УДК 378 **:**004.77: 004.94; 502/504

Яцишин Андрій Васильович
доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник,
відділ цивільного захисту та інноваційної діяльності,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0001-5508-7017
andic@ua.fm

Попов Олександр Олександрович
доктор технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник,
відділ технологій захисту довкілля та радіаційної безпеки,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0002-5065-3822
sasha.popov1982@gmail.com

Артемчук Володимир Олександрович
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник,
відділ моделювання енергетичних процесів і систем,
Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0001-8819-4564
ak24avo@gmail.com

Ковач Валерія Омелянівна
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, відділ радіогеохімії,
ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0002-1014-8979
valeriiakovach@gmail.com

Зінов'єва Ірина Сергіївна
кандидат економічних наук, доцент кафедри інформаційних систем в економіці,
ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана», м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0001-5122-8994
ira.zinovyeva@kneu.edu.ua

АВТОМАТИЗОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ У ГАЛУЗІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Анотація. Стан довкілля значною мірою залежить від компетентності фахівців у галузі екологічної безпеки, які відповідають за прийняття управлінських рішень щодо зменшення негативного впливу на природне навколишнє середовище. Тому важливим є постійне підвищення кваліфікації управлінських кадрів, зокрема щодо застосування автоматизованих системи управління екологічною безпекою. Проаналізовано закордонні та вітчизняні публікації в галузі управління екологічною безпекою за даними моніторингу. На підставі власного багаторічного досвіду роботи в галузі екологічної безпеки та на основі наукових джерел визначено, що важливими є розробка та впровадження спеціалізованих систем управління екологічною безпекою за даними моніторингу. Такі системи необхідні для: виявлення і прогнозування прихованих тенденцій і закономірностей розвитку екологічних процесів, ідентифікації раніше невідомих взаємозв'язків між екологічними параметрами і факторами впливу, розробки оптимізаційних рекомендацій у галузі екологічної безпеки, візуалізації результатів аналізу, підготовки попередніх звітів і проєктів допустимих рішень з відповідним оцінюванням тощо. Розглянуто основні принципи управління екологічною безпекою. Описано основні блоки удосконаленої системи управління екологічною безпекою за даними екологічного моніторингу, а саме: «Задачі стратегічного управління екологічною безпекою», «Бази даних та алгоритми оцінювання ситуації і прийняття управлінських рішень у галузі екологічної безпеки», «Управління даними», «Система підготовки рішень (на основі економічної оцінки «ризик-ціна-ефект»)», «Система підготовки рішень», «Інтелектуальний аналіз даних», «Система підтримки прийняття рішень (СППР)», «Задачі тактичного управління екологічною безпекою». Запропоновано удосконалену структуру автоматизованої інформаційної системи управління екологічною безпекою територій, що зазнають техногенного впливу від промислових, потенційно-небезпечних об'єктів та

© А. В. Яцишин, О. О. Попов, В. О. Артемчук, В. О. Ковач, І. С. Зінов'єва, 2019.

транспорту. Описано призначення блоків (модулів) систем і зв’язків між ними. Побудовано параметричну модель експертно-інформаційної системи, яка охоплює: базу знань, моделювання, підтримку ухвалення рішень та налаштування контрольно-вимірювального блоку. Показано, що розроблені системи забезпечують функціонування системи управління екологічною безпекою, дають змогу описувати структурні елементи та інформаційні зв’язки між ними, що підвищує оперативність опрацювання вихідних даних. Обґрунтовано шляхи застосування автоматизованої інформаційної системи управління екологічною безпекою в підвищенні кваліфікації фахівців, відповідальних за прийняття управлінських рішень у галузі екологічної безпеки. Отже, одночасно з удосконаленням складових системи управління екологічною безпекою за даними моніторингу, важливим є підвищення кваліфікації фахівців у галузі екологічної безпеки, зокрема працівників міністерств, підприємств та організацій, які відповідають за прийняття рішень щодо зменшення негативного впливу на довкілля та підготовку майбутніх фахівців у цьому напрямку.

Ключові слова: підвищення кваліфікації фахівців у галузі екологічної безпеки; післядипломна підготовка фахівців у галузі екологічної безпеки; автоматизована інформаційна система управління; експертно-інформаційна система; екологічна безпека; управління.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Екологічна безпека техногенно-навантажених регіонів є однією з найважливіших складових національної безпеки будь-якої сучасної держави, оскільки її незадовільний стан суттєво впливає на довкілля та здоров’я населення. Основними джерелами екологічної небезпеки є природні процеси і явища, об'єкти техногенного середовища та людські дії, що приховують у собі загрозу небезпеки. Виникнення екологічно небезпечних ситуацій можуть спричиняти як окремі джерела небезпеки, так і різні їх комбінації. Природні небезпечні явища (землетруси, повені, урагани, обвали та ін.) часто призводять до техногенних катастроф на об'єктах цивільного й оборонного комплексів, а відтак — до викидів забруднювальних речовин у навколишнє середовище; антропогенна дія на природне середовище (гірські виробки, створення дамб, гребель) може ініціювати природні катастрофи (землетруси, затоплення); руйнування крупних об'єктів техносфери здатне спричинити небезпечні природні процеси (радіаційно і хімічно небезпечні опади, лісові пожежі, обвали, селі) тощо. В Україні більшість існуючих природно-техногенних систем можна розглядати як потенційні джерела екологічної небезпеки, пов'язані з порушенням проектних умов їхньої експлуатації, з чим і пов’язано зростання ризиків природно-техногенних аварій і катастроф [1].

Також актуальність розробки та вдосконалення автоматизованих інформаційних систем підтримки прийняття управлінських рішень у галузі екологічної безпеки підтверджується законодавчими документами, зокрема у Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні, реалізація якої передбачається до 2021 року, наголошено про необхідність вирішення питань прогнозування забруднення навколишнього природного середовища, проведення аналізу та оцінки ризику еколого-економічних конфліктів, прогнозування наслідків техногенного впливу і природних катастроф для надійного захисту екологічного простору України та раціонального використання природних ресурсів. У Законах України «Про екологічну стратегічну оцінку» від 20.03.2018 (№ 2354-VIII) та «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 (№ 2059-VIII) регулюються відносини у сфері оцінки наслідків для довкілля, зокрема для здоров’я населення, виконання документів державного планування та поширюється на документи державного планування, які стосуються енергетики, промисловості, транспорту, охорони довкілля і т.д., та виконання яких передбачатиме реалізацію видів діяльності (або які містять види діяльності та об’єкти), щодо яких законодавством

передбачено здійснення процедури оцінки впливу на довкілля або які вимагають оцінки, зважаючи на ймовірні наслідки для територій та об’єктів природно-заповідного фонду та екологічної мережі, крім тих, що стосуються створення або розширення територій та об’єктів природнозаповідного фонду.

Тому важливими є: 1) підвищення кваліфікації фахівців у галузі екологічної безпеки, зокрема працівників міністерств, підприємств та організацій, які відповідають за прийняття рішень щодо зменшення негативного впливу на довкілля та зможуть ефективно застосовувати автоматизовані системи підтримки прийняття управлінських рішень; 2) створення систем моніторингу для прогнозування й управління екологічною безпекою, робота яких базується на широкому використанні засобів автоматизації і перспективних методів інформаційних технологій. Однак слід відзначити, що не в усіх містах України (про що детально описано в попередньому дослідженні одного з авторів даної статті [2]), де функціонують подібні системи з розвиненою мережею стаціонарних і мобільних постів спостережень за забрудненням довкілля, спостерігається принципове покращення екологічної ситуації, хоча вони забезпечені сучасними датчиками і приладами спостереження, що використовують геоінформаційні й аерокосмічні технології тощо [3].

На підставі власного багаторічного досвіду роботи в галузі екологічної безпеки та на основі наукових джерел [2], **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, [4], [5], [6] визначено, що важливими є розробка та впровадження спеціалізованих систем управління екологічною безпекою за даними моніторингу. Їх основними функціями мають бути:

– виявлення і прогнозування прихованих тенденцій і закономірностей розвитку екологічних процесів для ідентифікації раніше невідомих взаємозв'язків між екологічними параметрами і факторами впливу;

– розробка оптимізаційних рекомендацій у галузі екологічної безпеки;

– візуалізація результатів аналізу, підготовка попередніх звітів і проєктів допустимих рішень з відповідним оцінюванням тощо.

Дана система управління має оперативно й ефективно реагувати на поточні зміни в самому об'єкті управління та в навколишньому природному середовищі. Все це сьогодні можливо лише з використанням інформаційних технологій на всіх етапах управління, починаючи від спостереження і контролю до ухвалення управлінських рішень. Отже, для вирішення окреслених проблем важливими вважаємо два аспекти: розробку чи вдосконалення автоматизованих інформаційних систем підтримки прийняття управлінських рішень та підвищення кваліфікації фахівців у галузі екологічної безпеки щодо застосування зазначених інформаційних систем для підтримки прийняття управлінських рішень щодо зменшення негативного впливу на довкілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На підставі аналізу закордонних і вітчизняних публікацій у галузі управління екологічною безпекою за даними моніторингу було виділено та узагальнено основні напрями досліджень. Питання ефективного управління екологічно небезпечними об’єктами описано в монографії [7] та статті [8], концепції, основні компоненти побудови систем екологічного моніторингу техногенно навантажених територій та відповідні моделі та методи, що в них реалізовані, представлені в [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], **Ошибка! Источник ссылки не найден.**. Основні принципи та підходи щодо розробки автоматизованих систем управління (АСУ) та конкретні приклади їх реалізації для комплексного екологічного контролю стану забруднення довкілля розглядаються в роботах [3], [15], [18], [19], [19], питання реалізації проектів та розробки науково-методичних засад впровадження автоматизованих систем на техногенних об’єктах описано в роботах

[21], [21]. Проблеми прийняття рішень в екстремальних ситуаціях в умовах обмеженості часу операторами та управлінцями вищого рівня ієрархії виробничої структури розкрито в роботі [23], питання щодо інтелектуального аналізу даних великих масивів екологічної інформації при формуванні управлінських рішень описано в [24], [25]. Окремі проблеми підготовки та підвищення кваліфікації фахівців у галузі екології та охорони навколишнього природного середовища розглянуто в роботах [26], [27].

Проведений аналіз наукових праць та міжнародного досвіду з впровадження та застосування автоматизованих систем управління екологічною безпекою дозволив сформулювати такі узагальнення:

1. В існуючих системах екологічного моніторингу найбільш повно вирішуються питання збору, опрацювання, зберігання та передачі даних і лише фрагментарно – питання підтримки прийняття рішень. Останні повинні базуватись на адекватних прогнозах (коротко-, середньо- і довгострокового характеру), побудові і реалізації інформаційних та ситуаційних моделей, і що вкрай важливо, із забезпеченням можливості безпосередньої трансформації даних екомоніторингу в сценарії управління.

2. Не проводиться комплексна оцінка (в т.ч. прогнозна) екологічної ситуації в цілому, тобто за сукупним станом різних компонентів довкілля. Моделі та методи, що реалізовані в існуючих системах екологічного моніторингу та управління, дозволяють оцінити зміну тільки окремих складових навколишнього природного середовища. Це серйозно впливає на правильність реалізації керуючого впливу, оскільки здійснення одного й того ж заходу може поліпшити якість однієї природної компоненти, а також негативно впливати на інші.

3. Недостатньо уваги приділено підвищенню кваліфікації фахівців у галузі екологічної безпеки, зокрема працівників міністерств, підприємств та організацій, які відповідають за прийняття рішень щодо зменшення негативного впливу на довкілля, а також підготовку майбутніх фахівців у закладах вищої освіти щодо даної проблематики.

Мета статті – удосконалити структуру автоматизованої інформаційної системи підтримки прийняття управлінських рішень та визначити шляхи застосування даної системи для підвищення кваліфікації фахівців, відповідальних за прийняття управлінських рішень у галузі екологічної безпеки.

2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У даному дослідженні було використано такі методи: аналіз, систематизація, вивчення практичного досвіду вирішення задач управління екологічною безпекою; метод порівняльного аналізу; об’єктно-орієнтований підхід для розробки систем управління екологічною безпекою; бесіди та консультації з фахівцями в галузі екологічної безпеки, зокрема працівниками міністерств, підприємств та організацій, які відповідають за прийняття рішень щодо зменшення негативного впливу на довкілля.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Система управління екологічною безпекою за даними моніторингу

Одним із критеріїв оцінювання екологічної безпеки певної екосистеми є якість життя і здоров’я населення, тому виникає необхідність цілеспрямованого впливу (управління) екологічною системою з метою забезпечення підвищення її

організованості та досягнення певного корисного ефекту.

Американські вчені Д. Кліланд і В. Кінг визначають управління як процес, орієнтований на досягнення певних цілей. Той, хто вирішує проблему, повинен втручатись в існуючий стан (ситуацію), щоб досягти своєї мети [28]. При всьому різноманітті форм впливу їх можна поділити на два напрями: 1) зміни, що призводять до деградації, руйнування екосистеми, зменшення ступеня її організованості; 2) зміни, які сприятимуть розвиткові екосистеми, збільшенню ступеня її організованості.

Вважаємо, що процес управління екологічною безпекою на будь-якому рівні охоплює таку сукупність послідовних дій [4]:

- збір інформації;
- передача інформації в пункти збереження та її опрацювання;
- аналіз збереженої та довідкової інформації;
- прийняття рішення на основі проведеного аналізу;
- ініціювання відповідного керуючого впливу;
- доведення цього впливу до об'єкта управління;
- перевірка нового стану об'єкту управління та ін.

Управління екологічною безпекою та раціональним використанням природних ресурсів передбачає аналіз потреб людини в природних ресурсах і з'ясування можливостей природи щодо задоволення цих потреб. Однак недостатньо знайти ефективне поєднання потреб людини і можливостей природи. Необхідно ще забезпечити перехід від сучасного, далеко не ідеального, стану до більш оптимального поєднання. Для цього потрібно розробляти різні механізми управління екологічною безпекою та охороною навколишнього середовища. Під словами «механізм управління екологічною безпекою» розуміємо сукупність тих чи інших методів управління екологічною безпекою та природокористуванням. Своєю чергою, у цілому метод управління – це набір способів, прийомів, засобів впливу на керований об'єкт.

Ухвалення управлінських рішень та реалізація конкретних регулюючих заходів, які необхідно здійснити в навколишньому середовищі, відбуваються із затримкою. Час затримки t може бути значним і залежати від багатьох факторів. За час t керована система може вийти з області допустимих станів, які відповідають прийнятному рівню якості навколишнього середовища для проживання та діяльності людей на досліджуваній території. Більше того, у результаті досягнення t деякого критичного значення екологічна система може зайти в область критичного відхилення, де почнуть виникати стійкі в просторі та часі екологічно небезпечні зони.

На рис. 1 наведено вдосконалену авторами концептуальну схему системи управління екологічною безпекою за даними моніторингу. Основні блоки удосконаленої системи є «Задачі стратегічного управління екологічною безпекою», «Бази даних та алгоритми оцінювання ситуації і прийняття управлінських рішень у галузі екологічної безпеки», «Управління даними», «Система підготовки рішень (на основі економічної оцінки «ризик-ціна-ефект»)», «Система підготовки рішень», «Інтелектуальний аналіз даних», «Система підтримки прийняття рішень», «Задачі тактичного управління екологічною безпекою».

Стратегічне і тактичне управління екологічною безпекою мають різні цілі та засоби їх досягнення. Якщо стратегічне управління являє собою пошук і реалізацію нових можливостей при змінах зовнішнього середовища, то тактичне управління є процесом створення передумов для реалізації цих нових можливостей. Тактичне управління – це засіб реалізації і деталізації стратегії. Воно охоплює, як правило, коротко- і середньостроковий періоди [30].

Далі описано кілька елементів, що представлені в концептуальній схемі системи управління екологічною безпекою за даними моніторингу.

Задачі стратегічного управління екологічною безпекою

Постановка задач, як правило, виходить зі стратегії управління, а конкретне їх виконання (технологія) здійснюється на тактичному (оперативному) рівні. При постановці задач необхідно якнайчіткіше уявляти собі цілі, тому що розуміння мети пов’язане з уявленням моделі вирішення задачі. Мета визначає суб'єктивний образ (абстрактну модель) ще неіснуючого, але бажаного стану середовища, яке вирішило б проблему, що виникла. Можна згрупувати у блок такі основні задачі [29]:

– постанови та розпорядження вищого керуючого органу;

– галузеві вимоги, стандарти, норми, відповідність серіям сертифікатів ISO тощо;

– нормативна база: закони, розпорядження, постанови, позови, які є обов'язковими до виконання;

– положення, статут організації підприємства, що впливають на екосистему;

– задачі, які ставить особа, що приймає рішення (ОПР), на підставі аналізу ситуації.

У цілому можна виділити такі основні проблеми, пов’язані з упровадженням нових стратегій і нормативних положень:

– недостатня повнота діючого законодавства;

– декларативний характер планів дій, які не підкріплені інструментами для їх реалізації;

– повсюдне порушення законів, особливо підприємствами;

– відсутність механізмів здійснення на практиці законодавства щодо якості атмосферного повітря;

– слабка міжгалузева взаємодія та відсутність співпраці між різними структурними підрозділами органів влади, а також міністерств.

Задачі екологічної безпеки можна умовно розділити на ризикові та неризикові. Неризикові задачі не потребують складної інтелектуальної підготовки для їх вирішення. Це не означає, що вони прості. Навіть для найскладніших задач при їх багаторазовому повторенні знаходять алгоритм рішення, що перетворюється в подальшому на відпрацьовану технологію. За наслідками таких рішень ведеться моніторинг, який відстежує, коли слід вносити корективи в технологію рішення. Ризикова задача – це задача, у якій є невизначеність щодо результату, тобто результат, що буде отриманий ОПР, залежить від подій, які неможливо передбачити з повною визначеністю. Вибираючи альтернативи, ОПР ризикує, оскільки є ймовірність того, що здійснений вибір призведе до невигідного результату [29].

Управління знаннями у сфері екологічної безпеки

Блок «Бази даних та алгоритми оцінювання ситуації і ухвалення управлінських рішень у сфері екологічної безпеки» складається з елементів «Управління даними» та «Системи підготовки рішень (на основі економічної оцінки «ризик-ціна-ефект»». Своєю чергою, блок «Системи підготовки рішень» містить «Інтелектуальний аналіз даних» і блок «Система підтримки прийняття рішень (СППР)».

Блок «Управління даними» забезпечує збереження даних і доступ до них. До таких даних належать дані моніторингу, розподілені бази даних аналітичної та звітної інформації та розподілені бази даних дистанційного зондування Землі, які знаходяться у сховищі даних. Під розподіленими базами даних розумітимемо сукупність логічно взаємопов'язаних баз даних, розподілених у комп'ютерній мережі.

Інтелектуальний аналіз даних у задачах екологічної безпеки

«Інтелектуальний аналіз даних у задачах екологічної безпеки» в розробленій системі містить експертні системи, аналітичні геоінформаційні технології та інтеграційні технології (дистанційного зондування Землі, Інтернет).

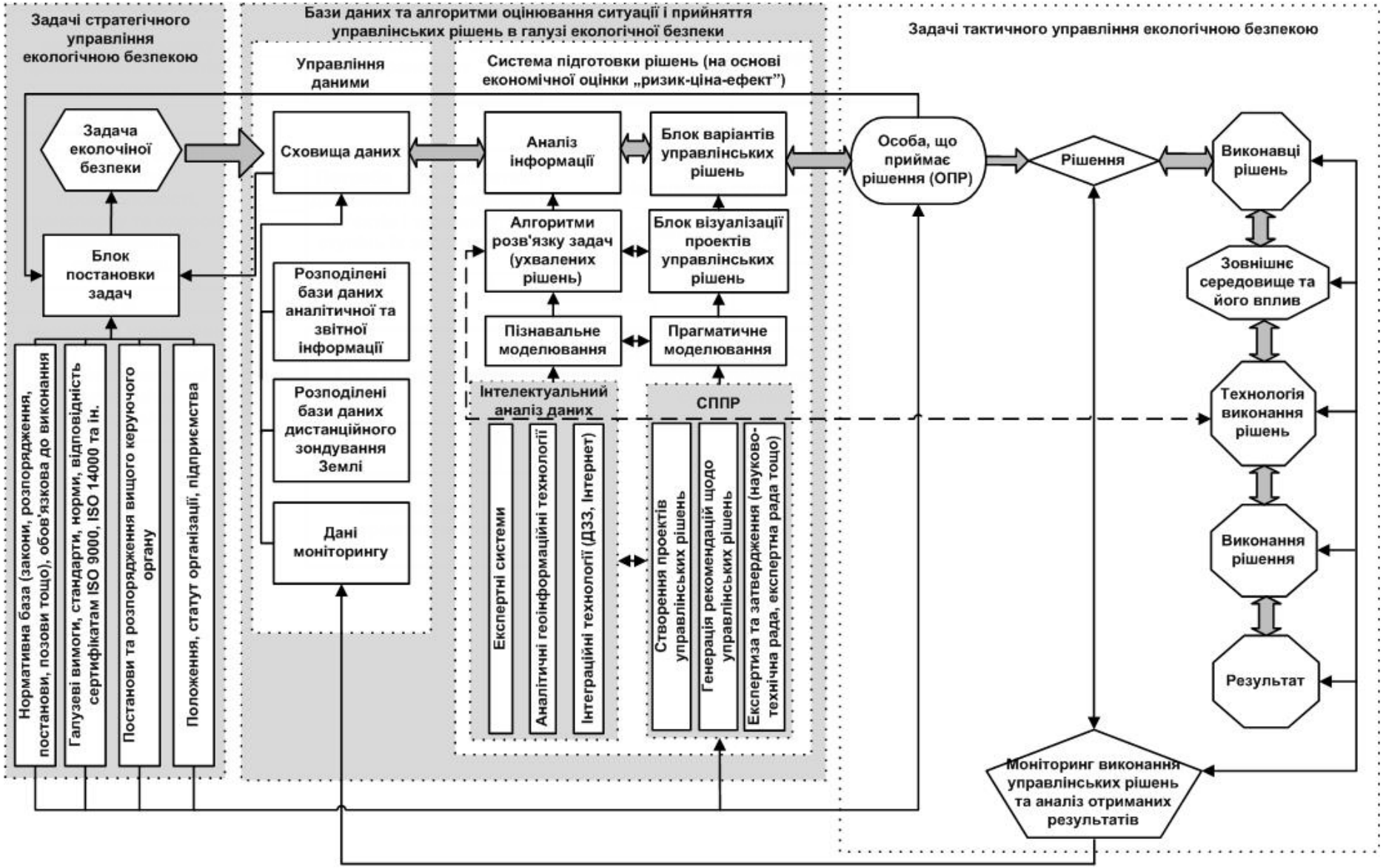

Рис. 1. Концептуальна схема системи управління екологічною безпекою за даними моніторингу [2]

Інтелектуальний аналіз даних у задачах екологічної безпеки зазвичай розуміють як метод підтримки ухвалення рішень, заснованих на аналізі залежностей між даними. Методики, які на основі будь-яких моделей, алгоритмів, математичних теорем дають змогу оцінювати значення невідомих характеристик і параметрів за відомими даними, є аналітичними технологіями. Генетичні алгоритми – це інший вид технологій, застосовуваних для пошуку оптимальних рішень. У цих алгоритмах використовують ідею природного відбору серед живих організмів у природі, тому вони і називаються генетичними [5]. Під пізнавальним моделюванням розуміють процес об'єднання старих і нових знань про систему. Як правило, це підгонка моделі під реальну систему (теоретичні моделі). Прагматичне моделювання - це процес використання прикладних моделей, коли модель використовують для управління системою. Реальна система підганяється під цю модель [2].

Структура системи підтримки прийняття рішень управління екологічною безпекою

Система підтримки прийняття рішень (СППР) – програмний комплекс, розроблений для підтримки процесів ухвалення управлінських рішень у складних ситуаціях. Однією з головних вимог щодо створення таких систем є надання кінцевим користувачам можливості взаємодіяти безпосередньо з комп'ютером без участі спеціалістів з інформаційних технологій. Така інтерактивна система забезпечує користувачеві легкий доступ до моделей і даних для того, щоб підтримати процес ухвалення рішень стосовно слабкоструктурованих і неструктурованих задач [31].

На рис. 1 зображено, як рекомендовано розпочинати процес з підготовки управлінського рішення. Варто почати зі встановлення регламенту роботи з підготовки управлінських рішень, що відбувається на рівні експертного аналізу і виражається в пропозиціях щодо поліпшення діяльності групи, відділу, підрозділу і підприємства (організації) в цілому.

Особам, відповідальним за прийняття управлінського рішення, варто враховувати отримані за допомогою автоматизованих інформаційних систем дані. І на підставі таких даних розробляти пропозиції щодо поліпшення роботи підприємства чи установи. Якщо ці пропозиції доцільні, то вживають адекватні заходи щодо оптимізації СППР.

Першочерговим для підвищення ефективності і поліпшення СППР є поточний або поетапний аналіз, за якого особа, що приймає рішення (ОПР), коригує діяльність виконавців залежно від якості пропозицій. Такий аналіз є динамічним, але він не оцінює причини збоїв у роботі СППР. Успішність роботи СППР у задачах екологічної безпеки залежить від:

- наявності швидкого доступу до необхідної інформації;
- повноти відомостей, разом з історичними довідками і прогнозами;
- наявності інструменту (алгоритму) ефективного аналізу інформації;
- компетентності фахівців, які готують управлінські рішення (наявність знань, досвіду, професіоналізму);
- бажання та вміння фахівців працювати в колективі, команді тощо;
- правильного керівництва колективом співробітників, які готують управлінські рішення (постановка задач, стимулювання, адекватна оцінка роботи).

На початку реалізації проєкту важливо мати уявлення про систему управління її складовими частинами та їх взаємодією, тобто до практичної реалізації системи потрібно створити її модель, що максимально вирішує задачі проєкту. Насамперед необхідно створити концепцію системи управління екологічною безпекою, а потім переходити до складання технічного завдання і виконання проєкту з її інформатизації.

Використання блоку «СППР» у системі дає можливість створювати проєкти

управлінських рішень, генерувати рекомендації щодо управлінських рішень, проводити їх експертизу та інформаційну підтримку в часі.

Підготовка проєктів управлінських рішень визначається необхідністю оцінити ефективність ухвалених рішень. У результаті цього може бути отриманий ситуаційний план, у якому визначається алгоритм вирішення задачі, як мінімум, і технологія її вирішення з обов'язковою функцією моніторингу за її виконанням. Визначальним чинником правильності в підготовці проєкту управлінських рішень є однозначне розуміння ОПР і СППР цілей вирішуваних задач. СППР повинна мати таку організацію, регламент або технологію, щоб максимально уникати впливу людського фактора і бути малочутливою до помилок [29].

Відомо, що ОПР може визначити методику і структуру інструментарію, за допомогою якого вестиметься підготовка управлінських рішень, оскільки лише ОПР несе реальну відповідальність за ухвалення рішення. Розробляючи СППР, необхідно визначити план її впровадження з розширенням і ускладненням процедур під час освоєння ОПР пропонованих методик і інструментів.

Завершальним етапом у підготовці управлінського рішення є моделювання. При його застосуванні з'являється можливість на основі наявних даних і відомих умов скласти прогноз на чутливість проєкту управлінських рішень до змін умов, виявити сфери, де вихідних даних недостатньо. «Блок візуалізації проєктів управлінських рішень» дає можливість візуально представити результати роботи СППР, використовуючи сучасні ГІС-технології [32].

3.2. Концептуальні підходи вдосконалення автоматизованих систем управління екологічною безпекою

Структура автоматизованої системи управління

Промислові, потенційно-небезпечні об’єкти та транспорт (ОТ) – це потужне джерело техногенного забруднення природного середовища. Об'єкт управління екологічною безпекою територій, що зазнають впливу ОТ, є складною системою, яку можна розглянути у вигляді двох взаємодіючих підсистем [2], [33]:

– природно-територіальний комплекс – компоненти, на які впливають ОТ на досліджуваній території та в яких поширюються і накопичуються забруднюючі речовини;

– безпосередньо ОТ, які функціонують на досліджуваній території, що представлені підсистемами стаціонарних та пересувних джерел забруднення.

На рис. 2 представлено удосконалену схему структури автоматизованої системи управління (АСУ) екологічною безпекою територій, що зазнають впливу ОТ [2], у якій, на відміну від підходу [33], авторами було доповнено наступні блоки: «Контроль за виконанням управлінських рішень» (Контрольно-вимірювальний блок), «Ступінь довіри до рішення» (Керуюча система), змінено «Блок попередньої оцінки» (Система моніторингу), додано в експертно-інформаційну систему визначення актуальних задач (рис. 3) та ряд відповідних інформаційних потоків.

При виникненні в момент часу t несприятливої екологічної ситуації ОПР мають бути забезпечені всією необхідною інформацією для здійснення відповідних керуючих впливів $U_C(t)$ або $U_П(t)$, реалізація яких повинна призвести до поліпшення якості компонентів природного середовища: $\Delta X(t) < \varepsilon,\ \varepsilon \to 0$.

До основних функцій АСУ екологічною безпекою територій, що зазнають впливу ОТ, можна зарахувати:

– проведення в автоматизованому режимі збору інформації та попередня оцінка поточного стану екологічної безпеки територій, що зазнають впливу ОТ;

– автоматизоване накопичення, опрацювання та збереження даних, необхідних для підтримки ухвалення управлінських рішень;

– автоматизоване формування найповнішої множини альтернативних сценаріїв управління для зниження (по можливості, ліквідації) негативного впливу на природне середовище ОТ досліджуваної території;

– ініціювання та реалізація найраціональніших для даних умов управляючих впливів;

– обмін інформацією підсистем АСУ між собою та з зовнішнім середовищем.

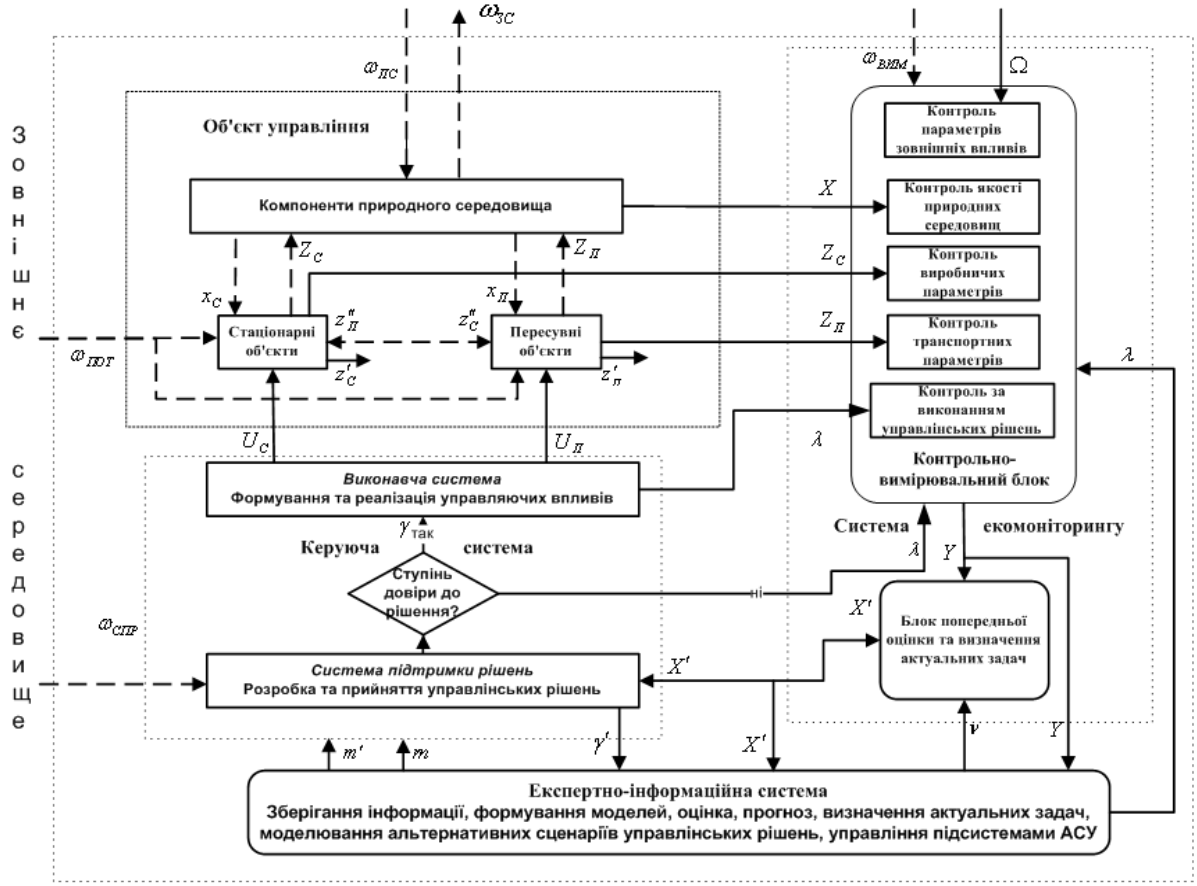

Рис. 2. Схема структури автоматизованої системи управління [2]

На рис. 3 схематично показано параметричну модель експертно-інформаційної системи, яка охоплює: базу знань, моделювання, підтримку ухвалення рішень та налаштування контрольно-вимірювального блоку [2].

Структуру експертно-інформаційної системи визначають її функції, а саме:

– накопичення, опрацювання та збереження даних;

– формування і збереження моделей, прогнозування розвитку екологічної ситуації;

– оцінювання та прогнозування показників якості природного середовища з урахуванням існуючого та передбачуваного техногенного навантаження, а також результатів управління;

– інтегральне оцінювання екологічного стану територій, що зазнають впливу ОТ;

– визначення параметрів ОТ, які забезпечують необхідний стан компонентів природного середовища;

– візуалізація даних екомоніторингу та результатів імітаційних експериментів;

– формування альтернативних сценаріїв управління;

– обґрунтування раціональної приладової комплектації та просторової структури мережі спостереження для досліджуваної території.

На сьогодні елементи розроблених систем у вигляді програмно-моделюючого комплексу впроваджено в Департаменті організації заходів цивільного захисту ДСНС України, Міністерстві екології та природних ресурсів України, відокремленому підрозділі «Науково-технічний центр» державного підприємства «НАЕК «Енергоатом» (ДП «НАЕК «Енергоатом») тощо.

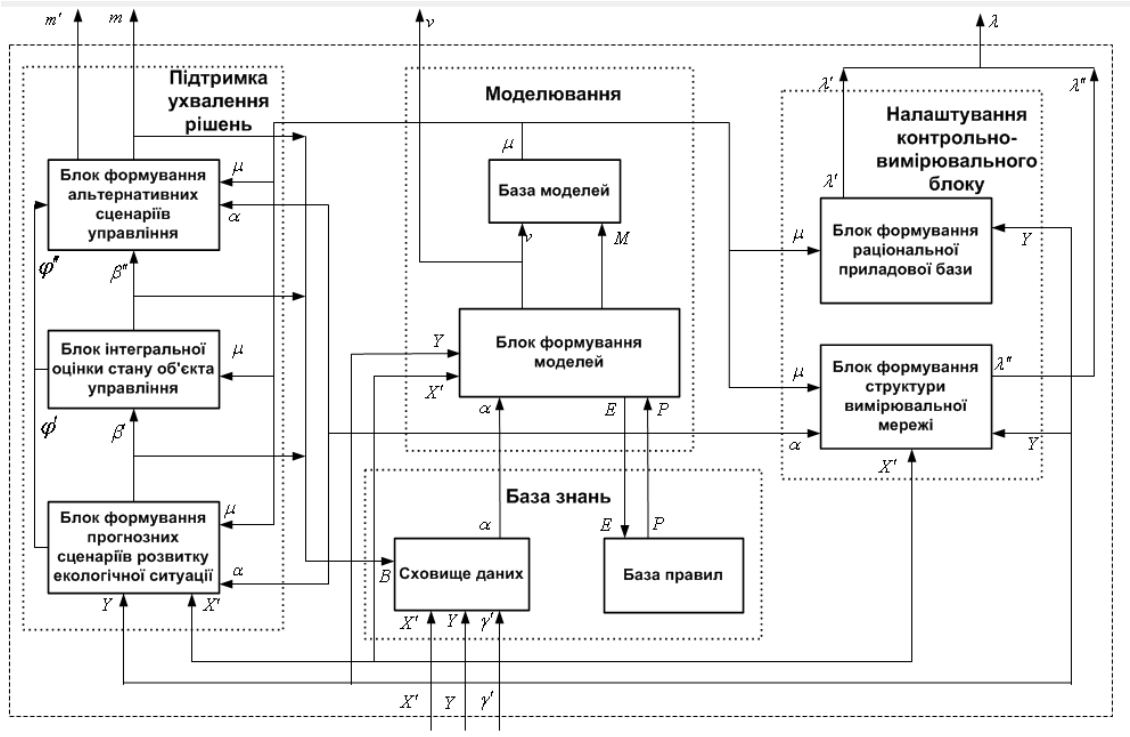

Рис. 3. Схематичне представлення параметричної моделі експертно-інформаційної системи [2]

3.3. Підготовка фахівців у галузі екологічної безпеки до застосування автоматизованих систем підтримки прийняття управлінських рішень

Одночасно з вдосконаленням складових системи управління екологічною безпекою, за даними моніторингу, важливим є підвищення кваліфікації фахівців у галузі екологічної безпеки, зокрема працівників міністерств, підприємств та організацій, які відповідають за прийняття рішень щодо зменшення негативного впливу на довкілля та підготовку майбутніх фахівців у цьому напрямі.

Проаналізувавши пропозиції закладів вищої освіти (Одеський державний екологічний університет, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Національний університет біоресурсів і природокористування України та ін.) станом на початок 2019 р., визначено, що ці заклади пропонують навчання за програмами додаткової професійної освіти коротко- та довгострокових курсів підвищення кваліфікації в очній (з відривом від виробництва) і очно-заочній формах. Програми підвищення кваліфікації розроблені в галузі наук про Землю (спеціалізації «метеорологія», «агрометеорологія», «гідрологія»), екології та ін. Пропонуються курси підвищення кваліфікації за різними напрямами і темами: оцінка стану та техногенного впливу автотранспортного комплексу на навколишнє середовище, охорона

атмосферного повітря, проектування та експлуатація сучасних систем моніторингу навколишнього природного середовища, підвищення кваліфікації громадських інспекторів з охорони довкілля, основи геоінформаційних систем і технологій (практичний курс для користувачів) та інше. Запропоновані курси підвищення кваліфікації спрямовані на вдосконалення професійної діяльності фахівців для роботи на посадах керівників та провідних виконавців з менеджменту, екології та природокористування.

Автори даної статті вважають, що важливим у підвищенні кваліфікації фахівців у галузі екологічної безпеки є впровадження автоматизованих інформаційних систем підтримки прийняття управлінських рішень. Тому, опанувавши автоматизовані інформаційні системи підтримки прийняття управлінських рішень, фахівці зможуть:

– виявляти й прогнозувати приховані тенденції і закономірності розвитку екологічних процесів (виявляти та розпізнавати приховані чинники впливу, і також фактори загрози;

– виявляти та ідентифікувати раніше невідомі взаємозв'язки між екологічними параметрами і факторами впливу;

– аналізувати середовище взаємодії екологічних процесів і прогнозувати зміни його характеристик;

– розробляти оптимізаційні рекомендації в галузі екологічної безпеки;

– візуалізувати результати аналізу, здійснювати підготовку попередніх звітів і проектів допустимих рішень з оцінками достовірності та ефективності можливих реалізацій та ін.

Починаючи з 2013 року, автори даної статті надають консультативну допомогу та науковий супровід організаціям і установам щодо підвищення кваліфікації фахівців у галузі екологічної безпеки, зокрема в аспекті застосування автоматизованих систем підтримки прийняття управлінських рішень. Крім того, слід звернути увагу на той факт, що автори статті мають багаторічний досвід співпраці з ДП «НАЕК «Енергоатом»:

1. Виконання науково-технічної роботи «Розробка технічних пропозицій на створення інформаційно-експертної системи для оцінки екологічного впливу АЕС на навколишнє середовище» за договором № 728/41-НТЦ від 22.04.13 р. з ВП «Науково-технічний центр» ДП НАЕК «Енергоатом».

2. Розроблені авторами математичні та програмні засоби вирішення задач попередження надзвичайних ситуацій при забрудненнях довкілля в зонах спостереження АЕС впроваджені у ВП «Науково-технічний центр» ДП «НАЕК «Енергоатом» (акт впровадження від 17.06.2015 р.).

3. Розроблені авторами математичні та комп’ютерні засоби для комплексної оцінки нерадіаційного впливу АЕС на довкілля впроваджені у ВП «Науково-технічний центр» ДП «НАЕК «Енергоатом» (акт впровадження від 10.11.2016 р.).

У 2018 році автори статті здобули перемогу у «Конкурсі на здобуття грантів НАН України дослідницьким лабораторіям/групам молодих вчених НАН України для проведення досліджень за пріоритетними напрямами розвитку науки і техніки», в рамках якого відбувається реалізація проєкту на тему «Розробка математичних та програмних засобів перевірки екологічної ефективності прийняття управлінських рішень». Планується на основі схеми оцінки екологічної дієвості запропонувати чіткий алгоритм та відповідне математичне та програмне забезпечення. Загалом очікується, що розроблені математичні та програмні засоби перевірки екологічної ефективності прийняття управлінських рішень стануть основою для створення відповідного модуля Загальнодержавної автоматизованої системи «Відкрите довкілля» та, в перспективі, інших інформаційних систем у галузі екологічної безпеки.

Авторами даної публікації було запропоновано консультативну допомогу та науковий супровід процесу впровадження розроблених систем управління екологічною безпекою, а також можливість проведення семінарів-тренінгів на базі міністерств, установ і відомств, закладів вищої освіти, що були зацікавлені впроваджувати дані системи.

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Одночасно з удосконаленням складових системи управління екологічною безпекою за даними моніторингу важливим є підвищення кваліфікації фахівців у галузі екологічної безпеки, зокрема працівників міністерств, підприємств та організацій, які відповідають за прийняття рішень щодо зменшення негативного впливу на довкілля та підготовку майбутніх фахівців у цьому напрямі.

У 2019 р. тільки кілька закладів вищої освіти пропонують курси підвищення кваліфікації для фахівців, що працюють на посадах керівників та провідних виконавців з менеджменту, екології та природокористування, проте в навчальних програмах недостатньо уваги приділено саме навчанню застосовувати автоматизовані системи підтримки прийняття управлінських рішень. До основних шляхів застосування автоматизованих інформаційних систем управління екологічною безпекою в підвищенні кваліфікації фахівців, відповідальних за прийняття управлінських рішень, належать:

1) науково-методична підтримка та консультативна допомога для процесу впровадження розроблених систем управління екологічною безпекою;

2) проведення семінарів-тренінгів на базі міністерств, установ і відомств, що зацікавлені у впровадженні розроблених систем;

3) розробка та вдосконалення навчально-методичного забезпечення для аспірантів, студентів та слухачів курсів підвищення кваліфікації щодо застосування автоматизованих інформаційних систем управління екологічною безпекою.

Розроблена концептуальна схема системи управління екологічною безпекою за даними моніторингу, удосконалена структура автоматизованої інформаційної системи управління екологічною безпекою територій, що зазнають впливу промислових, потенційно-небезпечних об’єктів та транспорту, та параметрична модель експертно-інформаційної системи забезпечують:

- виявлення й прогнозування прихованих тенденцій і закономірностей розвитку екологічних процесів (виявлення та розпізнавання прихованих чинників впливу, серед яких фактори загрози;
- виявлення та ідентифікацію раніше невідомих взаємозв'язків між екологічними параметрами і факторами впливу;
- аналіз середовища взаємодії екологічних процесів і прогнозування зміни його характеристик;
- розробку оптимізаційних рекомендацій у сфері екологічної безпеки;
- візуалізацію результатів аналізу, підготовку попередніх звітів і проєктів допустимих рішень з оцінками достовірності та ефективності можливих реалізацій.

Напрямки подальших досліджень варто зосередити на розробці математичних і програмних засобів перевірки екологічної ефективності прийняття управлінських рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, та С.В. Барбашев, *Методологія оцінювання екологічних ризиків*. Одеса, Україна: Астропринт, 2011.

[2] А.В Яцишин, «Комплексне оцінювання та управління екологічною безпекою при забрудненнях атмосферного повітря», дис. доктора технічних наук, ДУ «ІГНС НАН України», Київ, 2013.

[3] О.А. Иващук, и Д.А. Кванин, «Автоматизированное управление экологической безопасностью локальных городских территорий», *Информационные системы и технологии*, № 4 (84), с. 62-68, 2014.

[4] В.О. Артемчук та ін., *Теоретичні та прикладні основи економічного, екологічного та технологічного функціонування об'єктів енергетики*. Київ, Україна: ТОВ «Наш формат», 2017.

[5] A.O. Zaporozhets, V.S. Eremenko, R.V. Serhiienko, and S.A. Ivanov, «Development of an intelligent system for diagnosing the technical condition of the heat power equipment», *XIII International Scientific and Technical Conference "Computer Sciences and Information Technologies" (CSIT 2018)*, Lviv, p. 48-51, 2018. [Online]. Available: https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2018.8526742. Accessed on: December 30, 2018.

[6] A. Zaporozhets, V. Eremenko, R. Serhiienko, and S. Ivanov, «Methods and Hardware for Diagnosing Thermal Power Equipment Based on Smart Grid Technology», *Advances in Intelligent Systems and Computing III*, vol. 871, p. 476-489, 2019. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01069-0_34. Дата звернення: Лютий 10, 2019.

[7] В.И. Пампуро, *Оптимальное управление безопасностью экологически опасных объектов. Монография*, Київ: Наукова думка, 2012.

[8] C. Suo, Y.P. Li, J. Sun, and S. Yin, «An air quality index-based multistage type-2-fuzzy interval-stochastic programming model for energy and environmental systems management under multiple uncertainties», *Environmental Research*, Volume 167, p. 98-114, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.07.001. Дата звернення: Грудень 30, 2018.

[9] Н.К. Лиса, Л.С. Сікора, та Б.В. Дурняк, «Стратегічний аналіз техногенних ризиків, інформаційні й системні компоненти проблеми створення структур екомоніторингу», Науковий вісник НЛТУ України, т. 28, № 6. с. 152–158, 2018.

[10] О.О. Попов, та ін., «Концептуальні підходи створення інформаційно-аналітичної експертної системи для оцінки впливу АЕС на довкілля», Ядерна та радіаційна безпека, т. 79, № 3, с. 56-65, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.32918/nrs.2018.3(79).09. Дата перегляду: Грудень 25, 2018.

[11] Man Sing Wong, Esmond Mok, Tingneng Wang, and Zhao Yong, «Development of an Integrated Micro-Environmental Monitoring System for Construction Sites», Procedia Environmental *Sciences*, Volume 36, p. 207-214, 2016. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.09.034. Дата звернення: Грудень 30, 2018.

[12] Xingyu Tao et al. «Greenhouse gas emission monitoring system for manufacturing prefabricated components», *Automation in Construction*, Volume 93, p. 361-374, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.015. Дата звернення: Грудень 30, 2018.

[13] А.В. Яцишин, И.П. Каменева, В.А. Артемчук, и А.А. Попов, «Методы и технологии анализа рисков для здоровья на основе данных мониторинга», на *IV Международной научной конференции «МОДЕЛИРОВАНИЕ-2012»*, Киев, 2012, с. 470-473.

[14] И.П. Каменева, В.А. Артемчук, и А.В. Яцишин, «Модели представления и преобразования данных в задачах экологического мониторинга урбанизированных территорий», *Электронное моделирование*, 2016, с. 49-66, № 2.

[15] І.П. Каменева, О.О. Попов, А.В. Яцишин, та В.О. Артемчук, «Методи визначення екологічного ризику за атмосферним фактором», *Моделювання та інформаційні технології*, Вип. 53, с. 23-32, 2009.

[16] И.П. Каменева, А.В. Яцишин, и А.А. Попов, «Математико-картографическое моделирование техногенных нагрузок на атмосферу», *Моделювання та інформаційні технології*, Вип. 51, с. 58-64, 2009.

[17] R.M. Argent et al., «Best practices for conceptual modelling in environmental planning and management». *Environmental Modelling & Software, Environmental Modelling & Software*, Volume 80, p. 113-121, 2016. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.02.023. Дата звернення: Грудень Дата звернення: Грудень 30, 2018.

[18] M. Rönkkö, J. Heikkinen, V. Kotovirta, and V.Chandrasekard, «Automated preprocessing of environmental data», *Future Generation Computer Systems*, Volume 45, p. 13-24, 2015. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.1016/j.future.2014.10.011. Дата звернення: Грудень 30, 2018.

[19] В.Б. Мокін, та ін. «Автоматизована геоінформаційна система комплексного екологічного контролю», 2013. [Електронний ресурс]. Доступно: http://www.ela.kpi.ua/bitstream/123456789/18260/1/20_Mokin.pdf. Дата перегляду: Грудень 20, 2018.
[20] O. Popov, and A. Yatsyshyn, «Mathematical tools to assess soil contamination by deposition of technogenic emissions». *Soil Science Working for a Living*. Cham. Springer, p. 127–137, 2017. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.1007/978-3-319-45417-7_11. Дата звернення: Грудень 30, 2018.
[21] Д.С. Кобилкін, «Структуризація проектів впровадження автоматизованих систем антикризового управління в цивільному захисті (на прикладі Системи 112)», дис. кандидата технічних наук, ЛДУ БЖД, Львів, 2016.
[22] О.О. Попов, та ін., «Аналіз можливих причин виникнення надзвичайних ситуацій на АЕС з метою мінімізації ризику їх виникнення», Ядерна та радіаційна безпека, т. 81, № 1, с. 75-80, 2019. Доступно: https://doi.org/10.32918/nrs.2019.1(81).13. Дата перегляду: Березень 1, 2019.
[23] Р.Л. Ткачук, Л.С. Сікора, Н.К. Лиса, та Б.І. Федина, «Логіко-когнітивні моделі темпоральної дійсності під час прийняття оперативних рішень у кризових умовах функціонування техногенних систем (Ч. І) », *Науковий вісник НЛТУ України*, т. 28, № 8, с. 107–116, 2018.
[24] M. Oprea «A knowledge modelling framework for intelligent environmental decision support systems and its application to some environmental problems», *Environmental Modelling & Software*, Volume 110, p. 72-94, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.09.001. Дата звернення: Грудень 30, 2018.
[25] И.П. Каменева, «Вероятностные модели репрезентации знаний в интеллектуальных системах принятия решений». *Искусственный интеллект*, № 3, с. 399-409, 2005.
[26] А.В. Яцишин, О.О. Попов, В.О. Ковач, та В.О. Артемчук, «Методика навчання майбутніх фахівців у галузі екології методам і засобам екологічного моніторингу приземного шару атмосфери», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 66, № 4, с. 217–230, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/2233/1379. Дата перегляду: Жовтень 25, 2018.
[27] В.С. Моркун, С.О. Семеріков, та С.М. Грищенко, «Зміст і технологія навчання спецкурсу «Екологічна геоінформатика» у підготовці майбутніх інженерів гірничого профілю», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 57, № 1, с. 115-125, 2017. [Електронний ресурс]. Доступно: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1549/1139. Дата перегляду: Листопад 27, 2018.
[28] Д. Клиланд, и В. Кинг, *Системный анализ и целевое управление*. Москва: Сов. радио, 1974.
[29] Е.Г. Капралов и др., *Геоинформатика: учебник для вузов*. Москва: Академия, 2008.
[30] Основи стратегічного планування. [Електронний ресурс]. Доступно: http://ukrefs.com.ua/print:page,1,112433-Osnovy-strategicheskogo-planirovaniya.html. Дата звернення: Грудень 29, 2018.
[31] О.М. Верес, «Оцінювання проекту системи підтримки прийняття рішень», *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*, № 673, с. 69—77, 2010.
[32] І.С. Зінов'єва, В.О. Артемчук, та А.В. Яцишин, «Використання відкритих геоінформаційних систем у підготовці фахівців з комп'ютерних наук», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 68, № 6, с. 87-99, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/2567/1415. Дата перегляду: Грудень 31, 2018.
[33] О.А. Иващук, и И.С. Константинов, «Обеспечение адаптивного управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса», *Управление большими системами*, Вып. 25, с. 96-115, 2009.

Матеріал надійшов до редакції 10.03.2019 р.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Яцишин Андрей Васильевич
доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник,
отдел гражданской защиты и инновационной деятельности,
ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0001-5508-7017
andic@ua.fm

Попов Александр Александрович
доктор технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник,
отдел технологий защиты окружающей среды и радиационной безопасности,
ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0002-5065-3822
sasha.popov1982@gmail.com

Артемчук Владимир Александрович
кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник,
отдел моделирования энергетических процессов и систем,
Институт проблем моделирования в энергетике им. Е. Пухова НАН Украины, г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0001-8819-4564
ak24avo@gmail.com

Ковач Валерия Емельяновна
кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдел радиогеохимии,
ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0002-1014-8979
valeriiakovach@gmail.com

Зиновьева Ирина Сергеевна
кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных систем в экономике
ГВУЗ «Киевский национальный экономический университет имени Вадима Гетьмана», г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0001-5122-8994
ira.zinovyeva@kneu.edu.ua

Аннотация. Состояние окружающей среды в значительной степени зависит от компетентности специалистов в области экологической безопасности, которые отвечают за принятие управленческих решений по уменьшению негативного воздействия на природную окружающую среду. Состояние окружающей среды в значительной степени зависит от компетентности специалистов в области экологической безопасности, которые отвечают за принятие управленческих решений по уменьшению негативного воздействия на природную окружающую среду. Поэтому важным является постоянное повышение квалификации управленческих кадров, в частности по применению автоматизированных системы управления экологической безопасностью. Проанализированы зарубежные и отечественные публикации в области управления экологической безопасностью по данным мониторинга. На основании собственного многолетнего опыта работы в области экологической безопасности и на основе научных источников определено, что важным является разработка и внедрение специализированных систем управления экологической безопасностью по данным мониторинга. Такие системы необходимы для: выявления и прогнозирования скрытых тенденций и закономерностей развития экологических процессов, идентификации ранее неизвестных взаимосвязей между экологическими параметрами и факторами влияния, разработки оптимизационных рекомендаций в области экологической безопасности, визуализации результатов анализа, подготовки предыдущих отчетов и проектов допустимых решений по соответствующим оценкам и тому подобное. Рассмотрены основные принципы управления экологической безопасностью. Описаны основные блоки усовершенствованной системы управления экологической безопасностью по данным экологического мониторинга, а именно: «Задачи стратегического управления экологической безопасностью», «Базы данных и алгоритмы оценки ситуации и принятия управленческих решений в области экологической безопасности», «Управление данными», «Система подготовки решений (на основе экономической оценки «риск-цена-эффект»)», «Система подготовки решений», «Интеллектуальный анализ данных», «Система поддержки принятия решений (СППР)», «Задачи тактического управления экологической безопасностью». Предложена усовершенствованная структура автоматизированной информационной системы управления экологической безопасностью территорий, испытывающих техногенное воздействие от промышленных потенциально опасных объектов и транспорта. Описано назначение блоков (модулей) систем и связи между ними. Построено параметрическую модель экспертно-информационной системы, которая включает: базу знаний, моделирование, поддержку принятия решений и настройку контрольно-измерительного блока. Показано, что разработанные системы обеспечивают функционирование системы управления экологической безопасностью, позволяют описывать структурные элементы и информационные связи между ними, повышают

оперативность обработки исходных данных. Обоснованы пути применения автоматизированной информационной системы управления экологической безопасностью в повышении квалификации специалистов, ответственных за принятие управленческих решений в области экологической безопасности. Итак, одновременно с совершенствованием составляющих системы управления экологической безопасностью по данным мониторинга, важным является повышение квалификации специалистов в области экологической безопасности, в частности работников министерств, предприятий и организаций, отвечающих за принятие решений по уменьшению негативного влияния на окружающую среду и подготовку будущих специалистов в этом направлении.

Ключевые слова: повышение квалификации специалистов в области экологической безопасности; последипломная подготовка специалистов в области экологической безопасности; автоматизированная информационная система управления; экспертно-информационная система; экологическая безопасность; управление.

AUTOMATED AND INFORMATION DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR ENVIRONMENTAL SAFETY

Andrii V. Iatsyshyn
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher,
Department of Civil Protection and Innovation,
SI «Institute of Environment Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0001-5508-7017
andic@ua.fm

Oleksandr O. Popov
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher
Department of Environment Technology and Radiation Safety,
SI «Institute of Environment Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-5065-3822
sasha.popov1982@gmail.com

Volodymyr O. Artemchuk
PhD of Technical Sciences, Senior Researcher,
Department of Energetic Processes Modeling and Systems
Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0001-8819-4564
ak24avo@gmail.com

Valeriia O. Kovach
PhD of Technical Sciences, Senior Researcher,
Department of Radiogeochemistry,
SI «Institute of Environment Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-1014-8979
valeriiakovach@gmail.com

Iryna S. Zinovieva
PhD of Economical Sciences, Associate Professor of Information Systems in the Economy Department
Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0001-5122-8994
ira.zinovyeva@kneu.edu.ua

Abstract. The state of the environment largely depends on the competence of environmental safety experts who are responsible for taking management decisions to reduce the negative impact on the natural environment. Therefore, it is important to constantly improve the skills of managerial personnel, in particular regarding the application of automated systems for managing environmental safety. The article analyzes foreign and domestic publications in the field of environmental safety management according to monitoring data. Based on our own many years of experience in the field of environmental safety and on the basis of scientific sources, it was determined that the development and implementation of specialized environmental safety

management systems according to monitoring data is important. Such systems are needed to: identify and predict hidden trends and patterns in the development of environmental processes, identify previously unknown relationships between environmental parameters and influence factors, develop optimization recommendations in the field of environmental safety, visualize analysis results, prepare previous reports and draft acceptable decisions on relevant assessments and that sort of thing The basic principles of environmental safety management are considered. The main blocks of an improved environmental safety management system are described according to environmental monitoring data, namely: “Objectives of strategic environmental management”, “Databases and algorithms for assessing the situation and making management decisions in the field of environmental safety”, “Data Management”, “Decision Preparation System (based on the economic assessment of the "risk-price-effect")”,“Solution Preparation System”, “Data Mining”, “Decision Support System (DSS)”, “Tasks of tactical management of environmental safety”. An improved structure of an automated and information system for managing the environmental safety of territories experiencing anthropogenic impact from potentially hazardous industrial facilities and transport is proposed. The purpose of the blocks (modules) of systems and communication between them is described. A parametric model of an expert-information system has been built, which includes: a knowledge base, modeling, decision support and setting up a control and measuring unit. It is shown that the developed systems ensure the functioning of the environmental safety management system, allow to describe the structural elements and information links between them, increases the efficiency of processing the source data. The ways of application of automated information system of ecological safety management in qualification of specialists responsible for making managerial decisions in the field of ecological safety are substantiated. Consequently, while improving the components of the environmental safety management system according to monitoring data, it is important to improve the skills of specialists in the field of environmental safety, in particular, employees of ministries, enterprises and organizations that are responsible for making decisions on reducing the negative impact on the environment and training future specialists in this direction.

Keywords: advanced training of specialists in the field of environmental safety; postgraduate training of specialists in the field of environmental safety; automated and information management system; expert and information system; ecological safety; management.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

[1] H.V. Lysychenko, H.A. Khmil′, and S.V. Barbashev, *Methodology for Assessing Environmental Risks*. Odessa, Ukraine: Astroprynt, 2011 (in Ukrainian).

[2] A.V. Iatsyshyn, «Comprehensive assessment and management of environmental safety in air pollution» dissertation for a Doctor’s degree in Technical Sciences, SI «Institute of Environmental Geochemistry of NAS of Ukraine», Kyiv, 2013 (in Ukrainian).

[3] O.A. Ivashhuk, and D.A. Kvanin, «Automated environment safety management of the local urban territories», *Information Systems and Technologies*, № 4 (84), p. 62-68, 2014 (in Russian).

[4] V.O. Artemchuk and al. (2017), *Theoretical and applied bases of economic, ecological and technological functioning of energy objects*. Kyiv, Ukraine: TOV «Nash format» (in Ukrainian).

[5] A.O. Zaporozhets, V.S. Eremenko, R.V. Serhiienko, and S.A. Ivanov, «Development of an intelligent system for diagnosing the technical condition of the heat power equipment», *XIII International Scientific and Technical Conference “Computer Sciences and Information Technologies” (CSIT 2018)*, Lviv, p. 48-51, 2018. [Online]. Available: https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2018.8526742. Accessed on: December 30, 2018 (in English).

[6] A. Zaporozhets, V. Eremenko, R. Serhiienko, and S. Ivanov, «Methods and Hardware for Diagnosing Thermal Power Equipment Based on Smart Grid Technology», *Advances in Intelligent Systems and Computing III*, vol. 871, p. 476-489, 2019. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01069-0_34. Accessed on: February 10, 2019 (in English).

[7] V.I. Pampuro, *Optimal safety management of environmentally hazardous facilities. Monograph*. Kiev, Ukraine: Naukova Dumka, 2012 (in Russian).

[8] C. Suo, Y.P. Li, J. Sun, and S. Yin, «An air quality index-based multistage type-2-fuzzy interval-stochastic programming model for energy and environmental systems management under multiple uncertainties», *Environmental Research*, Volume 167, p. 98-114, 2018. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.07.001. Accessed on: December 30, 2018 (in English).

[9] N.K. Lysa, L.S. Sikora, and B.V. Dyrnyak, «Strategic analysis of industrial risks, information and system components problems of establishment of ecological monitoring structures», *Scientific Bulletin of UNFU*, № 28(6), 152–158, 2018 (in Ukrainian).

[10] O. Popov, et al., «Conceptual Approaches for Development of Informational and Analytical Expert System for Assessing the NPP impact on the Environment», *Nuclear and Radiation Safety*, Iss. 3(79), p. 56-54, 2018 [Online]. Available: https://doi.org/10.32918/nrs.2018.3(79).09. Accessed on: December 25, 2018 (in Ukrainian).

[11] Man Sing Wong, Esmond Mok, Tingneng Wang, and Zhao Yong, «Development of an Integrated Micro-Environmental Monitoring System for Construction Sites», *Procedia Environmental Sciences*, Volume 36, p. 207-214, 2016. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.09.034. Accessed on: December 30, 2018 (in English).

[12] Xingyu Tao et al., «Greenhouse gas emission monitoring system for manufacturing prefabricated components», *Automation in Construction*, Volume 93, p. 361-374, 2018. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.015. Accessed on: December 30, 2018 (in English).

[13] A.V. Yatsyshyn, I.P. Kameneva, V.A. Artemchuk, and A.A. Popov, «Methods and technologies for risk analysis for health based on monitoring data», *IV International scientific conference "MODELING-2012"*, Kyiv, 2012, p. 470-473 (in Russian).

[14] I.P. Kameneva, V.A. Artemchuk, and A.V. Yatsyshyn, «Models of representation and data transformation in the problems of environmental monitoring in urban areas», *Elektronnoe modelirovanie*, № 38(2), p. 49-66, 2016 (in Russian).

[15] I.P. Kameneva, O.O. Popov, A.V. Yatsyshyn, and V.O. Artemchuk, «Methods for determining environmental risk factor for atmospheric air». *Modelyuvannya ta informatsiyni tehnologii*, № 53, p. 23-32, 2009 (in Ukrainian).

[16] I.P. Kameneva, A.V. Iatsyshyn, and A.A. Popov, «Mathematical-cartographic modeling of technogenic loads on the atmosphere», Simulation and informational technologies, Issue 51, p. 58-64, 2009 (in Ukrainian).

[17] R.M. Argent, et al., «Best practices for conceptual modelling in environmental planning and management». *Environmental Modelling & Software, Environmental Modelling & Software*, Volume 80, p. 113-121, 2016. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.02.023. Accessed on: December 30, 2018 (in English).

[18] M. Rönkkö, J. Heikkinen, V. Kotovirta, and V.Chandrasekard, «Automated preprocessing of environmental data», *Future Generation Computer Systems*, Volume 45, p. 13-24, 2015. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.future.2014.10.011. Accessed on: December 30, 2018 (in English).

[19] V.B. Mokin, et al., «Automated Geoinformation System for Integrated Environmental Control». 2013. [Online]. Available: http://www.ela.kpi.ua/bitstream/123456789/18260/1/20_Mokin.pdf. Accessed on: December 20, 2018 (in Ukrainian).

[20] O. Popov, and A. Yatsyshyn, «Mathematical tools to assess soil contamination by deposition of technogenic emissions». *Soil Science Working for a Living*. Cham. Springer, p. 127–137, 2017. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-319-45417-7_11. Accessed on: December 30, 2018 (in English).

[21] D. Kobylkin, «Structuration of the projects of automated system implementation of anti-crisis management» dissertation for a Candidate Degree of Engineering Sciences in specialty, Lviv State University of Life Safety, Lviv, 2016 (in Ukrainian).

[22] O. Popov, et al., «Analysis of Possible Causes of NPP Emergencies to Minimize Risk of Their Occurrence», *Nuclear and Radiation Safety*, Iss. 1(81), p. 75-80. 2019 [Online]. Available: https://doi.org/10.32918/nrs.2019.1(81).13. Accessed on: March 1, 2019 (in Ukrainian).

[23] R.L. Tkachuk, L.S. Sikora, N.K. Lysa, and B.I. Fedyna, «Logic-cognitive models of temporal reality when taking operational decisions in crisis conditions of functioning of technological systems (Part I) », *Scientific Bulletin of UNFU*, № 28(8), p. 107–116. 2018 (in Ukrainian).

[24] M. Oprea, «A knowledge modelling framework for intelligent environmental decision support systems and its application to some environmental problems», *Environmental Modelling & Software*, Volume 110, p. 72-94, 2018. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.09.001. Accessed on: December 30, 2018 (in English).

[25] I.P. Kameneva, «Probabilistic Models of Representation of Knowledge in Intelligent Decision-Making Systems», *Iskusstvennyy intellekt*, № 3, c. 399-409, 2005 (in Russian).

[26] A.V. Iatsyshyn, O.O. Popov, V.O. Kovach, and V.O. Artemchuk, «The methodology of future specialists teaching in ecology using methods and means of environmental monitoring of the atmosphere's surface layer», *Journal of Information Technologies in Education*, Issue 66, № 4, p. 217–230, 2018. [Online]. Available: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/2233/1379. Accessed on: October, 25, 2018 (in Ukrainian).

[27] V.S. Morkun, S.O. Semerikov, and S.M. Hryshchenko, «Content and teaching technology of course "Ecological Geoinformatics" in training of future mining engineers», *Journal of Information Technologies in Education*, Issue 57, № 1, p. 115-125, 2017. [Online]. Available: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1549/1139. Accessed on: March, 27, 2018 (in Ukrainian).
[28] D. Cleland, and V. King, *System Analysis and Target Management*. Moscow: Sov. Radio, 1974 (in Russian).
[29] E.G. Kapralov et al., *Geoinformatics: a textbook for high schools*. Moscow: Academy, 2008 (in Russian).
[30] «Fundamentals of Strategic Planning. [Online]. Available: http://ukrefs.com.ua/print:page,1,112433-Osnovy-strategicheskogo-planirovaniya.html. December 29, 2018, 27, 2018 (in Ukrainian).
[31] O.M. Veres, «Evaluation of the decision support system project», *Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic"*, №. 673, p. 69-77, 2010(in Ukrainian).
[32] I.S Zinovieva, V.O Artemchuk, and A.V Iatsyshyn, «The use of open geoinformation systems in computer science education», *Journal of Information Technologies in Education*, Issue 68, № 6, p. 87-99, 2018. [Online]. Available: https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/2567/1415. Accessed on: December, 31, 2018 (in Ukrainian).
[33] Ivashhuk O.A., and Konstantinov I.S. «Guarding of adaptive management by ecological safety of an industrial and transport complex», *Large-Scale Systems Control*, № 25, p. 96—115, 2009 (in Russian).

(cc) BY-NC-SA

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.