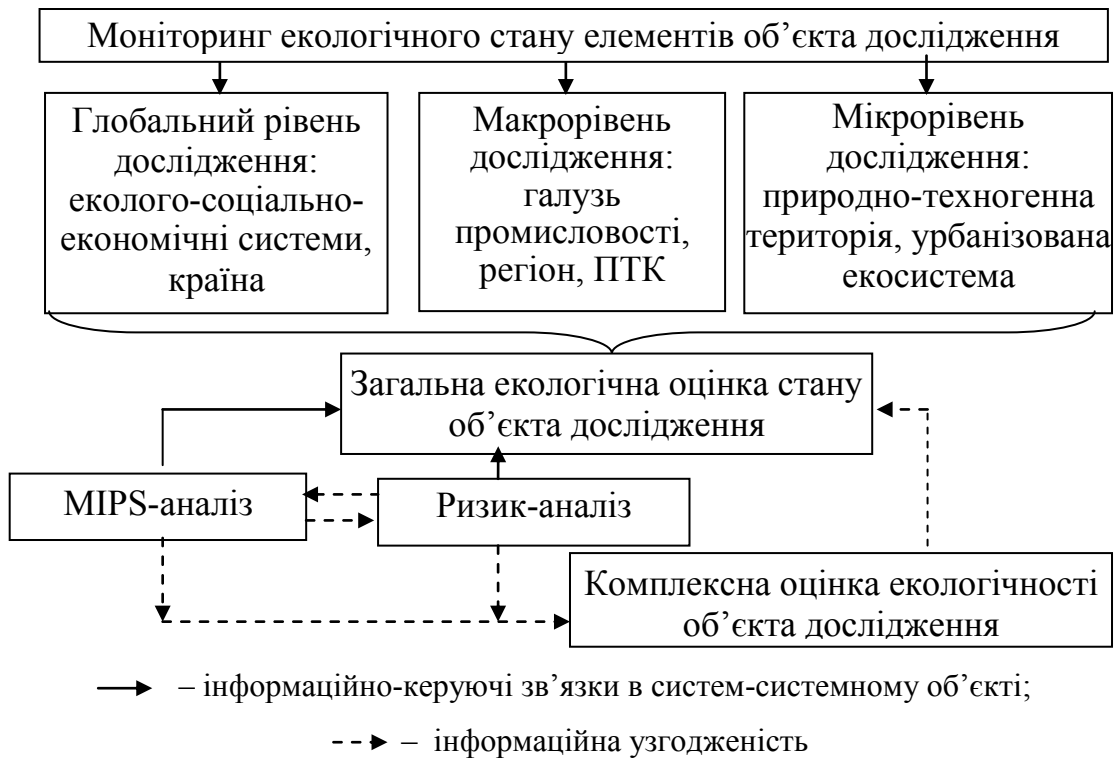


Рисунок 3.16 – Структурна схема багаторівневого аналізу

Методологія комплексної оцінки екологічності полягає в удосконаленні інформаційно-екологічної складової моніторингу об'єкта дослідження у вигляді моделі природно-техногенного комплексу на основі еколого-соціально-економічної інформації й отримання екологічних знань для пошуку балансу між інтересами систем і загальною екологічністю об'єкта дослідження з визначенням взаємозв'язку між станом і процесами внутрішньої самоорганізації і зовнішнього зв'язку з навколишнім середовищем відповідно до правил системного гомеостазу [133].

Таким чином, інформаційне забезпечення комплексної оцінки безпечності ПТО містить результати послідовного аналізу показників екологічності стану об'єктів на різних рівнях дослідження (рис. 3.17) [135].

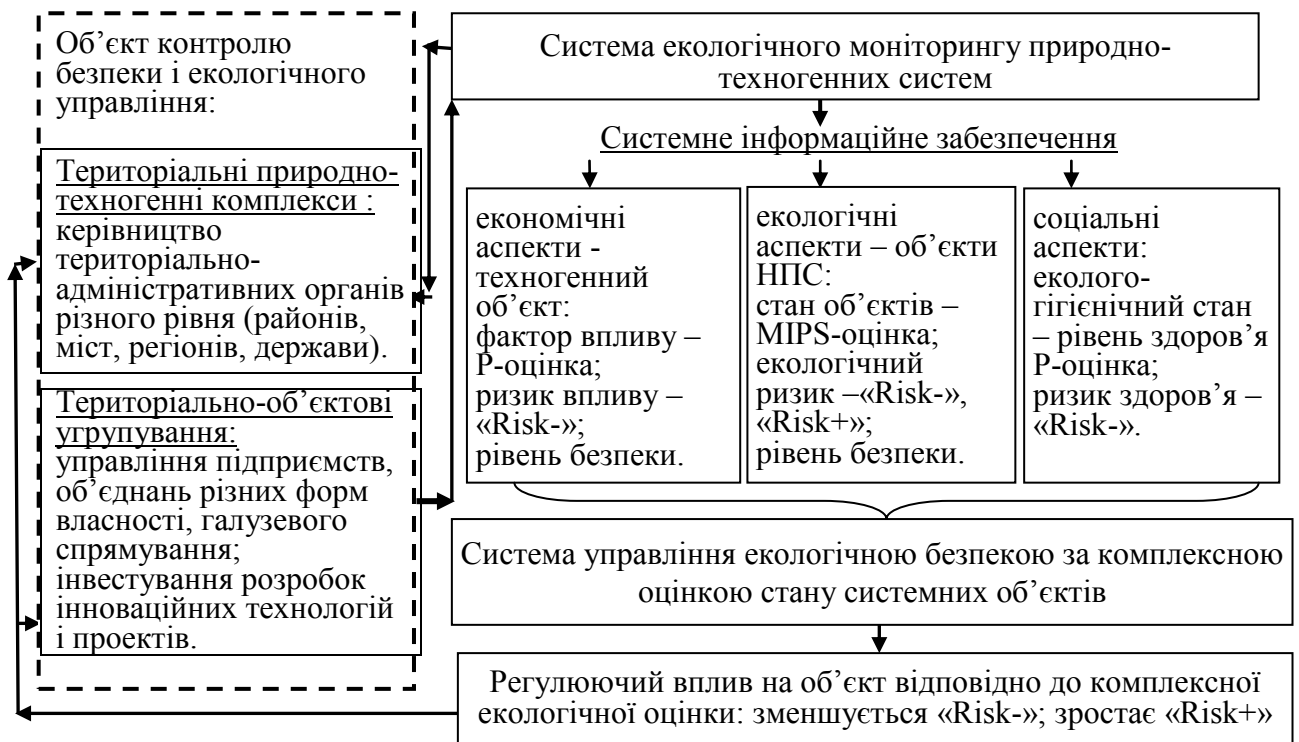


Рисунок 3.17 – Послідовність визначення показників комплексної оцінки стану природно-техногенних об'єктів

Застосування інформаційно-методичного забезпечення комплексної оцінки стану природно-техногенного об'єкта дозволяє зважено вирішити завдання співвідношення екологічного, економічного та соціального змісту і досягти об'єктивної обґрунтованості щодо зменшення впливу на природні складові НС техногенних об'єктів.

Комплексність інформаційно-методичного забезпечення дозволяє отримати узгоджені результати різнорівневих досліджень складних систем у такій послідовності: 1) визначення загального рівня екологічної безпечності за MIPS-аналізом і підтвердження цієї оцінки результатами сумарного ризик-аналізу; 2) виявлення точок екологічної небезпеки за результатами факторного ризик-аналізу станів природно-техногенних об'єктів і процесів в них при високому значенні коефіцієнта кореляції між однаковими ризик-факторами; 3) інтерпретація результатів ризик-аналізу відповідно до загальної оцінки стану

дослідження «система – НС» і детальної оцінки змін в системі «стан – процес – кінцевий стан» (рис. 3.18) [135].



«Risk-» – екологічний ризик з позиції трансформації у внутрішньому просторі системи факторів, які призводять до дестабілізації кінцевого стану «об'єкт – НС»; «Risk+» – екологічний ризик з позиції трансформації у внутрішньому просторі системи факторів, які призводять до стабілізації кінцевого стану «об'єкт – НС»

Рисунок 3.18 – Схема комплексної MIPS- і ризик-оцінки екологічності системних об'єктів

Послідовність комплексного використання MIPS-аналізу та визначення ризик-параметрів впливу на системні об'єкти дослідження з встановленням небезпечних факторів дестабілізації стану НПС здійснюється відповідно до запропонованої схеми (рис. 3.19).

Для практичної реалізації методичного забезпечення комплексної еколого-економічної оцінки природно-техногенних об'єктів необхідно:

- 1) надати критерії комплексної оцінки екологічності у показниках, що мають однакову розмірність і інтервал можливих значень;
- 2) визначити відповідність показників нормативно встановленим значенням;
- 3) визначити єдину комплексну оцінку стану об'єкта.

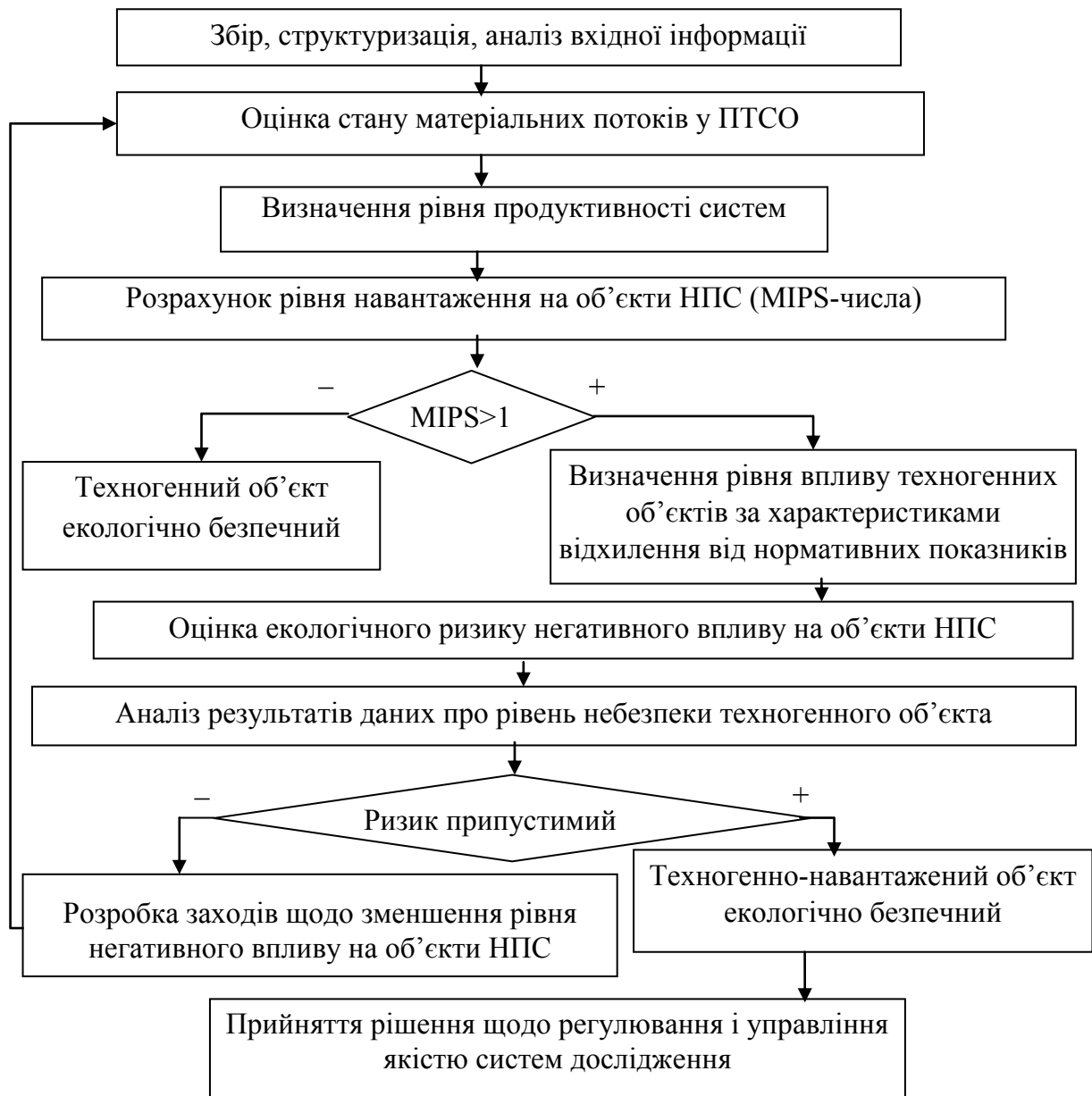
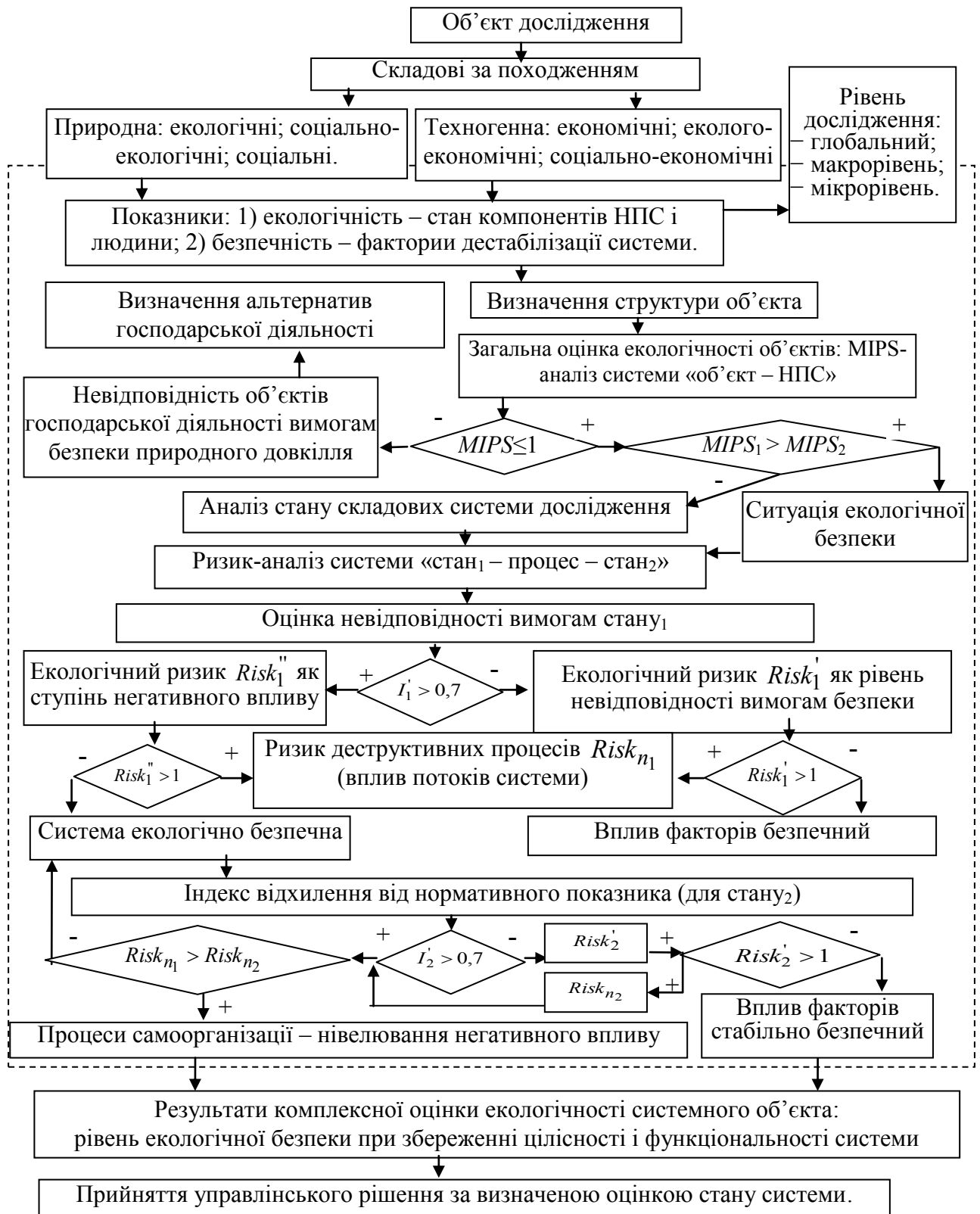


Рисунок 3.19 – Схема комплексної екологічної оцінки природно-техногенних об'єктів

Таким чином, на основі інформаційно-методичної підтримки прийняття рішення щодо екологічного регулювання стану ПТСО сформовано упорядковану систему аналізу «стан₁ об'єкта – процес – стан₂ об'єкта», що дозволяє урахувати внутрішні механізми самоорганізації і особливості зовнішнього зв'язку систем з навколишнім середовищем, отримати результати ідентифікації ризик-факторів дестабілізації за розробленим алгоритмом комплексної оцінки екологічності складних об'єктів (рис. 3.20).



$Risk'_1$ – ризик для стану₁ системи як невідповідність її функціональності природним якостям за зазначеною нормативною базою; $Risk''_1$ – ризик для стану₁ як оцінка ступеня негативного впливу на об'єкти НПС; $Risk_{n1}$ – ризик як відхилення сукупності негативних факторів від загальної характеристики процесів переходу системи до стану₂; $Risk'_2$ – ризик-оцінка стабільності факторів впливу на кінцевий стан системи; $Risk_{n2}$ – ризик з позиції трансформації у внутрішньому просторі системи факторів, які призводять до стабілізації або дестабілізації кінцевого стану «система – НС»

Рисунок 3.20 – Алгоритм комплексної оцінки екологічності об'єктів

Таким чином, запропоноване методичне забезпечення дозволяє визначити інформаційну складову на всіх рівнях аналізу екологічності систем, а отже надати обґрунтовану об'єктивну оцінку, мінімізуючи можливість експертної суб'єктивної оцінки. Алгоритмізація комплексної оцінки рівня екологічної безпеки системних об'єктів дозволяє сформувати програмно-методичне забезпечення для вирішення поставленої проблемної задачі.

Висновки до розділу 3

1. Розроблено методично-алгоритмічне забезпечення оцінки рівня екологічної безпеки ПТК на основі аналітичної системи «стан₁ об'єкта – процес – стан₂ об'єкта» з урахуванням взаємозв'язку між станом і процесами внутрішньої самоорганізації і зовнішнього зв'язку з НС, що дозволяє визначити умови стабілізації сталого розвитку системних утворень.

2. На основі запропонованого методичного забезпечення MIPS- і ризик-аналізу розроблений алгоритм комплексної оцінки екологічності системних ПТО, у якому удосконалено математичне забезпечення MIPS-аналізу відповідно до оцінки стану систем на рівні врахування екологічних показників якості за будь-якими аспектами (формули 3.1–3.5).

3. За результатом ризик-аналізу у запропонованій послідовності (рис. 3.7) визначається оцінка стану і процесів об'єкта, виявляються негативні фактори, що дозволяє встановити рівень небезпеки. Ризик стану визначено як невідповідність функціональності системи її природним якостям за зазначеною нормативною базою. Ризик процесів встановлюється як відхилення сукупності аналізованих факторів від загального рівня характеристик, що визначає стабілізацію або дестабілізацію кінцевого стану «система – НС».

4. Особливістю методичного забезпечення є підтвердження результатів MIPS-аналізу загально-детальною і детальною ризик-оцінкою. Такий системний підхід дозволив застосовувати результати комплексної оцінки як інформаційну основу для прийняття рішення щодо регулювання стану системи з підтримкою процесів її стабілізації (рис. 3.20).

Одержані результати надано в публікаціях автора: 81, 105, 106, 108, 132, 133, 134, 136, 142.

РОЗДІЛ 4

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСНОГО ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ

У четвертому розділі проаналізовано сучасне інформаційне забезпечення методів екологічної оцінки природно-техногенних систем. Для макро- і глобального рівня дослідження ПТО при використанні індексних показників оцінки безпечності та якості системних об'єктів запропоновано використовувати базу токсикологічних даних IRIS (Integrated Risk Information System).

Практична реалізація комплексного визначення рівня екологічної безпеки системних об'єктів різної природно-техногенної організаційної структури надана на прикладі розв'язання завдань для таких рівнів дослідження: глобальний рівень – оцінка екологічного стану полігонів твердих побутових відходів (ПТПВ) у м. Дергачі і м. Рівне; макрорівень – визначення рівня безпечності технології термохімічної деструкції зношених автомобільних шин (ТХД ЗАШ); мікрорівень – встановлення рівня екологічної ефективності удосконалень технологічних процесів утилізації шламів вуглезбагачуючих підприємств.

За наданим алгоритмом комплексної оцінки екологічності ПТО на основі MIPS- і ризик-характеристик щодо стану об'єктів і процесів, пов'язаних з порушенням їх функціонування (див. рис. 3.20), розроблено програмне забезпечення у середовищі розробки Visual Studio.

Отримані результати ризик-аналізу за запропонованим методичним забезпеченням комплексної оцінки екологічності ПТО співставлені з результатами ризик-оцінки за методикою І.П. Каменевої [131]. Співвідношення результатів, отриманих за різними методиками, проілюстровано у вигляді павутинних графіків з попереднім нормуванням вихідних даних за методикою дискретного логарифмування з отриманням розмірності за лінійною шкалою.

4.1 Аналіз сучасних інформаційних систем і їх використання для завдань оцінки екологічності природно-техногенних систем

Сучасні інформаційні системи оцінки безпечності ПТО засновані на методиках ризик-аналізу, аналізу життєвого циклу продуктів, прогнозування наслідків негативного впливу на компоненти НПС і здоров'я населення.

У роботі проаналізовано інформаційно-програмне забезпечення щодо оцінки життєвого циклу продукції, яке дозволяє запровадити положення екологічного управління на підприємствах, визначити показники якості продукції на кожній стадії її виробництва, транспортування, утилізації тощо (табл. 4.1) [143].

Таблиця 4.1 – Інформаційне забезпечення оцінки життєвого циклу

Назва	Повна назва	Розробник	Зміст і основні завдання
USEtox	Life Cycle Initiative for characterizing human and ecotoxicological impacts of chemicals	UNEP-SETAC (США)	Визнається оцінка рівня екотоксичності життєвого циклу продукту для порівняльної характеристики і ранжирування хімічних речовин відповідно до їх показників небезпеки
Greenware	GreenWare Environmental Systems Inc.	Toronto Ontario (Канада)	Визначається рівень продуктивності систем екологічного моніторингу для прийняття рішення щодо впровадження положень екологічного менеджменту та аудиту на підприємствах на основі стандарту ISO 14000

Інформаційне забезпечення (ІЗ) оцінки екологічного ризику ґрунтується на імовірнісних та індексних показниках. Основним недоліком такого ІЗ є неврахування еколого-економіко-соціальної природи системного об'єкта, неможливість використання його для оцінки об'єктів різного рівня дослідження (табл. 4.2) [143].

Таблиця 4.2 – Інформаційне забезпечення оцінки екологічного ризику

Назва	Повна назва	Розробник	Зміст завдань системи
HEM	Human Exposure Model	U.S. EPA	Оцінка ризику для основних точкових джерел; прогноз ризиків, пов'язаних з викидами хімічних речовин в атмосферне повітря
MPPD	Multiple Path Particle Dosimetry model	СІПТ	Оцінка ризику впливу на дихальні шляхи людини небезпечних факторів
ACE	Acute-to-Chronic Estimation (ACE) with Time-Concentration-Effect Models	U.S. EPA	Визначення залежності від факторів невизначеності в оцінці екологічного ризику, прогноз показників хронічної токсичності за базою даних токсичних речовин
Web-ICE	Web-based Interspecies Correlation Estimation	U.S. EPA	Оцінка ризику гострої токсичної дії для водних і наземних організмів
MULTI MED	Multimedia Exposure Assessment Model	U.S. EPA	Оцінка ризику впливу забруднюючих речовин при захороненні відходів промислових підприємств
MEPAS	Multimedia Environmental Pollutant Assessment System	PNNL	Оцінка ризику впливу хімічних і радіоактивних викидів від транспорту з метою визначення їх потенційної дії на НС, населення
BMDS	Benchmark-dose program	U.S. EPA	Оцінка ризику впливу хімічних речовин на природні об'єкти на основі імовірнісних характеристик
LESoft	Lakes Environmental Software	U.S. EPA	Оцінка екологічного ризику для компонентів НПС і здоров'я людини, моделювання аварійного ризику
GSI	GSI Environmental Inc.	Houston, Texas	Оцінка та управління екологічним ризиком якості ґрунтів, ґрунтових і поверхневих вод, атмосферного повітря
ERCI	Environmental Risk Communications, Inc	Oakland, California	Оцінка та визначення механізмів управління фінансовими ризиками, пов'язаними з екологічними проектами охорони НС

Інформаційне забезпечення для моделювання розповсюдження, дії шкідливих факторів на об'єкти НПС, оцінки наслідків впливу засноване на використанні нормативних показників якості компонентів НПС, їх фізичних характеристик (табл. 4.3) [143].

Таблиця 4.3 – Інформаційне забезпечення екологічної оцінки якості природного середовища

Назва	Повна назва	Розробник	Зміст завдань системи
Екологічна оцінка якості атмосферного повітря			
BenMAP	Environmental Benefits Mapping and Analysis Program	CMAS Center, UNC Chapel Hill	Оцінка користі для здоров'я населення від поліпшення якості атмосферного повітря
CAMEO	Computer Aided Management of Emergency Operations	NOAA, U.S. EPA	Оцінка ризику аварій на основі бази даних хімічних показників забруднення атмосферного повітря з урахуванням диспергаційних моделей
CMAQ	Community Multiscale Air Quality Model	U.S. EPA NERL	Оцінка ризику розповсюдження викидів у атмосферному повітрі
EMS-HAP	Emissions Modeling System for Hazardous Air Pollutants	U.S. EPA	Обробка даних інвентаризації викидів у атмосферному повітрі
LandGE M	Landfill Gas Emissions Model	U.S. EPA and Eastern Research Group	Оцінка ризику впливу викидів метану, вуглекислого газу, неметанових органічних сполук твердих побутових відходів з міських звалищ
Екологічна оцінка якості ґрунтів			
BEIS	Biogenic Emissions Inventory System modeling	NOAA, U.S. EPA	Оцінка ризику впливу викидів летючих органічних сполук на стан рослин і викидів оксиду азоту (NO) на стан ґрунту
SOIL	–	U.S. EPA	Прогноз поведінки хімічних речовин у ґрунтах (модель MacKay)
SLSCRE EN	–	U.S. EPA	Розрахунок допустимих концентрацій у ґрунтах при заданій величині ризику

Для оцінки ризику здоров'я населення проаналізовано інформаційне забезпечення на основі показників сукупного та індивідуального впливу шкідливих речовин на стан здоров'я населення. Розглянуте інформаційне забезпечення не враховує макро- і глобальний рівень дослідження систем, метод оцінки заснований на індексних показниках, відсутня інформація про негативний вплив джерел навантаження на об'єкти НПС (табл. 4.4) [143].

Таблиця 4.4 – Інформаційне забезпечення оцінки ризику здоров'я

Назва	Повна назва	Розробник	Основні завдання системи
HAPEM	Hazardous Air Pollutant Exposure Model	U.S. EPA	Оцінка ризику впливу експозиції отруйних речовин у атмосферному повітрі на здоров'я населення
IEM	Indirect Exposure Model	U.S. EPA	Оцінка впливу діоксинів (включаючи ртуть) на компоненти НПС і людину
SHEDS Dietary	Stochastic Human Exposure and Dose Simulation Model for Multimedia	U.S. EPA	Оцінка ризику сукупного впливу забруднюючих речовин на організм людини
3MRA	Multimedia, Multi-pathway, Multi-receptor Exposure and Risk Assessment	U.S. EPA	Оцінка ризику поводження з відходами для всієї території країни
ARAMS	Adaptive Risk Assessment Modeling System	US Army ERDC	Визначення ризиків впливу потенційних забруднювачів на здоров'я населення
CALTOX	CALifornia TOXicity model	LBNL	Прогноз міжсередовищних переходів, трансформації та надходження хімічних речовин в організм людини з ґрунту
MMSOILS	Multimedia Contaminant Fate, Transport, and Exposure Model	U.S. EPA	Встановлення ризику впливу місць поховання небезпечних відходів на здоров'я людини
MENTOR-1A	Modeling ENvironment for TOTal Risk studies in a «One Atmosphere» setting	CCL	Імовірнісний ризик-аналіз індивідуальної та групової дії інгаляційних доз на здоров'я населення
MENTOR-4M	Modeling Environment for Total Risk studies for Multiple co-occurring contaminants	CCL	Визначення ризику впливу забруднювачів на здоров'я населення на основі імовірнісного аналізу
SHEDSPesticide	Stochastic Human Exposure and Dose Simulation Model for Pesticides	U.S. EPA, ManTech	Оцінка сукупного ризику впливу пестицидів на стан здоров'я дітей

Для аналізу, обробки, зберігання інформації еколого-економіко-соціального спрямування використовуються бази даних, які містять комплексні показники екологічності та безпечності об'єктів НПС (табл. 4.5) [143].

Таблиця 4.5 – Інформаційне забезпечення оцінки безпеки об'єктів довкілля за комплексними еколого-економіко-соціальними показниками

Назва	Розробник	Складові комплексної системи для задач безпеки
SIS/L Screening Information System/LAN Скринингова інформаційна система для роботи в локальній мережі	U.S. EPA	База даних характеристик небезпечних забруднювачів атмосферного повітря, результатів досліджень рівнів експозиції на промислових підприємствах США
ENVICHEM	U.S. EPA	База даних екотоксикологічних характеристик хімічних речовин
Health Effects Notebook for Hazardous Air Pollutants	U.S. EPA	База даних (у вигляді текстових файлів) токсичних властивостей небезпечних забрудників атмосферного повітря
ToxFAQs	ATSDR	Система баз даних про небезпеку речовин
HSDB Hazardous Substances Data Bank	U.S. EPA	База даних токсикологічних властивостей для 4500 потенційно небезпечних хімічних речовин, методів визначення та регулювання поведінки речовин в навколишньому середовищі, їх впливу на здоров'я населення
Material Safety Data Sheets (MSDS)	U.S. EPA	База даних, що містить понад 1500 хімічних речовин, описує їх потенційні ефекти на здоров'я людини, допустимі рівні впливу, фізико-хімічні властивості
RTECS Регістр токсичних ефектів хімічних сполук	NIOSH	База даних токсичних властивостей 140000 хімічних речовин
IRIS Інтегрована інформаційна система оцінки ризику	U.S. EPA	База даних, що містить первинні матеріали з обґрунтування референтних доз і факторів канцерогенного впливу на природні об'єкти
HEAST Сумарні таблиці показників впливу хімічних речовин на здоров'я	U.S. EPA	Таблиці, що містить дані референтних доз хімічних речовин при гострому, хронічному інгаляційному та пероральному впливі, канцерогенні фактори та ризики постійного інгаляційного впливу

Для врахування на макро- і глобальному рівні дослідження індексних показників ІЗ з оцінки безпеки та якості системних об'єктів використано базу токсикологічних даних IRIS (Integrated Risk Information System), що містить інформацію про характеристики токсичних канцерогенних і неканцерогенних речовин, їх вплив на стан здоров'я людини (рис. А.1, рис. А.2) [144].

База токсикологічних даних враховує інформацію про нормовані показники та референтні дози токсичних речовин (рис. А.3) [144].

На основі вилученої з бази даних інформації розраховуються екологічні ризики стану ПТК і ризики здоров'я людини (формули 3.6–3.8).

Для зберігання, обробки, редагування даних при визначенні MIPS- і ризик-показників розроблено інформаційне забезпечення комплексної оцінки природно-техногенних об'єктів у вигляді бази даних, створеної у середовищі Microsoft Access 2010 (рис. 4.4) [135].

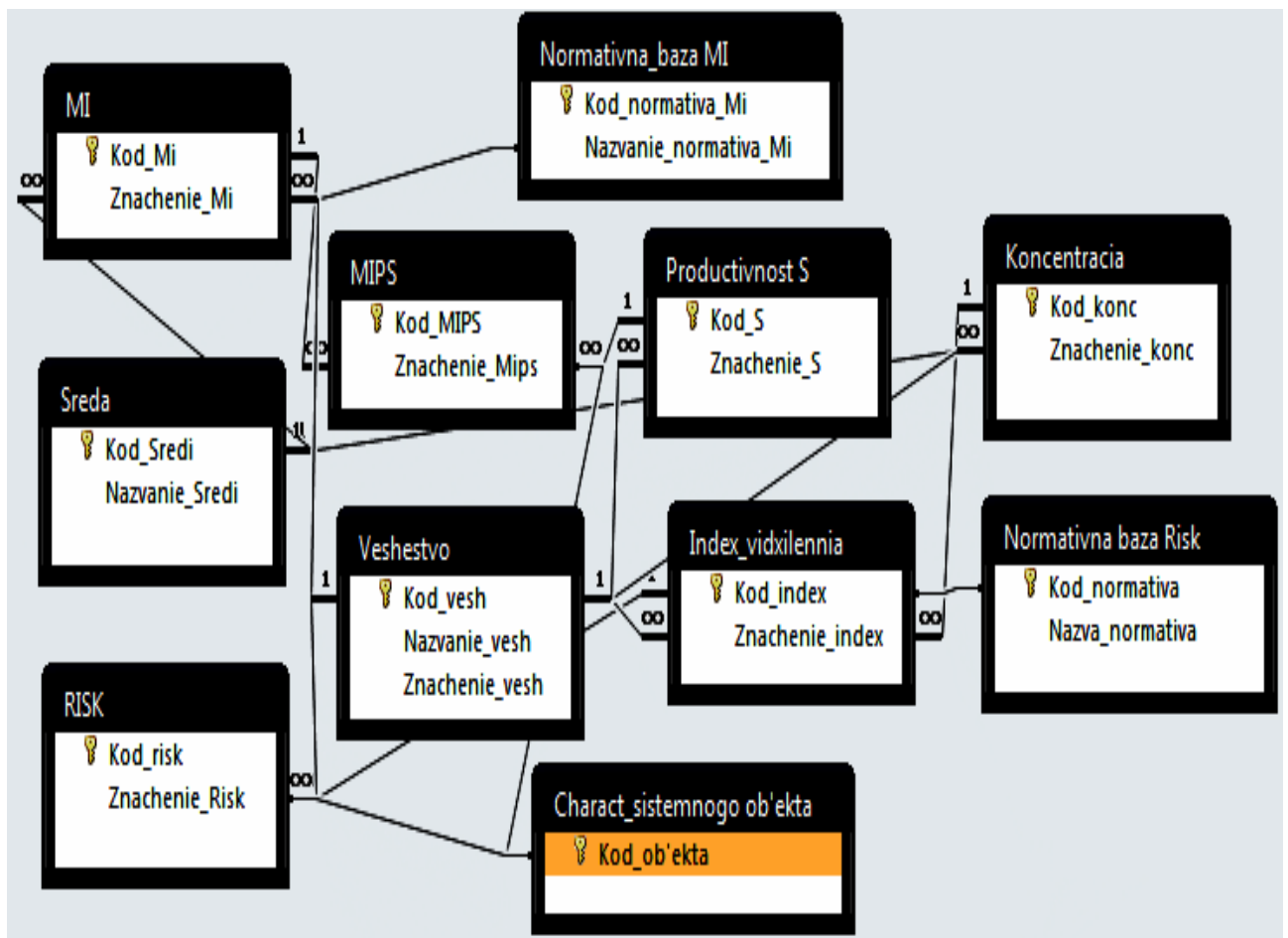


Рисунок 4.4 – Концептуальна (логічна) модель даних

4.2 Розробка інформаційно-програмного забезпечення практичної реалізації методичної підтримки комплексної оцінки рівня екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів

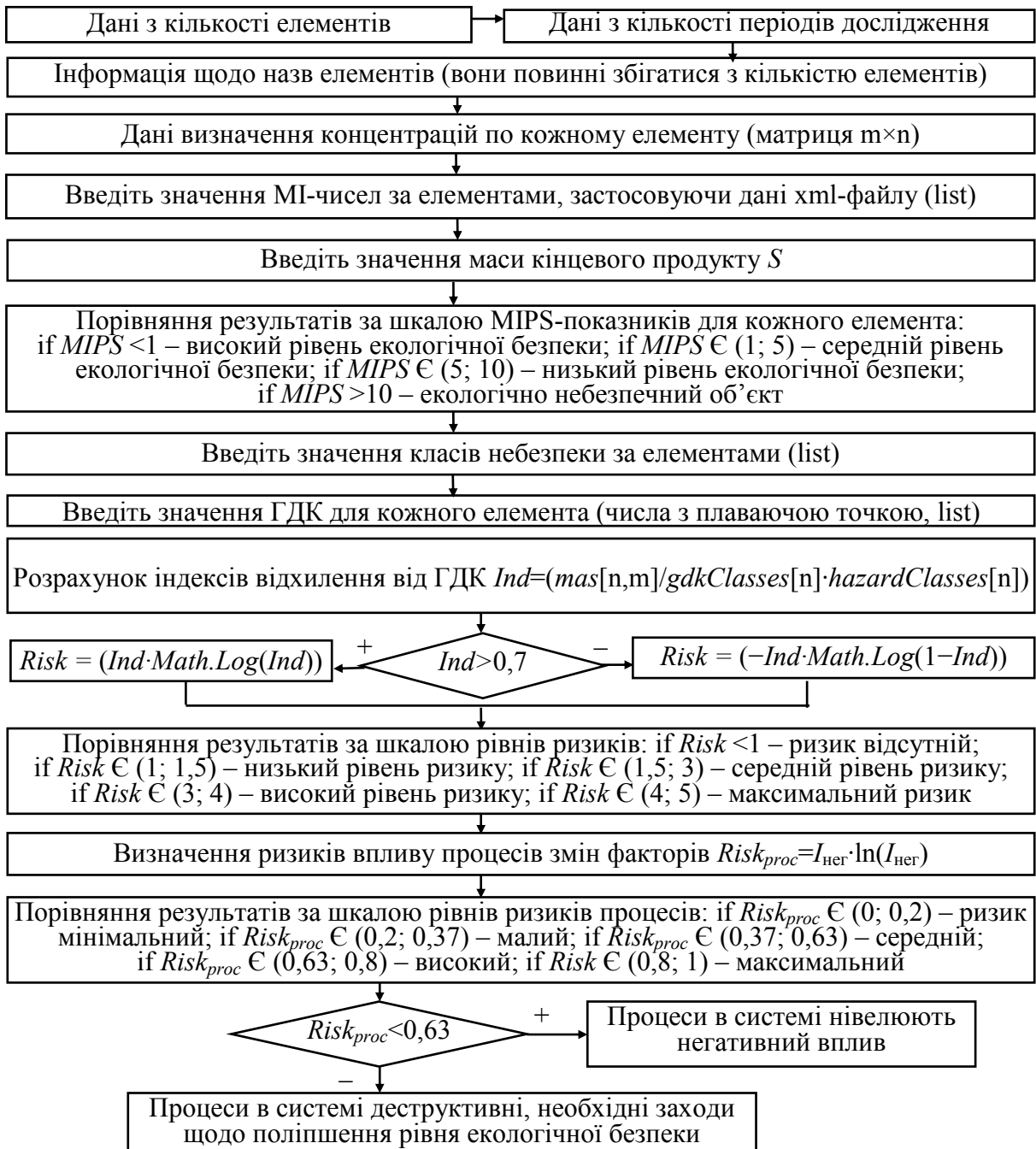
Практична реалізація комплексної оцінки екологічності здійснена для системних об'єктів різної природно-техногенної структури відповідно до масштабності об'єкта та деталізації дослідження.

Класифікація об'єкта дослідження за масштабністю має три рівні: глобальний, макро- і мікрорівень. Глобальний (державний) передбачає ідентифікацію регіонів (областей) України значного рівня екологічної небезпеки на основі аналізу небезпечності стану компонентів довкілля, встановлення пріоритетності проблем порушення природної якості навколишнього середовища з метою ефективного усунення небезпечних факторів впливу на об'єкти НПС, науково-практичного обґрунтування заходів поліпшення стану компонентів і систем природного середовища.

Об'єктами макрорівня оцінки якості складних систем є техногенні системи, природно-соціальні середовища, промислові галузі, для яких визначається відповідність екологічного стану вимогам обмежень впливу на навколишнє природне середовище.

На мікрорівні об'єктами оцінки екологічності є конкретні підприємства або технологічні процеси (операції) з урахуванням їх стадій ЖЦ. Мікрорівень передбачає аналіз технологічних і економічних можливостей підприємства з реалізації заходів, спрямованих на мінімізацію рівня екологічної небезпеки і деструктивних ефектів.

На основі класифікації системних об'єктів різної природно-техногенної структури відповідно до масштабності об'єкта та деталізації дослідження розроблено інформаційно-програмне забезпечення цілісної реалізації комплексної оцінки екологічності складних природно-техногенних утворень для отримання об'єктивної основи для запровадження заходів з регулювання рівня безпеки (рис. 4.5).



Ind – індекс відхилення від нормативних показників; $mas[n,m]$ – масив значень концентрацій негативних факторів; $gdkClasses[n]$ – масив значень нормативних показників (НДЗ); $hazardClasses[n]$ – масив значень класів небезпеки негативних факторів; $Risk$ – ризик-оцінка ступеня негативного впливу на об'єкти НПС; $Risk_{proc}$ – ризик-оцінка впливу процесів при переході системи у кінцевий стан

Рисунок 4.5 – Алгоритм програмного розрахунку комплексної оцінки якості

Для практичного використання запропонованого інформаційно-методичного забезпечення на глобальному рівні дослідження безпечності були розглянуті моніторингові дані щодо стану полігонів твердих побутових відходів (ПТТВ) (табл. 4.6) у Харківській області (м. Дергачі) (рис. 4.6, а) і м. Рівне (рис. 4.6, б) [106].

Таблиця 4.6 –Характеристика Дергачівського і Рівненського полігонів

Характеристики	Рівненський ПТПВ	Дергачівський ПТПВ
Рік заснування	1959	1975
Кількість ТПВ за рік, т	80000	120000
Площа, га	18	5
Глибина, м	20–30	30
Кількість накопичених ТПВ, млн. т	3–4	5,9



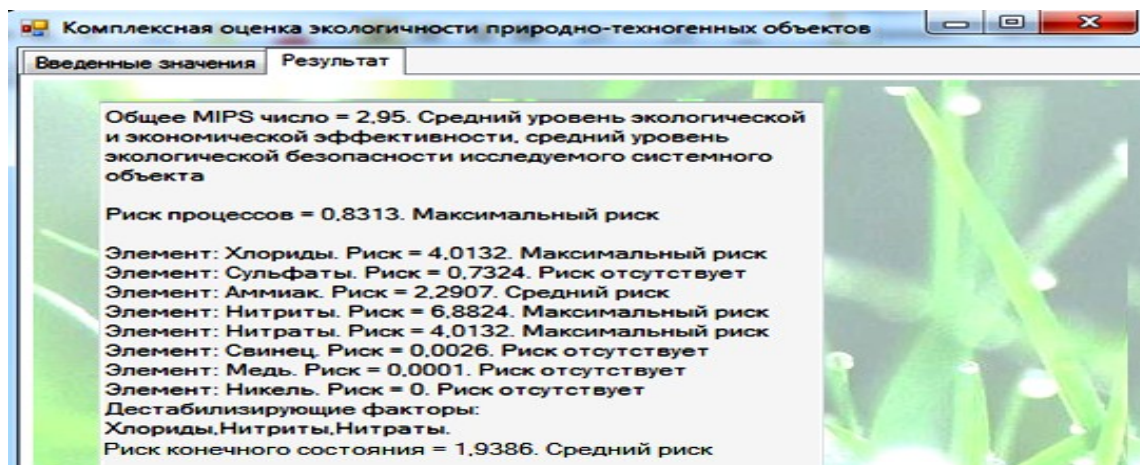
а

б

а – Дергачівський полігон твердих побутових відходів; б – Рівненський полігон твердих побутових відходів

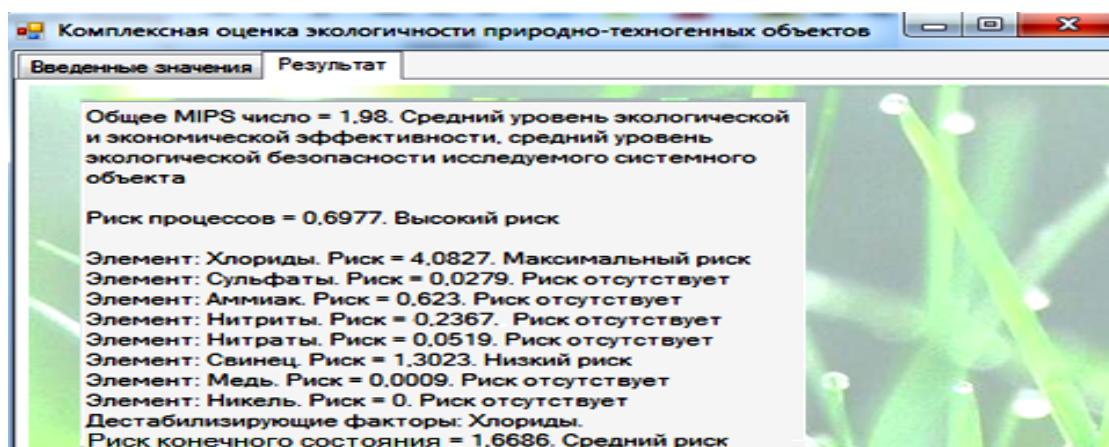
Рисунок 4.6 – Опис місця розташування територій дослідження

За наданим алгоритмом комплексної оцінки екологічності ПТО (див. рис. 4.5) одержано комплексну екологічну оцінку стану об'єктів дослідження на основі даних моніторингу діяльності ПТПВ з визначенням показників невідповідності вимогам безпеки та процесів дестабілізації екологічності. Розрахунки проведені з використанням програмного забезпечення, розробленого у середовищі розробки Visual Studio з попередньою обробкою даних у пакеті MathCAD (рис. 4.7 – 4.8, рис. Б.2, рис. Б.4).



$MIPS = 2,95$ – середній рівень екологічної безпеки, ризик процесів $Risk_n = 0,83$ – максимальний, ризик кінцевого стану $Risk_2 = 1,94$ – середній

Рисунок 4.7 – Фрагмент програмної реалізації комплексної оцінки екологічності Дергачівського полігону

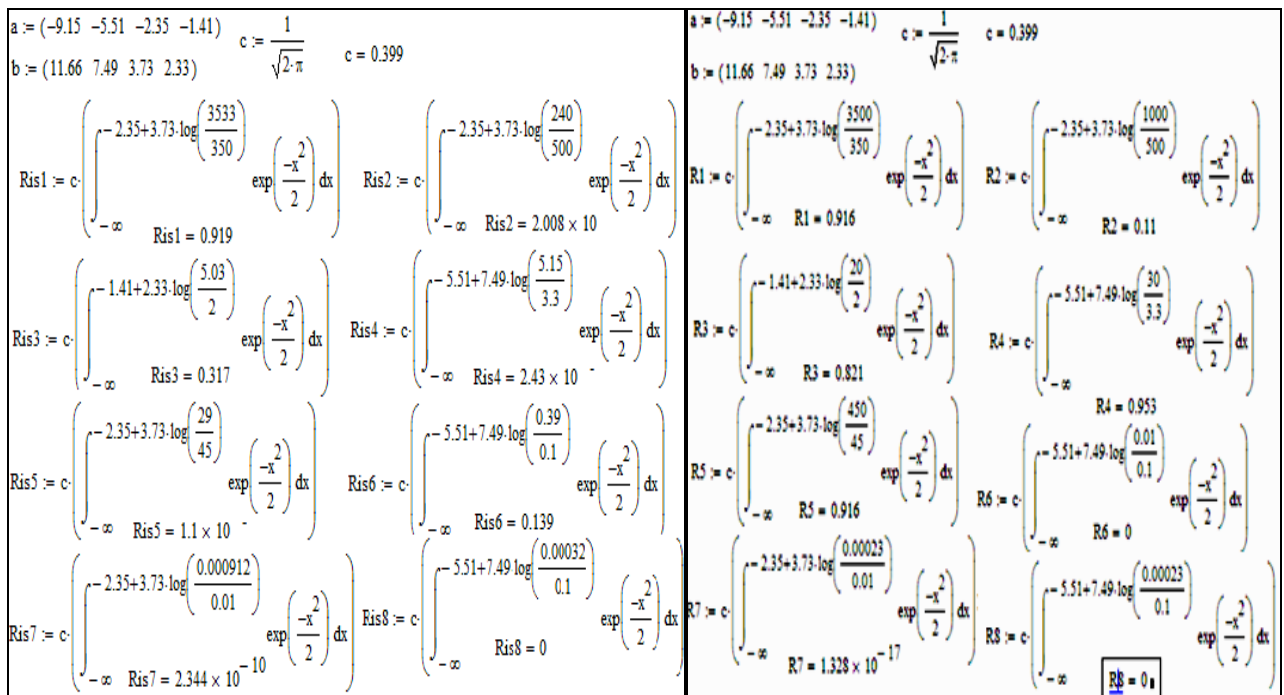


$MIPS = 1,98$ – середній рівень екологічної безпеки, ризик процесів $Risk_n = 0,7$ – високий, ризик кінцевого стану $Risk_2 = 1,67$ – середній

Рисунок 4.8 – Фрагмент програмної реалізації комплексної оцінки екологічності Рівненського полігону

За результатами загальної MIPS-оцінки Дергачівський і Рівненський ПТПВ мають середній рівень небезпеки. На основі загально-детальної і детальної ризик-оцінки факторами дестабілізації і небезпечності визначені хлориди, нітрити (табл. В.1 – В.2).

Отримані результати за методичним забезпеченням ризик-оцінки екологічності ПТО співставлені з результатами оцінки екологічних ризиків за методикою І.П. Каменевої [131] (рис. 4.9).



а

б

а – Дергачівський полігон твердих побутових відходів; б – Рівненський полігон

Рисунок 4.9 – Оцінка екологічних ризиків за методикою І.П. Каменевої

Для порівняння отриманих ризик-оцінок за різними методиками використано павутинні графіки з врахуванням попереднього нормування вихідних даних, застосуванням розмірності за лінійною шкалою (рис. 4.10).



а

б

а – методичне забезпечення ризик-оцінки екологічності ПТО; б – методика І.П. Каменевої

Рисунок 4.10 – Графічна інтерпретація результатів ризик-аналізу екологічності Дергачівського і Рівненського полігонів твердих побутових відходів

Для встановлення оцінки екологічності на макрорівні дослідження розглянуто визначення рівня безпечності технології термохімічної деструкції зношених автомобільних шин (ТХД ЗАШ). Переваги методу ТХД у порівнянні з існуючими методами утилізації ЗАШ полягають в істотному зменшенні обсягу відходів і дієвому руйнуванні горючих матеріалів, у тому числі органічних сполук. Залишки від спалювання – шлаки та зола – складають 10% початкового об'єму і 30% маси спалюваних матеріалів [144].

Потужності викидів при використанні технології ТХД отримані розрахунковим шляхом згідно з методикою визначення питомих показників викидів за аналогією з коксохімічним виробництвом (табл. 4.7) [145].

Таблиця 4.7 – Кількісні та якісні характеристики джерел викидів

Найменування джерела викиду	Параметри джерела викиду		Характеристики газоповітряної суміші			Найменування забруднюючої речовини	Потужність викиду		Клас небезпеки процесу
	Висота, м	Діаметр, м	$V, \text{ м}^3/\text{с}$	$W_o, \text{ м/с}$	$T, \text{ }^\circ\text{C}$		г/с	т/год	
Реактор	2,0	0,25	0,075	1,53	200	NO _x	0,0156	0,14	2
						CO	0,026	0,24	
						CO ₂	4,022	36,92	
						Hg	$3,6 \times 10^{-6}$	$3,3 \times 10^{-5}$	
						CH ₄	0,001	0,0009	
						N ₂ O	0,00021	0,0019	
Видача піролізного вуглецю з реактора	1,0	0,8	0,75	1,49	550	CO	0,00139	$0,64 \times 10^{-3}$	2
						NO _x	0,00139	$0,64 \times 10^{-3}$	
						CH ₄	0,000543	$0,64 \times 10^{-3}$	
						CO ₂		$0,64 \times 10^{-3}$	
Дихальний клапан ємності зберігання піролізної рідини	1,0	0,05	0,003	1,53	28	Вуглеводні граничні C ₁₂ – C ₁₉ (2754)	$2,6 \times 10^{-8}$	$5,6 \times 10^{-8}$	2
Люк зливу рідкої фракції з ємності зберігання піролізної рідини	1,0	0,5	0,3	1,53	28	Вуглеводні граничні C ₁₂ – C ₁₉	$3,1 \times 10^{-8}$	$8,9 \times 10^{-10}$	2
Дроблення піролізного вуглецю	1,0	0,5	0,3	1,53	28	Пил	0,042	313,344	2

Результати розрахунків розсіювання забруднюючих речовин при ТХД ЗАШ подані в таблиці 4.8 [146, 147].

Таблиця 4.8 – Розрахункові характеристики забруднення приземного шару атмосферного повітря при термохімічній деструкції

Найменування забруднюючої речовини	Код речовини	Максимально можлива концентрація, См, в мг/м ³	Безрозмірна концентрація	Небезпечна швидкість вітру, м/с	Небезпечна відстань від джерела, м
Азоту діоксид	301	0,3677	4,326	1,21	15,15
Оксид вуглецю	337	0,6129	0,123	1,21	15,15
Азоту діоксид	301	0,0091	0,107	3,8	32,03
Оксид вуглецю	337	0,0091	0,0018	3,8	32,03
Метан	410	0,0036	0,000072	3,8	32,03
Вуглеводні граничні	2754	8,358	0,84	0,5	11,4
Вуглеводні граничні	2754	9,965	0,95	0,5	11,4
Пил неорганіч.	2909	4,050	0,81	0,5	5,7

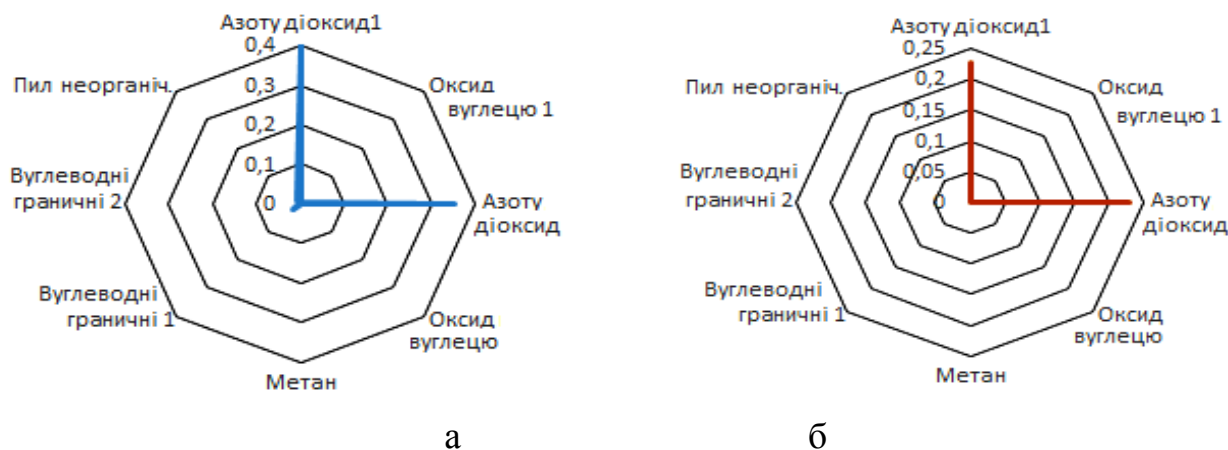
За результатами загальної MIPS-оцінки технологія ТХД ЗАШ є екологічно ефективною і безпечною. На основі загально-детальної і детальної ризик-оцінки фактором навантаження визначено діоксид азоту, рівень безпечності ТХД зазначено як прийнятний (рис. 4.11, рис. Б.6) (табл. В.1 – В.2).



$MIPS = 0,22$ – високий рівень екологічної безпеки, ризик процесів $Risk_n = 0,003$ – мінімальний, ризик кінцевого стану $Risk_2 = 0,03$ – низький

Рисунок 4.11 – Фрагмент програмної реалізації визначення рівня екологічності технології термохімічної деструкції зношених автомобільних шин

Отримані результати за методичним забезпеченням ризик-оцінки екологічності ПТО співставлені з оцінкою екологічних ризиків за методикою І.П. Каменевої (рис. 4.12) [131].



а – методичне забезпечення ризик-оцінки екологічності; б – методика І.П. Каменевої

Рисунок 4.12 – Графічна інтерпретація результатів ризик-аналізу екологічності технології термохімічної деструкції зношених автомобільних шин

Таким чином, при відсутності фонового забруднення в районі розташування даного об'єкта викиди внаслідок процесу переробки зношених автомобільних шин методом термічної деструкції можуть бути кваліфіковані як припустимі і екологічно безпечні [148, 149].

Інформаційно-методичне забезпечення комплексної оцінки екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів на мікрорівні апробовано на прикладі визначення екологічної доцільності роботи виробництва з утилізації шламів, що передбачає повторне використання фільтрату (очищеної води) у технологічному процесі. Розрахунки проведені за даними екологічного моніторингу «переробка шламів – стан НПС» згідно з алгоритмом оцінки рівня екологічності дослідженої системи «вилучення шламів – обробка шламів – вплив на НПС» [107].

Вилучення шламів розглядається як позитивний екологічний фактор, який надалі порівнюється з негативним впливом виробничого процесу їх обробки за MIPS-числами і ризик-аналізом. Результати оцінки відповідності

технології вилучення шламів вимогам безпеки НПС отримані за MIPS-аналізом шламів, шламових вод, застосованих реагентів за їх складом, з урахуванням такого: дослідний зразок – 32 г, отриманий розчин – 200 мл, NaOH – 2,5 мл; флокулянт – 3 мл; Na₂SO₄ – 1мл (x_j) і 90 % – вихід готової продукції – очищеної води для розбавлення шламів при флокуляції (рис. 4.13) [150].

$$\begin{aligned}
 \text{Nazv} &:= (\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ SiO}_2 \text{ Fe}_2\text{O}_3 \text{ CaO MgO Na}_2\text{O K}_2\text{O TiO}_2) \\
 \text{C} &:= (17 \ 40 \ 3.6 \ 0.7 \ 1.2 \ 0.41 \ 0.6 \ 0.84) \\
 \text{MI} &:= (3.43 \ 1.4 \ 6.7 \ 5.6 \ 1.6 \ 2.3 \ 5.69 \ 40.7) \\
 \overrightarrow{(\text{C-MI})} &= (58.31 \ 56 \ 24.12 \ 3.92 \ 1.92 \ 0.943 \ 3.414 \ 34.188) \quad S := 200 \\
 \overrightarrow{\left(\frac{\text{C-MI}}{S}\right)} &= (0.292 \ 0.28 \ 0.121 \ 0.02 \ 9.6 \times 10^{-3} \ 4.715 \times 10^{-3} \ 0.017 \ 0.171) \\
 \text{MIPS1} &:= \sum (0.292 \ 0.28 \ 0.121 \ 0.02 \ 9.6 \times 10^{-3} \ 4.715 \times 10^{-3} \ 0.017 \ 0.171) = 0.915 \\
 \text{K} &:= (4 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4) \\
 \text{GDK} &:= (350 \ 100 \ 330 \ 200 \ 7447 \ 300 \ 250 \ 10) \\
 \overrightarrow{\left(\frac{\text{C}}{\text{GDK-K}}\right)} &= (0.012 \ 0.1 \ 2.727 \times 10^{-3} \ 8.75 \times 10^{-4} \ 4.028 \times 10^{-5} \ 3.417 \times 10^{-4} \ 6 \times 10^{-4} \ 0.021) \\
 \overrightarrow{\left(\ln\left(1 - \frac{\text{C}}{\text{GDK-K}}\right)\right)} &= (-0.012 \ -0.105 \ -2.731 \times 10^{-3} \ -8.754 \times 10^{-4} \ -4.029 \times 10^{-5} \ -3.417 \times 10^{-4} \ -6.002 \times 10^{-4} \ -0.021) \\
 \overrightarrow{\left(\frac{\text{C}}{\text{GDK-K}} \cdot \ln\left[1 - \left(\frac{\text{C}}{\text{GDK-K}}\right)\right]\right)} &= (1.484 \times 10^{-4} \ 0.011 \ 7.448 \times 10^{-6} \ 7.66 \times 10^{-7} \ 1.623 \times 10^{-9} \ 1.168 \times 10^{-7} \ 3.601 \times 10^{-7} \ 4.457 \times 10^{-4})
 \end{aligned}$$

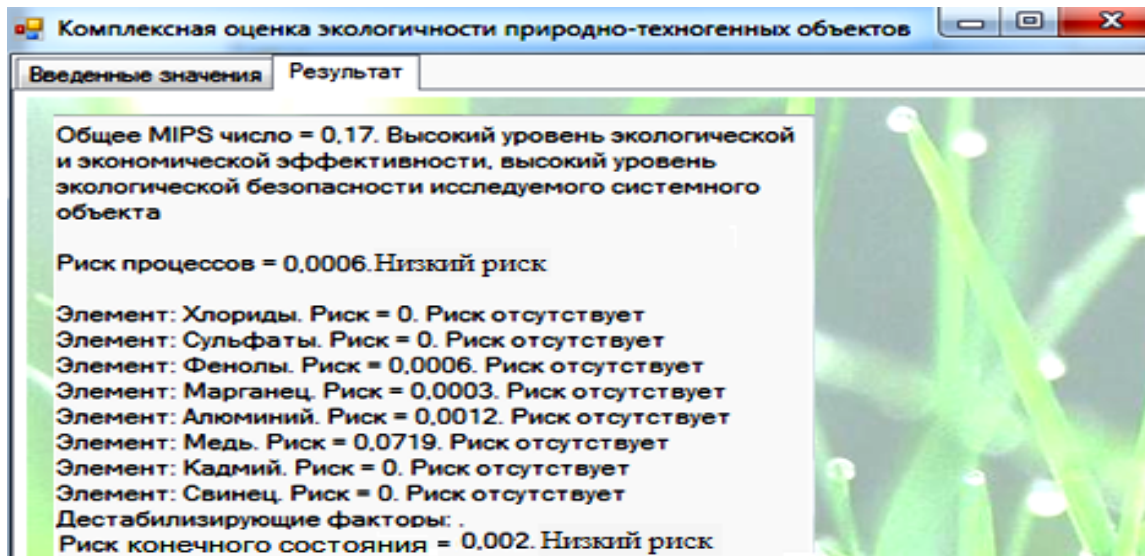
Рисунок 4.13 – MIPS- і ризик оцінка екологічності вилучених шламів

За результатами загальної MIPS-оцінки вилучені шлами є екологічно небезпечними. На основі детальної ризик-оцінки фактором небезпечності визначено алюміній (рис. 4.14).

$$\begin{aligned}
 \text{C2} &:= (45 \ 40 \ 0.005 \ 0.1 \ 0.35 \ 0.01 \ 0.0002 \ 0.004) \quad \text{MI} := (3.84 \ 4.1 \ 18.7 \ 40.2 \ 7.43 \ 85.5 \ 0 \ 15.6) \\
 \overrightarrow{(\text{C2-MI})} &= (172.8 \ 164 \ 0.094 \ 4.02 \ 2.6 \ 0.855 \ 0 \ 0.062) \quad S := 200 \\
 \overrightarrow{\left(\frac{\text{C2-MI}}{S}\right)} &= (0.864 \ 0.82 \ 4.675 \times 10^{-4} \ 0.02 \ 0.013 \ 4.275 \times 10^{-3} \ 0 \ 3.12 \times 10^{-4}) \\
 \text{MIPS2} &:= \sum (0.864 \ 0.82 \ 4.675 \times 10^{-4} \ 0.02 \ 0.013 \ 4.275 \times 10^{-3} \ 0 \ 3.12 \times 10^{-4}) = 1.722 \\
 \text{K} &:= (4 \ 4 \ 2 \ 3 \ 2 \ 2 \ 2 \ 1) \quad \text{GDK} := (300 \ 500 \ 0.01 \ 0.2 \ 0.5 \ 0.02 \ 0.005 \ 0.06) \\
 \overrightarrow{\left(\frac{\text{C2}}{\text{GDK-K}}\right)} &= (0.038 \ 0.02 \ 0.25 \ 0.167 \ 0.35 \ 0.25 \ 0.02 \ 0.067) \\
 \overrightarrow{\left(\ln\left(1 - \frac{\text{C2}}{\text{GDK-K}}\right)\right)} &= (-0.038 \ -0.02 \ -0.288 \ -0.182 \ -0.431 \ -0.288 \ -0.02 \ -0.069) \\
 \text{Risk} &= \overrightarrow{\left(\frac{\text{C2}}{\text{GDK-K}} \cdot \ln\left[1 - \left(\frac{\text{C2}}{\text{GDK-K}}\right)\right]\right)} = (1.433 \times 10^{-3} \ 4.041 \times 10^{-4} \ 0.072 \ 0.03 \ 0.151 \ 0.072 \ 4.041 \times 10^{-4} \ 4.6 \times 10^{-3})
 \end{aligned}$$

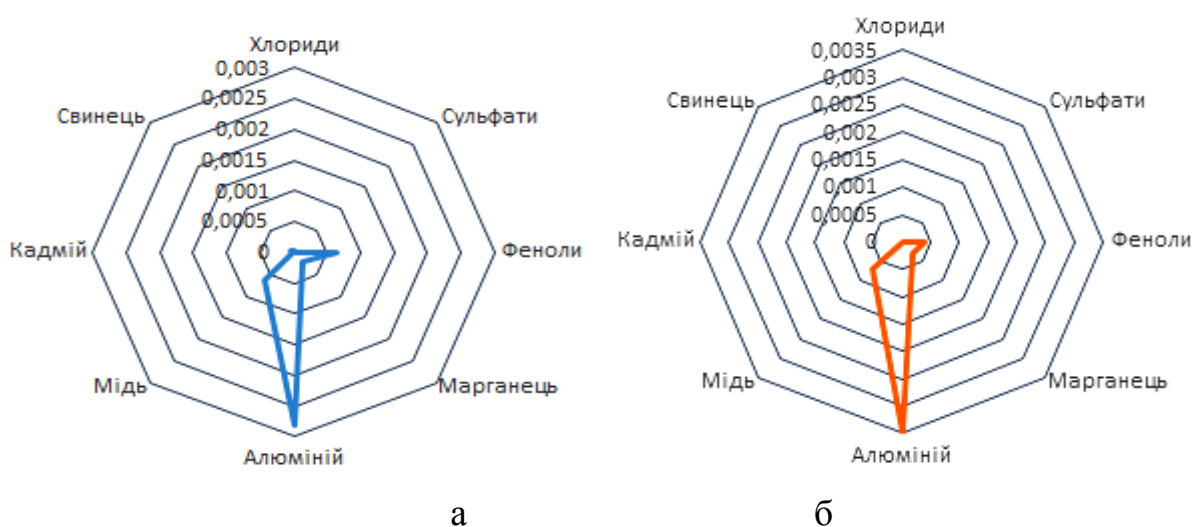
Рисунок 4.14 – Оцінка екологічності процесів обробки шламів

Використання флокулянтів і реагентів NaOH і Na₂SO₄ дозволило знизити рівень небезпечності шламів (рис. 4.15, рис. Б.8) що підтверджується результатами оцінки екологічних ризиків за методикою І.П. Каменевої (рис. 4.16) [131].



$MIPS = 0,17$ – високий рівень екологічної безпеки, ризик процесів $Risk_n = 0,0006$ – мінімальний, ризик кінцевого стану $Risk_2 = 0,002$ – низький

Рисунок 4.15 – Фрагмент програмної реалізації визначення рівня екологічності технологічних процесів обробки утилізованого залишку



а – методичне забезпечення ризик-оцінки екологічності; б – методика І.П. Каменевої

Рисунок 4.16 – Графічна інтерпретація результатів ризик-оцінки впливу шламів на об'єкти навколишнього природного середовища

Таким чином, у четвертому розділі апробоване алгоритмічно-програмне забезпечення комплексної оцінки екологічності ПТО відповідно до аналізу стану системи «об'єкт – навколишнє середовище» на основі MIPS-аналізу та детальної оцінки змін в системі за послідовним ризик-аналізом «стан₁ – процес – стан₂». За результатами практичного використання запропонованого методичного забезпечення показана перспективність реалізації комплексного підходу для розв'язання задач екологічної безпеки, оцінки рівня безпеки функціонування ПТО на різних рівнях дослідження та деталізації оцінки [106].

Висновки до розділу 4

1. Результати аналізу сучасного інформаційно-програмного забезпечення оцінки екологічності природно-техногенних комплексів показали необхідність подальшого удосконалення інформаційної системи з визначення ступеня негативного впливу на природні системи на основі запропонованого методичного забезпечення комплексної оцінки рівня екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів.

2. Розроблено інформаційно-програмне забезпечення визначення стану ПТК на основі послідовної реалізації методичних засобів MIPS- і ризик-оцінювання для практичних досліджень різного рівня організації ПТО: Дергачівський і Рівненський полігони твердих побутових відходів, технологія термохімічної деструкції зношених автомобільних шин, технологічні процеси обробки утилізованого залишку і висвітлення стічних вод від утилізації відходів вуглезбагачуючих виробництв.

3. Розроблено програмне забезпечення у середовищі розробки Visual Studio для проведення розрахунків в межах інформаційно-методичної підтримки оцінювання безпечності природно-техногенних об'єктів.

Одержані результати надано в публікаціях автора: 50, 105, 106, 107, 111, 112, 133, 134, 142, 145, 148, 149, 150.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена науково-практична задача удосконалення теоретичних, методичних положень визначення рівня екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів за результатами досліджень їх стану і процесів в них, подальшого розвитку інформаційно-методичного забезпечення комплексної оцінки екологічності «техногенний об'єкт – НПС».

За результатами дисертаційних досліджень отримано такі наукові та практичні висновки.

1. Надано узагальнюючу характеристику існуючого методичного забезпечення комплексної оцінки екологічності системних об'єктів.

Визначено поняття системного об'єкта як соціально-еколого-економічного утворення, виділено дві підпорядковані частини оцінки рівня безпеки складних систем: загальне визначення екологічного стану НПС і виявлення факторів його дестабілізації за умови соціально-економічної діяльності. Це дозволило вперше сформулювати методичні підходи до визначення системи комплексного оцінювання екологічності та безпечності ПТО будь-якого рівня складності на основі врахування функції змін відповідно до дії встановлених факторів техногенного впливу при дослідженні «стан₁ – навантаження – процес – стан₂».

2. Визначені етапи оцінки екологічності при послідовній реалізації MIPS- і ризик-аналізу природно-техногенних об'єктів, що дозволило вперше запровадити методичне забезпечення загальної оцінки екологічності складних систем на основі взаємоузгоджених і підтверджуючих результатів за загальним, загально-детальним і детальним визначенням рівня безпеки при комплексному розв'язанні соціально-еколого-економічних задач.

3. Вперше запропонована оцінка екологічності об'єктів за умови взаємоузгодженості результатів дослідження об'єкта на глобальному, макро- і мікрорівнях аналізу, надано методико-математичне та інформаційно-алгоритмічне забезпечення комплексного оцінювання безпечності системних ПТО на основі показників MIPS- і ризик-аналізу, що дозволяє виявити

негативні фактори дестабілізації стійкості об'єкта при існуючих вимогах стаціонарності сталого розвитку.

4. Запроваджено комплексний підхід з дослідження екологічного стану системного об'єкта відповідно до мети підтримки прийняття екологічного рішення з регулювання безпечності ПТО. Згідно з цим удосконалено у методиках MIPS- і ризик-аналізу визначення негативного впливу на природні системи на основі комплексного врахування властивостей діючих факторів дестабілізації при дослідженні стану соціально-економічних, еколого-економічних і соціально-екологічних систем і змін в них.

5. Дістали подальшого розвитку науково-методичні основи застосування прикладних засобів MIPS- і ризик-аналізу з метою їх використання для практичних досліджень у вигляді інформаційно-програмного забезпечення оцінки екологічної безпеки ПТК різного рівня організації. Розроблено інформаційно-алгоритмічне забезпечення комплексної оцінки екологічності та безпечності ПТО на рівні дослідження «стан₁ об'єкта – процес – стан₂» з узгодженням загальної і загально-детальної MIPS-оцінки та загально-детальної і детальної ризик-оцінки.

6. Отримані результати практичного застосування запропонованого методичного забезпечення комплексної оцінки екологічності ПТО у вигляді робочих розрахунків в EXEL, STATISTICA, MathCAD для вирішення виробничих завдань різного рівня складності: екологічне управління якістю НПС для ПТПВ у Харківській області (м. Дергачі) і м. Рівне; оцінки рівня екологічності технологічних рішень при термохімічній деструкції зношених автомобільних шин, визначення безпечності запроваджених удосконалень технологічних процесів обробки утилізованого залишку і висвітлення стічних вод від утилізації відходів вуглезбагачуючих виробництв, що передбачає повторне використання фільтрату (очищеної води) у технологічному процесі.

У роботі розроблено інформаційно-програмне забезпечення комплексної оцінки екологічності складних природно-техногенних утворень для отримання об'єктивної основи прийняття рішення з оперативного урегулювання виконання вимог екологічної безпеки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Згуровский М.З. Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей / М.З. Згуровский, А.Д. Гвишиани. – К.: Політехніка. 2008. – 331 с.
2. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г.В. Лисиченко, Ю.Л. Забулонов, Г.А. Хміль – К.: Наук. думка, 2008. – 543 с.
3. Харламова Е.В. Теоретические основы управления экологической безопасностью техногенно нагруженного региона / Е.В. Харламова, М.С. Малеваный, Л.Д. Пляцук // Екологічна безпека. – 2012. – № 1. – С. 9–12.
4. Dies A.M. Economic aspects of thermal treatment of solid waste in a sustainable system / A.M. Dies // Waste Management. – 2015. – № 37. – P. 45–57.
5. Ordoeia M.H. New sustainability indices for product design employing environmental impact and risk reduction: case study on gasoline blends / M.H. Ordoeia Ali Elkamela, Maurice B. Dusseaultb, I. Alhajric // Journal of Cleaner Production. – 2015. – Vol. 108. – Part A. – P. 312–320.
6. Costantini V. Hybrid Economic-Environmental Accounts / V. Costantini, M. Mazzanti, A. Montini. – Routledge: New York, 2012. – 264 p.
7. Риттхофф М. Вычисления MIPS: ресурсная продуктивность продукции и услуг / М. Риттхофф; под науч. ред. О. Сергиенко, Х. Рона. – Основы теории эко-эффективности. – СПб. – 2004. – 246 с.
8. Wernick I.K. Material Flows Accounts - A Tool for Making Environmental Policy, WRI Report / I.K. Wernick, F.H. Irwin. – World Resource Institute: Washington DC, USA, 2005. – 246 p.
9. Wiesen K. Calculating the material input per service unit using the ecoinvent database / K. Wiesen, M. Saurat, M. Lettenmeier. // International journal of performability engineering. – 2014. – Vol. 10. – №. 4. – P. 357–366.
10. Lukasa M. The nutritional footprint – integrated methodology using environmental and health indicators to indicate potential for absolute reduction of

natural resource use in the field of food and nutrition / M. Lukasa H. Rohna, M. Lettenmeierd, C. Liedtkea, K. Wiesena // *Journal of Cleaner Production*. – 2015. – № 110. – P. 322–330.

11. Mancini L. Application of the MIPS method for assessing the sustainability of production-consumption systems of food / L. Mancini, H. Rohn, C. Liedtke // *Journal of Economic Behavior & Organization*. – 2012. – № 81(3). – P. 779–793.

12. Laaksoa S. Household-level transition methodology towards sustainable material footprints / S.Laaksoa M. Lettenmeierb // *Journal of Cleaner Production*. – 2016. – Vol. 125. – P. 267–278.

13. Качинский А.Б. Структурный анализ системы обеспечения экологической и природно-техногенной безопасности Украины / А.Б. Качинский, Н.В. Агаркова // *Системні дослідження та інформаційні технології*. – 2013. – № 1. – С. 7–15.

14. Биченок М.М. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі: монографія / М.М. Биченок, С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев – К.: РНБО, 2009. – 160 с.

15. 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.

16. Cao Q. Health risk characterisation for environmental pollutants with a new concept of overall risk probability / Q. Cao, Q. Yu, D. W. Connell // *Journal of Hazardous Materials*. – 2013. – № 187. – P. 480–487.

17. Whittaker M.H. Risk Assessment and Alternatives Assessment: Comparing Two Methodologies / M.H. Whittaker // *Risk Analysis*. – 2015. – Vol. 35. – № 12. – P. 2129–2136.

18. Ісаєнко В.М. Екологічна безпека – основний чинник еколого-збалансованого розвитку України у XXI столітті / В.М. Ісаєнко, Г.О. Білявський // *Екологічний вісник*. – 2007. – №4. – С. 14–17.

19. Веденин Н.Н. Экологическая безопасность как институт экологического права / Н.Н. Веденин // *Журнал российского права*. – 2001. –

№ 12. – С. 51–60.

20. Голиченко А.К. Экологический контроль: теория, практика правового регулирования: автореф. дис. д-ра юрид. наук: 12.00.06 «Природоресурсное право; аграрное право; экологическое право» / А.К. Голиченко. – М: МГУ. – 1992. – 25 с.

21. Мочерний С.В. Економічна енциклопедія: у 3 т. / С.В. Мочерний. – К.: Видавничий центр «Академія», 2000. – Т.1. – 864 с.

22. Шемшученко Ю.С. Юридична енциклопедія: у 6 т. / Ю.С. Шемшученко. – К.: Укр. енцикл., 1998. – Т.1. – 672 с.

23. Качинський А.Б. Сучасні проблеми екологічної безпеки України / А.Б. Качинський. – К., 1994. – 48 с.

24. Колодова А.В. Экологическая безопасность: понятие и структура / А.В. Колодова // Вестник Удмуртского университета. Правоведение. – 2005. – №6. – С. 150–158.

25. Кривошеин Д.А. Термодинамический критерий, характеризующий загрязнение окружающей среды и эффективность инженерных мероприятий, применяемых для её защиты / Д.А. Кривошеин, В.П. Зволинский // Вестник РУДН. – 2006. – №1 – С. 157–168.

26. Поплавська Ж.В. Економічні аспекти екологізації / Ж.В. Поплавська, В.Г. Поплавський // Вісник НАН України. – 2005. – №10. – С. 26–34.

27. Ілляшенко Н.С. Маркетинговий підхід до визначення перспективного напрямку інноваційного розвитку промислового підприємства / Н.С. Ілляшенко, А.С. Росохата // Маркетингова діяльність підприємств: сучасний зміст. – 2015. №7. – С. 137–143.

28. Реймерс Н.Ф. Охрана природы и окружающей человека среды: словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. – М.: Просвещение, 1992. – 319 с.

29. Романко С.М. Економіко-правовий механізм забезпечення екологічної безпеки сільськогосподарської продукції: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. юрид. наук: спец. 12.00.06 «Земельне право; аграрне, екологічне; природоресурсне право» / С.М. Романко. – К.: НАУ. – 2008. – 24 с.

30. Шмаль А.Г. Факторы экологической безопасности – экологические риски / А.Г. Шмаль. – М.: Бронницы, 2010. – 192 с.

31. Хіміч О. Екологічна безпека як елемент національної безпеки / О. Хіміч // Право України. – 2002. – №11. – С. 44–48.

32. Хлобистов Є.В. Проблеми забезпечення екологічної безпеки в умовах трансформації економіки України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра екон. наук: 08.08.01 «Економіка природокористування і охорони навколишнього середовища» / Є.В. Хлобистов. – К.: НАН України. Рада по вивч. продукт. сил України. – 2005. – 34 с.

33. ДСТУ ISO 14001:2006 Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування. – Вид. офіц. ; введ. 2008–05–01. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 19 с.

34. Рюмина Е.В. Оценка экологического ущерба от экологических нарушений при разработке планов и программ / Е.В.Рюмина // Науковий журнал «Екологічна безпека». – 2012. – №2. – С. 33–40.

35. Шмаль А.Г. Методология создания национальной системы экологической безопасности / А.Г. Шмаль // Экологический вестник России. – 2005. – №7. – С. 57–59.

36. Чумаченко С.М. Порівняльний аналіз методів екологічної оцінки та особливості їх застосування для оцінки впливу військових полігонів на навколишнє природне середовище / С.М. Чумаченко // Системи обробки інформації. – 2006. – №3. – С. 203–209.

37. Ємельянова Д.І. Методично-інформаційне забезпечення комплексної еколого-економічної оцінки стану природно-техногенних об'єктів / Д.І. Ємельянова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 16. – С. 89–96.

38. Ретеюм А.Ю. Вторжение в природную среду. Оценка воздействия / А.Ю. Ретеюм. – М.: Прогресс, 1983. – 193 с.

39. Семенова Л.А. Зарубежный опыт оценок воздействия на природную среду / Л.А. Семенова // Географическое обоснование экологических экспертиз. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – С. 17–32.

40. Черп О.М. Экологическая оценка и экспертиза / О.М.Черп, В.Н. Виниченко, М.В. Хотулёва, С.Ю. Дайман – М.: Эколайн, 2000. – 202 с.

41. Коваль О.О Екологічний аудит як інструмент оцінки та контролю за станом навколишнього природного середовища підприємства / О.О Коваль // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2014. – №4. – С. 118–120.

42. Ємельянова Д. І. Оцінка рівня екологічної безпеки виробничого циклу продукту чи послуги / Д.І. Ємельянова // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2014. – Харків: НТУ «ХПІ» – 2014. – С. 366.

43. Большаков В.Н. Новый подход к оценке стоимости биотических компонентов экосистем / В.Н. Большаков, Н.С. Корытин, Ф.В. Кряжимский, В.М. Шишмарев // Экология. – 1998. – №5. – С. 339–348.

44. Згуровский М.З. Системный подход к оценке и управлению устойчивым развитием общества / М.З.Згуровский, Г.А.Статюха // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2007. – №3. – С. 7–27.

45. Большаков В.Н. Новый подход к оценке стоимости биотических компонентов экосистем / В.Н. Большаков, Н.С. Корытин, Ф.В. Кряжимский, В.М. Шишмарев // Экология. – 1998. – №5. – С. 339–348

46. Лакомова О.В. Применение метода «анализ решений» для оптимизации размещения АЭС на уровне областей / О.В. Лакомова // Ядерная энергетика: перспективы развития, проблемы прогнозирования. – 1988. – №2. – С. 80–102.

47. Семенов В.Ф. Еколого-економічні проблеми природокористування курортно-рекреаційних територій / В.Ф. Семенов, М. Д. Балди // Регіональні проблеми розвитку туризму та рекреації. – Донецьк: ДонНУ. – 2005. – С. 45–51.

48. Розіт Т.В. Екологічний аудит: сутність, історія розвитку та методика проведення / Т.В Розіт // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – № 53. – С. 113–120.

49. Лукьянихин В.А. Формирование экологической политики в Украине / В.А. Лукьянихин // Вісник Сумського державного університету. – 2012. – № 10(43). – С. 22–31.

50. Козуля Т.В. Теоретико- практичні основи методології комплексної оцінки екологічності територіальних і об'єктових систем / Т.В. Козуля, Н.В. Шаронова, Д.І. Ємельянова, М.М. Козуля // Проблеми інформаційних технологій. – 2012. – № 01 (011). – С. 37–45.

51. Сергиенко О. Основы теории эко-эффективности: монография / О. Сергиенко, Х. Рон. - СПб.: СПбГУНиПТ, 2004. – 223 с.

52. ДСТУ ISO 14031:2004 Екологічне керування. Настанови щодо оцінювання екологічної характеристики. – Вид. офіц.; введ. 2006–01–01. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 26с.

53. Прокопенко О.В. Устойчивое развитие предприятия, региона, общества: инновационные подходы к обеспечению: монография / О.В. Прокопенко. - Бельско-Бяла: Drukarnia i Studio Graficzne Omnidium, 2014. – 474 с.

54. Сокорнова Т.В. Подходы к оцениванию экологической эффективности / Т.В. Сокорнова // Экология производства. – 2006. – № 1. – С. 172–179.

55. Деєва Н.Е. Організаційно-економічний механізм управління екологічними ризиками: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: 08.08.01 «Економіка природокористування і охорони навколишнього середовища» / Н.Е. Деєва. – Дніпропетровськ: НГУ. – 2004. – 19 с.

56. Дорогунцов С.І. Екосередовище і сучасність: монографія / С.І. Дорогунцов, К.Ф. Коценко, М.А. Хвесик. – К.: КНЕУ, 2006. – 371с.

57. Вега А.Ю. Ресурсосбережение как фактор повышения экологической и энергетической эффективности экономики и обеспечения социальных стандартов жизни населения / А.Ю.Вега, А.А.Фоменко, И.М. Потравный // Плехановский научный бюллетень. – 2012. – №5. – С. 45–60.

58. Козуля Т.В. Дослідження системи комплексної оцінки стану екологічно небезпечних територій / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова // Системи обробки інформації. – 2010. – № 7. – С. 185–187.

59. Козуля Т.В. Методичне забезпечення екологічної оцінки техногенно-навантажених територій за концепцією корпоративної системи / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2010. – № 152. – С. 27–32.

60. Касимов А.М. Методическое обеспечение оценки воздействия техногенных объектов на окружающую среду / А.М. Касимов, Т.В.Козуля, Д.И. Емельянова, М.М. Козуля // Экологический вестник северного Кавказа. – Краснодар. – 2016. – № 01. – С. 48–54.

61. Сотник І.М. Економічний інструментарій оцінки ефективності використання екосистемних послуг в екологічному менеджменті / І.М. Сотник, Т.В. Горобченко // Екологічний менеджмент у загальній системі управління. – 2012. – С. 172–173.

62. Сабадаш В.В. Складові системи екологічної безпеки: неконфліктна політика природокористування / В.В. Сабадаш // Сталий розвиток та екологічна безпека суспільства: теорія, методологія, практика – 2011. – № 2. – С. 128–137.

63. Хлобыстов Е.В. Оценка и моделирование экологической безопасности промышленного производства: региональный аспект / Е.В. Хлобыстов – М.: СПГУ, 2007. – 240 с.

64. Никаноров А.М. Возможность количественной оценки экологической опасности загрязнения тяжелыми металлами воды водохранилищ юга России / А.М. Никаноров, Т.А. Хоружая, Е.А. Флик // Вестник Южного Научного Центра РАН. – 2007. – № 3. – С. 62–70.

65. Парфьонов І.В. Інструменти формування та реалізації стратегічних цілей регіональної екологічної політики / І.В. Парфьонов // Актуальні проблеми державного управління.– 2013. – №4. – С. 107–111.

66. Чечель А.О. Екологізація суспільного виробництва як шлях сталого розвитку продуктивних сил / А.О. Чечель // Науковий журнал «Менеджер.

Вісник Донецького державного університету управління». – 2012. – № 1(59). – С. 215–220.

67. Галушкіна Т.П. Теоретико-методологічні засади природо-ресурсного менеджменту в Україні / Т.П. Галушкіна, А.Й. Жемба // Вісник національного університету водного господарства та природокористування. – 2010. – № 4. – С. 24–34.

68. Статюха Г.А. К вопросу количественной оценки загрязнения атмосферного воздуха в системе ОВОС / Г.А. Статюха, И.Б. Абрамов, Т.В. Бойко, А.А. Ищишина // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – №1/3(31). – С. 36–39.

69. Статюха Г.О. Розробка методики оцінки небезпечних видів діяльності промислових підприємств / Г.О. Статюха, Т.В. Бойко, В.І. Бендюг // Екологія і ресурси. – 2003. – №7. – С. 46–55.

70. Статюха Г.О. Алгоритм прийняття рішень при оцінці впливів на навколишнє середовище / Г.О. Статюха, Т.В. Бойко, В.І. Бендюг, І.Б. Абрамов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – №5. – С.119–123.

71. Ємельянова Д.І. Складові комплексної екологічної оцінки природно-техногенних систем / Д.І. Ємельянова // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2015. – Харків: НТУ «ХПІ», 2015. – С. 321.

72. Кубатко О.В. Наукові підходи до врахування еколого-економічних індикаторів соціального розвитку / О.В. Кубатко // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Міжнародна стратегія економічного розвитку регіону». – Суми, 2010. – С. 137–139.

73. Куролап С.А. Геоэкологические аспекты мониторинга здоровья населения промышленных городов / С.А. Куролап // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – №6. – С. 21–28.

74. Гуцуляк В.М. Медико-екологічна оцінка ландшафтів Чернівецької області: монографія / В.М. Гуцуляк, К.П. Наконечний. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т. – 2010. – 200 с.

75. Бердинюк О.В. Екологічні аспекти оцінки стану здоров'я населення / О.В. Бердинюк, Л. В.Серих // Довкілля та здоров'я. – 2001. – № 2. – С. 32–34.

76. Новаковский Б.А. Принципы создания баз данных в медико-экологическом геоинформационном картографировании / Б.А. Новаковский, А.И. Прасолова, П.Е. Каргашин // Геоинформатика. – 2006. – № 1. – С. 6–16.

77. Муха К.П. Медико-екологічна оцінка поселенських геосистем Чернівецької області : автореф. дис. канд. геогр. наук: 11.00.11 «Конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів» / К.П. Муха. – ЧНУ ім. Ю. Федьковича. – Чернівці, 2008. – 20 с.

78. Schmidt-Bleek, F. The Earth: Natural Resources and Human Intervention (Sustainability Project) / Schmidt-Bleek F. – London, 2009. – 270 p.

79. Двинин Д.Ю. Методические подходы к оценке устойчивости через хозяйственную емкость социо-эколого-экономических систем / Д.Ю. Двинин // Современные методические подходы к междисциплинарным исследованиям территориальных социоэколого-экономических систем / Екатеринбург: Инст. экономики УрО РАН. – 2014. – №3. – С. 91–103.

80. Артюхов В.В. Объективная оценка экологичности хозяйственной деятельности: методология и результаты / В.В. Артюхов, С.И. Забелин, // Предприятия, регионы России, страны мира. – 2012. – №16. – С. 113–142.

81. Козуля Т.В. Використання МІ-чисел при формуванні комплексної оцінки екологічності виробництва і ПТК / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції SAIT-2013. – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2013. – С. 115–116.

82. Schmidt-Bleek F. Das MIPS-Konzept. Weniger Naturverbrauch – mehr Lebensqualität durch Faktor 10 / Schmidt-Bleek F. – München, 1998. – 230 p.

83. Козуля Т.В. Комплексна оцінка екологічності стану техногенно навантаженої території / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Еколого-правові та економічні аспекти техногенної безпеки регіонів». – Харків: ХНАДУ, 2011. – С. 85–89.

84. Ritthoff M. Calculating MIPS – Resource Productivity of Products and Services / M. Ritthoff, H. Rohn, C. Liedtke. – Wuppertal, 2003. – 360 p.

85. Козуля Т.В. Визначення екологічної оцінки техногенного навантаження території на основі MIPS-аналізу і ризик-аналізу / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Еколого-правові та економічні аспекти техногенної безпеки регіонів». – Харків: ХНАДУ, 2010. – С. 120–123.

86. Козуля Т.В. Корпораційний підхід з оцінки екологічної безпеки в межах системного аналізу складних об'єктів / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції SAIT-2011. – К.:ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2011. – С. 104–105.

87. Данилишин Б.М. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України / Б.М. Данилишин, С.І. Дорогунцов, В.С. Міщенко. – К.: РВПС України, 1999. – 716 с.

88. Кононенко О.Ю. Розвиток потенційно небезпечних виробництв з урахуванням виникнення надзвичайних ситуацій (на прикладі Східного регіону): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: 08.10.01 «Розміщення продуктивних сил і регіональна економіка»/ О.Ю. Кононенко. – К.: НАН України. Рада по вивченню продуктивних сил України. – 2001. – 19 с.

89. 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.

90. Данилов-Данильян В.И. Экологический вызов и устойчивое развитие / В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев. – М. : «Прогресс-Традиция», 2000. – 330 с.

91. Долішній М.І. Стратегія екологічної безпеки (регіональний аспект) / М.І. Долішній, В.С. Кравцов. – Львів, 1999. – 234 с.

92. Семенов В.Ф. Регіональний рекреаційний кластер у контексті структурної перебудови економіки регіону / В.Ф.Семенов, В.М. Мозгальова, І.В. Давиденко // Регіональна економіка. – 2006. – №3. – С. 78–89.

93. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика / А.Б.Качинський, Г.А. Хміль. – К.: НІСД, 1997. – 127 с.

94. Шаронова Н.В. Інформаційно-методичне забезпечення комплексної оцінки екологічності системних об'єктів / Н.В. Шаронова, Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова, М.М. Козуля // Системний аналіз та інформаційні технології: SAIT–Київ: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ». – 2014. – №3. – С. 25–34.

95. Мусієнко М.М. Екологія: тлумачний словник / М.М. Мусієнко, В.В.Серебряков, О.В. Брайон. – К.: Либідь, 2006. – 432 с.

96. Климчук Н.А. Методические подходы к оценке риска загрязнения окружающей среды для здоровья населения на региональном уровне / Н.А. Климчук, И.А. Черниченко, В.М. Доценко // Гігієна населених місць. – 2006. – № 47. – С. 40–47.

97. Шаронова Н.В. Основи методики комплексної оцінки екологічності систем навколишнього середовища / Н.В. Шаронова, Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова, М.М. Козуля // Системний аналіз та інформаційні технології: SAIT – 2013.–Київ: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ». – 2013. – С. 17–27.

98. Звягінцева Г.В. Принципи оцінки екологічних ризиків при забрудненні навколишнього природного середовища/ Г.В.Звягінцева // Зб. тез доповідей учасників III Всеукр. наук-практ. конф. «Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України». – Запоріжжя: Фінвей, 2007. – С. 156–159.

99. Бойко Т.В. К вопросу определения рисков при оценке воздействии техногенных объектов на окружающую среду/ Т.В.Бойко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – №4/6 (34). – С.37–41.

100. Коваленко Г.Д. Екологічний ризик погіршення стану навколишнього природного середовища України при збереженні існуючих тенденцій антропогенного навантаження / Г.Д. Коваленко, Г.В. Півень, О.В. Рибалова // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення. – 2009. – № 1. – С. 52–56.

101. Сонько С.П. Концепція сталого розвитку та її методологічна дискусійність / С.П. Сонько // Регіональна економіка. – 2003. – №4. – С.13–28.

102. Сонько С.П. Просторовий розвиток соціо-природних систем: шлях до нової парадигми: монографія / С.П. Сонько – К.:Ніка Центр, 2003. – 287 с.

103. Жулавський А.Ю. Принципы сбалансированного эколого-экономического развития территории / А.Ю. Жулавський, В.Л. Окуленко // Вісник СумДУ. – 2003. – № 5 (51). – С. 64–69.

104. Звягінцева Г.В. Методика з оцінки екологічних ризиків при забрудненні навколишнього природного середовища // Вісник Донецького національного університету. Природничі науки. – 2009. – № 2. – С. 307–316.

105. Касимов А.М. Методическое обеспечение оценки воздействия техногенных объектов на окружающую среду / А.М. Касимов, Т.В. Козуля, Д.И. Емельянова, М.М. Козуля // Экологический вестник северного Кавказа. – 2016. – № 01. – С. 48–54.

106. Козуля Т.В. Комплексна екологічна оцінка природно-техногенних комплексів на основі MIPS- і ризик-аналізу / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова, М.М. Козуля // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2014. – №3 (69). – С. 8–14.

107. Козуля Т.В. Управління екологічною безпекою при реалізації концепції корпоративної екологічної системи і MIPS-аналізу / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова, В.Ю. Воловщиков // Проблеми інформаційних технологій. – 2010. – № 01 (007). – С. 49–56.

108. Козуля Т.В. Екологічний ризик на різних рівнях дослідження природно-техногенних систем, інформаційне забезпечення його оцінки / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова // Проблеми інформаційних технологій. – 2015. – №17. – С. 138–144.

109. Башкин В.Н. Управление экологическим риском: монография / В.Н. Башкин. – М.: Научный мир, 2005. – 368 с.

110. Козуля Т.В. Комплексна оцінка екологічності техногенно-навантажених територіальних об'єктів / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції SAIT-2012. – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КП», 2012. – С. 75–77.

111. Касімов О.М. Концепція комплексної оцінки системних об'єктів природно-техногенних і ландшафтно-геохімічних комплексів / О.М. Касімов,

Т.В. Козуля., Д.І. Ємельянова, М.М. Козуля, В.В. Гагарін // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – №4 (58). – С. 62–68.

112. Козуля Т.В. Система підтримки прийняття екологічного рішення в умовах концепції КЕС і новітніх технологій екологічного аналізу / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2010. – № 2 (38). – С. 285–293.

113. Бегун В.В. Розробка методів управління техногенною безпекою міста на основі імовірнісних структурно-логічних моделей небезпек виробництв: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 21.06.01 «Екологічна безпека» / В.В. Бегун. – К. : НАН України. Ін-т пробл. моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – 2007. – 20 с.

114. Kozulia T.V. Methodological aspects of complex ecological estimation of man-caused territory state and mathematical modelling of process in an environment system / T.V. Kozulia, D.I. Emelianova, N.V. Sharonova, M.M. Kozulia // 10th IEEE East-west design and test symposium (EWDTS 2012). – Kharkov: Kharkov National University of Radioelectronics, 2012. – P. 514 – 518.

115. Гузев М.М. Экономические проблемы и механизмы экологически устойчивого развития: монография / М.М. Гузев. – Волгоград: Изд-во Волгоградского гос. ун-та, 2007. – 200 с.

116. Бобров А.Л. Экономическое развитие России и рациональное природопользование / А.Л. Бобров, К.В. Папенков // Вестн. Моск. ун-та. Серия 6: Экономика. – 2004. – № 2. – С. 3–20.

117. Дятлов С.А. Информационная парадигма социально-экономического развития / С.А. Дятлов // Известия СПб университета экономики и финансов. – 2008. – №2. – С. 3–4.

118. Беспалов В.И. Методические основы социо-эколого-экономической оценки состояния окружающей среды территорий промышленных зон крупных городов / В.И. Беспалов, Е.В. Котлярова // «Строительство 2011»: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д: РГСУ. – 2011. – С. 57–64.

119. Таранюк К.В. Класифікація екологічних ризиків задля оптимізації джерел фінансування природоохоронних заходів / К.В. Таранюк // Економічні проблеми сталого розвитку. – Суми: СумДУ, 2012. – №2. – С. 155–157.

120. Бухвальд Е.А. Макроаспекты экономической безопасности: факторы, критерии и показатели / Е.А. Бухвальд, Н. В. Гловацкая, С.І. Лазуренко // Вопросы экономики. – 1994. – № 12. – С. 31–37.

121. Дятлов С.А. Предмет и метод теории информационной экономики / С.А. Дятлов, Ю.М. Осипова, В.Т. Пуляева // Экономическая теория. – М.: Юристъ. – 2008. – С. 497–518.

122. Рибалова О.В. Оцінка спрямованості процесів стану екосистем малих річок / О.В. Рибалова, С.В. Анісімова, О.В. Поддашкін // Вісник Міжнародного Слов'янського університету. – Харків, 2003. – №4. – С.12–16.

123. Васенко А.Г. Разработка методологии комплексной оценки состояния окружающей среды и качества жизни населения / А.Г. Васенко, О.В. Рыбалова, С.В. Белан // Научно-методические и прикладные аспекты экологизации. – 2013. – №2. – С.132–138.

124. Рыбалова О.В. Экологический риск ухудшения современного состояния грунтов и земельных ресурсов Украины / О.В. Рыбалова, С.В. Белан // Экология и промышленность. – 2013. – №3. – С.15–22.

125. Комариста Б.М. Екологічна складова в оцінці життєвого циклу продукції / Б.М. Комариста // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. – № 5/4 (13). – С. 30–32.

126. Statyukha G. Sustainable resource consumption assessment on LCA's basis / G. Statyukha, I. Dzhygyrey, B. Komarysta // Computer Aided Chemical Engineering. – 2009. – Vol. 26. – P. 1111–1116.

127. Бойко Т.В. Оцінка ризику промислового підприємства на стадії проектування в рамках стратегії сталого розвитку / Т.В. Бойко, В.І Бендюг, Б.М. Комариста // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – №2 (56). – С. 13–17.

128. Статюха Г.О. Зведена методика оцінювання шкідливого впливу продукції на довкілля / Г.О. Статюха, І.М. Джигирей, Б.М. Комариста // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2009. – № 1 (37). – С. 8–20.

129. Шкарупа О.В. Аналіз факторів розвитку регіону як еко-соціо-економічної системи / О.В. Шкарупа // Механізм регулювання економіки. – 2009. – №1. – С.155–159.

130. Касімов О.М. Методи і модель системи комплексного оцінювання екологічного стану природно-техногенних територій / О. М. Касімов, Т.В.Козуля, Д.І. Ємельянова, М.М. Козуля, В.В. Гагарін // Научно-производственный журнал «Экология и промышленность». – 2013. – №1 (34). – С. 21–27.

131. Каменева І.П. Комплексний аналіз екологічної безпеки міста на основі сучасних ГІС-технологій / І.П. Каменева, А.В. Яцишин, Д.О. Полішко // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2008. – № 5. – С. 41–46.

132. Ємельянова Д.І. Розробка комплексної методики оцінки екологічності природно-техногенних систем / Д.І. Ємельянова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів.– Харків : НТУ «ХП», 2016. – № 19. – С. 44–48.

133. Козуля Т.В. Теоретико-методичні основи комплексного аналізу та оцінювання екологічності природно-техногенних об'єктів / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2016. – № 1. – С. 73–84.

134. Козуля Т.В. Методичне забезпечення комплексної оцінки стану природно-техногенних систем / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова // Матеріали 17-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT-2015. – К. : ННК «ІПСА» НТУУ «КП», 2015. – С. 76–77.

135. Козуля Т.В. Особливості оцінки якості навколишнього середовища і управління екологічною безпекою з позицій сталого розвитку: автореф. ... д-ра техн. наук: 21.06.01 / Т.В. Козуля. – К., 2012. – 40 с.

136. Козуля Т.В. Еколого-гігієнічна оцінка стану території населених пунктів на основі використання концепції корпоративної екологічної системи (КЕС) / Т.В. Козуля, М.Г. Щербань, Д.І. Ємельянова, О.О.Шевченко // Проблеми інформаційних технологій. – 2010. – № 02(008). – С. 103–110.

137. Фишер Р.А. Статистические методы для исследователей / Р.А. Фишер. – М. : Просвещение, 1958. – 268 с.

138. Винокуров Г.З. Система оперативного и упреждающего управления предприятия / Г.З. Винокуров, А.А. Кошкин. – Новосибирск: Наука, 2007. – 194с.

139. Ким Дж. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж. Ким, Ч.У. Мюллер. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

140. Лоули Д. Факторный анализ как статистический метод / Д. Лоули, А. Максвелл. – М.: Мир, 1967. – 144 с.

141. Бююль А. SPSS: Искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей / А. Бююль, П. Цёфель. – Спб.: ДиаСофтЮП, 2005. – 608 с.

142. Ємельянова Д.І. Методично-інформаційне забезпечення комплексної оцінки природно-техногенних комплексів / Д. І. Ємельянова // «Эколого-правовые и экономические аспекты техногенной безопасности регионов»: Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. – Харків: ХНАДУ, 2013. – С. 112–117.

143. Bandurraga M. An overview of US chemical and environmental control laws and regulations and helpful information resources / M.Bandurraga, P. Wexler, P.J. Hakkinen // Information Resources in Toxicology. – 2015. – №12. - P. 413–423.

144. Patterson J. Human health risk assessment: selected internet and world wide web resources / J. Patterson, P.J. Hakkinen // Toxicology. – 2012. – №173. – P. 123–143.

145. Сталинский Д. В. Оценка воздействия технологии термохимической деструкции изношенных автомобильных шин на объекты окружающей среды / Д.В. Сталинский, А.Л. Скоромный, Д.І. Ємельянова, М.М. Козуля // Экология и промышленность. – 2012. – №3 (32). – С.112–121.

146. Лихоманенко В.А. Дослідження експлуатаційних властивостей синтетичних палив у дизельних двигунах автотракторного й енергетичного призначення / В.А. Лихоманенко, Л.П. Шелудько // Екологія і здоров'я людини. Охорона повітряного і водяного басейнів. Утилізація відходів: Зб. наук. статей XI Міжнар науково-практ. конф. – Харків, – 2006. – С. 43–49 .

147. Новичков Ю.А. Экологическая оценка выбросов при комплексной утилизации автомобильных шин методом пиролиза / Ю.А. Новичков, А.А. Сердюк, С.И. Падалко, В.В. Хазипова // Экология и промышленность. – 2009. – № 2 (19). – С. 71–75.

148. Козуля Т.В. Екологічна оцінка впливу процесів термохімічної деструкції зношених автомобільних шин / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова // «Інформаційні технології: Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я»: матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції (MicroCAD-2012). – Харків : НТУ «ХП». – С. 293–294.

149. Скоромный А.Л. Методология комплексной оценки экологичности разработанных энергосберегающих технологий (на примере предприятий переработки использованных автомобильных шин) / А.Л. Скоромный, Д.И. Емельянова, М.М. Козуля // Матеріали III Міжгалузевої науково-практичної конференції молодих вчених і фахівців в області проектування гірничо-металургійного комплексу, енерго- та ресурсозбереження, захисту навколишнього природного середовища. –Харків : ДП «УкрНТЦ Енергосталь», 2013. – С 156–162.

150. Касимов А.М. Методическое и информационное обеспечение комплексной оценки природно-техногенных объектов / А.М. Касимов, Т.В.Козуля, Д.И. Емельянова, М.М. Козуля // Экологический вестник северного Кавказа. – Краснодар – 2014. – № 01(10). – С. 58–64.

151. Зибров Г.В. Квалиметрические модели вербально-числового анализа экологической опасности территорий природно-хозяйственных геосистем / Г.В. Зибров, В.М. Умывакин, А.В. Швец // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2015. – № 1. – С. 112–118.

Додаток А

Опис бази токсикологічних даних IRIS (Integrated Risk Information System)

IRIS Assessments

From the IRIS Assessments page, search for information on final IRIS assessments and assessments under development.

Search IRIS
by Chemical, CASRN, or Keyword

Final Assessments - Advanced Search

Browse Assessments A-Z

[A](#) [B](#) [C](#) [D](#) [E](#) [F](#) [G](#) [H](#) [I](#) [J](#) [K](#) [L](#) [M](#) [N](#) [O](#) [P](#) [Q](#) [R](#) [S](#) [T](#) [U](#) [V](#) [W](#) [X](#) [Y](#) [Z](#) [view all](#)

Browse Assessments by Organ/System

Upcoming Events

- Jun 29 - 30, 2016: [IRIS Public Meeting \(Jun 2016\)](#)
- Jul 26, 2016: [Painesville Cohort Data re Lung Cancer](#)
- Aug 10, 2016: [Cr6 Mode of Action Research Meeting](#)



Quick Check: Assessments in Development

Draft Development	Agency/Interagency Review	Public Comment/External Peer Review	Revise Assessment	Final Agency/Interagency Review	Final Assessment*
Arsenic, inorganic Butyl benzyl phthalate (BBP) Chromium VI Di-butyl phthalate (DBP) Diethyl phthalate (DEP) Diisobutyl phthalate (DIBP) Disononyl phthalate (DINP) Ethylbenzene Hexabromocyclododecane (HBCD) Naphthalene Polychlorinated biphenyls (PCBs)	Ethyl tertiary butyl ether (ETBE) Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) mixtures	Acrylonitrile Formaldehyde Hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine (RDX) n-Butanol Tert-Butanol	Ammonia Benzo(a)pyrene (BaP) Ethylene oxide 1,2,4-trimethylbenzene 1,3,5-trimethylbenzene 1,2,3-trimethylbenzene		

* These are recently completed assessments.

Popular on IRIS - Worldwide

Most viewed chemicals:	Most searched terms:	Visits by country
Benzene Arsenic, inorganic Formaldehyde Trichloroethylene Chromium (VI) Methylmercury (MeHg)	iris epa iris iris epa herbicides hazard identification	<p>Pushed by Google Analytics 8/1/2015</p>

As of 8/1/2015

- [Problem Formulation Materials](#)
- [Preliminary Assessment Materials](#)
- [Public Comment Drafts](#)
- [Peer Review Drafts](#)

Рисунок А.1 – Фрагмент вікна головної сторінки бази даних IRIS

IRIS Advanced Search

Searches using filters for organ/system affected are limited to effects (or tumor sites) used to derive the [RfD](#), [RfC](#), [oral slope factor](#), or [inhalation unit risk](#). Other effects associated with chemicals in the IRIS database that were not used as the basis for a toxicity value are not searchable with organ/system filters.

[Load Basic HTML Version](#) Please use the filters on the left to search for assessments.

[All](#) [A](#) [B](#) [C](#) [D](#) [E](#) [F](#) [G](#) [H](#) [I](#) [J](#) [K](#) [L](#) [M](#) [N](#) [O](#) [P](#) [Q](#) [R](#) [S](#) [T](#) [U](#) [V](#) [W](#) [X](#) [Y](#) [Z](#)

[\[Clear Filters\]](#)

Refine Your Search By:

noncancer cancer

oral inhalation

Search Filtered By:

No Filters Selected

Chemical Name	CASRN	Oral RfD Assessment	Inhalation RfC Assessment	Carcinogenicity Assessment
Acenaphthene	83-32-9	Yes (Last revised: 11-01-1990)	No	No
Acenaphthylene	208-96-8	No	No	Yes (Last revised: 01-01-1991)
Acetaldehyde	75-07-0	No	Yes (Last revised: 10-01-1991)	Yes (Last revised: 06-30-1988)
Acetochlor	34256-82-1	Yes (Last revised: 09-01-1993)	No	No
Acetone	67-64-1	Yes (Last revised: 07-31-2003)	Discussion (Last revised: 07-31-2003)	Yes (Last revised: 07-31-2003)
Acetonitrile	75-05-8	Withdrawn; discussion (Last revised: 03-03-1999)	Yes (Last revised: 03-03-1999)	Yes (Last revised: 03-03-1999)
Acrolein	107-02-8	Yes (Last revised: 06-03-2003)	Yes (Last revised: 06-03-2003)	Yes (Last revised: 06-03-2003)
Acrylamide	79-06-1	Yes (Last revised: 03-22-2010)	Yes (Last revised: 03-22-2010)	Yes (Last revised: 03-22-2010)

Рисунок А.2 – Сторінка пошуку елементів з урахуванням даних токсичності та канцерогенного впливу

Acetone

CASRN 67-64-1

- [Toxicological Review \(PDF\)](#) (85 pp, 1.19 M)
- [IRIS Summary \(PDF\)](#) (26 pp, 229 K)
- Status: Acetone is not being reassessed by IRIS at this time.

Key IRIS Values

History

Health Hazard Assessments for Effects Other than Cancer

[Reference Dose for Oral Exposure \(RfD\) \(PDF\)](#) (26 pp, 229 K)

last updated: 07/31/2003

RfD (mg/kg-day)	System	Basis	PoD	Composite UF	Confidence
9×10^{-1}	Urinary	Nephropathy	NOAEL : 900 mg/kg-day	1000	Medium

[Reference Concentration for Inhalation Exposure \(RfC\) \(PDF\)](#) (26 pp, 229 K)

Information reviewed but value not estimated.

last updated: 07/31/2003

Cancer Assessment

[Weight of Evidence for Cancer \(PDF\)](#) (26 pp, 229 K)

last updated: 07/31/2003

WOE Characterization	Framework for WOE Characterization
Data are inadequate for an assessment of human carcinogenic potential	Revised Draft Guidelines for Carcinogen Risk Assessment (US EPA, 1999)

Quick Links

- [Learn About IRIS](#)
- [IRIS Assessments](#)
- [IRIS Advanced Search](#)
- [IRIS Calendar](#)
- [IRIS Recent Additions](#)
- [Contact Us](#)

Critical Effect Systems



[Urinary](#)

Chemical Structure for Acetone

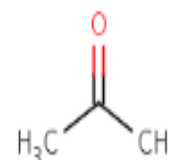


Рисунок А.3 – Фрагмент бази даних IRIS з інформацією про конкретний елемент

Додаток Б

Вхідні моніторингові дані з комплексної оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів

Рисунок Б.1 – Фрагмент программного комплексу з введення даних екологічного моніторингу діяльності Дергачівського полігону твердих побутових відходів

$$\begin{aligned}
 C1 &:= (3500 \ 1000 \ 20 \ 30 \ 450 \ 0.01 \ 0.00023 \ 0.00023) \quad MП := (100.9 \ 4.1 \ 10.11 \ 93.2 \ 58.01 \ 15.6 \ 55.51 \ 233.34) \\
 \overrightarrow{(C1 \cdot MП)} &= (3.531 \times 10^5 \ 4.1 \times 10^3 \ 202.2 \ 2.796 \times 10^3 \ 2.61 \times 10^4 \ 0.156 \ 0.013 \ 0.054) \quad S := 120000 \\
 \frac{\overrightarrow{(C1 \cdot MП)}}{S} &= (2.943 \ 0.034 \ 1.685 \times 10^{-3} \ 0.023 \ 0.218 \ 1.3 \times 10^{-6} \ 1.064 \times 10^{-7} \ 4.472 \times 10^{-7}) \\
 MIPS &:= \sum (2.943 \ 0.034 \ 1.685 \times 10^{-3} \ 0.023 \ 0.218 \ 1.3 \times 10^{-6} \ 1.064 \times 10^{-7} \ 4.472 \times 10^{-7}) = 3.22 \\
 K &:= (3 \ 3 \ 4 \ 2 \ 3 \ 2 \ 3 \ 2) \quad GDK := (350 \ 500 \ 2 \ 3.3 \ 45 \ 0.1 \ 0.01 \ 0.1) \\
 \overrightarrow{\left(\frac{C1}{GDK \cdot K}\right)} &= (3.333 \ 0.667 \ 2.5 \ 4.545 \ 3.333 \ 0.05 \ 7.667 \times 10^{-3} \ 1.15 \times 10^{-3}) \\
 \overrightarrow{\ln\left(\frac{C1}{GDK \cdot K}\right)} &= (1.204 \ -0.405 \ 0.916 \ 1.514 \ 1.204 \ -2.996 \ -4.871 \ -6.768) \\
 \text{if } \overrightarrow{\left(\frac{C1}{GDK \cdot K}\right)} > 1 & \quad \begin{array}{llll} Risk1 := 3.333 - 1.204 & Risk3 := 2.5 - 0.96 & Risk4 := 4.545 - 1.514 & Risk5 := 3.333 - 1.204 \\ Risk1 = 4.013 & Risk3 = 2.4 & Risk4 = 6.881 & Risk5 = 4.013 \end{array} \\
 \text{else} & \\
 \overrightarrow{\left(\ln\left(1 - \frac{C1}{GDK \cdot K}\right)\right)} &= (0.847 + 3.142i \ -1.099 \ 0.405 + 3.142i \ 1.266 + 3.142i \ 0.847 + 3.142i \ -0.051 \ -7.696 \times 10^{-3} \ -1.151 \times 10^{-3}) \\
 Risk2 &:= 0.732 \quad Risk7 := 5.9 \times 10^{-5} \quad Risk6 := 2.565 \times 10^{-3} \quad Risk8 := 1.323 \times 10^{-6} \\
 \sum (3.333 \ 2.5 \ 4.545 \ 3.333) &+ \sum (3.333 \ 0.667 \ 2.5 \ 4.545 \ 3.333 \ 0.05 \ 7.667 \times 10^{-3} \ 1.15 \times 10^{-3}) = 0.95 \quad Riskproc := 0.95
 \end{aligned}$$

Рисунок Б.2 – MIPS- і ризик-оцінка екологічності Дергачівського полігону

Комплексная оценка экологичности природно-техногенных объектов

Введенные значения Результат

Введите количество элементов: 8 Компонент окружающей среды: Водная среда

Введите количество периодов: 1 Масса конечного продукта: 180000

Создать

Введите значения концентраций Введите значения ПДК Введите значения класса опасности

Хлориды	3533
Сульфаты	240
Аммиак	5,03
Нитриты	4,75
Нитраты	29
Свинец	0,39
Медь	0,000912
Никель	0,00032

350
500
2
3,3
45
0,1
0,01
0,1

3
3
4
2
3
2
3
2

Рассчитать

Рисунок Б.3 – Фрагмент программного комплекса з введення даних екологічного моніторингу діяльності Рівненського полігону твердих побутових відходів

$$C2 := (3533 \ 240 \ 5.03 \ 4.75 \ 29 \ 0.39 \ 0.000912 \ 0.00032) \quad M := (100.9 \ 4.1 \ 10.11 \ 93.2 \ 58.01 \ 15.6 \ 55.51 \ 233.34)$$

$$\frac{C2 \cdot M}{S} = \left(3.565 \times 10^5 \ 984 \ 50.853 \ 442.7 \ 1.682 \times 10^3 \ 6.084 \ 0.051 \ 0.075 \right) \quad S := 180000$$

$$\frac{\left(\frac{C2 \cdot M}{S} \right)}{S} = \left(1.98 \ 5.467 \times 10^{-3} \ 2.825 \times 10^{-4} \ 2.459 \times 10^{-3} \ 9.346 \times 10^{-3} \ 3.38 \times 10^{-5} \ 2.813 \times 10^{-7} \ 4.148 \times 10^{-7} \right)$$

$$MIPS := \sum \left(1.98 \ 5.467 \times 10^{-3} \ 2.825 \times 10^{-4} \ 2.667 \times 10^{-3} \ 9.346 \times 10^{-3} \ 3.38 \times 10^{-5} \ 2.813 \times 10^{-7} \ 4.148 \times 10^{-7} \right) = 1.998$$

$$K := (3 \ 3 \ 4 \ 2 \ 3 \ 2 \ 3 \ 2) \quad GDK := (350 \ 500 \ 2 \ 3.3 \ 45 \ 0.1 \ 0.01 \ 0.1)$$

$$\frac{C2}{GDK \cdot K} = \left(3.365 \ 0.16 \ 0.629 \ 0.72 \ 0.215 \ 1.95 \ 0.03 \ 1.6 \times 10^{-3} \right)$$

$$\ln \left(\frac{C2}{GDK \cdot K} \right) = (1.213 \ -1.833 \ -0.464 \ -0.329 \ -1.538 \ 0.668 \ -3.493 \ -6.438)$$

$$\text{if } \left(\frac{C2}{GDK \cdot K} \right) > 1 \quad \text{Risk1} := 3.365 - 1.213 \quad \text{Risk6} := 1.95 - 0.668$$

$$\text{else} \quad \text{Risk1} = 4.082 \quad \text{Risk6} = 1.303$$

$$\left(\frac{-C2}{GDK \cdot K} \cdot \ln \left(1 - \frac{C2}{GDK \cdot K} \right) \right) = (-2.896 \ -10.571i \ 0.028 \ 0.623 \ 0.915 \ 0.052 \ 0.1 \ -6.126i \ 9.385 \times 10^{-4} \ 2.562 \times 10^{-6})$$

$$\text{Risk2} := 0.028 \quad \text{Risk4} := 0.915 \quad \text{Risk7} := 9.385 \times 10^{-4}$$

$$\text{Risk3} := 0.623 \quad \text{Risk5} := 0.052 \quad \text{Risk8} := 2.562 \times 10^{-6}$$

$$\text{Riskproc} := \sum (3.365 \ 1.95) + \sum \left(3.365 \ 0.16 \ 0.629 \ 0.78 \ 0.215 \ 1.95 \ 0.03 \ 1.6 \times 10^{-3} \right) = 0.745$$

Рисунок Б.4 – MIPS- і ризик-оцінка екологічності Рівненського полігону

Рисунок Б.5 – Фрагмент программного комплекса з введення моніторингових даних застосування технології термохімічної деструкції зношених автомобільних шин

$$\begin{aligned}
 C &:= (0.3677 \ 0.6129 \ 0.091 \ 0.091 \ 0.036 \ 8.358 \ 9.965 \ 4.05) \quad MI := (1.05 \ 0.61 \ 1.05 \ 0.61 \ 3.9 \ 4.7 \ 4.7 \ 0.04) \\
 \overrightarrow{(C-MI)} &= (0.386 \ 0.374 \ 0.096 \ 0.056 \ 0.14 \ 39.283 \ 46.836 \ 0.162) \quad S := 400 \\
 \frac{\overrightarrow{(C-MI)}}{S} &= (9.652 \times 10^{-4} \ 9.347 \times 10^{-4} \ 2.389 \times 10^{-4} \ 1.388 \times 10^{-4} \ 3.51 \times 10^{-4} \ 0.098 \ 0.117 \ 4.05 \times 10^{-4}) \\
 MIPS1 &:= \sum (9.652 \times 10^{-4} \ 9.347 \times 10^{-4} \ 2.389 \times 10^{-4} \ 1.388 \times 10^{-4} \ 3.51 \times 10^{-4} \ 0.098 \ 0.117 \ 4.05 \times 10^{-4}) = 0.218 \\
 K &:= (2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2) \quad GDK := (0.085 \ 5 \ 0.085 \ 5 \ 50 \ 10 \ 10 \ 6.5) \\
 \overrightarrow{\left(\frac{C}{GDK \cdot K}\right)} &= (2.163 \ 0.061 \ 0.535 \ 9.1 \times 10^{-3} \ 3.6 \times 10^{-4} \ 0.418 \ 0.498 \ 0.312) \\
 \overrightarrow{\ln\left(\frac{C}{GDK \cdot K}\right)} &= (0.771 \ -2.792 \ -0.625 \ -4.699 \ -7.929 \ -0.873 \ -0.697 \ -1.166) \\
 \overrightarrow{\ln\left(1 - \frac{C}{GDK \cdot K}\right)} &= (0.151 + 3.142i \ -0.063 \ -0.766 \ -9.142 \times 10^{-3} \ -3.601 \times 10^{-4} \ -0.541 \ -0.69 \ -0.373) \\
 \text{if } \overrightarrow{\left(\frac{C1}{GDK \cdot K}\right)} > 1 & \quad Risk1 := 2.163 - 0.771 \quad Risk1 = 1.668 \\
 \text{else} & \\
 \overrightarrow{\left(\frac{C}{GDK \cdot K} \cdot \ln\left[1 - \left(\frac{C}{GDK \cdot K}\right)\right]\right)} &= (-0.327 - 6.795i \ 3.877 \times 10^{-3} \ 0.41 \ 8.319 \times 10^{-5} \ 1.296 \times 10^{-7} \ 0.226 \ 0.344 \ 0.116) \\
 Risk &:= (1.668 \ 3.877 \times 10^{-3} \ 0.41 \ 8.319 \times 10^{-5} \ 1.296 \times 10^{-7} \ 0.226 \ 0.344 \ 0.116) \\
 Riskproc &:= \left[1.668 + \sum (1.668 \ 3.877 \times 10^{-3} \ 0.41 \ 8.319 \times 10^{-5} \ 1.296 \times 10^{-7} \ 0.226 \ 0.344 \ 0.116) \right] = 0.603
 \end{aligned}$$

Рисунок Б.6 – MIPS- і ризик-оцінка екологічності технології термохімічної деструкції зношених автомобільних шин

Рисунок Б.7 – Фрагмент программного комплекса з введення моніторингових даних роботи виробництва з утилізації шламів

$$\begin{aligned}
 C3 &:= (4.5 \ 4.0 \ 0.0005 \ 0.01 \ 0.035 \ 0.001 \ 0.00002 \ 0.0004) \quad MI := (3.84 \ 4.1 \ 18.7 \ 40.2 \ 7.43 \ 85.5 \ 0 \ 15.6) \\
 \overrightarrow{(C3 \cdot MI)} &= (17.28 \ 16.4 \ 9.35 \times 10^{-3} \ 0.402 \ 0.26 \ 0.086 \ 0 \ 6.24 \times 10^{-3}) \quad S := 200 \\
 \frac{\overrightarrow{(C3 \cdot MI)}}{S} &= (0.086 \ 0.082 \ 4.675 \times 10^{-5} \ 2.01 \times 10^{-3} \ 1.3 \times 10^{-3} \ 4.275 \times 10^{-4} \ 0 \ 3.12 \times 10^{-5}) \\
 MIPS3 &:= \sum (0.086 \ 0.082 \ 4.675 \times 10^{-5} \ 2.01 \times 10^{-3} \ 1.3 \times 10^{-3} \ 4.275 \times 10^{-4} \ 0 \ 3.12 \times 10^{-5}) = 0.172 \\
 K &:= (4 \ 4 \ 2 \ 3 \ 2 \ 2 \ 2 \ 1) \quad GDK := (300 \ 500 \ 0.01 \ 0.2 \ 0.5 \ 0.02 \ 0.005 \ 0.06) \\
 \frac{\overrightarrow{C3}}{GDK \cdot K} &= (3.75 \times 10^{-3} \ 2 \times 10^{-3} \ 0.025 \ 0.017 \ 0.035 \ 0.025 \ 2 \times 10^{-3} \ 6.667 \times 10^{-3}) \\
 \ln \left(\frac{\overrightarrow{C3}}{GDK \cdot K} \right) &= (-5.586 \ -6.215 \ -3.689 \ -4.094 \ -3.352 \ -3.689 \ -6.215 \ -5.011) \\
 Risk &= \left(\frac{\overrightarrow{C3}}{GDK \cdot K} \cdot \ln \left[1 - \left(\frac{\overrightarrow{C3}}{GDK \cdot K} \right) \right] \right) = (1.409 \times 10^{-5} \ 4.004 \times 10^{-6} \ 6.329 \times 10^{-4} \ 2.801 \times 10^{-4} \ 1.247 \times 10^{-3} \ 6.329 \times 10^{-4} \ 4.004 \times 10^{-6} \ 4.459 \times 10^{-5})
 \end{aligned}$$

Рисунок Б.8 – Оцінка впливу на об'єкти навколишнього природного середовища (ущільнений залишок, осад)

Додаток В

Інтерпретація результатів проведення аналізу екологічного ризику

Оцінка загального рівня екологічного ризику інтерпретується за шкалою, яка має п'ять градацій (табл. В.1) [151].

Таблиця В.1 – Шкала визначення загального рівня екологічного ризику

Значення	Оцінка ризику
0-1,0	Ризик відсутній
1-1,5	Низький
1,5-3,0	Середній
3-4	Високий
4-5	Максимальний

Визначення рівня екологічного ризику з урахуванням процесів у системі дослідження здійснюється з позиції трансформації у внутрішньому просторі системи дестабілізуючих факторів, які призводять до стабілізації або дестабілізації кінцевого стану «система – НС» за індексами відхилення від нормативних показників:

$$I = \frac{|C_{\Pi_i} - C_{\kappa_i}|}{|C_{N_i} - C_{\kappa_i}|}$$

де C_{Π_i} – значення концентрації i -го показника навантаження у початковому стані системи, кг/м³;

C_{κ_i} – значення концентрації i -го показника навантаження у кінцевому стані системи, кг/м³;

C_{N_i} – нормативне значення концентрації i -го показника навантаження, кг/м³.

З урахуванням змін щодо можливих перебігів процесів накладаються умови розбіжностей виду: $C_N - C_K \neq 0$, приймаються умови обмеження відхилення від нормативу 5%.

Результати впливу процесів змін факторів на кінцевий стан системи встановлюються за такою запропонованою шкалою оцінки безпечності:

– $C_N - C_K \rightarrow \max$ та $C_{II} - C_K \rightarrow \max$, то $I \rightarrow 0$, система знаходиться у стабільно безпечному стані;

– $C_N - C_K \rightarrow \max$ та $C_{II} - C_K \rightarrow \min$, то $I < 1$, система знаходиться у прийнятному стані;

– $C_N - C_K \rightarrow \min$ та $C_{II} - C_K \rightarrow \min$, то $I > 1$, система знаходиться у екологічно неприйнятному стані;

– $C_N - C_{II} \rightarrow \min$, $C_N - C_K \rightarrow \min$ та $C_{II} - C_K \rightarrow \min$, то $I \rightarrow \infty$, система знаходиться у екологічно небезпечному стані;

– $C_N = C_{II}$, то $I = 1$, система знаходиться у рівноважному стані.

Оцінка ризику змін в системі при переході до кінцевого стану $Risk_{proc}$ проводиться за логарифмічною функцією з урахуванням індексів $I > 0,7$, що становлять величини $I = I_{нег}$ (рис. Б.1):

$$Risk_{proc} = I_{нег} \cdot \ln(I_{нег}).$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Найменування	Ліміт, т	Факт об'єм, т	I_1	I_2	RISK ₁	RISK ₂	$I_{нег}$	$Risk_{proc}$	
2	Діоксид азоту	725,037	207,95	251,74	0,14	0,17	0,02	0,03	2,62	2,523517
3	Аміак	75,04	10,7	22,36	0,04	0,07	0,00	0,01	1,95	=I3*LN(I3)
4	Ангідрид сірчистий	5862,8	4417,88	4432,84	0,25	0,25	0,07	0,07		
5	Вуглецю оксид	164,15	45,87	69,82	0,07	0,11	0,01	0,01		
6	Вуглеводні	1,73	1,52	1,83	0,29	0,35	0,10	0,15		
7	Зважені речовини	3111,61	771,32	1013,4	0,08	0,11	0,01	0,01		
8	Газоподібні фтористі сполуки	33,24	3,15	5,43	0,05	0,08	0,00	0,01		
9	Марганець та його сполуки	0,012	0,04	0,047	1,67	1,96	0,85	1,32		
10	Свинець та його сполуки	0,00026	0,00025	0,00013	0,96	0,5	3,13	0,35		
11	Хром та його сполуки	0,1164	0,029	0,033	0,25	0,28	0,07	0,09		
12	Кислота сірчана	1561,48	561,63	584,24	0,18	0,19	0,04	0,04		

I_1 – індекс відхилення від нормативних показників у стані₁ об'єкта, I_2 – індекс відхилення від нормативних показників у стані₂, $Risk_1$ – ризик для стану₁ як оцінка ступеня негативного впливу на об'єкти НПС, $Risk_2$ – ризик для стану₂ як оцінка стабільності факторів впливу на кінцевий стан системи, $Risk_{proc}$ – ризик з позиції трансформації у внутрішньому просторі системи дестабілізуючих факторів, які призводять до стабілізації (дестабілізації) кінцевого стану «система–НС»

Рисунок В.1 – Розрахунок ризиків при переході системи до кінцевого стану

Інтерпретація результатів ризик-аналізу кінцевого стану об'єкта на основі індексів перебігу процесів у системі дослідження проводиться за вербально-бальною шкалою рівнів екологічного ризику (табл. В.2):

Таблиця В.2 – Шкала визначення екологічних ризиків з урахуванням процесів у системі дослідження

Значення	Рівень ризику
0,0–0,2	Мінімальний ризик
0,2–0,37	Малий ризик
0,37–0,63	Середній ризик
0,63–0,8	Високий ризик
0,8–1,0	Максимальний ризик

Додаток Г

**Акт про використання результатів кандидатської дисертації у
навчальному процесі НТУ «ХП»**



ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи
НТУ «ХП»
Марченко А. П.
"30 червня" 2016 р.

АКТ

про використання результатів кандидатської дисертаційної роботи
асистента кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики
Ємельянової Дар'ї Ігорівни

"Оцінка екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів на основі
інформаційно-методичного забезпечення" у навчальному процесі НТУ «ХП»

Теоретичні результати дисертаційної роботи Ємельянової Дар'ї Ігорівни, яка виконувалась на кафедрі комп'ютерного моніторингу і логістики Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", впроваджено у навчальний процес при викладанні спеціальних дисциплін "Основи наукових досліджень", "Моделювання економічних систем", "Комп'ютерна графіка" для спеціальності "Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг" в НТУ "ХП" з метою поліпшення якості викладання цих дисциплін за рахунок насичення матеріалу новітніми дослідженнями та публікаціями, для ознайомлення студентів з розробленим інформаційно-алгоритмічним забезпеченням комплексної оцінки екологічності і безпеки природно-техногенних об'єктів.

Використання програмного забезпечення, що розроблено у дисертаційній роботі Ємельянової Дар'ї Ігорівни, здійснюється у курсовому проектуванні та при проведенні науково-дослідницької роботи студентів на кафедрі комп'ютерного моніторингу і логістики НТУ «ХП».

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 Д

Довідка про впровадження результатів кандидатської роботи у навчальний процес НТУ «ХПІ»



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор науково-педагогічної роботи
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут», професор
Сакара Ю. Д.

« 30 » вересня 2016 р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів кандидатської дисертаційної роботи
асистента кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики

Ємельянової Дар'ї Ігорівни

"Оцінка екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів на основі інформаційно-методичного забезпечення"

Матеріали кандидатської дисертаційної роботи Ємельянової Дар'ї Ігорівни, в якій розроблено алгоритмічно-інформаційне забезпечення комплексної оцінки екологічності і безпечності природно-техногенних об'єктів, використовуються 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. При викладанні навчальної дисципліни «Основи наукових досліджень» загальним обсягом 96 годин (3 кред.) використане у модулі 2 «Інформаційне забезпечення наукових досліджень» розроблене в дисертаційній роботі інформаційно-програмне забезпечення комплексної оцінки екологічності складних природно-техногенних утворень для отримання основи щодо прийняття управлінського рішення відповідно до факторів дестабілізації стану і процесів об'єкта дослідження.

2. При викладанні навчальної дисципліни «Моделювання економічних систем» загальним обсягом 96 годин (3 кред.) використані запропоновані в дисертаційній роботі основи системного підходу, який поєднує різні методи оцінки і прогнозування стану об'єктів навколишнього природного середовища для отримання повного аналізу дослідження з урахуванням математичних моделей, сучасних методик оцінки впливу техногенних джерел на природне середовище і їх відповідності вимогам екологічної безпеки. У модулі 2 «Система показників кількісного оцінювання ступеня ризику» використане розроблене методичне забезпечення ризик-аналізу в межах комплексної оцінки екологічності та безпечності природно-техногенних об'єктів.

3. При викладанні навчальної дисципліни «Комп'ютерна графіка» загальним обсягом 96 годин (3 кред.) використані у модулі 2 «Векторна графіка» для вивчення теми: «Робота з графіками та діаграмами» розроблена в дисертаційній роботі інформаційно-алгоритмічна підтримка методики комплексної оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів для обробки графічних зображень, отриманих при розрахунках соціально-еколого-економічних показників.

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 Ж

**Акт про використання результатів кандидатської дисертації
ДП «УкрНТЦ «Енергосталь»**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Генеральний директор Державного підприємства
«Український науково-технічний центр
металургійної промисловості «Енергосталь»
д. т. н., проф. Д. В. Сталінський
«2» Квітня 2016 р.



АКТ

**про використання результатів кандидатської дисертаційної роботи
Ємельянової Дар'ї Ігорівни**

Цей акт підтверджує, що результати дисертаційної роботи Ємельянової Дар'ї Ігорівни з тематики **«Оцінка екологічності і безпеки природно-техногенних об'єктів на основі інформаційно-методичного забезпечення»**, яку виконано в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут».

На основі наданого у дисертаційній роботі інформаційно-алгоритмічного забезпечення комплексної оцінки екологічності природно-техногенних об'єктів проведено обґрунтування екологічної безпечності технології термохімічної деструкції зношених автомобільних шин (комплекс ТХД ЗАШ-600).

Результати розрахунків екологічної якості техногенних об'єктів використані у дослідженнях і проєктах ДП «УкрНТЦ «ЕНЕРГОСТАЛЬ».

Заст. директора з НТР
«НДІ «Енергосталь», к.т.н.

 А.Л. Скоромний


Заст. директора з НТР «УкрНДІмет»,
д.т.н., проф.

 О.М. Касімов

Додаток К

Акт про використання результатів роботи у центральній науково-дослідній лабораторії ХНМУ

ЗАТВЕРДЖУЮ
 професора з наукової роботи
 Харківського національного
 медичного університету
 проф. М. Г. Щербань



« 19 » 08 . 2016 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Найменування пропозиції для впровадження. Методика інформаційно-алгоритмічного забезпечення для оцінки масиву наукової інформації.
2. Найменування установи. Харківський національний медичний університет.
3. Автор. Аспірант Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Смелянова Дар'я Ігорівна
4. Джерело інформації. Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук з тематики: «**Оцінка екологічності і безпеки природно-техногенних об'єктів на основі інформаційно-методичного забезпечення**», яку виконано в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут».
5. Де та коли впроваджено. Центральна науково-дослідна лабораторія Харківського національного медичного університету.
6. Зауваження та пропозиції: немає.

Відповідальний за впровадження.

Завідувач Центральної науково-дослідної
 лабораторії Харківського національного
 медичного університету



доц. Т.О. Іваненко