УДК 574.08:681.78:629.52.7
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.1

ІНТЕГРАЦІЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ: АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРОБЛЕМ СТВОРЕННЯ ІНТЕГРОВАНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ СТРАТЕГІЧНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ, ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ, ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ

Машков О.А., Іващенко Т.Г., Денисенко І.Ю.
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
mashkov_oleg_52@ukr.net, tvn.prof@gmail.com, Denisenko15@ukr.net

Визначені перспективи створення автоматизованих систем управління екологічною безпекою у сфері захисту довкілля та природних ресурсів відповідно до європейських стандартів і вимог для забезпечення дотримання екологічних прав громадян. Проведено порівняльний аналіз наданих авторами пропозицій, що дозволили окреслити нові підходи до створення та застосування систем підтримки прийняття управлінських інформаційних рішень під час здійснення стратегічного екологічного оцінювання, оцінки впливу на навколишнє середовище, екологічних загроз і ризиків. Визначено, що оцінка екологічного збитку може сприйматись як завдання оцінки величини збитку. З'ясовано, що найчастіше оцінювання здійснюється за емпіричними даними (за вибіркою величин збитків відповідно до аналогічних випадків, що трапилися раніше). За відсутності емпіричного матеріалу пропонується використовувати експертні оцінки. Найбільш обґрунтованим є модельно-розрахунковий метод, що базується на моделі еколого-економічної ситуації, які дозволяють розрахувати характеристики збитку. Зазначено, що комплексна екологічна оцінка стану навколишнього середовища має враховувати природні, екологічні та соціально-економічні показники території, визначати ступінь антропогенного перетворення та рівень забруднення як окремих компонентів, так і навколишнього природного середовища в цілому. Зауважено, що методологія ризик-орієнтованої підтримки прийняття рішень за умов екологічних загроз та ризиків на сьогодні розроблена не повністю, а тому зазначена проблема потребує вичерпного рішення, зважаючи на випадки надзвичайних ситуацій, що почастішали. Наступним кроком у створенні інтегрованих систем управління екологічною безпекою є аналіз проблеми управління екологічною безпекою планової діяльності системи підтримки прийняття рішень під час надзвичайних ситуацій природного характеру та інтеграція аерокосмічних технологій у систему управління екологічною безпекою. *Ключові слова:* автоматизована система управління, аерокосмічні технології, екологічна безпека, екологічні загрози та ризики, екологічні збитки, експертні оцінки, захист довкілля, інтегрована система управління екологічною безпекою, надзвичайні ситуації, оцінка впливу на навколишнє середовище, планова діяльність, природні ресурси, ризик-орієнтований підхід, система підтримки прийняття управлінських інформаційних рішень, стратегічне екологічне оцінювання.

Integration aerospace technology in the control system of environmental safety: analysis of current problems of creation of automated systems integrated strategic environmental assessment, environmental impact assessment, environmental risk assessment. Mashkov O., Ivashchenko T., Denysenko I.

The paper identifies prospects for the creation of automated environmental safety management systems in the field of environmental protection and natural resources in accordance with European standards and requirements to ensure compliance with environmental rights of citizens. A comparative analysis with the known solutions of the new solutions proposed by the author, which allowed to identify new approaches to the creation and application of systems to support management information decisions in strategic environmental assessment, environmental impact assessment, environmental threats and risks. It is established that the task of environmental damage assessment can be understood as the task of estimating the amount of damage. It is determined that most often the assessment is carried out on the basis of empirical data (on a sample of losses corresponding to what happened before similar cases). In the absence of empirical material, it is proposed to rely on expert assessments. The most reasonable is the model-calculation method, which is based on the model of ecological and economic situation, which allows to calculate the characteristics of the damage. It is determined that a comprehensive ecological assessment of the environment should take into account natural, ecological and socio-economic indicators of the territory, characterize the degree of anthropogenic transformation and the level of pollution, both individual components and the environment as a whole. It is substantiated that the methodology of risk-oriented decision support in terms of identifying environmental threats and risks is currently underdeveloped, and therefore the identified problem is too far from its comprehensive solution, due to the increasing number of emergencies. The next stage in the creation of integrated environmental safety management systems is the analysis of the problem of environmental safety management of planned decision support activities in natural emergencies and the integration of aerospace technologies into the environmental safety management system. *Key words:* automated management system, aerospace technologies, environmental safety, environmental threats and risks, environmental damage, expert assessments, environmental protection, integrated environmental safety management system, emergencies, environmental impact assessment, planning activities, natural resources, risk-oriented approach, management information support system, strategic environmental assessment.

Постановка проблеми. Функціонування ефективної системи моніторингу довкілля – невід'ємний складник державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища, спрямованої на забезпечення конституційного права громадян на безпечне середовище існування. Створення загальнодержавної інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури передбачає розробку ефективної системи моніторингу довкілля в Україні. Сьогодні основною метою проведення моніторингу довкілля є збирання, збереження та обробка достовірної, оперативної інформації, необхідної для розробки заходів із попередження та зменшення негативних наслідків змін стану навколишнього середовища. Крім того, незадовільний стан моніторингу довкілля у Стратегії національної безпеки України, затвердженій Указом Президента України від 26 травня 2015 р. № 287/2015, визначено як загрозу національній безпеці в екологічній сфері.

Державна система моніторингу довкілля є інтегрованою інформаційною системою, що має здійснювати збирання, збереження та оброблення екологічної інформації для відомчої та комплексної оцінки і прогнозу стану природного середовища, біоти й умов життєдіяльності, вироблення обґрунтованих рекомендацій щодо прийняття ефективних соціальних, економічних та екологічних рішень на всіх рівнях державної виконавчої влади, удосконалення відповідних законодавчих актів, а також виконання зобов'язань України відповідно до міжнародних угод, програм, проєктів і заходів [1].

На сьогодні державна система моніторингу довкілля включає 11 суб'єктів верхнього рівня, зокрема, Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України; Міністерство аграрної політики України; Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України; Державну службу України з надзвичайних ситуацій (ДСНС); Державне агентство України з управління зоною відчуження; Державну санітарно-епідеміологічну службу України; Державне агентство водних ресурсів України; Державне агентство лісових ресурсів України; Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру; Державну службу геології та надр України тощо.

Суб'єкти системи моніторингу мають забезпечувати проведення контролю стану якості атмосферного повітря, вод, суші, прибережних вод, земель і ґрунтів, біологічного різноманіття, ендогенних та екзогенних геологічних процесів, а також поводження з відходами і фізичними факторами впливу. Функціонування державної системи моніторингу довкілля має здійснюватися за трьома рівнями, що розподіляються за територіальним принципом, зокрема загальнодержавним, регіональним і локальним.

Наявна система моніторингу довкілля базується на реалізації розподілених функцій її суб'єктами і складається з підпорядкованих їм підсистем. Кожна підсистема на рівні окремих суб'єктів системи моніторингу має свою структурно-організаційну, науково-методичну та технічну бази.

Згідно з Законом України «Про оцінку впливу на довкілля» планована діяльність – господарська діяльність, що включає будівництво, реконструкцію, технічне переоснащення, розширення, перепрофілювання, ліквідацію (демонтаж) об'єктів тощо. Проте вона не передбачає реконструкцію, технічне переоснащення, капітальний ремонт, розширення, перепрофілювання об'єктів, інші втручання в природне середовище, що не мають значного впливу на довкілля відповідно до критеріїв, затверджених Кабінетом Міністрів України [1].

Стратегічна екологічна оцінка (далі – СЕО) (strategic environmental assessment (SEA) – це процес, за допомогою якого екологічні міркування мають бути повністю інтегровані в підготовку планів і програм до їх остаточного прийняття. Завданнями СЕО є забезпечення високого рівня захисту навколишнього середовища та сприяння сталому розвитку.

Стратегічна екологічна оцінка – процедура, необхідна для визначення, опису та оцінювання наслідків, що впливають на довкілля та здоров'я населення, за допомогою застосування нормативних документів державного планування (містобудівної документації: генерального плану, детального плану території або плану зонування території, схеми планування району; стратегій, загальнодержавних програм, державних цільових програм та інших програм і програмних документів, які розробляються та/або підлягають затвердженню органом державної влади, органом місцевого самоврядування), розроблення заходів щодо запобігання, зменшення та пом'якшення можливих негативних наслідків [2].

Стратегічна екологічна оцінка є практичним інструментом для реалізації концепції сталого розвитку із врахуванням екологічних аспектів у процесах ухвалення рішень політичного, економічного й соціального напрямів. Концепція сталого розвитку пов'язана з необхідністю розв'язання екологічних проблем, врахування питань охорони довкілля в процесах планування та ухвалення рішень щодо соціально-економічного розвитку територіальних одиниць різного масштабу.

Для визначення можливих екологічних наслідків, зокрема, пов'язаних зі здоров'ям населення, використовуються критерії, представлені в Додатку III до Протоколу про стратегічну екологічну оцінку:

1. Значущість стратегії розвитку міста, зважаючи на необхідність врахування екологічних складників, зокрема пов'язаних зі здоров'ям населення, для сприяння сталому розвитку.

2. Ступінь, в якому стратегія визначає структуру для проєктів та іншої діяльності, місця, характеру, масштабів і умов функціонування, виділення ресурсів.

3. Ступінь, в якому стратегія впливає на інші стратегії, плани та програми, зокрема в порядку ієрархії.

4. Екологічні проблеми, зокрема пов'язані зі здоров'ям населення, що стосуються стратегії.

5. Характер таких екологічних наслідків, зокрема пов'язаних зі здоров'ям населення, як імовірність, тривалість, частотність, зворотність, розмах і масштаб (наприклад, масштаби географічного району, якого це стосується, або чисельність населення, якого це стосується).

6. Ризики для довкілля, зокрема пов'язані зі здоров'ям населення.

7. Транскордонний характер наслідків.

Оцінка екологічної ситуації на території міста чи регіону передбачає збір та аналіз інформації про поточний стан складників довкілля, зокрема, значення ключових екологічних показників.

Зібрана інформація дозволить об'єктивно оцінити поточний стан довкілля. Проведення SWOT-аналізу сприятиме визначенню сильних та слабких сторін екологічної ситуації у місті чи регіоні, окресленню можливих загроз довкіллю та пошуку максимально ефективних способів зменшення негативного впливу планованої діяльності на навколишнє середовище.

Проведення СЕО також передбачає визначення можливих чинників змін антропогенного та природного характеру. Вони можуть бути антропогенними (наприклад, вилучення природних ресурсів, забруднення середовища промисловими й побутовими відходами) або природними (дефіцит природних ресурсів, зростання вартості енергії тощо), досить часто беруться до уваги і регіональна політика та управлінські дії. Зміни в екологічній ситуації в регіоні обумовлені синергетичною взаємодією економічних, адміністративних, демографічних і соціально-культурних чинників, а також рівнем розвитку промисловості, сільського господарства, науки й технологій.

Стратегічна екологічна оцінка здійснюється в процесі розроблення документа державного планування до його подання для затвердження. Здійснення стратегічної екологічної оцінки забезпечує замовник.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Варто зазначити, що необхідність удосконалення державної системи моніторингу довкілля зумовлюється зовнішньополітичним курсом України на європейську інтеграцію та визначається цілою низкою документів стратегічного характеру. Так, з-поміж інших завдань Стратегія національної безпеки України, затверджена Указом Президента України від 26 травня 2015 р. № 287/2015, передбачає створення ефективної системи моніторингу довкілля (п. 4.14). З метою ефективного виконання функцій державна система моніторингу довкілля має базуватися на певних регуляторних вимогах щодо відповідальності визначених суб'єктів, обґрунтуванні програм і регламентів моніторингу, а також критеріях безпеки навколишнього середовища. Така система має забезпечувати об'єктивний аналіз впливів за результатами об'єктових програм моніторингу і контролю, а також надавати результати аналізу динаміки зміни основних складників довкілля у просторі і часі з урахуванням фонових даних забруднення.

Розробка ефективної системи моніторингу довкілля відповідає європейським і світовим підходам до екологічного управління, зокрема вимогам і директивам Угоди про асоціацію України з Європейським Союзом. Створення такої системи значно розширить можливості міжнародної співпраці України у галузі охорони навколишнього природного середовища та сприятиме погодженню стану довкілля з європейськими і світовими вимогами. Незадовільний стан моніторингу довкілля визначено як загрозу національній безпеці України в екологічній сфері. Наразі в країні відсутня цілісна система моніторингу довкілля, певним чином функціонують лише відомчі мережі, що вирішують вузькопрофільні завдання управління. Система моніторингу довкілля як важливий складник системи державного управління у сфері екологічної безпеки та формування державної політики сталого розвитку, виконання міжнародних зобов'язань України в природоохоронній сфері потребує кардинального удосконалення, особливо в частині впровадження сучасних технологій геоінформаційних систем і дистанційного зондування Землі. Першочерговим завданням є організація автоматизованого моніторингу навколишнього середовища, що ґрунтується на створенні та застосуванні комп'ютерних технологій оперативного збирання, оброблення і передавання даних від великої кількості віддалених та розподілених на значній території об'єктів.

Україна є учасницею багатьох міжнародних двосторонніх та багатосторонніх угод і конвенцій, імплементація яких потребує використання об'єктивної інформації про стан довкілля та прогнозування динаміки його змін. Відповідно до Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом наша держава взяла на себе зобов'язання поступово наблизити своє законодавство до законодавства ЄС у сфері охорони навколишнього природного середовища. Оцінюючи сучасний стан системи моніторингу довкілля, слід зазначити, що вкрай недостатніми є організація та проведення моніторингу забруднення навколишнього середовища на промислових й енергетичних підприємствах. Незважаючи на те, що в Європейському Союзі постійний моніторинг довкілля на підприємствах, що становлять підвищену екологічну небезпеку, є обов'язковим, у нашій державі останніми роками він поступово згортався. Крім того, власники промислових підприємств не зацікавлені у проведенні екологічного моніторингу і відшкодуванні збитків, завданих забрудненням довкілля.

Стратегічна екологічна оцінка передбачає оцінку ймовірних екологічних наслідків, зокрема пов'язаних зі здоров'ям населення, яка поєднує визначення сфери застосування екологічної доповіді із забезпеченням участі громадськості в її підготовці. Стратегічна еко-

логічна оцінка розглядається як процедура визначення, опису та оцінювання наслідків виконання документів державного планування для довкілля, зокрема й для здоров'я населення, виправданих альтернатив, розроблення заходів із запобігання, зменшення та пом'якшення можливих негативних явищ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розбудові систем підтримки прийняття рішень (далі – СППР), що базуються на математичних моделях, приділялася значна увага в працях таких вітчизняних і закордонних дослідників, як В.С. Дейнека, О.Г. Додонов, М.З. Згуровський, В.В. Казимир, Н.М. Куссуль, К.М. Лаврищева, В.В. Литвинов, В.Б. Мокін, А.І. Петренко, В.О. Петрухін, І.В. Сергієнко, О.М. Трофімчук, В.Г. Тульчинский, О.М. Верес, Д.С. Гофман, R.M. Argent, B. Jagers, G.M. Marakas, A.V. Moore, A.E. Rizolli.

М.Й. Железняком та Є.О. Євдіним зроблено опис сучасних СППР з проблем екологічної безпеки та природокористування, з якого виходить, що, виконуючи завдання інтеграції різних розрахункових моделей та організації їх взаємодії, слід інтегрувати їх у СППР зі зручним графічним інтерфейсом, способом зберігання інформації у базі даних, підсистемою побудови звітів, геоінформаційною системою та іншою функціональністю, яка відсутня у звичайному моделювальному фреймворку.

У працях Т.В. Козулі, Д.І. Ємельянової обґрунтована доцільність застосування комплексного підходу до розробки методичного забезпечення оцінки якості та безпечності системних об'єктів з позицій сталого розвитку, розроблено інформаційно-алгоритмічне забезпечення для практичної реалізації методичної підтримки комплексної оцінки екологічності системних об'єктів з урахуванням зв'язку між їхнім станом і процесами внутрішньої самоорганізації та зовнішньої взаємодії з навколишнім середовищем і з використанням розробленого програмного продукту в середовищі розробки Visual Studio.

У працях А.В. Акімова запропоновано методику досліджень природного та техногенного ризику. Наукові основи прогнозування природно-техногенної (екологічної) безпеки України розробили Б.М. Данилишин, В.В. Ковтун, А.В. Степаненко. Аналіз і прогноз природно-техногенної безпеки великих міст із застосуванням нелінійних методів запропонував Г.Г. Іщенко. Питання екологічної безпеки України висвітлені у праці А.Б. Качинського.

Нові підходи до проведення оцінки природно-техногенної безпеки життєдіяльності населення України (на прикладі районів, виділених за рівнем природно-техногенних небезпек) запропонував А.Л. Мельничук. Технологію системного аналізу та моделювання небезпечних процесів у техносфері висвітлив П.Г. Белов.

Системні принципи інформатизації управління природно-техногенною безпекою запропоновані вченими М.М. Биченоком, С.О. Довгим, О.М. Трофимчуком, у працях яких сформовані методологічні основи геоінформаційної технології підтримки прийняття рішень у природно-територіальних системах в умовах надзвичайних ситуацій природного характеру, що заснована на своєчасній оцінці ризику.

Відомі теоретичні підходи до створення просторово-часової моделі природно-техногенної системи у вигляді багатовимірного розмитого топологічного простору, коли використовується модель подання знань, що описують проблематику, у вигляді просторово-розподіленої деревоподібної структури подій.

Порівняльний аналіз відомих рішень, запропонованих авторами, дозволяє застосувати нові підходи до створення та використання систем підтримки прийняття управлінських інформаційних рішень під час здійснення стратегічного екологічного оцінювання, оцінки впливу на навколишнє середовище, екологічних загроз та ризиків. У статті висвітлені наукові основи управління екологічною безпекою планової діяльності за допомогою інтегрованих автоматизованих систем.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Розвиток сучасних телекомунікаційних технологій, глобальних інформаційних мереж та автоматизація технологій отримання, обробки, представлення візуалізації даних зумовили високий рівень очікувань громадян на доступ до екологічної інформації про стан навколишнього природного середовища, наявні екологічні ризики (загрози) для безпечної життєдіяльності, екологічну перспективу в електронному вигляді, вимогу модернізації державного управління, прозорості та відкритості діяльності органів державної влади і місцевого самоврядування у сфері охорони навколишнього природного середовища, зокрема раціонального використання, відтворення й охорони природних ресурсів, упровадження сучасних електронних форм взаємодії та залучення громадян до прийняття управлінських рішень [3–9].

Сучасні проблеми із забезпеченням надання вільного доступу до екологічної інформації про стан навколишнього природного середовища в електронному вигляді спричинені:

– нездатністю (низькою спроможністю) державного управління запобігати надзвичайним ситуаціям техногенного та природного характеру, недостатньою оперативністю системи державного кризового реагування;

– невизначеністю інформаційних потреб державного управління у сфері охорони навколишнього природного середовища, зокрема раціонального використання, відтворення й охорони природних ресурсів, які б мали стати стратегічним підґрунтям формування програм моніторингу навколишнього природного середовища як основи генерування екологічних даних та інформації;

– відсутністю загальнодержавної природоохоронної інформаційно-телекомунікаційної інфраструк-

тури органів державної влади та органів місцевого самоврядування для виконання їхніх повноважень, акумуляції інформації у сфері охорони навколишнього природного середовища, зокрема про раціональне використання, відтворення й охорону природних ресурсів;

– не досить чітким розподілом повноважень, низьким рівнем координації дій та інституційної спроможності органів державної влади й органів місцевого самоврядування у збиранні, накопиченні та обміні екологічною інформацією, внаслідок чого з'являються автономні та неуніфіковані за структурою реєстри/бази даних, наявне дублювання функцій, нераціональне використання коштів державного бюджету на збирання та накопичення однотипної інформації про стан навколишнього природного середовища;

– наявністю значної кількості несистематизованої та непереведеної у цифровий формат екологічної інформації про стан навколишнього природного середовища на паперових носіях;

– необхідністю погодження нормативно-правових актів з питань надання, збирання, звітності, експертного аналізу, накопичення, обміну та розпоряджання інформацією про стан навколишнього природного середовища з європейськими вимогами;

– відсутністю комплексного підходу та механізму автоматизованої інтегральної оцінки даних про суб'єкт господарювання, який використовує природні ресурси та чинить вплив на навколишнє природне середовище;

– необхідністю впровадження ефективного превентивного механізму запобігання та протидії корупції, зменшення впливу корупціогенних ризиків і посилення громадського контролю за діяльністю органів державної влади та органів місцевого самоврядування у сфері охорони навколишнього природного середовища, зокрема раціональним використанням, відтворенням й охороною природних ресурсів.

Метою створення інтегрованих автоматизованих систем управління екологічною безпекою є підтримка прийняття екологічних рішень у сфері охорони навколишнього природного середовища, зокрема раціонального використання, відтворення й охорони природних ресурсів відповідно до європейських стандартів і вимог для забезпечення дотримання екологічних прав громадян і забезпечення надання вільного доступу до екологічної інформації про стан навколишнього природного середовища, екологічні ризики (загрози) для безпечної життєдіяльності, екологічну перспективу.

Запропонований підхід дозволить сформувати загальнодержавну інформаційно-телекомунікаційну інфраструктуру органів державної влади та органів місцевого самоврядування у сфері охорони навколишнього природного середовища, зокрема раціонального використання, відтворення й охорони природних ресурсів.

Мета дослідження полягає у викладенні методики обґрунтування підходів та методів інтеграції аерокосмічних технологій в систему управління екологічною безпекою, оцінки екологічних ризиків руйнівного та забруднювального впливів й аварій на техногенно небезпечних об'єктах з використанням аерокосмічних технологій.

Виклад основного матеріалу.

1. Аналіз наявних підходів до побудови інтегрованих автоматизованих систем управління екологічною безпекою.

На сьогодні створені умови для практичного виконання завдань ризик-орієнтованої СППР в умовах процесів руйнівного характеру (далі – ПРХ) у просторово-часовому масштабі. Цьому сприяє розвиток комп'ютерної техніки та інформаційних технологій, таких як геоінформаційні системи (далі – ГІС), а також доступність геопросторових і статистичних даних за допомогою мережі інтернет.

Наразі створено й експлуатується багато систем, що призначені як для вирішення питань автоматизації окремих робочих місць спеціалістів, котрі забезпечують управління в умовах надзвичайної ситуації природного характеру (далі – НСПХ), так і для забезпечення державного, міждержавного та міжнародного управління і контролю за надзвичайними ситуаціями (далі – НС). Прикладом міждержавної інформаційної системи є глобальна інформаційна мережа GDIN, створена урядом США у 1997 р., яка надає інформацію, пов'язану зі стихійними лихами, та здійснює підтримку прийняття відповідних рішень. Система об'єднує низку міжнародних, державних, недержавних і комерційних організацій у сфері реагування на НС. У США розроблений комплекс програм HAZUS, що дозволяє оцінювати ризик від деяких НСПХ, таких як повені, землетруси, урагани тощо, з метою створення плану дій щодо ліквідації наслідків таких НС. Обмеженням цього комплексу програм є те, що в них не враховується ризик від декількох НС, що поширюються одночасно. У Новій Зеландії розроблена система програмного забезпечення RiskScape для аналізу ризиків від декількох НСПХ, таких як повені, землетруси, цунамі, ураганні вітри. Методологія RiskScape дозволяє порівнювати різні джерела небезпеки за допомогою функції нестійкості, яка визначає співвідношення між НС, характеристиками ресурсів, що знаходяться в умовах ризику, і потенційним збитком. За підтримки координаційного центру з попередження стихійних лих у Центральній Америці (CEPREDENAC) розроблена ГІС-орієнтована система CAPRA, заснована на аналізі статистичних даних, що дозволяє проводити оцінку ймовірності ризику землетрусів, ураганів, вивержень вулканів, повеней, цунамі та пов'язаних з ними збитків. У Німеччині функціонує розподілена система збору та пошуку інформації IMIS, що здійснює постійний моніторинг навколишнього

середовища з метою надання інформації та прогнозування радіаційної ситуації. Існує низка проєктів, що фінансуються Європейським Союзом та спрямовані на розробку методології оцінки ризиків від природних НС (посухи, землетруси, повені тощо) і техногенних НС (аварії об'єктів ядерної енергетики тощо). Це такі проєкти, як: NaRAs, MATRIX, CLUVA, ByMur, EPSON HAZARD 1.3.1.

Зазначені проєкти використовують різні підходи: від найпростішого у застосуванні якісного до кількісного, що забезпечує точнішу оцінку елементів ризику. На якісній оцінці ризику засновані проєкти ESPON-HAZARD 1.3.1 і MATRIX, особливістю яких є використання методу Дельфі, що передбачає складання анкет із питаннями для групи експертів, де їм пропонується висловити свої суб'єктивні оцінки ризику від певних НС. У проєкті ESPON анкети, запропоновані експертам, дозволяють ранжувати НС, що аналізуються, на основі набору вагомих значень, які розкривають значущість кожної НС на узагальненій мапі. У проєкті MATRIX якісний метод дозволяє інтегрувати знання останніх користувачів для ідентифікації НС і вразливих об'єктів. Загалом метод Дельфі характеризується суб'єктивністю і вимагає багато часу та чималих організаційних зусиль. Кількісні методи оцінки ризику, такі як зважені суми, байєсівські мережі, імовірнісні підходи, були використані в проєктах NaRAs, CLUVA, ByMur. Прикладом автоматизованих систем підтримки прийняття рішень в НС є європейська комплексна система RODOS, яка є результатом розробки понад 20 європейських інститутів і призначена для підтримки прийняття рішень у реальному масштабі часу в умовах НС, пов'язаних з радіаційною ситуацією в Європі. Система містить підсистеми аналізу та оцінки ситуації, а також вибору ефективних контрзаходів. Система RODOS в межах проєкту TACIS TA REG 02/3 була впроваджена в Україні. Система «РОДОС-Україна» забезпечує раннє попередження та радіаційний моніторинг на основі даних мережі метеорологічних станцій України, оброблених Укргідрометцентром.

Традиційно отримання інформації для ППР в умовах НСПХ здійснюється за допомогою експертів безпосередньо на місцевості або за допомогою аналізу даних, які надходять від супутників, протипожежних вишок тощо. Однак останні досягнення в галузі аерокосмічних технологій зумовили виникнення нових можливостей щодо застосування безпілотних літальних апаратів (далі – БПЛА) для виявлення та моніторингу ПРХ з метою ППР у системах реального часу. Автоматичні системи широко використовуються в СППР в умовах НСПХ.

Більшість систем виявлення ПРХ базуються на наземних камерах. Це такі системи, як BOSQUE, спрямована на виявлення пожеж за допомогою інфрачервоної камери, та ARTIS-FIRE, що здійснює виявлення димового шлейфа завдяки візуальним камерам [7–9].

Недоліки таких систем полягають в тому, що вони не охоплюють всю територію, а також не здатні здійснювати точні спостереження в умовах мінливого навколишнього середовища. Для автоматичного виявлення пожеж також застосовуються супутникові системи, але їх використання супроводжується затримкою виявлення та низькою розділовою здатністю супутникових даних. Моніторинг ПРХ зазвичай здійснюється експертами, які оцінюють візуально або за допомогою камер швидкість поширення, інтенсивність та інші характерні явища. Використовуються також керовані літальні апарати, що дозволяють спостерігати за поширенням ПРХ, але вони коштують дорого, а їх використання пов'язане з ризиком для людини, яку залучено до керування. Моніторинг за допомогою БПЛА дає змогу автоматично отримувати актуальну своєчасну інформацію, що забезпечує володіння ситуацією й інформованість ОПР під час прийняття рішень в умовах НСПХ та дозволяє знизити ризик для людей, залучених до моніторингу. БПЛА мають можливість спостерігати за територією, передавати зображення та відеоінформацію. Аерофотознімки, особливо накладення зображень у декількох проєкціях, і матеріали відеозйомки ПРХ дозволяють діагностувати ситуацію під час НСПХ та визначати об'єкти, які перебувають в умовах максимального ризику. БПЛА можуть відігравати важливу роль також і в ліквідації НСПХ. Наявні СППР на основі БПЛА забезпечують оцінку динаміки контуру ПРХ в географічних координатах у реальному часі. Сфера використання БПЛА для виявлення та моніторингу ПРХ сьогодні розвивається досить активно. У США було досліджено використання єдиного БПЛА зі складними сенсорами для гасіння лісових пожеж у проєкті FiRE. Групу більш простих БПЛА було використано для виявлення та моніторингу лісової пожежі в європейському проєкті COMETS. Отже, інтеграція БПЛА та методів дистанційного зондування забезпечує швидке і порівняно дешеве виконання багатьох завдань, що виникають під час ППР в умовах ПРХ, тому багато дослідників приділяють підвищену увагу використанню БПЛА. Незважаючи на позитивні результати, багато питань, пов'язаних із системами моніторингу ПРХ за допомогою БПЛА, включаючи їх архітектуру, платформи, сенсори, алгоритми дистанційного зондування та обробки зображень, залишаються не досить розкритими і потребують подальшого дослідження.

З метою ефективнішого розв'язання завдань екологічної безпеки та раціонального використання природних ресурсів наразі активно впроваджуються системи підтримки прийняття рішень, засновані на математичних моделях динаміки навколишнього природного середовища [3–8].

Завдання екологічної безпеки мають комплексний характер, що вимагає під час їх вирішення взаємодії на рівні потоків інформації моделей метеорологічних, гідрологічних, океанологічних, гідро-

геологічних процесів, моделей переносу забруднень у навколишньому середовищі, в біологічних екосистемах і харчових ланцюгах. Зазвичай розрахункові моделі є вузькоспеціалізованими й описують процеси тільки одного з можливих природних діапазонів. Трапляються ситуації, коли СППР створюється на основі блоків, утворених різними групами розробників, без урахування їхньої сумісності з іншими моделями. Таким чином, основним завданням СППР є забезпечення чіткого, простого шляху інтеграції обчислювальних моделей і системи, а також реалізація можливості інтеграції моделей між собою через об'єднання в обчислювальні ланцюжки.

Не менш важливим завданням є надання досить зручного інтерфейсу для ініціалізації, управління перебігом розрахунку моделі, візуалізації та постобробки результатів, щоб користувач системи мав змогу і бажання користуватися нею самостійно. Найбільш складним є таке завдання в комплексних екологічних додатках, для яких водночас з інтеграцією різних розрахункових моделей виникає питання організації їх взаємодії з базами даних (далі – БД), зокрема з БД реального часу, інтерфейсом користувача, ГІС.

2. Перспективи створення автоматизованих систем управління екологічною безпекою.

Наразі для оцінки стану навколишнього середовища й екологічної оцінки території застосовуються різні методи, але їхня класифікація та систематизація не повністю завершені. Можна виділити дві групи методів екологічних оцінок:

1) методи оцінки стану окремих компонентів навколишнього середовища (атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунтового покриву тощо);

2) методи комплексної оцінки стану навколишнього середовища, що дозволяють визначати стан геосистем або ландшафтів у цілому, умови для розвитку біоти, проживання людини і ведення нею господарської діяльності.

Вони дають змогу здійснювати визначення фізичних, хімічних, біологічних, санітарно-токсикологічних показників окремих компонентів навколишнього середовища. Основним прийомом оцінки якості компонентів навколишнього середовища є зіставлення визначених параметрів із усталеними нормативами, гранично допустимими концентраціями або фоновими значеннями. Зважаючи на складність і різноманітність хімічного складу природних екосистем, а також на значну кількість забруднювальних речовин (далі – ЗВ), такі оцінки не дають чіткого уявлення про сумарне забруднення і не дозволяють однозначно визначити якість навколишнього середовища з різним характером забруднення.

На недоліки такого підходу вказувало чимало дослідників у своїх працях. На сьогодні розроблені методи, що дозволяють оцінювати стан компонентів природного середовища за сукупністю хімічних, фізичних, біологічних показників, ці методи враховують узагальнені характеристики – індекси якості, коефіцієнти забруднення, сумарні показники забруднення. Проте і такі оцінки, коли за допомогою одного або декількох чисел робиться спроба відобразити стан складної природної системи, не завжди бувають об'єктивними і показовими. Тому важливе значення має комплексна екологічна оцінка стану навколишнього середовища, що враховуватиме природні, екологічні та соціально-економічні показники території, визначатиме ступінь антропогенного перетворення та рівень забруднення як окремих компонентів, так і навколишнього середовища в цілому.

Теоретичною і методологічною основою комплексної оцінки стану довкілля є провідні ідеї екології, географії, геохімії навколишнього середовища та ландшафту, які розглядають основні поняття і визначення, зміст, масштаб, методи, критерії, показники та результати оцінки. При цьому визначення екологічної оцінки передбачає екологічну діагностику як виявлення і вивчення ознак, що відображають сучасний та очікуваний стан навколишнього середовища, екосистем і ландшафтів. А, власне, екологічна ситуація розглядається як територіальне поєднання різних природних умов, негативних і позитивних антропогенних чинників, що створюють визначену екологічну ситуацію різного ступеня небезпеки для людини і навколишнього середовища. Комплексна екологічна оцінка території передбачає: встановлення природно-ландшафтної диференціації; визначення стану ландшафтів та їх компонентів; установлення антропогенних впливів на ландшафт; з'ясування потенційних можливостей ландшафтів протистояти антропогенним навантаженням; визначення екологічних ситуацій та оцінку ступеня їх гостроти; розроблення рекомендацій щодо поліпшення екологічної ситуації.

Аналіз наявних підходів дозволяє визначити й узагальнити основні параметри комплексної екологічної оцінки території, розділи або складові оцінки, елементи оцінки з окремих розділів, показники і результати оцінки (табл. 1). Комплексна екологічна оцінка включає: ландшафтну диференціацію території й аналіз стійкості ландшафтів до антропогенного впливу, визначення антропогенного навантаження та стану забруднення навколишнього середовища, ступеня гостроти екологічної ситуації.

Виконання завдання управління екологічною безпекою планової діяльності з використанням автоматизованих систем може бути представлено у вигляді композицій з наступних кортежів:

$$\{X, T, F, S, E\} \rightarrow \{A^N\},$$

де *вихідні* дані: $X = \{x\}$ – модель об'єкта планової діяльності; $T = \{t\}$ – технології підтримки прийняття рішень під час управління екологічною безпекою; $F = \{F_l\}$ – множина факторів, що впливають на прийняття рішення; $S = \{s\}$ – ситуація, за якої функціонує об'єкт планової діяльності; $E\{e\}$ – умови наяв-

ності апаратури спостереження в автоматизованій системі; A^N – управлінське екологічне рішення.

Проте існує ціла низка поки що невирішених практичних економіко-правових питань, пов'язаних із постійним ризиком. Інколи з'ясовується, що підприємству економічно вигідніше забруднювати (відверто, отруювати) навколишнє середовище, ніж вживати заходів з очищення скидів відходів. Чинні податки і збори за використання природних ресурсів, особливо нафти, газу, вугілля, інших корисних копалин, видаються вельми заниженими. Значну частку одержуваного підприємством прибутку державі варто вилучати у вигляді ренти за допомогою механізму податків і зборів та спрямовувати, зокрема, на реалізацію екологічних програм.

На сьогодні пов'язані з забрудненнями нормативи встановлюються у вигляді гранично допустимих концентрацій й аналогічних величин. Проте відходи життєдіяльності підприємства зазвичай містять найрізноманітніші речовини, які чинять шкідливу дію на організм людини, а також на навколишнє природне середовище. Виникає проблема сумарної оцінки, тобто побудови інтегрального показника екологічної шкоди такого підприємства.

Аварійний ризик – це ризик небажаних екологічних наслідків, спричинених аварією на виробництві або на транспорті. Аварійний ризик, на відміну від постійного ризику, пов'язаний із невизначеністю. Можна сказати, що в цьому випадку ризик – це небажана змога.

У математичних термінах невизначеність можна моделювати різними способами – за допомогою теорії ймовірностей, лінгвістичних змінних і нечітких множин, інтервальної математики й статистики, теорії ігор тощо. Щоб продемонструвати складність проблеми оцінювання аварійного ризику та різні наявні підходи, розглянемо найпростіший приклад. Нехай в зазначеній математичній моделі невизначеність має імовірнісний характер, а втрати описуються одновимірною випадковою величиною (а не випадковим вектором і випадковим процесом). Інакше кажучи, збиток адекватно відображається одним числом, а величина цього числа залежить від випадку.

Таблиця 1

Основні параметри комплексної екологічної оцінки території

Розділи оцінки	Елементи оцінки з окремих розділів	Показники оцінки	Результати оцінки
Ландшафтна диференціація території	Екологічно значущі природні фактори. Природний потенціал ландшафту.	Показники цінності або негативних природних факторів. Ресурсний потенціал. Екологічний потенціал.	Бальна оцінка природно-ресурсного потенціалу території.
Визначення стійкості ландшафтів до антропогенних навантажень	Стійкість ландшафтів до конкретного виду впливу. Потенційна стійкість ландшафтів до антропогенного навантаження.	Аеро- і гідродинамічна активність, кількість опадів і водний стік, сонячна радіація, особливості ґрунтоутворювального процесу. Індекс стійкості, буферність ґрунтів.	Бальна оцінка стійкості ландшафтів до антропогенного навантаження.
Визначення антропогенних впливів на ландшафт	Визначення антропогенних впливів на окремі компоненти навколишнього середовища. Визначення загального антропогенного навантаження та його складників: демографічного, промислового, транспортного, сільськогосподарського.	Викиди в атмосферу, скиди у водні об'єкти, утворення та розміщення відходів тощо. Види використання території, обсяг еродованих земель. Показники демографічного, промислового, транспортного, сільськогосподарського навантаження.	Характеристика антропогенних впливів на окремі компоненти навколишнього середовища. Бальна оцінка антропогенного навантаження.
Визначення стану ландшафтів та їх компонентів	Оцінка ступеня забруднення і деградації окремих компонентів природного середовища. Оцінка ступеня деградації ландшафтів.	Показники забруднення і деградації окремих компонентів природного середовища. Показники деградації ландшафтів.	Інтегральні показники забруднення атмосфери, водних об'єктів, ґрунтів тощо. Бальна оцінка ступеня деградації ландшафтів.
Визначення екологічних ситуацій та оцінка ступеня їх гостроти	Інтегральні оцінки за окремими складниками й елементами.	Інтегральні показники оцінки стану природи, антропогенного впливу, ступеня деградації ландшафтів, здоров'я населення.	Бальна оцінка гостроти екологічної ситуації.

Отже, нехай величина спричиненого ризиком збитку моделюється випадковою величиною X (в сенсі теорії ймовірностей). Як відомо, випадкова величина описується функцією розподілу

$$F(x) = P(X < x),$$

де x – дійсне число (тобто будь-який елемент множини R^1). Оскільки x зазвичай інтерпретується як величина збитку, то X – невід'ємна випадкова величина.

У найпростішому прикладі ризик R оцінюється як добуток імовірності p небажаної події на математичне очікування випадкової шкоди $M(X)$, тобто

$R = p\ M(X)$.

Залежно від припущень про властивості функції розподілу $F(x)$ імовірнісні моделі ризику поділяються на параметричні і непараметричні. У першому випадку йдеться про те, що функція розподілу є складником одного з відомих сімейств розподілів – нормальних (тобто розподілів Гауса), експоненціальних чи інших. Але зазвичай подібне припущення є не досить обґрунтованим – реальні дані не бажають «втискуватися» в заздалегідь визначене сімейство. Отже, необхідно застосовувати непараметричні статистичні методи, які не припускають, що розподіл збитку взято з того чи іншого популярного серед математиків сімейства. У разі використання непараметричних статистичних методів зазвичай розглядають лише, що функція розподілу $F(x)$ є безперервною функцією числового аргументу x. Проведений багатьма фахівцями ретельний аналіз похибок реальних спостережень показав, що їх розподіл у переважній більшості випадків відрізняється від розподілу Гауса.

Для позитивної випадкової величини (величини збитку) досить часто розглядають такі її характеристики, як:

– математичне очікування;

– медіана і, більш узагальнено, квантилі, тобто значення $x = x(a)$, за яких функція розподілу досягає певного значення a; інакше кажучи, значення квантиля $x = x(a)$ обраховується за рівнянням $F(x(a)) = a$;

– дисперсія (часто позначається як сигма-квадрат);

– середньоквадратичне відхилення (квадратний корінь з дисперсії, тобто сигма);

– коефіцієнт варіації (середнє відхилення, поділене на математичне очікування);

– лінійна комбінація математичного очікування і середнього квадратичного відхилення (наприклад, бажання вважати, що можливі значення збитку розташовані в такому інтервалі: математичне очікування плюс-мінус три сигма);

– математичне очікування функції втрат тощо.

Найчастіше оцінку проводять за емпіричними даними (за вибіркою величин збитків, відповідних тим, що сталися раніше в аналогічних випадках). За відсутності емпіричного матеріалу залишається спиратися на експертні оцінки. Найбільш обґрунтованим є модельно-розрахунковий метод, який ґрунтується на моделях еколого-економічної ситуації, що дозволяють розрахувати характеристики збитку.

Завдання управління екологічною безпекою може окреслюватись як завдання мінімізації тієї чи іншої характеристики з перерахованих вище. Тоді мінімізація випадкового збитку за одним критерієм може розглядатися з різних аспектів (постановок):

1) мінімізація математичного очікування (середніх очікуваних втрат);

2) мінімізація квантиля розподілу (наприклад, медіани функції розподілу втрат або квантиля порядку 0,999999, вище якого розташовуються великі втрати, що зустрічаються вкрай рідко – в одному випадку з 1 000 000);

3) мінімізація дисперсії (тобто показника розкиду можливих значень втрат);

4) мінімізація середнього квадратичного відхилення, що з суто математичної точки зору еквівалентна попередньому завданню мінімізації дисперсії;

5) мінімізація коефіцієнта варіації;

6) мінімізація суми математичного очікування і потроєного середнього квадратичного відхилення (на основі відомого «правила трьох сигм») або іншої лінійної комбінації математичного очікування і середнього квадратичного відхилення (такий підхід використовують в разі наближеності розподілу витрат до нормального (розподілу Гауса) розподілу як комбінацію підходів, спрямованих на мінімізацію середніх втрат і мінімізацію розкиду можливих значень втрат);

7) мінімізація математичного очікування функції втрат.

Визначимо особливості перелічених аспектів (постановок). Перший з них – мінімізація середніх втрат – видається цілком природним, якщо всі можливі втрати незначні порівняно з ресурсами підприємства (організації). В іншому разі, перший підхід не завжди раціональний.

Другий підхід спрямований саме на мінімізацію великих витрат, на захист від розорення. Інше його відоме застосування – недопущення катастрофічних аварій на атомних електростанціях на кшталт Чорнобильської. За другого підходу середні втрати можуть збільшитися (порівняно з першим), але максимальні будуть контролюватися. На жаль, вкрай важко за статистичними даними робити обґрунтовані висновки за досить великих значень аргументу і відповідних вельми малих можливостей. Наприклад, іноді зустрічаються твердження, подібні до наведеного вище: «надійність дорівнює шести дев'яткам», тобто 0,999999. Інакше кажучи, ймовірність небажаного результату дорівнює 0,000001. Таку малу ймовірність безпосередньо за статистичними даними оцінити неможливо (для цього обсяг вибірки повинен бути не менше 10 млн). Отже, висновок отриманий за допомогою моделі, наприклад, експоненціального розподілу. Добре відомо, що висновки

про виявлення викидів вкрай нестійкі порівняно з невеликими відхиленнями від припущень моделі. Тому і до слів на кшталт «надійність дорівнює шести дев'яткам» треба ставитись обережно.

Третій та еквівалентний йому четвертий підходи спрямовані на мінімізацію розкиду остаточних результатів. Середні втрати при цьому можуть бути вищі, ніж за першого або другого підходів, але того, хто приймає рішення, це не цікавить. Йому потрібна максимальна визначеність майбутнього, нехай навіть ціною підвищення втрат.

П'ятий підхід надає один зі способів позбавитися від такої забудькуватості – використовується не абсолютне значення середнього квадратичного відхилення, а відносне. Це аналог в теорії ризику загальноекономічної ідеї використання характеристик, наприклад, рентабельності.

Шостий підхід поєднує в собі перший і третій, хоч і досить примітивним чином. По суті, проблема в тому, що управління ризиком у такому випадку – це принаймні двокритеріальне завдання. Бажано середні втрати знизити (інакше кажучи, математичне очікування доходів підвищити) й одночасно зменшити показник невизначеності – дисперсію. Як відомо, неможливо провести оптимізацію одночасно за двома критеріями. Доводиться так чи інакше перейти до оптимізації за одним критерієм. Наприклад, можна один із критеріїв перетворити на обмеження. Або об'єднати два критерії в один, наприклад, мінімізувати коефіцієнт варіації. Добре відомі різні підходи, які використовуються за багатокритеріальної оптимізації, і практично всі вони можуть бути застосовані в теорії ризику, розвиваючи шостий підхід.

Найбільш сучасний підхід – сьомий. Але для його застосування необхідно побудувати функцію втрат або її антипод – функцію корисності. Це велике самостійне завдання. Зазвичай його вирішують за допомогою спеціально організованого економетричного або еколого-статистичного дослідження.

Часто видається природним використання багатокритеріальних завдань управління екологічною безпекою. Наприклад, як уже зазначалося, бажано мінімізувати як середній ризик, так і розкид ризику (дисперсію). На жаль, неможливо одночасно досягти обох цілей. У цьому немає нічого незвичайного. Не можна досягти максимального прибутку за мінімуму витрат, як і максимуму доходу за мінімуму ризику.

Під час розгляду багатокритеріальних завдань зазвичай намагаються всі критерії, крім одного, перетворити на обмеження. Наприклад, мінімізують середній збиток за умови, що дисперсія не перевищує заданої величини. Або, навпаки, мінімізують розкид (дисперсію) за умови, що середній збиток не перевищує заданої межі.

Є й метод, за яким критерії об'єднуються в один, наприклад, у вигляді лінійної комбінації, як у шостому підході до управління ризиками, описаному вище. Більш обґрунтованим видається виділення кордону Парето, тобто варіантів, які можна поліпшити одразу за всіма параметрами, а потім аналіз цієї межі за допомогою експертів.

Крім імовірнісних методів моделювання ризику, іноді розглядаються методи опису ризиків за допомогою об'єктів нечислової природи, зокрема, якісних ознак, понять теорії нечітких множин, інтервальних математичних і економетричних моделей та інших математичних засобів.

Під використанням якісних ознак розуміємо, зокрема, застосування таких термінів: «високий ризик», «помітний ризик», «малий ризик», та аналогічних їм. Вони, звісно, більше відповідають реаліям, ніж оцінки у вигляді дійсних чисел. Інакше кажучи, людині набагато легше працювати з порядковою шкалою, ніж зі шкалами кількісних ознак – інтервальною, відносин, різниць тощо. Методи аналізу статистичних даних, виміряних за порядковою шкалою, розроблені у статистиці об'єктів нечислової природи.

Якщо невизначеність має інтервальний характер (оцінки ризиків описуються інтервалами), то природно застосувати методи статистики інтервальних даних (як частини інтервальної математики), розрахувати мінімальний та максимальний можливий дохід і втрати тощо.

Під час розробки програмного забезпечення систем підтримки прийняття управлінських інформаційних рішень в інтегрованих автоматизованих комплексах при управлінні екологічною безпекою необхідно враховувати різноманіття методів опису ризиків. Вибір одного певного методу без належного обґрунтування може призвести до неадекватного управління екологічною безпекою. Відповідно до теорії функціональної стійкості доцільно провести розрахунки за кількома методами і порівняти результати. Якщо вони збігаються, то є підстави вважати, що результати розрахунків відповідають реальності. Якщо ж різні, то вони відображають суб'єктивізм дослідника, який обрав той чи інший метод. Для побудови коректного всебічного опису ризиків можуть бути корисними (і навіть необхідними) експертні оцінки.

Головні висновки. Визначено перспективи створення автоматизованих систем управління екологічною безпекою у сфері захисту довкілля та природних ресурсів відповідно до європейських стандартів і вимог для забезпечення дотримання екологічних прав громадян. Порівняльний аналіз запропонованих авторами нових рішень з уже відомими рішеннями дозволяє визначити нові підходи до створення та застосування систем підтримки прийняття управлінських інформаційних рішень під час здійснення стратегічного екологічного оцінювання, оцінки впливу на навколишнє середовище, екологічних загроз і ризиків.

Встановлено, що завдання оцінки екологічного збитку може окреслюватись як завдання оцінки величини збитку. Найчастіше його проводять за емпіричними даними (за вибіркою величин збитків, відповід-

них тим, що сталися раніше в аналогічних випадках). За відсутності емпіричного матеріалу залишається спиратися на експертні оцінки. Найбільш обґрунтованим є модельно-розрахунковий метод, який спирається на моделі еколого-економічної ситуації, що дозволяють розрахувати характеристики збитку.

Зазначено, що комплексна екологічна оцінка стану навколишнього середовища має враховувати природні, екологічні та соціально-економічні показники території, характеризувати ступінь антропогенного перетворення і рівень забруднення як окремих компонентів, так і навколишнього середовища в цілому. Оскільки методологія ризик-орієнтованої підтримки прийняття рішень в умовах виявлення екологічних загроз і ризиків на сьогодні не досить розроблена, а визначена проблема надто далека від свого вичерпного рішення та, зважаючи на те, що випадки надзвичайних ситуацій почастішали, вона набуває особливої актуальності. Подальший етап у створенні інтегрованих систем управління екологічною безпекою – аналіз проблеми управління екологічною безпекою планової діяльності підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій природного характеру.

Література

1. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України (зі змінами, внесеними згідно із Законами від 17 жовтня 2019 р. № 199-IX; від 18 червня 2020 р. № 733-IX). *Відомості Верховної Ради*. 2017. № 29. Ст. 315.
2. Про стратегічну екологічну оцінку : Закон України від 20 жовтня 2018 р. № 2354-VIII.
3. Машков О.А., Іващенко Т.Г., Денисенко І.Ю. Застосування системного підходу до проведення оцінки та вивчення еколого-техногенного стану зони відчуження і розроблення рекомендацій щодо природно-ресурсного відновлення на екологічних засадах : монографія. Київ : Основа, 2021. 80 с.
4. Іващенко Т.Г. Стратегічна екологічна оцінка документів державного планування : монографія / під заг. наук. ред. Г.Г. Шматкова. Київ : Основа, 2021. 60 с.
5. Бондар О.І., Машков О.А., Міхеєв В.С. Системний підхід щодо створення системи підтримки екологічних рішень для забезпечення екологічної безпеки держави. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2020. № 3 (30). С. 30–38.
6. Машков О.А., Іващенко Т.Г. Проблеми управління екологічною безпекою планованої діяльності за допомогою систем підтримки прийняття управлінських інформаційних екологічних рішень. *Науковий часопис Академії національної безпеки*. 2020. № 3–4 (27–28). С. 7–34.
7. Машков О.А., Іващенко Т.Г., Мухіна К.Є. Застосування аерокосмічних технологій при управлінні екологічною безпекою планованої діяльності за допомогою інтегрованих автоматизованих систем. *Науковий часопис Академії національної безпеки*. 2021. № 1–2 (29–30). С. 4–27.
8. Mashkov O., Zhukauskas S., Nigorodova S., Kosenko V. Innovative approaches of using the metods for remote sensing of the earth for monitoring the ecological-technical condition of water ecosystems. *Екологічні науки: науково-практичний журнал.* 2019. № 3 (26). P. 115–125.
9. http://www.investgazeta.net/praktika/ekologicheskij-audit.-ne-tolko-imidzha-161171/.