МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КОЗУЛЯ МАРІЯ МИХАЙЛІВНА

УДК 504.7.064.3:614

КОМПЛЕКСНА ІНФОРМАЦІЙНО-СИСТЕМНА ОЦІНКА РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Суми – 2017

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі інтелектуальних комп'ютерних систем Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Шаронова Наталія Валеріївна,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків,
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри
інтелектуальних комп'ютерних систем.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Адаменко Микола Ігоревич,
Харківський національний університет
імені В.Н. Каразіна, м. Харків,
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри охорони праці та безпеки
життєдіяльності фізико-енергетичного факультету;

кандидат технічних наук, доцент
Козій Іван Сергійович,
Сумський державний університет, м. Суми,
Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри прикладної екології.

Захист відбудеться «01» червня 2017 р. о 11^{00} годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 55.051.04 Сумського державного університету за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, корп. Ц, ауд. 204.
З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Сумського державного університету за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

Автореферат розісланий «27» квітня 2017 р.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради К 55.051.04,
кандидат технічних наук, доцент Л.Л. Гурець

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Техногенне навантаження на навколишнє природно-соціальне середовище в Україні в кілька разів перевищує відповідні показники в розвинутих країнах світу, що ставить завдання запровадження високоефективної системи контролю екологічної безпеки об'єктів довкілля, комплексних систем моніторингу якості природно-техногенних територій, розробки інформаційних баз для ідентифікації екологічного стану територій держави.

Нестійкий стан техногенно-навантажених об'єктів призводить до якісних перетворень, змін і перебудов, що потребує своєчасного виявлення на основі комплексного оцінювання стану «система – навколишнє середовище (НС)», аналізу відповідності прийнятному рівню безпеки екологічних наслідків функціонування систем для запобігання небезпечних ситуацій. Особливе значення у таких дослідженнях набуває інформаційна компонента, яка враховує якісні характеристики систем, кількісні оцінки їх взаємодії з навколишнім середовищем, дозволяє вирішувати проблемні завдання з оцінки рівня екологічної безпеки складних об'єктів різного рівня організації на основі розвитку систем комп'ютерно-програмного забезпечення обробки даних екологічних досліджень відповідно до теорії системного аналізу і методів надання знань у галузі сучасних еколого-соціально-економічних досліджень.

У такому разі актуальним є запровадження методології оцінки рівня екобезпеки складних об'єктів на базі інформаційно-методичного забезпечення комплексного дослідження стану системних утворень, що включає методи системного аналізу, синергетики, теорії інформації та моделювання слабоструктурованих систем із застосуванням функції інформаційної ентропії. Теоретико-прикладна основа цих екологічних досліджень заснована на науково-теоретичних роботах таких вітчизняних і зарубіжних науковців: І.Р. Пригожина, Є.І. Кучеренка, Г.А. Кучаковської, Н.В. Караєвої, Л.О. Левченко, P.K. Ahluwalia, A.K. Nema, S.K. Gupta, L. Boltzmann, А.Б. Качинського та ін.

На основі зазначеного вище можна стверджувати, що розробка методичної основи комплексної інформаційно-системної оцінки стану екобезпеки системних об'єктів є актуальною і необхідною для підвищення рівня екологічної якості довкілля в умовах економічного зростання і потреб збереження природних систем.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі інтелектуальних комп'ютерних систем згідно з державним замовленням на науково-технічні праці за науковими напрямами Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» у межах планів держбюджетної НДР

МОН України: «Розробка математичних моделей та методів розв'язання задач інтелектуальної обробки інформації» (ДР № 0108U003926), сумісного проекту ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» і ХМУ «Обґрунтування концепції управління поводження відходами з оцінкою ризику здоров'ю населення в басейні міжрегіонального джерела водопостачання р. С. Донець» (ДР 0110 U001804). Практичні дослідження роботи пов'язані з виконанням господарської договірної науково-дослідної роботи з ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» за темами «Переробка зношених автомобільних шин методом термохімічної деструкції», «Розробка ТЕО з організації системи повернення води господарчо-побутових стоків з метою їх використання у виробничому водопостачанні» (лист № 1-01-11336 від 13.11.2013), розв'язанням окремих розрахункових задач за темою «Модуль очистки шламових вод» у межах наукового співробітництва на 2014–2015 рр. з ООВ «Научно-технический центр «ЭКОМАШ» (№ 444 – 2014 від 04.08.2014).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є визначення комплексної інформаційно-системної оцінки екологічної безпеки стану складних об'єктів («система – НС») на основі розробки інформаційно-методичного забезпечення для системи екологічного управління.

Відповідно до зазначеної мети поставлено і вирішено такі теоретично-прикладні завдання:

1) проаналізувати сучасні підходи з оцінки екологічної якості природно-техногенних об'єктів, моделей та методів визначення рівня екологічної безпеки складних систем; сформулювати основні вимоги до інформаційного забезпечення складних систем;

2) визначити основні підходи до розв'язання задач оцінки рівня екологічної безпеки на основі запровадження математичних методів моделювання, аналізу складних об'єктів відповідно до положень теорії ентропії та інформації;

3) обґрунтувати структуру комплексної системи оцінювання рівня екологічної безпеки природно-техногенних об'єктів в умовах невизначеності виду «(система – навколишнє середовище) – зміни системи – процес – стан системи» на основі використання ентропійної функції стану систем, оцінки перебігу процесів у них і взаємодії «система – НС»;

4) розробити математично-інформаційне забезпечення оцінки екобезпеки складних об'єктів з дослідження рівня екологічної якості на основі створених знання-орієнтованих інформаційних систем;

5) впровадити результати дисертаційної роботи у реальні об'єкти, організаційно-технічні системи в умовах невизначеності інформації на основі застосування розробленого інформаційно-методичного забезпечення для системи екологічного управління.

Об'єкт дослідження – методи оцінки рівня екологічної безпеки стану складної системи «об'єкт – навколишнє середовище».

Предметом дослідження є інформаційно-системна оцінка стану рівня екологічної безпеки складних об’єктів на основі розробки комплексного методичного та інформаційно-програмного забезпечення у вигляді знання-орієнтованих баз екологічних даних.

Методи дослідження засновані на комплексному використанні підходів, моделей та методів системного аналізу складних об’єктів, статистичного аналізу моніторингових даних, теорії самоорганізації систем – синергетики, теорії ентропії, теоретико-практичних основ розробки екологічних знання-орієнтованих баз даних (програмний продукт для персонального комп’ютеру у середовищі Microsoft Visual Studio 2005 мовою C#, розробка для мобільного пристрою на операційній системі Android у середовищі Eclipse with Android Development Tools мовою Java).

Наукова новизна одержаних результатів полягає в теоретично-прикладному обґрунтуванні системи інформаційно-методичного забезпечення комплексної оцінки рівня екологічної безпеки складних об’єктів на основі розробки знання-орієнтованих інформаційних систем, що дозволило отримати такі наукові результати:

– вперше надана комплексна система методів оцінки відповідності стану і функціональних характеристик об’єктів «система – навколишнє середовище» вимогам екологічної безпеки на основі застосування положень теорії інформаційної ентропії, синергетики, інформації;

– вперше запропонована інформаційно-аналітична система оцінки рівня екологічної безпеки для комплексного дослідження «(система – навколишнє середовище) – зміни – процес – стан системи» на єдиній математичній базі обробки моніторингових даних;

– удосконалено методичні засоби моделювання різнорідних природно-техногенних систем на основі використання положень теорії інформаційної ентропії, методу компараторної ідентифікації для оцінки ступеня їх відповідності вимогам екологічної безпеки;

– удосконалено інформаційно-методичне забезпечення комплексного оцінювання рівня екологічної безпеки системних об’єктів в умовах невизначеності при застосуванні положень теорії інформаційної ентропії;

– отримали подальшого розвитку засоби алгоритмічного та інформаційно-програмного забезпечення систем комплексної оцінки рівня екологічної безпеки «об’єкт – НС» в умовах невизначеності та ризику на основі розробки знання-орієнтованих баз екологічних даних.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено інформаційно-методичне та алгоритмічне забезпечення з комплексної оцінки рівня екологічної безпеки природно-техногенних об’єктів. Розроблено інформаційно-програмний комплекс для дослідження питань екологічної безпеки в умовах невизначеності, що дозволило надати подальший розвиток системам обробки інформації моніторингових систем

для визначення екологічного стану природно-техногенних комплексів на феноменологічній основі завдяки застосуванню знання-орієнтованих баз даних для урегулювання еколого-соціально-економічних питань на рівні макро-, меза- і мікродосліджень.

За наданим інформаційно-алгоритмічним забезпеченням комплексної оцінки екобезпеки проведені екологічні дослідження складних систем за темами: «Переробка зношених автомобільних шин методом термохімічної деструкції», «Розробка ТЕО з організації системи повернення води господарчо-побутових стоків з метою їх використання у виробничому водопостачанні» (акт впровадження від 28.12.2016).

За результатами дисертаційної роботи запропоновано комплексну аналітичну систему оцінювання стану екологічної якості об’єктів на основі послідовного розв’язання невизначеності у вигляді «(система – навколишнє середовище) – зміни системи – процес – стан системи» з використанням ентропійної функції відповідності для аналізу стану і перебігу процесів; розроблено алгоритмічне забезпечення реалізації методів з комплексної оцінки якості територіальних об’єктів з ідентифікацією рівня здоров’я населення як узагальненого критерію екологічної безпеки функціонування еколого-соціально-економічних систем (акт впровадження від 25.11.2016).

Результати дисертаційної роботи щодо досліджень складних систем, математичного моделювання в умовах невизначеності та сучасних розробок інформаційно-методичного забезпечення робіт з еколого-соціально-економічного аналізу територіальних і виробничих об’єктів впроваджено на кафедрі інтелектуальних комп’ютерних систем Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» при викладанні дисциплін «Основи програмування», «Програмування», «Основи обробки електронної інформації», «Основи інформатики та комп’ютерної техніки» (акт впровадження від 11.01.2017).

Особистий внесок здобувача полягає в удосконаленні розв’язання задач невизначеності за імовірнісно-ентропійним підходом; використанні ентропійної функції як оцінки стану екобезпеки; встановленні напрямів удосконалення методів оцінки рівня екологічної безпеки природно-техногенних систем в умовах невизначеності та ризику; впровадженні компараторної ідентифікації для комплексної оцінки рівня безпеки об’єктів; визначенні комплексної аналітичної системи оцінки рівня екологічної безпеки складних систем і розробці математично-алгоритмічного забезпечення екологічних досліджень природно-техногенних об’єктів; впровадженні технологій знання-орієнованих баз даних, розробці інформаційно-програмного продукту та їх практичного застосування для комплексної інформаційно-системної оцінки рівня екобезпеки складних систем. Внесок автора у роботах, опублікованих у співавторстві, наведений у списку праць за темою дисертації.

Апробація результатів досліджень. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на таких конференціях: Міжнародні науково-технічні конференції «Системный анализ и информационные технологии (SAIT)» (Київ, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016); Міжнародна науково-практична конференція «Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем» (TAAPSD'2015) (Київ, 2015); Міжнародні науково-практичні конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, 2012, 2015, 2016); Міжнародні науково-практичні конференції «Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів» (Харків 2012, 2013); Міжнародна наукова конференція «Економіка для екології» (Суми 2012); Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2012); Всеукраїнські науково-практичні конференції «Інтелектуальні системи та прикладна лінгвістика» (Харків 2015, 2016); Information technologies in information business conference (ITIB) (Харків 2015); III Всеросійська наукової конференції та школи молодих вчених «Системы обеспечения техносферной безопасности» (Таганрог 2016).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 41 наукова праця: колективна монографія, 20 статей у спеціалізованих виданнях, що входять до наукових фахових видань з переліку МОН України та наукометричних баз даних, 1 стаття у виданні, що входить до бази SCOPUS, 3 статті у зарубіжних виданнях; 17 тез доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях, з яких 1 у зарубіжному науковому виданні.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 190 сторінках, у тому числі основний текст на 164 сторінках, ілюструється 4 таблицями, 50 рисунками, містить перелік умовних скорочень, складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 165 найменувань на 19 сторінках, 8 додатків на 25 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі дослідження, встановлено стан проблеми, визначено наукову новизну, наукове та практичне значення отриманих результатів, рівень апробації, обсяг наукових публікацій за результатами роботи.

У першому розділі проведений огляд моделей та методичних підходів з оцінювання якості складних систем, визначений рівень їх можливостей щодо аналізу взаємодії «система – НС», напрямів вдосконалення методичного забезпечення при реалізації системного аналізу для встановлення рівня екологічної безпеки складних об'єктів природно-техногенного походження (рис. 1).

Згідно з визначеними особливостями застосування інформаційних технологій для забезпечення процедур екологічного аналізу стану безпеки

складних систем надано напрями формування інформаційно-методичної бази для комплексного оцінювання екологічної якості системних об’єктів.

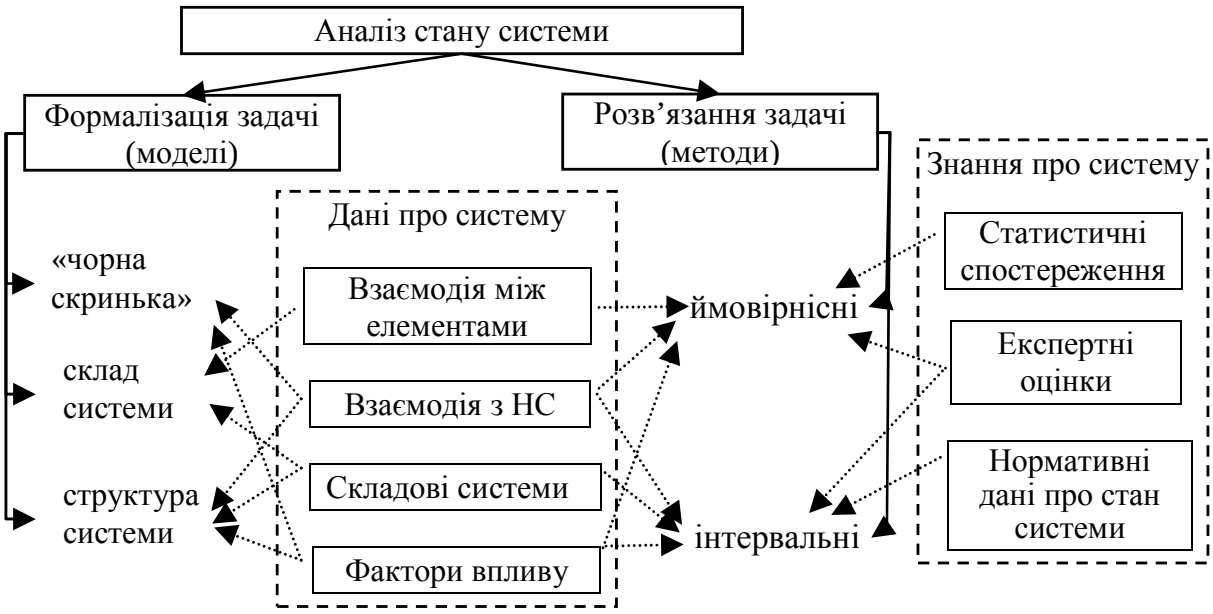


Рисунок 1 – Структурна схема системного аналізу складних об’єктів

Встановлені науково-практичні засади розробки інформаційної підтримки з ідентифікації стану складних систем та їх функціональних можливостей щодо визначення рівня екологічної безпеки об’єктів на основі використання знання-орієнтованих інформаційних систем та отримання знань за результатами дослідження об’єкта на рівні «(стан системи – НС) – зміни – процес – стан системи».

Таким чином, за результатами системологічного аналізу методичних підходів з оцінювання якості систем встановлено за необхідне розробити комплексне методичне забезпечення з визначення рівня безпеки складних об’єктів для аналізу взаємодії системи з навколишнім середовищем на основі застосування методів статистичного аналізу моніторингової інформації шляхом виключення експертних процедур, які зменшують об’єктивність отриманих результатів і запровадження основ теорії інформації, синергетики та інформаційної ентропії.

У другому розділі розглянуті методичні підходи з розв’язання задач екобезпеки відповідно до реалізації екологічного, еколого-економічного аналізу. Екологічний та еколого-економічний підходи з оцінювання якості природно-техногенних систем загалом визначаються оцінкою стану об’єкта дослідження без врахування його взаємодії з НС і, як наслідок, змін відповідних зв’язків в ньому. Відсутність фактичних і наявних знань про об’єкт і причинно-наслідкові фактори небезпеки не дозволяє у результаті отримати цілісне уявлення про екологічну ситуацію «система – НС».

На відміну від існуючих загальновживаних рішень завдань оцінки якості складних систем у роботі запропоновано визначати рівень безпеки на основі ентропійно-інформаційної функції стану системи зі встановленням причин дестабілізації в ній при вивченні взаємодії «система – НС» і отриманням необхідних знань для інформаційно-аналітичної підтримки таких досліджень (рис. 2).

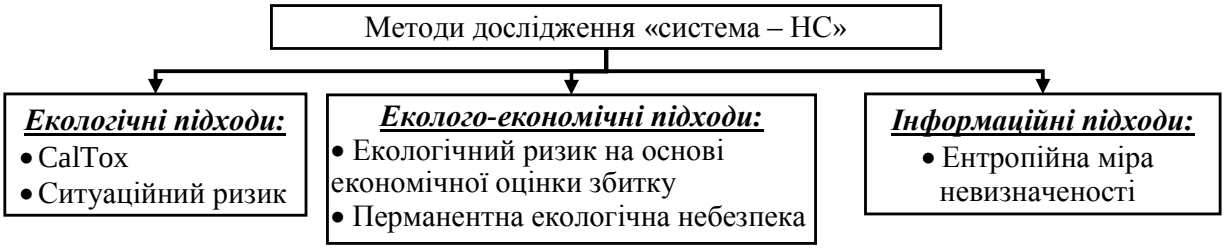


Рисунок 2 – Методичні підходи оцінки стану «система – навколишнє середовище»

Побудова структури методичного забезпечення дослідження складних природно-техногенних систем потребує комплексного підходу у визначенні структури об’єкта дослідження і аналітичної системи оцінювання відхилень його поточного стану від показників природної якості.

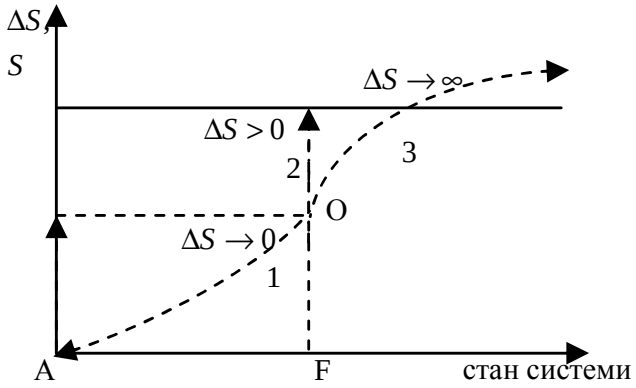
Мірою невпорядкованості стану об’єктів різної природи є ентропійна оцінка – сучасний системний підхід до розв’язання задач підвищеної складності, що містять елементи невизначеності, стохастичності. Запровадження ентропійної функції стану дозволяє визначити відповідності стану системи та процесів в ній на основі аналізу характеристик інформаційних потоків. Функцію інформаційної ентропії запропоновано використати як міру невизначеності інформації, тобто відсутність відомостей про стан системи, її динаміку.

При детальному дослідженні системних об’єктів з урахуванням їх ієрархічної структури отриману функцію ентропії пропонується прийняти як невизначеність поводження неупорядкованої системи будь-якої розмірності. У роботі для досліджень природно-територіальних комплексів застосовані термодинамічна, фізична, інформаційна ентропії для встановлення рівня екологічної безпеки за мірою загальної невпорядкованості (безладдя, хаос) складових систем (макрорівень), що дозволяє врахувати в оцінці наявні елементи невизначеності.

Отже, прийнята функція стану досліджених системних об’єктів у вигляді ентропії визначає рівень відхилення стану об’єкта і його складових від рівноваги, гомеостазу «система – НС», що становить інформацію про небезпеку за будь-якими ознаками.

Характеристика змін в системі при взаємодії з НС, як оцінка переходу від упорядкованого стану до хаотичного, визначається величиною ентропії. Хаотичність стану долається системою за рахунок самоорганізаційних процесів (синергетика), які відновлюють упорядкований початковий стан або за рахунок збільшення невпорядкованості ΔS у точці біфуркації

дозволяють знайти траєкторію переходу до упорядкованого рівноважного стану, гомеостазу «об'єкт – НС» $\Delta S \to 0$, або за рахунок збільшення навантаження продовжити пошук нової структури системи (нова деградація) $\Delta S \to \infty$ (рис. 3).



A – початковий стан системи;
F – кінцевий стан системи;
1, 2, 3 – напрямки змін;
Δ*S*, *S* – зміна і значення ентропії в системі;
O – точка біфуркації

Рисунок 3 – Оцінка змін стану «об'єкт – навколишнє середовище»

Для аналізу переходів у стані системи пропонується використовувати *К-ентропію* (ентропію Колмогорова-Сіная або ентропію Крилова-Колмогорова), яка визначається у вигляді

$$S(K) = \lim_{\substack{d(0)\to 0 \\ t\to\infty}} \frac{\ln[d(t)/d(0)]}{t}, \qquad (1)$$

де $d(t)$ – відстань між траєкторіями $x_1(t), x_2(t)$, які проходить через точки $x_1(0)$, $x_2(0)$, $d(t) = x_1(t) - x_2(t)$; $d(0)$ – відстань у фазовому просторі між точками $x_1(0)$, $x_2(0)$ в $t = 0$; t – час.

Для аналізу процесів при констатації змін у системі за даними екологічного моніторингу у роботі використовується ентропія Гіббса:

$$S = k\int f(p,q)\ln f(p,q)dpdq, \qquad (2)$$

де k – розмірний множник; $f(p,q)$ – щільність розподілу ймовірностей узагальнених координат q та імпульсів p у фазовому просторі системи.

Результати оцінки ентропійних змін ΔS є вхідною інформацією для компараторної ідентифікації рівня екологічної безпеки системи загалом і оцінки вірогідності процесів при відсутності стабільної ситуації «система – навколишнє середовище» – $\Delta S \neq 0$.

Таким чином, використання ентропійної функції оцінки стану системи і змін в ній дозволило запропонувати єдину оцінювальну базу для різнорідних систем, застосування надалі методу компараторної ідентифікації забезпечити послідовне розв'язання невизначеностей при дослідженні «система – НПС».

У третьому розділі надано детальний опис запропонованого інформаційно-методичного забезпечення комплексної оцінки екологічного стану різнорідних об’єктів, удосконалених методів обробки, аналізу і оцінки еколого-соціально-економічної інформації; узагальнений алгоритм з комплексної інформаційно-системної оцінки рівня екологічної безпеки складних об’єктів природно-техногенного походження.

Для надання інформаційно-системної оцінки стану складного об’єкта спочатку визначається його концептуальна модель, що реалізується в межах сценарно-цільового підходу з формуванням знання-орієнтованої системи для оцінювання рівня екологічної безпеки складових об’єкта (рис. 4).

-·-► – інформаційна підтримка подолання невизначеності

Рисунок 4 – Сценарно-цільовий підхід формування знання-орієнтованих систем

Відповідно до можливостей застосування ентропійної функції (1)–(2) для оцінювання системи за параметрами «стан – процес – стан» в умовах взаємодії «система – навколишнє середовище» запропоновано використати імовірнісно-ентропійний підхід для мікро- і макрорівня дослідження стану складних об’єктів за визначеним ентропійним функціоналом

$$S_{\text{КЕС}} = \left\{ U_T, F(t,u), E(t,u), X_{qE}, S_w, A_w, D_w \right\}, \qquad (3)$$

де $U_T = T \otimes U$ – зовнішнє регулювання стану (управління U, час T); $F(t,u)$ – функціонал зовнішньої дії на систему; $E(t,u)$ – енергетичний потенціал зовнішнього впливу; X_{qE} – внутрішній стан системи; S_w – стохастичний оператор, який відповідає за перетворення невипадкових

функцій (функцій стану та функціонування визначеної статистично рівноважної системи) у випадкові (функції трансформації при стохастичній дії фактора); A_w – оператор усереднення – перехід стохастичних функцій у детерміновані (перехід системи у новий стаціонарний стан, самоорганізація); D_w – детермінований оператор, який відповідає за функцію виходу.

Для виявлення дестабілізуючих факторів установлюється точка відповідності, що визначається мінімальним відхиленням характеристик стану системи від параметрів екобезпеки $\Delta S \to 0$ та перебігом довільних процесів самоорганізації системи в умовах зовнішніх впливів: $\Delta S > 0 \to S_i \to \max \to \Delta S \to 0$.

Інформативність складових системи пропонується визначити за розрахунком ентропії:

$$S = -\sum_{i=1}^{N} \frac{N_i}{N_A} \log_2 \frac{N_i}{N_A}, \qquad (4)$$

де N_A – загальна кількість елементів у складі системи A; N_i – кількість елементів у складі i-тих частин системи.

У результаті визначень ентропійних характеристик встановлюється відповідність вимогам екологічної безпеки або її відсутність (*Risk*):

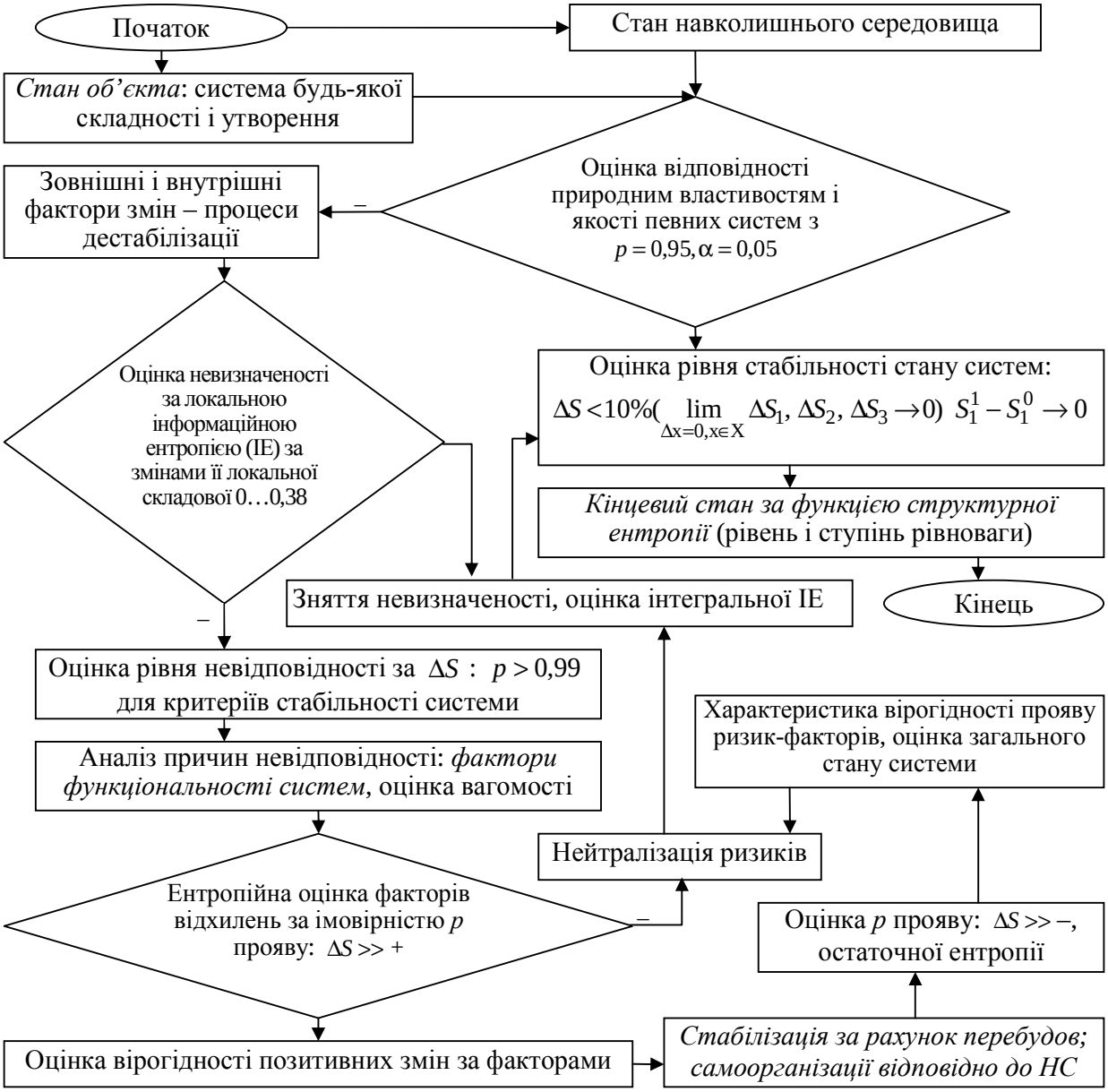
$$S_0 \xrightarrow{S_w} < S_1 \xrightarrow{q(x,t)} S_1^1 \xrightarrow{A_w} < S_2 \xrightarrow{D_w \to H'_w} S_{\max}\left(\Delta S \to 0\right),$$

$$S_0 \xrightarrow{D} \Delta S \to S_1 \to P \to Risk\ , \qquad (5)$$

де S_0 – початковий гомеостатичний стан системи; D_w – детермінований оператор, який відповідає за функцію виходу (визначено властивостями зв'язку між системами в межах складного об'єкта і керованого зовнішньою дією); A_w – оператор усереднення – перехід стохастичних функцій у детерміновані (перехід системи у новий стаціонарний стан у результаті самоорганізації при зовнішньому потоці $q(x,t)$); ΔS – зміни у системі; S_1 – реалізація нового стану системи з імовірністю P; $Risk \to 0, \Delta S \to 0$ – вимоги щодо встановлення безпечного стану системи (рис. 5).

Узгодженість об'єкта і навколишнього середовища, тобто встановлення стаціонарності їх відносин, адаптованості один до одного ідентифікується через зростання рівня структурної ентропії вище порогових значень, що обумовлює інформаційну ентропію при зростанні її інтегральної складової. Збільшення ентропії до її максимуму в точці відповідності обумовлює перехід до ймовірнісного стану, перетворення

структурної ентропії в інформаційну з доведенням до нуля її локальної складової і наближенням до максимуму інтегральної, що створює умови отримання відповідних знань про систему (рис. 6).



p – ймовірність відповідності природним властивостям; α – похибка оцінки;
ΔS , ΔS_1 , ΔS_2 , ΔS_3 – оцінка загальних змін, імовірнісних, стохастичних, випадкових процесів відповідно (див. рис. 3)

Рисунок 5 – Імовірнісно-ентропійна оцінка стану системи і ризик-факторів

Максимум виробництва ентропії в системі для однієї групи умов (ξ) є сумісним з її мінімумом для іншої (η), що відповідає досягненню сідлової точки (див. рис. 6), яка позначає стан рівноваги системи:

$$S\left(\xi \mid \eta = y_j\right) = -\sum_i p_{i|j} \log_2 p_{i|j} , \qquad (6)$$

$$MS(\xi \mid \eta) = -\sum_j P(\eta = y_j) \sum_i p_{i|j} \log_2 p_{i|j} \,, \qquad (7)$$

де $S(\xi \mid \eta)$ – умовна ентропія η при $\xi = x$; $MS(\xi \mid \eta)$ – математичне очікування умовної ентропії при змінній ξ.

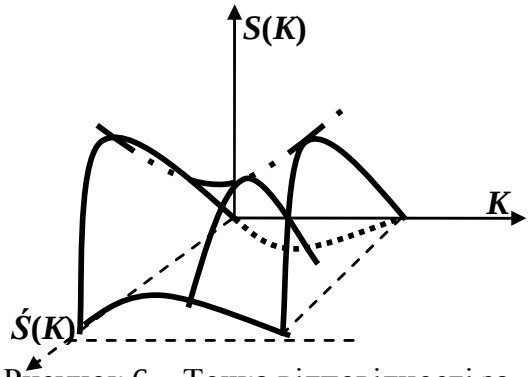
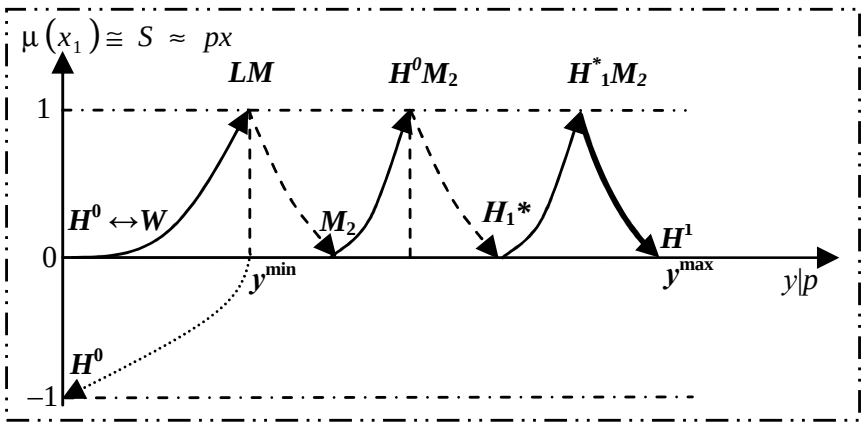


Рисунок 6 – Точка відповідності за принципом максимуму ентропії, досягнення стійкості системи

Така послідовність аналізу в умовах невизначеності дозволяє встановити інформацію про досліджений об’єкт або процес через інваріантне співвідношення, використовуючи умовну ентропію для отримання інформації про його стан або компоненти на базі існуючих чи отриманих знань.

Для аналізу стану системи в умовах невизначеності ентропії надають значення функції належності для оцінки переходу системи від початкового стану взаємодії з НС ($H^0 \leftrightarrow W$) до стану невпорядкованості (LM), з якого система або повертається в початковий стан H^0, або приймає цей вплив і переходить до нового стану з певними внутрішніми змінами HM_2. Новий стан зазнає перетворень, пов’язаних з поверненням системи до початкового стану через дію внутрішніх факторів самоорганізації або створенням нової структурної організації «система – НС» (рис. 7).



M_2 – зміни внутрішнього системного простору; HM – вплив внутрішніх факторів на властивості системи; H_1* – стан на рівні стаціонарності зв’язків з навколишнім середовищем; LM – взаємодія факторів при їх «зустрічі» в системі; $H^*{}_1M_2$ – вивільнення енергії; $H^0 \leftrightarrow W$ – «система – навколишнє середовище»

Рисунок 7 – Розв’язання невизначеності стану системи за траєкторією ентропії щодо процесів самоорганізації (синергетичний підхід)

Остаточний стан екобезпечної відповідності встановлюється за результатами компараторної ідентифікації:

1) внутрішній стан системного об’єкта відображається залежностями:

$$Y_1 = f_1(x_1; x_1'); Y_2 = f_2(x_2; x_2'),$$

де x_1, x_2 – рівень екологічності та безпечності відповідних станів системи; $f(x_1; x_1')$ – функція стану системи; x_1', x_2' – нові стани системи;

2) пріоритетність рішення пов'язана з імовірністю стабілізації природних параметрів P й регулюючого зовнішнього впливу, що надається предикатом D

$$P(x_1, x_2') = D(f(x_1), f(x_2'));$$

$$D(Y_1, Y_1') = \begin{cases} 1, \text{ при } x_1 \neq x'; \\ 0, \text{ при } x_1 = x'; \end{cases} \quad (8)$$

3)компаратор відповідності вимогам екобезпеки реалізує предикат

$$K(Y_1, Y_2) = t,$$

який визначає відношення «K-предикат екологічного компаратора» ЕК:

$$\text{ЕК}(Y_1, Y_2) = \begin{cases} 1 - \text{визначені порушення у системі;} \\ 0 - \text{система функціонує без порушень.} \end{cases} \quad (9)$$

Таким чином, для визначення стану рівня екобезпеки складних об'єктів запропоновано реалізувати низку складових процедур комплексного системного аналізу на базі упорядкованого використання ентропійної функції відповідності у вигляді інформаційної ентропії та компараторної ідентифікації для послідовного зменшення невизначеності.

Четвертий розділ містить характеристику програмно-інформаційного забезпечення з реалізації ентропійно-інформаційного підходу до оцінки рівня екобезпеки складних об'єктів відповідно до аналізу «система – НС».

Розробка бази знань на основі існуючих даних про об'єкт дозволяє отримати таку інформаційну систему, яка сприймає додаткову інформацію про його стан в результаті усунення невизначеності «система – НС». Нові дані одержують як остаточний результат послідовного зниження невизначеності при детальному вивченні системного утворення «об'єкт – НС» за схемою «стан$_1$ – процес – стан$_2$» згідно з поетапною реалізацією комплексного методичного забезпечення оцінки рівня якості складних систем. Запропонована знання-орієнтована інформаційна система складається з трьох компонент: інтерфейс користувача, знання-орієнтована система та база знань (рис. 8).

Для встановлення об'єктивної комплексної оцінки екологічності систем (КЕС) пропонується запровадити структурну і параметричну ідентифікацію рівноваги систем і необоротних процесів, що впливають на ступінь самоорганізації об'єкта.

Рисунок 8 – Загальна схема знання-орієнтованої інформаційної системи

На основі імовірнісно-ентропійних характеристик стану систем і процесів (P, S і параметр стану x) пропонується перейти від результатів аналізу статистичних спостережень до характеристики термодинамічних потоків (процесів), що дозволить встановити точку рівноваги ($\Delta S \to 0$) «система – НС» і зменшення негативних впливів між системами за рахунок трансформаційних перетворень ($S \to \max$), фіксувати дестабілізацію станів в межах об'єкта ($\Delta S \to \max$) (рис. 9).

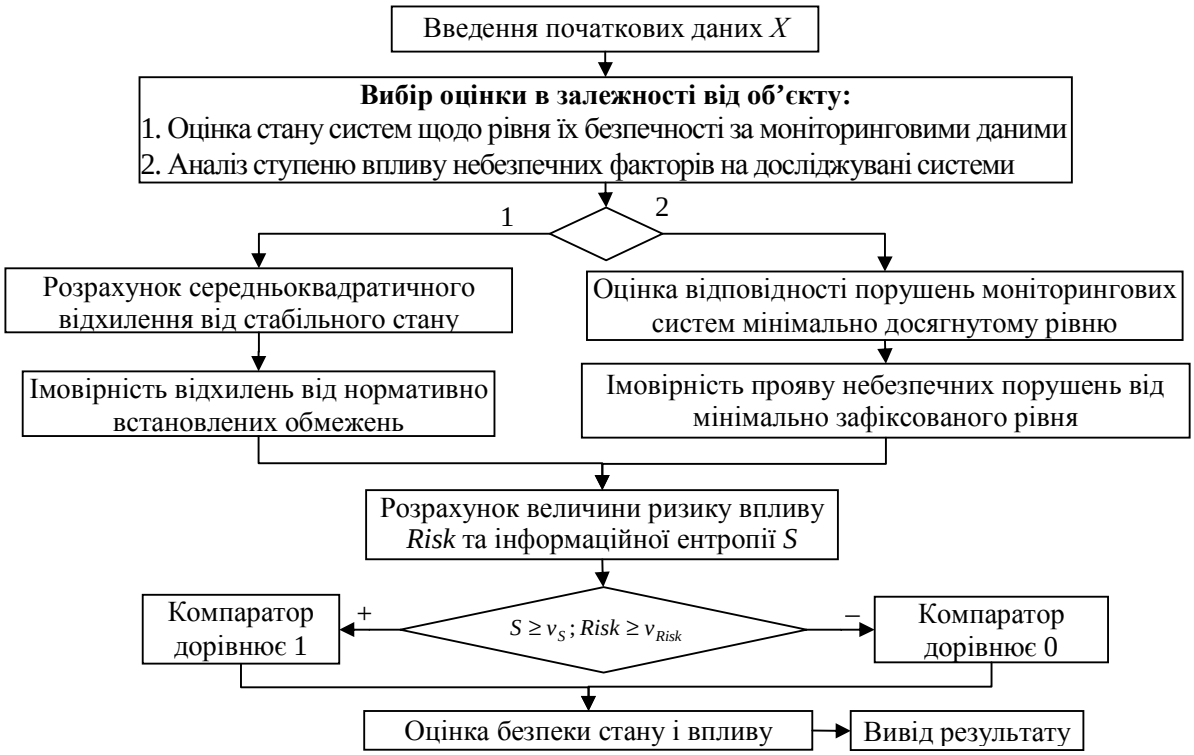


Рисунок 9 – Алгоритмічне забезпечення оцінки рівня безпеки за комплексом методів оцінювання

Надана система комплексного оцінювання безпеки складних об'єктів реалізована на практиці для оцінки рівня безпечності природно-техногенного комплексу – полігон Зміївського району, територія якого знаходиться під впливом промислово-енергетичних виробництв. Для дослідження рівня екобезпеки НПС індикатором забруднення важкими металами (ВМ) є їх рівень накопичення у ґрунтах та поведінка в екосистемах; оцінка рівня здоров'я населення (рис. 10, 11).

```
  static double P(double max, double min,
double sigma, double sr)
  {
double a, b1, b2, b3, b, c1, c2, c3, c, d;
a = Math.Sqrt(2 * Math.PI) * sigma;
b1 = (min - max) / sigma;
b2 = 0.5 * Math.Sqrt(2) * b1;
b3 = E1(b2) * Math.Sqrt(2) * sigma *
(Math.PI * 0.5);
b = (-0.5) * b3;
c1 = (min - sr) / sigma;
c2 = 0.5 * Math.Sqrt(2) * c1;
c3 = E1(c2) * Math.Sqrt(2) * sigma *
(Math.PI * 0.5);
c = 0.5 * c3; d = b + c; return d / a;}
```

Рисунок 10 – Фрагмент програми розрахунку оцінки рівня безпеки та ризик-факторів (див. рис. 9)

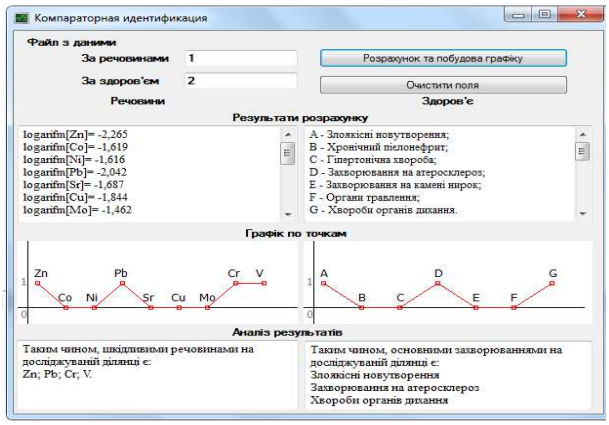
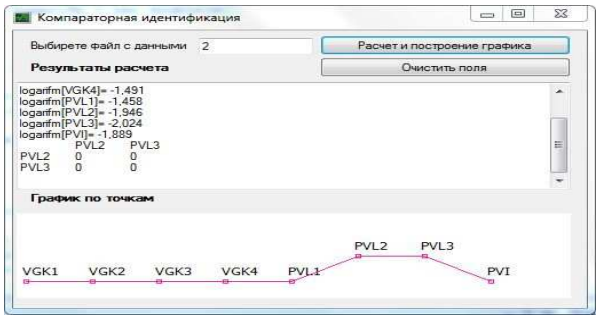


Рисунок 11 – Оцінка рівня безпеки стану ґрунтів, забруднених важкими металами; оцінка стану здоров'я населення

Для аналізу складної системи на мікрорівні дослідження застосовується інформаційно-програмне забезпечення з реалізації методичних підходів для оцінки безпечного стану організму дітей хворих на церебральний параліч (ДЦП) із встановленням факторів відновлення досяжного стану дієздатності дітей (рис. 12, 13).

```
for (int i = 0; i < n; i++)
{    sum += Math.Pow(A[j, i] - min, 2);}
sigma[j] = Math.Sqrt(sum / (n - 1));
//Расчитываем F(x,i)
for (int i = 0; i < n; i++)
{    Math.Round(F(A[j, i], sigma[j],
min), 3);}
//Расчитываем P
p[j] = Math.Round(P(max, min, sigma[j],
sr), 3);
//Расчитываем сигмасигма(X)
sum = 0;
for (int i = 0; i < n; i++)
{sum += Math.Pow(A[j, i] - 1, 2);}
```

Рисунок 12 – Фрагмент програми розрахунку ризику дестабілізації організму



PVI – перівентрикулярна ішемія; VGK1, VGK2, VGK3, VGK4 – внутрішньо шлункові крововиливи (I, II, III, IV ступені); PVL1, PVL2, PVL3 – перівентрикулярна лейкомалація (I, II, III ступені)

Рисунок 13 – Оцінка факторів відновлення ходи у дітей хворих на церебральний параліч

Оцінка стану екобезпеки в межах виробничої діяльності апробована для характеристики ефективності технологічних операцій з переробки відходів шламонакопичувачів вуглезбагачуючого підприємства ЦОФ «Кураховская». Для визначення оптимального часу осаду зважених частинок зразків за початковими даними встановлюється міра їх невідповідності цільовим результатам за ентропійною функцією виду:

$$S = -\frac{L}{\sum_{i=1}^{n} L_i} \log_2 \frac{L}{\sum_{i=1}^{n} L_i},$$

де L – значення параметрів розрахунку; n – загальна кількість параметрів.

Отримані результати з ентропійної характеристики кінетики осаду аналізують в межах значень ентропійних відрізків оцінювання, де значення ентропії досягає максимуму та мінімуму:

$$[\min;\ \min + \Delta S \cdot 0{,}38];\ [\max - \Delta S \cdot 0{,}38;\ \max], \qquad (10)$$

де $\Delta S = S_{\max} - S_{\min}$ – довжина відрізку аналізованого розподілу значень; min, max – мінімальне та максимальне значення ентропії за множиною її визначень в результаті контролю осаду.

Якщо розглянута характеристика потрапляє до зазначеного інтервалу (10), то визначають оптимальну величину ентропії за правилом

$$K = \begin{cases} 1,\ S \in [a, b]; \\ 0,\ S \notin [a, b], \end{cases}$$

де $[a,b]$ – інтервал для max/min ентропії (10).

Градуювання одночасно за декількома параметрами відповідає кон'юнкції для виконання одночасно всіх обмежень характеристик процесу:

$$t^{\min} \wedge H_{\text{о}}{}^{\max} \wedge H_{\text{з}}{}^{\min} = 1,$$

де t – час кінетики осаду, хв.; $H_{\text{о}}$ – висота освітленого розчину; $H_{\text{з}}$ – висота згущеного осаду розчину.

Для оперативного управління якістю виробничого процесу з дотриманням рівня екологічної безпеки техногенного об'єкта розроблено інформаційно-програмний комплекс для персонального комп'ютеру та на базі Android. Робота програм апробована для визначення керованих параметрів очищення шламових вод вуглезбагачуючих підприємств (рис. 14–16).

Код програмного продукту

```
double[] S = new double[N.Length];
  for (i = 0; i < N.Length; i++)
   {
  S[i] = -1 * (N[i] / sumN) * (Math.Log(N[i] / sumN));
   }
  double inter = max(S) - min(S);
  double minb = min(S) + inter * 0.38;
  double maxa = max(S) - inter * 0.38;
```

Результат роботи у MathCad

max(Svi) = 0.237 min(Svi) = 0.075	max(Svisg) = 0.264 min(Svisg) = 0.156
max(Svi) − min(Svi) = 0.162	max(Svisg) − min(Svisg) = 0.108
0.162·0.38 = 0.062	0.108·0.38 = 0.041
0.075 + 0.062 = 0.137	0.156 + 0.041 = 0.197
0.237 − 0.062 = 0.175	0.264 − 0.041 = 0.223

Проміжковий результат роботи програмного продукту

```
max = [0,173725692537466; 0,23480750468877]
min = [0,0740658937642852; 0,135147705915589]
max = [0,223125395903275; 0,264352268854189]
min = [0,155860497930731; 0,197087370881645]
```

Рисунок 14 – Фрагмент розрахунку відрізків ентропії оцінювання

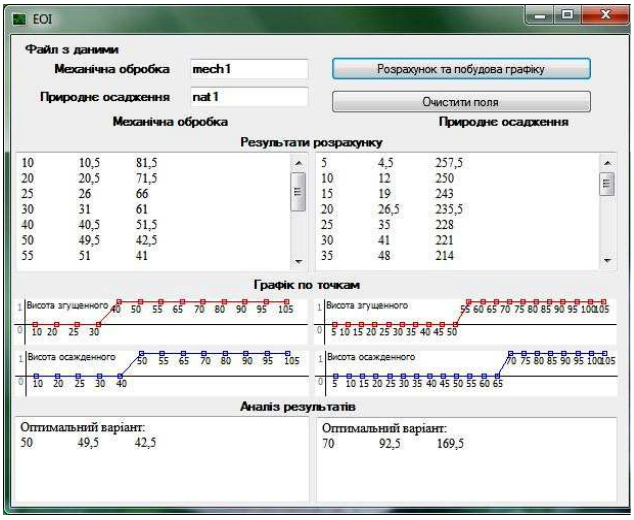


Рисунок 15 – Програмна оцінка оптимальних точок процесу осадження

Рисунок 16 – Програмна реалізація оперативного контролю якості виробничого процесу на базі Android

Таким чином, програмно-інформаційне забезпечення реалізації ентропійно-інформаційного підходу, методу компараторної ідентифікації рівня безпеки складних об’єктів в умовах «система – НС» забезпечує реалізацію комплексної оцінки рівня якості складних систем на рівні дослідження «стан (система – НС) – процес – стан системи».

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена науково-практична задача комплексної інформаційно-системної оцінки рівня екологічної безпеки складних об’єктів на основі системи математичних методів ідентифікації стану і процесів при дослідженні «система – НС».

Ґрунтуючись на результатах дисертаційної роботи зроблені такі висновки.

1. За результатами аналізу сучасних підходів і методів з екологічної безпеки вперше запропоновано комплексну систему інформаційно-методичного забезпечення вирішення завдань оцінки екологічного стану, функціональності і сталого розвитку складних об’єктів щодо відповідності їх прийнятному рівню екологічної безпеки.

2. Вперше запропоновано ентропійно-інформаційний підхід з розв’язання задач оцінки рівня екологічної безпеки складних об’єктів на основі комплексного застосування методів теорії ентропії та інформації, синергетики, компараторної ідентифікації.

3. Вперше запроваджено комплексну аналітичну систему оцінювання відповідності стану об’єктів прийнятному рівню екобезпеки на основі послідовного розв’язання невизначеності у вигляді «(система – навколишнє середовище) – зміни системи – процес – стан системи» з використанням ентропійної функції відповідності для аналізу їх стану і перебігу процесів.

4. Надано систему методів послідовного розв'язання невизначеності в задачах оцінки рівня екологічної безпеки «система – НС» на основі математично-інформаційних моделей оцінки стану систем, внутрішніх процесів і взаємодії з зовнішнім навколишнім середовищем, що дозволило удосконалити методичне забезпечення оцінки якості НС на основі врахування самоорганізаційних процесів, що потребують підтримки, і виключають економічно витратні заходи управління безпекою.

5. Розроблено алгоритмічне забезпечення реалізації удосконалених методів з комплексної оцінки рівня екологічної безпеки складних об'єктів досліджень на основі розробки інформаційної системи знання-орієнтованих баз даних, що дозволило встановити умови подолання невизначеності для оцінювання факторів соціально-екологічної природи при дослідженні природно-техногенних об'єктів.

6. Знання-орієнтовані бази даних застосовані для вирішення еколого-соціально-економічних питань на рівні макро-, меза- і мікродосліджень. Отримано практичні результати комплексної оцінки рівня екобезпеки стану реальних природно-техногенних об'єктів (полігон досліджень Зміївського району), еколого-соціальних систем (природний комплекс Зміївського району – система здоров'я населення; оцінка стабільності стану хворого організму) і розв'язання завдань контролю екобезпеки техногенних об'єктів з використанням розробленого програмної системи. Проведено оперативний контроль якості виробництва на основі розробленого додатку для мобільного пристрою на операційній системі Android. Запроваджено інформаційні-методичні розробки в практику науково-дослідних робіт для вирішення завдань екобезпеки, які здійснено в межах господарсько-договірних тем на суму 100 тис. грн, що підтверджено актами впровадження результатів дисертаційної роботи.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Козуля М.М. Застосування методу компараторної ідентифікації для комплексної оцінки рівня безпеки об'єктів еколого-соціально-економічних систем / М.М. Козуля, Т.В. Козуля, М.І. Білова // Інноваційна модель сталого розвитку України: колективна монографія / за заг. ред. д.е.н., проф. О.І. Маслак. – Кременчук: Вид-тво ПП Щербатих О.В., 2015. – С. 62–83.

Здобувачем надано практичне застосування методології комплексної оцінки якості НПС на прикладі дослідження рівня безпеки конкретної техногенно-навантаженої території.

Публікації у фахових виданнях технічних наук

2. Козуля М.М. Теоретико-практичні основи методології комплексної оцінки екологічності територіальних і об'єктових систем / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова, Н.В. Шаронова, М.М. Козуля // Проблеми інформаційних технологій. – 2012. – №01(011). – С. 29–36.

Здобувачем надано алгоритмічне забезпечення з екологічної оцінки стану системних об'єктів різної складності.

3. Козуля М.М. Ентропійно-ризикова оцінка стану техногенно-природних комплексів промислових територій / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова, В.В. Гагарін, М.М. Козуля // Проблеми інформаційних технологій. – 2012. – №02(010). – С. 171–178.

Здобувачем надано алгоритмічне забезпечення з оцінки екобезпеки системних об'єктів на основі методів ідентифікації знань про системи.

4. Козуля М.М. Концепція комплексної оцінки системних об'єктів природно-техногенних і ландшафтно-геохімічних комплексів / О.М. Касімов, Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова, В.В. Гагарін, М.М. Козуля // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2012. – С. 62–68.

Здобувачем надано інформаційно-алгоритмічне забезпечення з екологічної оцінки стану системних об'єктів.

5. Козуля М.М. Оценка воздействия технологии термохимической деструкции (ТХД) изношенных автомобильных шин (ИАШ) на объекты окружающей среды / Д.В. Сталинский, А.Л. Скоромный, Д.И. Емельянова, М.М. Козуля // Экология и промышленность. – Харьков, 2012. – №3. – С. 112–119.

Здобувачем визначені підходи з підвищення екологічної ефективності вирішення питань з термохімічній деструкції зношених автомобільних шин відповідно до дотримання прийнятних рівнів екобезпеки НС.

6. Козуля М.М. Комплексна еколого-гігієнічна оцінка стану антропогенно-навантажених територій за концепцією корпораційної еколого-гігієнічної системи / Т.В. Козуля, В.В. Мясоедов, М.Г. Щербань, М.М. Козуля// Радіоелектроніка та інформатика. – 2012. – № 2(57). – С. 75–82.

Здобувачем надані результати програмного забезпечення комплексної еколого-гігієнічної оцінки стану ґрунту і визначення екологічного ризику.

7. Козуля М.М. Методи і модель системи комплексного оцінювання екологічного стану природно-техногенних територій / О.М. Касімов, Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова, В.В. Гагарін, М.М. Козуля // Экология и промышленность. – 2013. – № 1. – С. 21–27.

Здобувачем надано програмну реалізацію комплексної оцінки рівня екологічної небезпеки стану природно-техногенних систем.

8. Козуля М.М. Основи методики комплексної оцінки екологічності систем навколишнього середовища / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова, Н.В. Шаронова, М.М. Козуля // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2013. – № 4. – С. 17–27.

Здобувачем розроблена програмна реалізація ентропійної ризик-оцінки впливу важких металів на стан ґрунтів.

9. Козуля М.М. Информационное обеспечение комплексной оценки экологического качества систем окружающей среды / Н.В. Шаронова,

Я.В. Святкин, М.М. Козуля // Проблемы информационных технологий. – Херсон: ХНТУ, 2013. – № 02 (14). – С. 109–113.

Здобувачем удосконалено інформаційне забезпечення визначення якості систем природного середовища.

10. Козуля М.М. Комплексна оцінка екологічної безпеки з елементами компараторної ідентифікації рівня якості НС / Н.В. Шаронова, М.М. Козуля // Бионика Интеллекта. – 2013. – № 2 (81). – С. 37–42.

Здобувачем надано методичне забезпечення комплексної оцінки стану природно-техногенних систем з використанням методу компараторної ідентифікації рівня екологічності досліджуваного об'єкта.

11. Козуля М.М. Інформаційні технології при розв'язання задач в системі екологічного управління / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова, М.М. Козуля // Radioelectronics & Informatics. – 2013. – № 1. – С. 86–88.

Здобувачем надана програмна реалізація комплексної оцінки рівня екологічної небезпеки і здоров'я населення на прикладі Зміївського полігону.

12. Козуля М.М. Комплексна екологічна оцінка природно-техногенних комплексів на основі MIPS- і ризик-аналізу / Т.В. Козуля, Д.І. Емельянова, М.М. Козуля // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2014. – № 3/10 (69). – С. 8–13.

Здобувачем надано методичне забезпечення оцінка рівня безпеки функціонування полігонів твердих побутових відходів.

13. Козуля М.М. Задача идентификации при создании информационной системы для мониторинговых исследований / Н.В. Шаронова, Я.В. Святкин, М.М. Козуля // Проблемы информационных технологий. – Херсон : ХНТУ, 2014. – № 01 (15). – С. 57–63.

Здобувачем удосконалена інформаційна система підтримки роботи моніторингових екологічних систем.

14. Козуля М.М. Інформаційно-методичне забезпечення комплексної оцінки екологічності системних об'єктів / Т.В. Козуля, Н.В. Шаронова, Д.І. Ємельянова, М.М. Козуля // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2014. – № 3. – С. 25–34.

Здобувачем удосконалена інформаційно-методична база з аналізу стану досліджених системних об'єктів та створено програмну реалізацію комплексної оцінки рівня їх екологічної безпеки.

15. Козуля М.М. Моделювання природно-техногенних систем та комплексна екологічна оцінка якості довкілля / Н.В. Шаронова, М.М. Козуля // Вісник НТУ «ХПІ» секція «Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів». – 2014. – № 16 (1059). – С. 76–81.

Здобувачем обґрунтовано доцільність застосування екологічного компаратору як засобу визначення рівня екобезпеки складних об'єктів та надана програмна реалізація розглянутого методу.

16. Козуля М.М. Розробка екологічності техногенних об'єктів на основі методу компараторної ідентифікації / Т.В. Козуля, М.О. Білова,

М.М. Козуля // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – 2015. – 5/10 (77). – С. 27–33.

Здобувачем розроблено програмний продукт у вигляді мобільного додатку для розрахунку екорейтингу природно-техногенних об'єктів.

17. Козуля М.М. Впровадження компараторної ідентифікації для комплексної оцінки рівня безпеки об'єктів / Т.В. Козуля, Н.В. Шаронова, М.О. Білова, М.М. Козуля // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2015. – № 4. – С. 63–73.

Здобувачем надано програмне забезпечення практичної реалізації методики оцінки якості природно-техногенних об'єктів за станом і визначення напряму перебігу стабілізаційних процесів в них.

18. Козуля М.М. Формування знань-орієнтованих баз даних для визначення комплексної методики ідентифікації якості складних систем / Т.В. Козуля, Н.В. Шаронова, Я.В. Святкин, М.М. Козуля // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – 2016. – 1/2 (79). – С. 13–21.

Здобувачем надана програмна реалізація методичного забезпечення оцінки якості складних систем.

19. Козуля М.М. Знання-орієнтована комплексна методика оцінки стану складних систем / М.М. Козуля // Вісник НТУ «ХПІ» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків, НТУ «ХПІ», 2016. – № 19 (1191). – С. 39–44.

20. Козуля М.М. Інформаційні особливості визначення оцінки відповідності стану екологічності системних об'єктів / Т.В. Козуля, Н.В. Шаронова, М.О. Білова, М.М. Козуля // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2016. – № 2. – С. 45–58.

Здобувачем надано програмна реалізація аналізу рівня екологічної безпеки регіональних систем.

21. Козуля М.М. Применение методики термодинамической оценки воздействия известняковой технологии мокрой сероочистки газов на объекты окружающей среды / А.М. Касимов, Т.В. Козуля, Д.И. Емельянова, М.М. Козуля // Экология и промышленность. – 2016. – № 1 (46). – С. 100–105.

Здобувачем розроблено програмну реалізацію розрахунків термодинамічних параметрів технологічних процесів з визначення їх рівня безпечності для НС.

Зарубіжні публікації

22. Козуля М.М. Методическое и информационное обеспечение комплексной оценки природно-техногенных объектов / М.М. Козуля, А.М. Касимов, Т.В. Козуля, Д.И. Емельянова // Экологический вестник северного Кавказа. – Краснодар, 2014. – № 1. – Т. 10. – С. 58–64.

Здобувачем надано інформаційно-програмне забезпечення з ідентифікації трансформаційних змін важких металів у ґрунті.

23. Козуля Т.В. Информационно программное обеспечение оценки качества и безопасности объектов исследования мониторинговых систем

/ Т.В. Козуля, Н.В. Шаронова, М.М. Козуля, Я.В. Святкин // International Periodical Scientific Journal “Intelecti”. – Tbilisi, 2015. – № 3 (53). – P. 67–72.

Здобувачем надано програмне забезпечення розв’язання задач оцінки рівня якості природно-техногенних комплексів, стану здоров’я.

24. Козуля М.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. – Т 12. – № 1. – С. 48–55.

Здобувачем надано програмну реалізацію термодинамічного розрахунку імовірності перебігу стабілізуючих рівень безпеки процесів.

25. Козуля М.М. Знание-ориентированные системы и энтропийно-информационные модели в определении качества сложных систем / М.М. Козуля // Материалы III Всероссийской конференции и школы для молодых ученых «Системы обеспечения техносферной безопасности». – Таганрог : ЮФУ, 2016. – С. 146–147.

Інші публікації за темою дисертації

26. Козуля М.М. Рациональная организация ликвидации аварий в город ской системе водопровода / Ю.В. Иванчихин, Д.А. Данилов, М.М. Козуля // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я: тези доповідей XXII міжнародної науково-практичної конференції. – Харків : НТУ «ХПІ», 2012. – Ч.IV. – С. 290.

Здобувачем запропоновано модель ранжування аварійних ситуацій та вирішення проблеми визначення послідовності виконання ремонтних робіт.

27. Козуля М.М. Реалізація методології комплексної оцінки екологічності територіальних і об’єктових систем / М.М. Козуля, Н.В. Шаронова // Системный анализ и информационные технологии: материалы 14-й Международной научно-технической конференции SAIT–2012. – К. : УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2012. – С. 147–149.

Здобувачем надана практична складова комплексної оцінки об’єктових систем у вигляді програмної реалізації.

28. Kozulia M.M. Methodological Aspects of Complex ecological estimation of man-caused territory state and Mathematical Modelling of Processes in a Environment System / N.V. Sharonova, D.I. Emelianova, M.M. Kozulia // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS’2012). – Kharkov, 2012. – P. 514–518.

Здобувачем запропоновано методично-алгоритмічне забезпечення комплексної оцінки стану техногенно-навантажених територій.

29. Козуля М.М. Методологічне і алгоритмічне забезпечення комплексної оцінки екологічності природно-техногенних систем / Д.І. Ємельянова, М.М. Козуля // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Эколого-правовые и экономические аспекты техногенной безопасности регионов». – Харків : ХНАДУ, 2012. – С. 60–63.

Здобувачем надано обґрунтування методичного забезпечення комплексної оцінки природно-техногенних систем.

30. Kozulia M.M. Complex ecological estimation of man-caused pollution state of population aggregate territory state / D.I. Emelianova, M.M. Kozulia // Економіка для екології: матеріали XVIII Міжнародної наукової конференції. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – С.73–74.

Здобувачем надана програма розрахунку комплексної оцінки рівня екобезпеки стану природно-техногенних систем.

31. Козуля М.М. Ентропійна оцінка факторів визначення ступеню хвороби и груп захворювання / М.М. Козуля, Н.В. Шаронова // Системный анализ и информационные технологии: материалы 15-й Международной научно-технической конференции SAIT–2013. – К. : УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2013. – С. 218–220.

Здобувачем надана програмна реалізація методу ентропійної оцінки стану безпеки аналізованих систем і процесів.

32. Козуля М.М. Методично-інформаційне забезпечення комплексної оцінки природно-техногенних об'єктів / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова, М.М. Козуля // Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів. Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців. – Харків : ХНАДУ, 2013. – С. 112–118.

Здобувачем визначено інформаційне забезпечення комплексної оцінки рівня безпеки стану природно-техногенних систем.

33. Козуля М.М. Інформаційне забезпечення комплексної екологічної оцінки довкілля / Н.В. Шаронова, М.М. Козуля // Системный анализ и информационные технологии: материалы 16-й Международной научно-технической конференции SAIT–2014. – К. : УНК "ИПСА" НТУУ "КПИ", 2014. – С. 176–177.

Здобувачеві належить програмна реалізація комплексної оцінки екологічного стану об'єктів навколишнього середовища.

34. Козуля М.М. Методичні підходи обробки та аналізу даних у системах з екологічною складовою / М.М. Козуля // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXIII міжнародної науково-практичної конференції. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – Ч.IV. – С. 317.

35. Козуля М.М. Интеллектуальная обработка данных о состоянии природно-техногенных объектов / М.М. Козуля // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інтелектуальні системи та прикладна лінгвістика». – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – С. 57–59.

36. Козуля М.М. Інформаційні та об'єктивні загальносистемні особливості функціонування природно-техногенних систем / Н.В. Шаронова, М.М. Козуля // Системный анализ и информационные

технологии: материалы 17-й Международной научно-технической конференции SAIT–2015. – К. : УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2015. – С. 117–119.

Здобувачем запропоновано програму для оцінки екологічної якості функціонування природно-техногенних систем.

37. Козуля М.М. Розробка програмного забезпечення розрахунку соціально-екологічних показників якості / М.М. Козуля // Information technologies in information business conference (ITIB). – Kharkiv, 2015. – P. 10–11.

38. Козуля М.М. Програмне забезпечення інтелектуальної обробки моніторингових даних стану соціально-екологічних систем/ М.М. Козуля // Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем : матеріали міжнародної наукової конференції. – К. : ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2015. – С. 104–108.

39. Козуля М.М. Інформаційно-програмне забезпечення реалізації системних методів визначення стану складних систем / М.М. Козуля // Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інтелектуальні системи та прикладна лінгвістика». – Харьков : НТУ «ХПИ», 2016. – С. 46–47.

40. Козуля М.М. Знання-орієнтоване інформаційне забезпечення досліджень складних систем / Н.В. Шаронова, М.М. Козуля // Системный анализ и информационные технологии: материалы 18-й Международной научно-технической конференции SAIT–2016. – К. : УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2016. – С. 178–179.

Здобувачем запроваджено знання-орієнтоване інформаційне забезпечення дослідження стану складних систем.

41. Козуля М.М. Інформаційні підходи обробки та аналізу даних для моніторингу складних систем / М.М. Козуля // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – С. 297.

АНОТАЦІЯ

Козуля М.М. Комплексна інформаційно-системна оцінка рівня екологічної безпеки складних об'єктів. – На правах рукопису.

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Сумський державний університет Міністерства освіти і науки України, Суми, 2017.

У дисертаційній роботі визначені основні шляхи удосконалення моделей та методичних підходів з оцінювання рівня безпеки складних систем, визначені можливості надання методичного забезпечення з аналізу «система – навколишнє середовище (НС)». Розглянуто характеристику методів дослідження стану «система – НС» відповідно до методичних підходів щодо екологічного, еколого-економічного аналізу з оцінки рівня

екологічної безпеки. Запропоновано систему методів для комплексної оцінки інформаційних даних моніторингу різнорідних об’єктів, удосконалення методів і засобів обробки, аналізу і оцінки еколого-соціально-економічної інформації. Розроблено інформаційно-методичне забезпечення комплексного аналізу рівня екологічної безпеки об’єктів на базі ентропійно-інформаційних підходів усвідомленням моніторингових даних. Запропоновано алгоритмічне забезпечення реалізації методичного забезпечення оцінки якості складних систем на рівні дослідження «стан (система – НС) – процес – стан системи».

Проаналізовано підходи з розробки інформаційно-програмного забезпечення вирішення комплексних завдань оцінки стану складних різнорідних об’єктів щодо відповідності їх функціонування вимогам екологічної безпеки і сталого екологічного розвитку.

Розроблено програмне забезпечення для безперервного контролю рівня екобезпеки в умовах техногенного навантаження територій, нестабільного стану системи, регулювання і вибору ефективних процесів на виробництві за наданим комплексним аналізом та оцінкою стану різнорідних складних систем, небезпечних ситуацій.

Ключові слова: екологічна безпека, методи системного аналізу, математичні методи моделювання, інформаційна система моніторингу, ідентифікація стану безпеки, екологічні знання-орієнтовані системи, інформаційно-програмне забезпечення оцінки якості систем.

АННОТАЦИЯ

Козуля М.М. Комплексная информационно-системная оценка уровня экологической безопасности сложных объектов. – На правах рукописи.

Диссертационная работа на соискание научной ступени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Сумской государственный университет Министерство образования и науки Украины, Сумы, 2017.

В диссертационной работе определены основные пути усовершенствования моделей и методических подходов оценивания экологического качества сложных систем, дан анализ существующих методов оценки состояния «система – окружающая среда (ОС)». Проанализированы подходы для формирования методического обеспечения решения комплексных задач оценки уровня безопасности сложных разнородных объектов, определения соответствия их состояния требованиям гомеостатического функционирования в условиях социально-экономического развития. Определены особенности применения информационных технологий в экологическом анализе безопасности сложных систем, обозначены направления их усовершенствования для

обеспечения комплексной оценки экологического качества природно-техногенных объектов.

Дана характеристика методов исследования состояния «система – ОС» в сфере экологического, эколого-экономического анализа по оценке уровня экологической безопасности сложных объектов. Предложено применение системы методов с целью последовательного определения уровня дестабилизации «система – ОС», комплексной оценки безопасности состояния сложных объектов любого уровня организации и получение необходимых знаний для формирования информационных баз данных с целью обеспечения экологических исследований и контроля качества природно-техногенных систем в условиях неопределенности их взаимодействия с объектами ОС.

Предложены усовершенствования методов анализа и оценки эколого-социально-экономической информации. Разработан обобщенный алгоритм комплексного анализа мониторинговых данных и оценки уровня экологической безопасности системных объектов на основе энтропийно-информационных функций и компараторной идентификации соответствий уровню экологического качества.

Предложено информационно-программное обеспечение реализации оценки экологического качества сложных систем в исследованиях «состояние (система – ОС) – процесс – состояние системы».

Разработано программное обеспечение для беспрерывного контроля уровня экологической безопасности природно-техногенных объектов в условиях техногенной нагрузки территорий, нестабильного состояния систем промышленных объектов с учетом взаимодействий «система – окружающая среда», идентификации экологически опасных эффектов в течении производственных процессов.

Ключевые слова: экологическая безопасность, методы системного анализа, математические методы моделирования, информационные системы мониторинга, идентификация состояния безопасности, экологические знание-ориентированные системы, информационно-программное обеспечение оценки качества систем.

Kozulia M. Integrated information system assessment of complex objects environmental safety level. – Manuscript.

Thesis for the academic degree of the Candidate of Engineering Sciences, Specialty 21.06.01 – environmental safety. – Sumy State University Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2017.

The basic ways to improve the models and methodological approaches to evaluation of complex systems safety and methodological support capability in analysis “system – the environment” are determined in the thesis. Considered investigation methods characteristic of “system – the environment” state

according to the methodological approaches in the field of environmental, ecological and economic analysis to assess environmental safety level. The system of methods for integrated assessment information data monitoring of heterogeneous objects, methods and means improvement of the processing, analysis and evaluation of environmental and socio-economic information are proposed. The information and methodological support comprehensive analysis of the environmental safety of objects based on entropy and information awareness approaches of monitoring data. Algorithmic implementation of methodological support software for quality evaluation of complex systems-level research “state (system – the environment) – process – system state” is proposed.

Analyzed approaches in developing information and software support for solving complex tasks of heterogeneous complex objects accordance assessment to their environmental sustainable development operation and environmental safety requirements.

The software was developed for continuous environmental safety monitoring in terms of anthropogenic impact areas, the unstable system state, management and selection of effective production processes according to the provided comprehensive analysis and assessment of diverse complex systems and dangerous situations.

Keywords: environmental safety, methods of system analysis, mathematic modeling methods, information monitoring systems, safety state identification, environmental knowledge-oriented systems, information program of systems quality assessment.