

**МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ
РЕСУРСІВ УКРАЇНИ**

**ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ
ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ**

ЖУКАУСКАС СЕРГІЙ ВІКТОРОВИЧ

УДК 574.08:681.78:629.52.7

**«УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ
БЕЗПЕКОЮ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ
АПАРАТІВ ТА АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ 2020

Дисертація є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі екологічного моніторингу та аерокосмічних технологій Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України

Науковий керівник:

Машков Олег Альбертович,

доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, проректор з наукової роботи Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

Офіційні опоненти:

Чумаченко Сергій Миколайович,

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Лауреат державної премії України в галузі науки та техніки, завідувач кафедри інформаційних систем Національного університету харчових технологій МОН України

Демиденко Ольга Олексіївна,

кандидат технічних наук,
ректор інституту підготовки фахівців Національного органу стандартизації Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості».

Захист відбудеться «24» грудня 2020 р. о 10-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.880.01 у Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління за адресою: 033035, м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління за адресою: 033035, м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2 та на сайті www.dea.edu.ua.

Автореферат розісланий « » листопада 2020 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник

Т.Г. Іващенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У теперішній час людство починає усвідомлювати, що зростаючі економічні, соціальні та екологічні проблеми є наслідком неправильної поведінки людей. Так, пріоритетні напрямки спільних дій на рівні світової спільноти визначено у документі (Ріо + 20 «Майбутнє, якого ми хочемо», Хартія Землі), в яких відображено загально визнані правила поведінки по відношенню до природи.

Надмірний антропогенний вплив і високий рівень техногенного навантаження на територію України обумовлений наявністю комплексу гірничодобувних, хімічних, енергетичних об'єктів, значною кількістю промислово-міських агломерацій і високою щільністю населення у промислово-розвинутих регіонах держави. Проведення об'єктивної оцінки стану екологічної безпеки держави ускладнюється незадовільним станом системи моніторингу довкілля.

Необхідність удосконалення державної системи моніторингу довкілля обумовлюється зовнішньополітичним курсом України на європейську інтеграцію та визнається цілим рядом документів стратегічного характеру. Зокрема, відповідні положення щодо розвитку системи моніторингу довкілля присутні в Основних засадах державної екологічної політики України на період до 2030 р. Серед 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). Указом Президента України від 25 квітня 2013 р. введено в дію рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про комплекс заходів щодо вдосконалення проведення моніторингу довкілля та державного регулювання у сфері поводження з відходами в Україні».

Розширення можливостей екологічного моніторингу можна здійснити з комплексним використанням дистанційно пілотованих літальних апаратів, включаючи космічні систем спостереження при використанні дистанційних методів контролю параметрів навколишнього середовища, а також за рахунок вдосконалення науково-методичного апарату оцінки стану зон екологічного ризику.

Питання застосування аерокосмічних технологій для завдань екології та природокористування досліджені такими вченими, як Акименко П.О., Білявський Г.О., Боголюбов В.М., Богомья В.І., Бондар О.І., Бугор А.Н., Бусыгин Б.С., Васильев В.Е., Волошин В.І., Востоков А.Б., Вульфсон Л.Д., Гарбук С.В., Гершензон В.Е., Гонин Г.Б., Горбулін В.П., Горелов В. А., Гош С.К., Гречищев А.В., Гришин Ю.И., Драновский В.Й., Емец Н.А., Єрмаков В.М., Завалішин А.П., Кац Я.Г., Козлов Н.П., Копачевський І.М., Костюченко Ю.В., Котляр О.Л., Кохан С.С., Красовський Г.Я., Лебедев А.А., Лихачов Ю.А., Лялько В.І., Машков О.А., Мокін В. Б., Мосов С.П., Нестеренко О.П., Перерва В.М., Петросов В.А., Попов М.О., Присяжний В.І., Ребрин Ю.К., Рябухин А.Г., Сахацький О.І., Сиротенко О.В., Станкевич С.А., Стрельцов В. А., Тараріко

О.Г., Уліцький О.А., Федоровський О.Д., Ходоровский А.Я., Чандра А.М., Чумаченко С.М., Шапар А.Г., Яцків Я.С.

Незважаючи на значну кількість теоретичних та експериментальних досліджень у напрямку побудови системи управління екологічною безпекою, на цей час більшість опублікованих результатів закордонних та вітчизняних вчених є розрізненими та несистематизованими. До цього часу не розроблені методологічні основи системи управління екологічною безпекою та прогнозування надзвичайних ситуацій, зменшення екологічних загроз та ризиків.

Таким чином існує необхідність удосконалення системи управління екологічною безпекою при поводженні з небезпечними речовинами з застосуванням безпілотних літальних апаратів екологічного спостереження. Саме тому, актуальним є наукове завдання, яке полягає в удосконаленні системи управління екологічною безпекою при поводженні з небезпечними речовинами шляхом застосування запропонованої методики прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та ризиків з застосуванням безпілотних літальних апаратів екологічного моніторингу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика дисертаційної роботи відповідає «Концепції національної екологічної політики України на період до 2020 року», затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17.10.2007 р. № 880-р. та «Основним засадам (стратегії) державної екологічної політики України на період до 2020 року, затвердженим Законом України № 2818-VI від 21.12.2010 р. і виконувалась у рамках проведення держбюджетних науково-дослідних робіт, що виконувалися у Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління Мінприроди України: «Дослідження антропогенних джерел електромагнітного випромінювання та їх впливу на екосистеми» (0118U006675); «Розробка методики застосування ортотрансформованих космічних знімків для оцінки стану навколишнього середовища» (0118U005460); «Розробка нормативно-методичного документа - рубрикатора завдань у сфері екологічного моніторингу за допомогою космічних систем ДЗЗ та ГІС» (0118U005461); «Розробка проекту автоматизованої системи моніторингу довкілля Київської області» (0117U007076); «Проведення оцінки та вивчення еколого-техногенного стану Донецької та Луганської областей з метою розробки рекомендацій щодо природно-ресурсного відновлення на екологічних засадах» (0117U006967), у яких автор був виконавцем.

Ідея дисертаційної роботи полягає в розкритті особливостей удосконалення системи управління екологічною безпекою при поводженні з небезпечними речовинами шляхом застосування запропонованої методики прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та ризиків з застосуванням безпілотних літальних апаратів екологічного моніторингу.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є підвищення достовірності та інформаційних можливостей систем екологічного моніторингу для визначення зон екологічного ризику на основі використання мобільних

комплексів оцінки екологічного стану регіону із застосуванням геоінформаційних та аерокосмічних технологій.

Досягнення поставленої мети вимагало розв'язання таких завдань:

1. Здійснити аналіз сучасного стану управління екологічною безпекою при поводженні з небезпечними речовинами та визначити можливості безпілотних літальних апаратів при екологічному моніторингу за станом поводження з небезпечними речовинами.

2. Розробити моделі використання аерокосмічних технологій для екологічного моніторингу за станом поводження з небезпечними речовинами.

3. Удосконалити науково-методичний апарату для синтезу системи управління екологічною безпекою при поводженні з небезпечними речовинами з використанням моніторингової інформації дистанційно пілотованих літальних апаратів.

4. Розробити методику статистичного оцінювання надзвичайних екологічних ситуацій техногенного характеру при поводженні з небезпечними речовинами.

5. Розробити методику оцінки екологічного ризику при поводженні з небезпечними речовинами з використанням моніторингової інформації дистанційно пілотованих літальних апаратів.

6. Розробити управлінські процедури прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з застосуванням безпілотних літальних апаратів.

Об'єкт дослідження: процеси в системах управління екологічною безпекою.

Предмет дослідження: методи, моделі та засоби контролю за станом довкілля та обґрунтування оцінок екологічного ризику, пошук і створення за їх допомогою оптимальних форм управління екологічною безпекою.

Методи дослідження. Для досягнення визначеної мети та розв'язання поставлених завдань використовувались теоретичні і експериментальні методи досліджень. Теоретичні методи (системний аналізу; теорія ймовірностей, математична статистика, кластерний аналіз, теорія експертних оцінок, метод «Дельфі», метод сценаріїв, метод узгодження кластеризованих ранжировок, бінарні відношення і відстань Кемені) застосовано для узагальнення інформації, одержаної з літературних джерел, визначення напрямів досліджень, розробки аерокосмічних технологій для екологічного моніторингу за станом поводження з небезпечними речовинами, прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з застосуванням безпілотних літальних апаратів. Для синтезу системи управління екологічною безпекою при поводженні з небезпечними речовинами з використанням моніторингової інформації використовувався програмний пакет ERDAS Imagine. Для комплексної екологічної оцінки територій застосовувалась база даних векторної ГІС в середовищі ArcGIS / ArcInfo 9.3., ArcCatalog. Для створення процедурного модуля оцінки рішень та розрахунку ризиків життєдіяльності в умовах можливих аварій на хімічно–небезпечних об'єктах

застосовано проблемно-орієнтований проект ArcMap з використанням мови програмування Visual Basic для стандартів ArcGIS 8.3.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в удосконаленні системи управління екологічною безпекою як наукове підґрунтя підвищення достовірності та інформаційних можливостей систем екологічного моніторингу для визначення зон екологічного ризику на основі використання мобільних комплексів оцінки екологічного стану регіону із застосуванням геоінформаційних та аерокосмічних технологій. При цьому:

Уперше:

- науково обґрунтовано та розроблено методику оцінки екологічного ризику при поводженні з небезпечними речовинами передбачає виконання трьох етапів: ідентифікація факторів ризику, оцінка ризику, управління ризиком, яка на відміну від відомих комплексно враховує чотири основних напрямки ризику: інженерний (ймовірнісний, модельний, експертний, соціологічний);

- науково обґрунтовано та запропоновано інформаційно-аналітичну систему оцінювання ризиків життєдіяльності та екологічної і природно-техногенної безпеки (з застосуванням сучасних ГІС-технологій), яка забезпечують, у порівнянні з традиційними, більшу надійність збереження, високу точність і достовірність вхідних і вихідних даних;

Удосконалено:

- модель використання аерокосмічних технологій для екологічного моніторингу за станом поводження з небезпечними речовинами, яка на відміну від відомих враховує: спектральну щільність енергетичної яскравості характеристик об'єкту екологічного моніторингу за допомогою використання багатоспектрального пристрою (сенсору), оцінки та обліку впливу турбулентності повітряного середовища на ДПЛА при екологічному моніторингу, характеристики бортового обладнання ДПЛА екологічного моніторингу щодо використання окремих радіоліній зв'язку для передачі командно-телеметричних даних і даних корисного навантаження.

- методику експертного оцінювання характеристик аварійного ризику при поводження з небезпечними речовинами з використанням моніторингової інформації ДПЛА, яка на відміну від відомих передбачає завдання мінімізації випадкового збитку (мінімізація математичного очікування (середніх очікуваних втрат), мінімізація квантиля розподілу, мінімізація дисперсії (показника розкиду можливих значень втрат), мінімізація середнього квадратичного відхилення, мінімізація коефіцієнта варіації, мінімізація математичного очікування функції втрат).

- удосконалена методика прогнозування надзвичайних ситуацій, викликаних техногенними аваріями та катастрофами пожежами, з використанням розвідувальних безпілотних літальних апаратів, яка передбачає послідовне виконання певних процедур: визначення району моніторингу, організація моніторингової системи безпілотних літальних апаратів, розрахунок очікуваних відстаней застосування бортових пошукових систем, визначення загального часу моніторингу і його дискретизація, організація моніторингу

джерела небезпечної екологічної ситуації (плановий та оперативний моніторинг).

Набуло подальшого розвитку:

- застосування концепції ненульового ризику (визнання факту недосяжності абсолютної безпеки) в стратегії управління екологічною безпекою, яка на відміну від відомих вимагає не тільки вивчення факторів і джерел підвищеного ризику, а й передбачення ходу подій, оцінки наслідків природних і технологічних катастроф, постійного моніторингу техногенно небезпечних об'єктів в тому числі з використанням аерокосмічних систем та безпілотних літальних апаратів, що дозволяє знаючи ймовірність аварій та катастроф і очікувану величину втрат, уникнути важких катастроф, знаходячи альтернативні рішення, послабити їх силу, передбачити ефективні компенсаційні механізми.

- технологія використання аерокосмічних технологій для моніторингу за станом поводження з небезпечними речовинами, яка на відміну від відомих передбачає можливість комплексного застосування космічних знімків та знімків, які отримані за допомогою безпілотних літальних апаратів, що є важливим етапом проведення класифікації для моніторингу навколишнього середовища, тематичного дешифрування і створення цифрових карт місцевості, комплексного оцінювання техногенних і природних ризиків життєдіяльності засобами просторового моделювання для оцінки обсягів втрат і витрат матеріальних, технічних, людських та фінансових ресурсів в умовах надзвичайних ситуацій з викидом токсичних речовин, можливих на території України.

Практичне значення і реалізація одержаних результатів полягає в тому, що в роботі запропоновано методики, моделі, алгоритми, що дозволили створити технологію використання аерокосмічних технологій для моніторингу за станом поводження з небезпечними речовинами. Запропонований науково-методичний апарат дозволяє підвищити достовірність та інформаційні можливості систем екологічного моніторингу для визначення зон екологічного ризику на основі використання мобільних комплексів оцінки екологічного стану регіону із застосуванням геоінформаційних та аерокосмічних технологій. Розроблені методичні положення моніторингу за станом поводження з небезпечними речовинами, оцінки екологічного ризику з використанням аерокосмічних технологій впроваджено навчальний процес кафедри екологічного моніторингу, геоінформаційних та аерокосмічних технологій Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління під час викладання та підготовки матеріалів дисциплін «Методологія та організація наукових досліджень», «Філософія науки та інноваційного розвитку» та курсів підвищення кваліфікації фахівців в галузі екології та природокористування.

Результати дисертаційної роботи прийняті до впровадження в Льотній академії Національного авіаційного університету, м. Кропивницький (акт від 04 грудня 2019р.), Науково-виробничій впроваджувальній фірмі «Геотехнологія», м. Київ (акт від 20.11.2019р.), а також у навчальний процес в Державній

екологічній академії післядипломної освіти та управління Мінприроди України, м. Київ (акт від 13.11.2019р.).

Особистий внесок здобувача полягає у формуванні наукової задачі, мети, ідей роботи, задач досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій.

У роботах, які написані за співавторства, особистий внесок автора полягає у наступному: [1-5] – обґрунтування технології синтезу системи керування дистанційно пілотованого літального апарата екологічного спостереження. У роботах [6-13] автором були самостійно отримані результати системного застосування методів дистанційного моніторингу екологічного та технічного стану навколишнього середовища; у роботах [12, 13] автором було здійснено збір вихідних даних щодо загроз у сфері екологічної безпеки та їх вплив на стан національної безпеки. У роботах [15,18] автором виконано аналітичні розрахунки впровадження аерокосмічних технологій в системі екологічного моніторингу навколишнього природного середовища та техногенне небезпечних об'єктів. У роботах [19-21, 23-28, 30-35] автором здійснено математичне моделювання оцінювання екологічних ризиків в системі управління екологічною безпекою регіону. В роботах [22, 29] автором здійснено аналіз форм можливих наукових результатів у галузі захисту довкілля та оцінювання екологічних загроз та ризиків.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертації, практичні висновки і рекомендації, які одержані в ході роботи, доповідались на: Міжнародній науковій конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту», (ХНТУ), Залізний Порт Херсонська обл., 24-28 травня 2016р.; Міжнародній науковій конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту», (ХНТУ), Залізний Порт Херсонська обл., 22-26 травня 2017р.; Круглому столі «Екологічні проблеми військового сектору України та шляхи їх вирішення в умовах Євроатлантичної інтеграції» в Інформаційно-просвітницькому Орхуському центрі ДЕА “Системне вирішення проблем екобезпеки Збройних Сил у розрізі євроатлантичної інтеграції”, 22.02.2018р.; Круглому столу присвяченому 57-й річниці польоту Ю.О. Гагаріна в космос та 50-річчю трагічної загибелі Ю.О. Гагаріна і В.С. Серьогіна, 12 квітня 2018, м. Київ, в НТУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»; X Міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми інформатизації”, 12-13 квітня 2018, м. Київ, Державний університет телекомунікацій; Науково-технічній конференції «Інноваційні аерокосмічні технології в екологічному моніторингу» м. Київ, ДЕА, 24-25 квітня 2018 р.; Міжнародних наукових конференціях «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту», (ХНТУ), Залізний Порт Херсонська обл., 21-27 травня 2018р.; II Міжнародній науково-практичній конференції «Інфраструктура якості і: перспективи та тенденції розвитку», 6 червня 2018, м Київ, (ДП “Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості”); III Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи», Львів, ЛДУБЖД, 14 вересня 2018р.;

Науково-практичному семінарі «Сучасні аерокосмічні технології в екологічному моніторингу», м. Київ, ДЕА, 27 листопада 2017 р.; XVI Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми екологічної безпеки», Кременчук, 4-7 жовтня 2018р.; Всеукраїнському науково-практичному семінарі «Створення інноваційного середовища для розбудови індустрії безпілотних літальних апаратів в Україні», Льотна академія НАУ (м. Кропивницький), 12 грудня 2018 р., науково-практичному семінарі «моніторинг еколого-небезпечних явищ та процесів», 9 квітня 2019, ДЕА; Міжнародній науково-практичній конференції «Застосування космічних та геоінформаційних систем в інтересах національної безпеки та оборони, Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, м. Київ, 10 квітня 2019 року; 3 Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми інформатизації», Державний університет телекомунікацій МОН України, 11-12 квітня 2019 р.; II Міжнародній науково-практичній конференції «Інтелектуальна власність і право на шляху до сталого розвитку України», м. Київ, Національний університет «Одеська юридична академія» Київський інститут інтелектуальної власності та права, 19 квітня 2019 р.; науково-технічної конференції «Інноваційні аерокосмічні технології в екологічному моніторингу» м. Київ, ДЕА, 24-25 квітня 2019 р.; XI Міжнародній науково-практичній конференції «Авіаційна та екстремальна психологія у контексті технологічних досягнень», Національний авіаційний університет (факультет лінгвістики та соціальних комунікацій, кафедра авіаційної психології), м. Київ, 23-24 квітня 2019 р.; а також на постійно діючому науковому семінарі Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління за період 2015-2019рр.

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 31 наукову працю, з них 12 статті у фахових виданнях згідно з переліком ДАК України; 2 статті у наукових виданнях представлених в наукометричних базах даних (Index Copernicus International (Польща), ERIH PLUS (European Reference Index for the Humanities and the Social Sciences), Ulrich'sweb американського видавництва Bowker, Google Scholar); і 18 праць апробаційного характеру – у збірниках науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Обсяг дисертації становить 148 сторінок, у тому числі 46 рисунків, та 15 таблиць. Список літературних джерел містить 147 посилань. Додатки на 82 стор.

В **додатках** представлено список публікацій здобувача за темою дисертації, відомості про апробацію матеріалів дисертації; акти впровадження, методи і апаратура для дистанційного зондування природного середовища; класифікація аварій техногенного характеру з урахуванням масштабу заподіяних чи очікуваних економічних збитків; автоматизована інформаційна система моніторингу з використанням ДПЛА; дистанційно-пілотовані апарати екологічного моніторингу, методика розробки плану екологічного моніторингу, методика оцінки ефективності виявлення екологічної небезпеки та зменшення екологічних загроз.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** висвітлено актуальність обраної теми, поставлено наукове завдання, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами й темами наукових досліджень. Визначено об'єкт і предмет дослідження, сформульовано мету і поставлено часткові наукові завдання та визначено методи їх розв'язання. Сформульовано наукову новизну, практичну значущість отриманих результатів та наведено відомості про публікації й апробації результатів дослідження.

Перший розділ присвячений аналізу сучасного стану системи управління екологічною безпекою при поводженні з небезпечними речовинами, аналізу сучасних систем спостереження за станом територій з поводженням небезпечних речовин. Особливу увагу приділено аналізу особливостей використання методів оцінювання за станом територій з поводженням небезпечних речовин в системі екологічного моніторингу.

Проведений аналіз сучасних систем спостереження за станом територій з об'єктами критичної інфраструктури засвідчив, що зменшення рівня антропогенного впливу на біосферу можна досягти за рахунок створення та застосування систем управління екологічною безпекою. Обґрунтовано, що модернізація системи природокористування повинна здійснюватися на основі використання системного підходу до синтезу управлінських рішень, що передбачає комплексне застосування систем спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін. Проведений аналіз підходів до комплексної екологічної оцінки територій з урахуванням постійного та аварійного екологічних ризиків дозволив запропонувати класифікацію методів екологічної оцінки можна розділити за двома категоріями: процедурні методи і аналітичні методи. Аналіз існуючих підходів дозволив виявити й узагальнити основні параметри комплексної екологічної оцінки території, розділи або складові оцінки, елементи оцінки з окремих розділів, показники і результати оцінки. При цьому комплексна екологічна оцінка включає: ландшафтну диференціацію території і аналіз стійкості ландшафтів до антропогенного впливу, визначення антропогенного навантаження, оцінку забруднення навколишнього середовища, визначення ступеня гостроти екологічної ситуації. Проведена оцінка можливості безпілотних літальних апаратів свідчить, що безпілотні літальні апарати доцільне використовувати як для екологічного моніторингу так й для запобігання надзвичайним ситуаціям природного і терористичного характеру, викликаних техногенними аваріями та катастрофами, пожежами в радіоактивно-забруднених лісових масивах, шляхом їх своєчасного виявлення та прийняття запобіжних заходів.

Аналітичний огляд літератури визначив, що відповідно до спектральної щільності енергетичної яскравості характеристик об'єкту можливо визначити спектральні діапазони для проведення екологічного моніторингу за допомогою використання оптико-електронних систем спостереження в космічних системах ДЗЗ. Встановлена відповідність завдань щодо проведення екологічного

моніторингу до вибору спектральних ділянок каналів оптико-електронними системами спостереження.

Другий розділ присвячений розробці моделей використання аерокосмічних технологій для екологічного моніторингу за станом поводження з небезпечними речовинами.

Запропоновано науково-практичні рекомендації щодо використання мобільного системи аерокосмічної екологічного моніторингу у зоні відчуження, яка передбачає комплексне застосування космічних об'єктів, наземних рухомих та стаціонарних. 2. Удосконалена методика використання космічних технологій спостереження Землі для дослідження стану навколишнього середовища. Запропонована процедура тематичного дешифрування і створення цифрових карт місцевості з використанням комічних знімків 2017 р. (зі супутників Landsat 5,7). Технологічно процес дешифрування можна розділити на два основних етапи: машинна класифікація; камерне візуальне дешифрування. Машинна класифікація дозволяє автоматизувати процес дешифрування. Метою класифікації є отримання тематичної інформації з знімка. Пропонується застосовувати два шляхи класифікації: з неконтрольованим навчанням; з контрольованим навчанням.

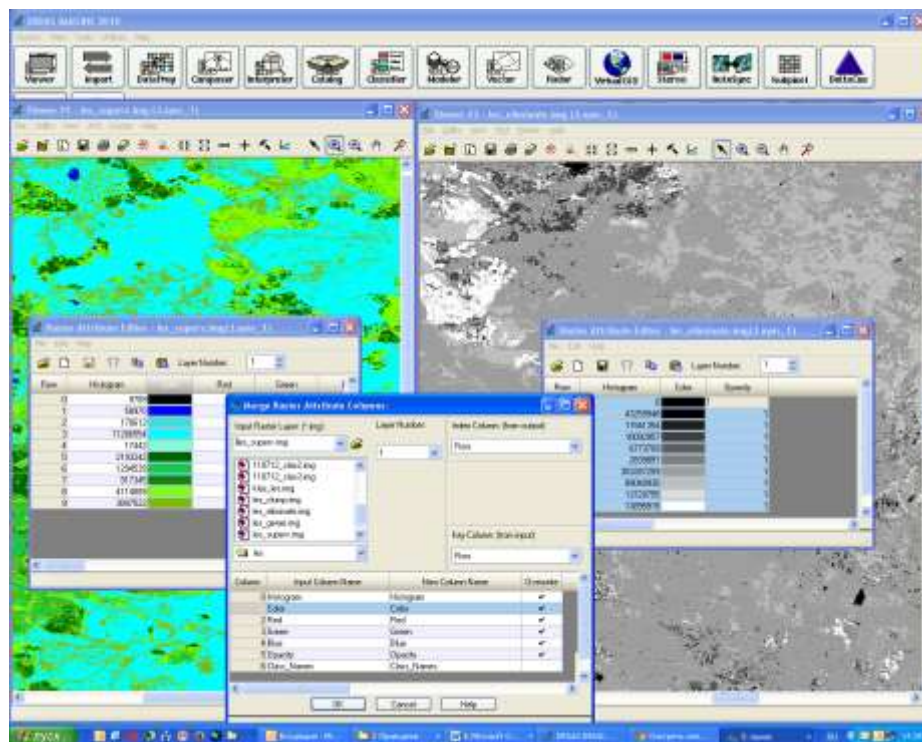


Рис. 1 - Процес встановлення зв'язків між еталонним і космічним зображеннями

Надані та обґрунтовані рекомендації з обліку ергатичних процесів при управлінні польотом групи дистанційно пілотованих літальних апаратів екологічного моніторингу у Зоні відчуження. Запропоновано підхід щодо врахування турбулентності атмосферних потоків в системах управління групами безпілотних літаків екологічного моніторингу. Це дозволить досягти необхідної ефективності організації управління екологічною безпекою при

поводженні з небезпечними речовинами шляхом групового застосування дистанційно пілотованих літальних апаратів.

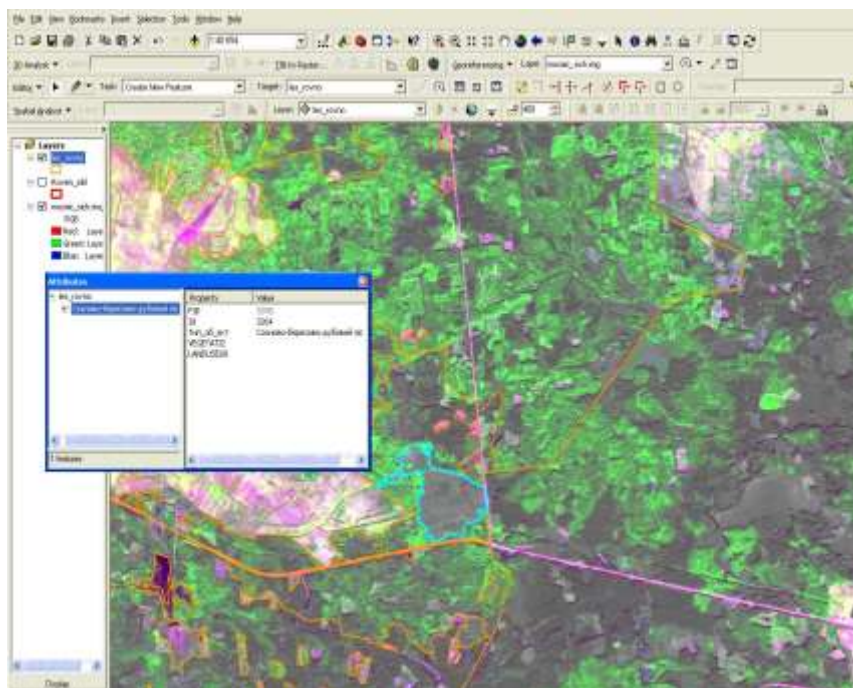


Рис. 2 - Присвоєння значень в атрибутивній таблиці.

Запропонована методика розрахунку радіозв'язку з безпілотними літальними апаратами при екологічному моніторингу. На комплексах БПЛА із злітною масою більше 5 кг доцільним є використання окремих радіоліній зв'язку для передачі командно-телеметричних даних і даних корисного навантаження. При цьому на перший план виходять питання електромагнітної сумісності приймально-передавального обладнання, частотного поділу каналів зв'язку і розміщення антенно-фідерного обладнання на борту ДПЛА. Для систем зв'язку малих ДПЛА вирішальними факторами при виборі частотного діапазону є маса і габарити бортового приймача і антенно-фідерного пристрою. Доцільним є вибір діапазону надвисоких частот, при цьому вдається створити антену малих розмірів, здатну розміститися в профілі крила. Щільна компоновка обладнання всередині малого БПЛА не дозволяє ефективно використовувати приймачі великої потужності з укороченими антенами ультракороткохвильової діапазону внаслідок проблем з електромагнітною сумісністю і великим впливом навколишніх об'єктів на характеристики антени. Одним з відповідних частотних діапазонів є діапазон 2,4 ГГц.

Пропонується застосування групового польоту ДПЛА екологічного моніторингу для чого обґрунтована мережева система зв'язку з кодовим поділом, що дозволяють передавати дані як між ДПЛА і наземним комплексом управління, так і транзитом через всі доступні ДПЛА. Для забезпечення стійкого зв'язку з віддаленими ДПЛА запропоновано використовувати малі ДПЛА як ретрансляторів сигналу.

У **третьому розділі** удосконалено науково-методичний апарат для синтезу системи управління екологічною безпекою при поводженні з небезпечними речовинами з використанням моніторингової інформації дистанційно пілотованих літальних апаратів.

Запропоновано методику статистичного оцінювання надзвичайних екологічних ситуацій техногенного характеру при поводженні з небезпечними речовинами. Надано математична формалізація понять «екологічний ризик» та «екологічна загроза». Запропонована методика оцінки екологічного ризику техногенне небезпечних об'єктів, яка передбачає ідентифікацію факторів ризику, розробку рекомендацій щодо оцінки ризику та врахування особливості управління ризиком. Запропонована методика оцінки екологічного ризику при поводженні з небезпечними речовинами, яка передбачає виконання трьох етапів: ідентифікація факторів ризику, оцінка ризику, управління ризиком. Визначено, що а основі стратегії управління екологічною безпекою має бути концепція ненульового ризику, вона визнає факт недосяжності абсолютної безпеки.

Для обробки результатів моніторингу від ДПЛА розглянуто два методи - метод «Дельфі» и метод сценаріїв, застосовуваний насамперед для експертного прогнозування. При обробці результатів моніторингу, отриманих за допомогою ДПЛА для здійснення управління екологічною безпекою пропонується виконати наступні етапи експертного дослідження: ідентифікація факторів ризику, оцінка ризику при поводженні з небезпечними речовинами, управління ризиком при поводженні з небезпечними речовинами.

Стратегії управління екологічною безпекою повинні застосовувати концепцію ненульового ризику: запобігання причинам виникнення катастроф аж до відмови від продукції небезпечних виробництв, закриття аварійних об'єктів і т. ін.; запобігання виникненню надзвичайних ситуацій у випадку, коли неможливо відвернути причини катастроф (будівництво захисних споруд, дамб, створення підземної економіки, завчасна евакуація населення тощо); пом'якшення наслідків катастроф, впровадження стабілізаційних і компенсаційних заходів. Концепція ненульового ризику вимагає не тільки вивчення факторів і джерел підвищеного ризику, а й передбачення ходу подій, оцінку наслідків природних і технологічних катастроф, постійного моніторингу техногенно небезпечних об'єктів в тому числі з використанням аерокосмічних систем та безпілотних літальних апаратів.

Для обробці результатів моніторингу, отриманих за допомогою ДПЛА для здійснення управління екологічною безпекою запропоновано методику експертного оцінювання характеристик аварійного ризику при поводження з небезпечними речовинами з використанням моніторингової інформації ДПЛА передбачає знаходження підсумкової оцінки комісії експертів та використання бінарних відносин і відстань Кемені, порівняння ранжировок за методом середніх арифметичних і методу медіан (рис.3).

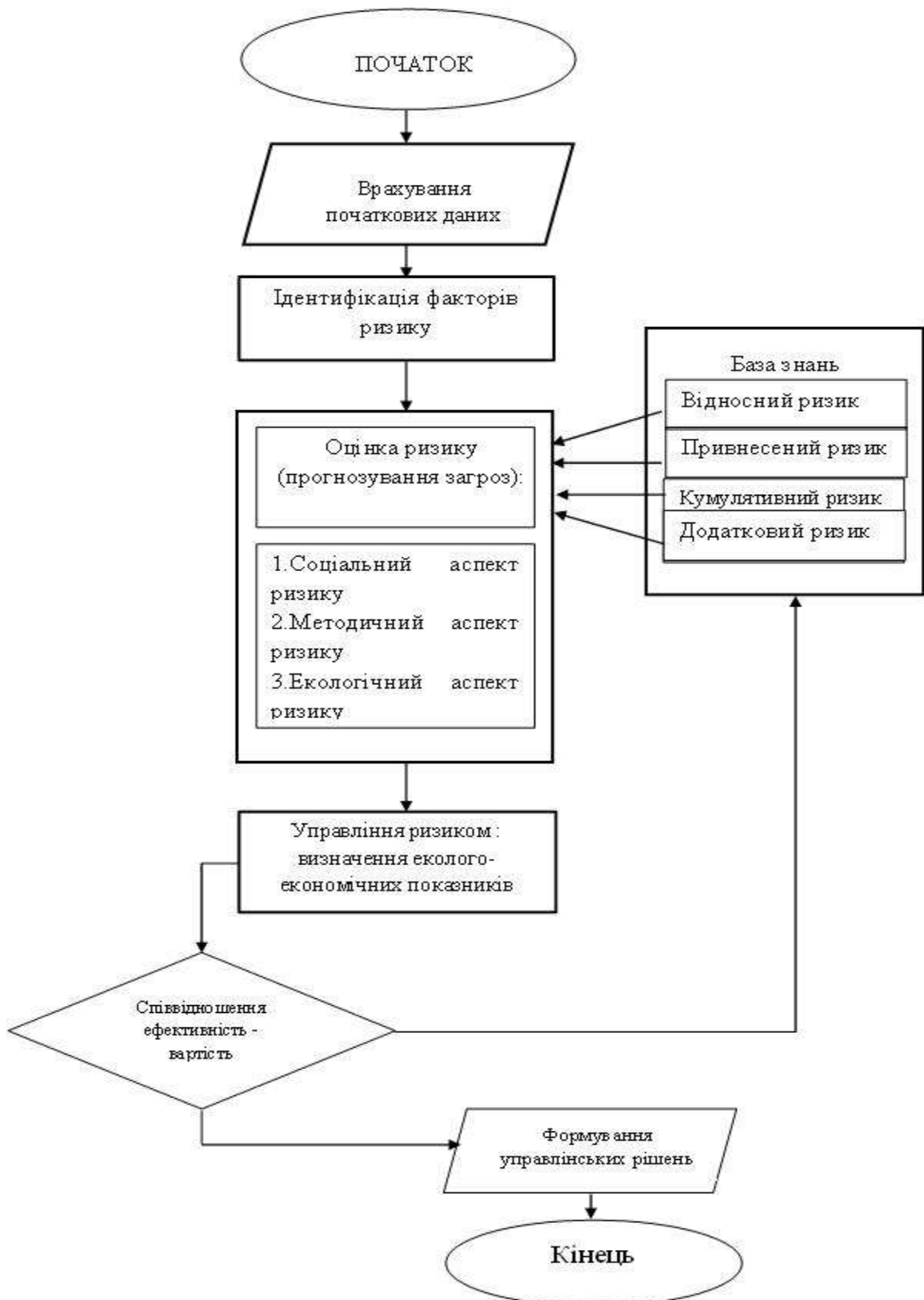


Рис.3 – Методика оцінки екологічного ризику при поводженні з небезпечними речовинами

Запропоновано автоматизоване робоче місце експерта екологічного моніторингу призначене для підготовки і проведення експертизи району спостереження. За допомогою АРМ можна автоматизувати процес підбору

експертів, роботу комісії експертів і аналіз експертних думок, а також підготовку опитувальних листів, бланків і всієї звітної документації. Запропоновано здійснювати синтез управлінського інформаційного рішення в системі управління екологічною безпекою за допомогою методів математичної обробки експертних оцінок. Цей підхід передбачає перевірку узгодженості думок експертів і усереднення думок експертів всередині узгодженої групи з застосуванням точкового та інтервального оцінювання медіани, точкового та інтервального оцінювання дисперсії, точкового та інтервального оцінювання середнього квадратичного відхилення, точкового та інтервального оцінювання коефіцієнта варіації.

В таблиці 1 представлено дані про значення шкоди (млн. \$) при 50 аваріях на техногенно небезпечних об'єктах.

Таблиця 1.

Ранг	Екологічна шкода	Ранг	Екологічна шкода	Ранг	Екологічна шкода
1	9	18	47,5	35	63
2	17,5	19	48	36	64,5
3	21	20	50	37	65
4	26,5	21	51	38	67,5
5	27,5	22	53,5	39	68,5
6	31	23	55	40	70
7	32,5	24	56	41	72,5
8	34	25	56	42	77,5
9	36	26	56,5	43	81
10	36,5	27	57,5	44	82,5
11	39	28	58	45	90
12	40	29	59	46	96
13	41	30	59	47	101,5
14	42,5	31	60	48	117,5
15	43	32	61	49	127,5
16	45	33	61,5	50	130
17	46	34	62		

Четвертий розділ присвячений прогнозуванню надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з застосуванням безпілотних літальних апаратів.

Особливу увагу приділено побудові системи екологічного моніторингу для спостереження територій з небезпечними речовинами за допомогою безпілотних літальних апаратів та екологічному оцінюванню загроз та ризиків за станом територій спостереження (рис.4).

Запропонована методика прогнозування надзвичайних ситуацій, викликаних техногенними аваріями та катастрофами з використанням безпілотних літальних апаратів, яка передбачає послідовне виконання певних процедур: визначення району моніторингу, організація моніторингової системи

безпілотних літальних апаратів, розрахунок очікуваних відстаней виявлення бортових пошукових систем, визначення загального часу моніторингу і його дискретизація, організація моніторингу джерела небезпечної екологічної ситуації (плановий та оперативний моніторинг).

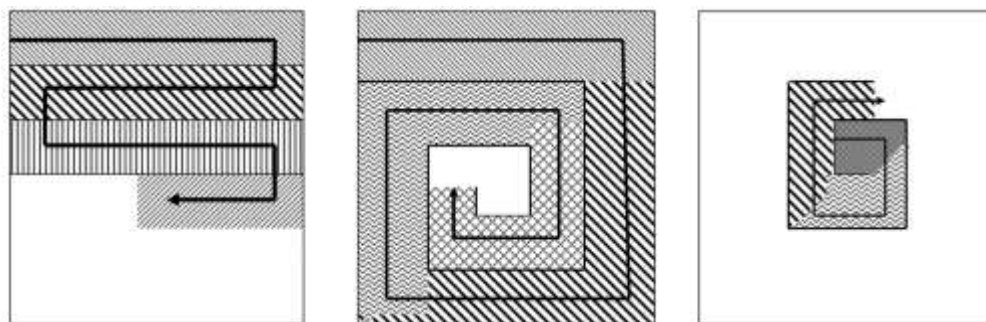


Рис. 4 - Схема послідовного обстеження району при плановому огляді: паралельними гаслами; за збіжною спіраллю; за розбіжною спіраллю

Для оцінки ефективності виявлення екологічної небезпеки зменшення екологічних загроз запропоновано порядок розрахунку ймовірності виявлення екологічної небезпеки. Обґрунтовано, що оцінка ефективності виявлення екологічної небезпеки зменшення екологічних загроз доцільне здійснювати по наступним напрямкам: аналіз біотичних наслідків екологічної аварії (катастрофи); оцінка рівня техногенних та антропогенних чинників впливу на біоту; оцінка біологічних наслідків екологічної надзвичайної ситуації; оцінка стану рослинного світу; оцінка стану тваринного світу; оцінка стану здоров'я людей; оцінка стану забруднення атмосферного повітря; оцінка стану поверхневих вод; оцінка рівня екологічної безпеки техногенне небезпечних об'єктів; оцінка поводження з небезпечними речовинами; визначення перспективи забезпечення екологічної безпеки у зони відчуження; оцінка сучасного стану техногенних радіонуклідів у Зоні відчуження з використанням теорії екологічних ризиків.

Запропонована технологія побудови інформаційно-аналітичної системи оцінювання ризиків життєдіяльності та екологічної і природно-техногенної безпеки. Підвищення ефективності заходів із запобігання і мінімізації негативних наслідків техногенних надзвичайних ситуацій вимагає завчасного виявлення та комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності на територіях підвищеної техногенно-екологічної небезпеки. Запропонована технологія передбачає використання наступних процедур з застосуванням сучасних ГІС-технологій: оцінювання потенційно небезпечних об'єктів і територій за ступенем природних і техногенних загроз для населення і об'єктів господарювання; аналіз ефективності організаційних і технічних заходів щодо зниження ризиків життєдіяльності в умовах можливих і реальних надзвичайних ситуацій; адекватне визначення обсягів матеріальних і фінансових ресурсів та необхідних резервів для локалізації і ліквідації негативних наслідків відповідних надзвичайних ситуацій; обґрунтування страхових тарифів для

страхування від надзвичайних ситуацій виробничого персоналу, окремих груп населення, територіальної інфраструктури та ін. Рис.5.

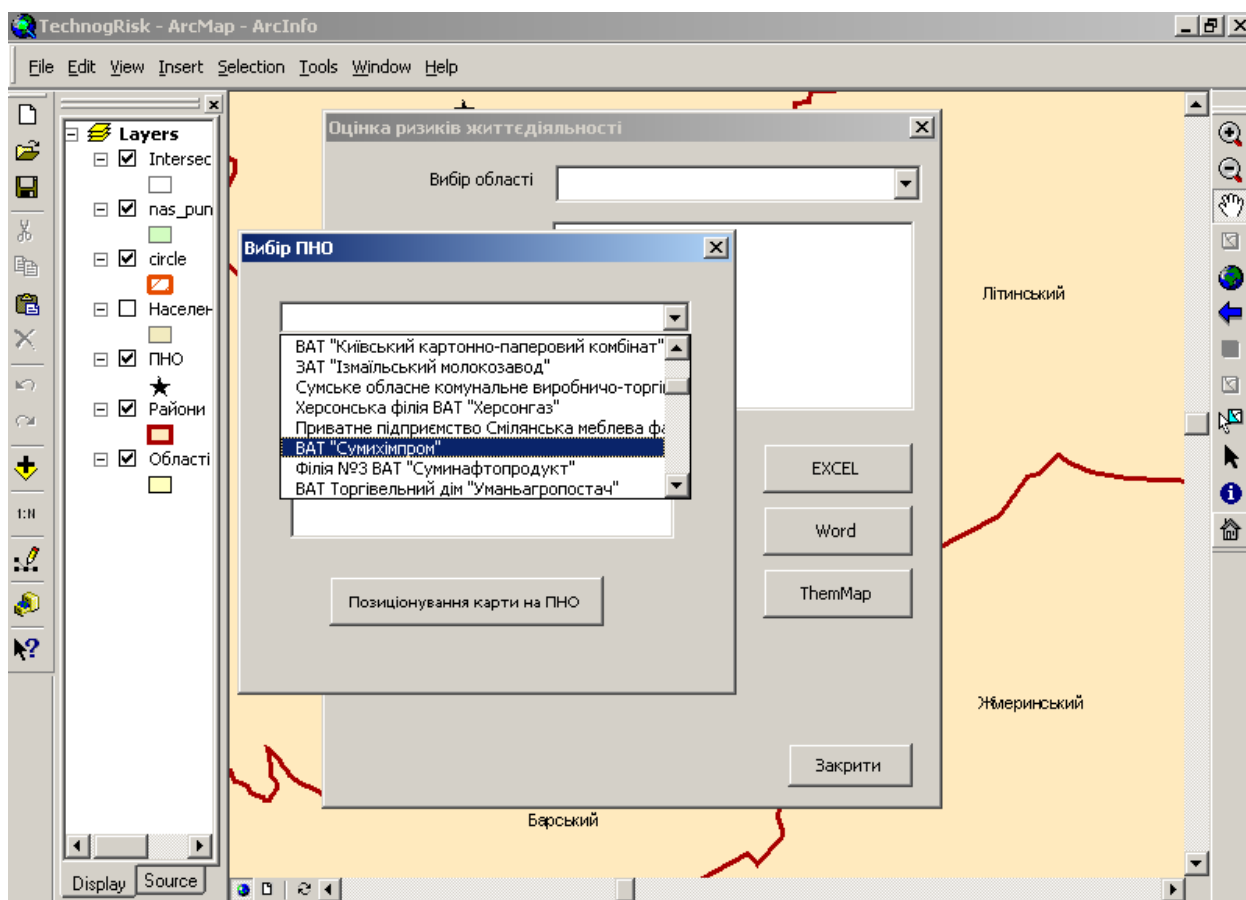


Рис. 5 – Діалогові вікна програмного модуля оцінки ризиків в умовах можливих аварій на техногенне небезпечному об'єкті

Використання ГІС-технологій передбачає оперування з упорядкованими інформаційними масивами, які формуються у вигляді баз даних (картографічних, нормативних, текстуальних та інших). Запропоновані засоби ведення цих баз забезпечують, у порівнянні з традиційними, більшу надійність збереження, високу точність і достовірність вхідних і вихідних даних.

Інформаційно-аналітична система оцінювання ризиків в загальній системі управління екологічною безпекою призначена для аналізу передумов, динаміки розвитку та комплексного оцінювання ризиків виникнення природно-техногенних надзвичайних ситуацій з метою забезпечення підсистем та функціональних елементів системи управління екологічною безпекою інформацією для процесу підготовки, прийняття та контролю виконання рішень, пов'язаних з попередженням надзвичайних ситуацій. Цю систему створено як складову частину сукупності програмно – технічних засобів і картографічних баз даних, які забезпечують комплексне оцінювання техногенних і природних ризиків життєдіяльності засобами просторового моделювання для оцінки обсягів втрат і витрат матеріальних, технічних, людських та фінансових ресурсів в умовах надзвичайних ситуацій з викидом токсичних речовин, можливих на території України.

Розробка автоматизованих засобів комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності в умовах можливих НС з викидом токсичних речовин базується на програмній реалізації адаптованого алгоритму розрахунку техногенних ризиків. На цій основі запропоновано інтерфейс програмного модуля для проведення автоматизованих розрахунків ризиків життєдіяльності і формування результатів оцінки (у вигляді документів у форматі MS Word та MS Excel), а також передачі необхідної інформації до інших підсистем, у вигляді проблемно-орієнтованого проекту ArcMap з використанням мови програмування Visual Basic для стандартів ArcGIS 8.3. В процесі функціонування програми засобами просторового аналізу та ГІС моделювання розраховано ризики життєдіяльності в умовах можливих аварій на хімічно – небезпечних об'єктах.

Оцінка достовірності та інформаційних можливостей систем екологічного моніторингу з застосуванням ДПЛА для визначення зон екологічного ризику на основі використання мобільних комплексів оцінки екологічного стану регіону із використанням геоінформаційних та аерокосмічних технологій здійснювалася шляхом порівняння розрахункових даних з результатами ретроспективних екологічних спостережень та визначення помилок першого та другого роду. Проведені розрахунки дозволили визначити імовірності помилок першого та другого роду на рівні 0,1% та 0,0025% відповідно.

ВИСНОВКИ

У результаті проведених у дисертаційній роботі досліджень вирішене актуальне наукове завдання, - удосконаленні системи управління екологічною безпекою при поводженні з небезпечними речовинами шляхом застосування запропонованої методики прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та ризиків з застосуванням безпілотних літальних апаратів екологічного моніторингу.

Зокрема отримано нові наукові та практичні результати.

1. Обґрунтовано, що модернізація системи природокористування повинна здійснюватися на основі використання системного підходу до синтезу управлінських рішень, що передбачає комплексне застосування систем спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін. Для управління екологічною безпекою при поводженні з небезпечними речовинами запропонована технологія комплексного застосування результатів спостереження, отриманих від космічних засобів та дистанційно пілотованих літальних апаратів. При цьому комплексна екологічна оцінка включає: ландшафтну диференціацію території і аналіз стійкості ландшафтів до антропогенного впливу, визначення антропогенного навантаження, оцінку забруднення навколишнього середовища, визначення ступеня гостроти екологічної ситуації.

2. Проведена оцінка можливості безпілотних літальних апаратів свідчить, що ДПЛА доцільне використовувати як для екологічного моніторингу так й для запобігання надзвичайним ситуаціям природного і терористичного характеру,

викликаних техногенними аваріями та катастрофами, пожежами в радіоактивно-забруднених лісових масивах, шляхом їх своєчасного виявлення та прийняття запобіжних заходів.

3. Для проведення екологічного моніторингу за допомогою використання оптико-електронних систем спостереження в системах спостереження відповідно до спектральної щільності енергетичної яскравості характеристик об'єкту визначено спектральні діапазони та встановлена відповідність завдань щодо проведення екологічного моніторингу до вибору спектральних ділянок каналів оптико-електронними системами спостереження.

4. Запропонована процедура тематичного дешифрування і створення цифрових карт місцевості з використанням комічних знімків для дослідження стану навколишнього середовища. (зі супутників Landsat 5,7). Технологічно процес дешифрування можна розділити на два основних етапи: машинна класифікація; камерне візуальне дешифрування. Машинна класифікація дозволяє автоматизувати процес дешифрування. Метою класифікації є отримання тематичної інформації з знімка. Пропонується застосовувати два шляхи класифікації: з неконтрольованим навчанням; з контрольованим навчанням.

5. Для досягнення необхідної ефективності організації управління екологічною безпекою при поводженні з небезпечними речовинами шляхом групового застосування дистанційно пілотованих літальних апаратів надані та обґрунтовані: рекомендації з обліку ергатичних процесів при управлінні польотом групи дистанційно пілотованих літальних апаратів екологічного моніторингу; запропоновано підхід щодо врахування турбулентності атмосферних потоків в системах управління групами безпілотних літаків екологічного моніторингу; запропонована методика розрахунку радіозв'язку з безпілотними літальними апаратами при екологічному моніторингу.

6. При обробці результатів моніторингу, отриманих за допомогою ДПЛА для здійснення управління екологічною безпекою пропонується виконати наступні етапи експертного дослідження: ідентифікація факторів ризику, оцінка ризику при поводженні з небезпечними речовинами, управління ризиком при поводженні з небезпечними речовинами. Для обробки результатів моніторингу від ДПЛА розглянуто два методи - метод «Дельфі» и метод сценаріїв, застосовуваний насамперед для експертного прогнозування. Запропоновано методику статистичного оцінювання надзвичайних екологічних ситуацій техногенного характеру при поводженні з небезпечними речовинами та методика оцінки екологічного ризику при поводженні з небезпечними речовинами, яка передбачає виконання трьох етапів: ідентифікація факторів ризику, оцінка ризику, управління ризиком. Обґрунтовано, що в основі стратегії управління екологічною безпекою має бути концепція ненульового ризику, вона визнає факт недосяжності абсолютної безпеки.

7. Методика експертного оцінювання характеристик аварійного ризику при поводженні з небезпечними речовинами з використанням моніторингової інформації ДПЛА передбачає знаходження підсумкової оцінки комісії

експертів та використання бінарних відносин і відстань Кемені, порівняння ранжировок за методом середніх арифметичних і методу медіан.

8. Запропоновано автоматизоване робоче місце експерта екологічного моніторингу призначене для підготовки і проведення експертизи району спостереження. За допомогою АРМ можна автоматизувати процес підбору експертів, роботу комісії експертів і аналіз експертних думок, а також підготовку опитувальних листів, бланків і всієї звітної документації, а також здійснювати синтез управлінського інформаційного рішення в системі управління екологічною безпекою за допомогою методів математичної обробки експертних оцінок. Цей підхід передбачає перевірку узгодженості думок експертів і усереднення думок експертів всередині узгодженої групи з застосуванням точкового та інтервального оцінювання медіани, точкового та інтервального оцінювання дисперсії, точкового та інтервального оцінювання середнього квадратичного відхилення, точкового та інтервального оцінювання коефіцієнта варіації.

9. Запропонована методика прогнозування надзвичайних ситуацій, викликаних техногенними аваріями та катастрофами з використанням безпілотних літальних апаратів передбачає послідовне виконання певних процедур: визначення району моніторингу, організація моніторингової системи безпілотних літальних апаратів, розрахунок очікуваних відстаней виявлення бортових пошукових систем, визначення загального часу моніторингу і його дискретизація, організація моніторингу джерела небезпечної екологічної ситуації (плановий та оперативний моніторинг).

10. Для оцінки ефективності виявлення екологічної небезпеки зменшення екологічних загроз запропоновано порядок розрахунку ймовірності виявлення екологічної небезпеки. Обґрунтовано, що оцінка ефективності виявлення екологічної небезпеки зменшення екологічних загроз доцільне здійснювати по наступним напрямом: аналіз біотичних наслідків чорнобильської катастрофи; оцінка рівня опромінення та антропогенних чинників впливу на біоту; оцінка біологічних наслідків Чорнобильської катастрофи; оцінка стану рослинного світу; оцінка стану тваринного світу; оцінка стану здоров'я людей; оцінка стану радіаційного забруднення атмосферного повітря; оцінка радіаційного стану поверхневих вод; оцінка рівня екологічної безпеки об'єктів атомної енергетики; оцінка поводження з радіоактивними відходами; визначення перспективи забезпечення екологічної безпеки у зони відчуження; оцінка сучасного стану техногенних радіонуклідів у районах спостереження з використанням теорії екологічних ризиків.

11. Запропонована технологія побудови інформаційно-аналітичної системи оцінювання ризиків життєдіяльності та екологічної і природно-техногенної безпеки. Підвищення ефективності заходів із запобігання і мінімізації негативних наслідків техногенних надзвичайних ситуацій вимагає завчасного виявлення та комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності на територіях підвищеної техногенно-екологічної небезпеки. Запропонована технологія управління екологічною безпекою передбачає використання наступних процедур з застосуванням сучасних ГІС-технологій: оцінювання потенційно

небезпечних об'єктів і територій за ступенем природних і техногенних загроз для населення і об'єктів господарювання. Використання ГІС-технологій передбачає оперування з упорядкованими інформаційними масивами, які формуються у вигляді баз даних (картографічних, нормативних, текстуальних та інших). Запропоновані засоби ведення цих баз забезпечують, у порівнянні з традиційними, більшу надійність збереження, високу точність і достовірність вхідних і вихідних даних.

12. Інформаційно-аналітична система оцінювання ризиків в загальній системі управління екологічною безпекою призначена для аналізу передумов, динаміки розвитку та комплексного оцінювання ризиків виникнення природно-техногенних надзвичайних ситуацій з метою забезпечення підсистем та функціональних елементів системи управління екологічною безпекою інформацією для процесу підготовки, прийняття та контролю виконання рішень, пов'язаних з попередженням надзвичайних ситуацій. Цю систему створено як складову частину сукупності програмно – технічних засобів і картографічних баз даних, які забезпечують комплексне оцінювання техногенних і природних ризиків життєдіяльності засобами просторового моделювання для оцінки обсягів втрат і витрат матеріальних, технічних, людських та фінансових ресурсів в умовах надзвичайних ситуацій з викидом токсичних речовин, можливих на території України.

13. Розробка автоматизованих засобів комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності в умовах можливих надзвичайних ситуацій з викидом токсичних речовин базується на програмній реалізації адаптованого алгоритму розрахунку техногенних ризиків. На цій основі запропоновано інтерфейс програмного модуля для проведення автоматизованих розрахунків ризиків життєдіяльності і формування результатів оцінки (у вигляді документів у форматі MS Word та MS Excel), а також передачі необхідної інформації до інших підсистем, у вигляді проблемно-орієнтованого проекту ArcMap з використанням мови програмування Visual Basic для стандартів ArcGIS 8.3. В процесі функціонування програми засобами просторового аналізу та ГІС моделювання розраховано ризики життєдіяльності в умовах можливих аварій на хімічно – небезпечних об'єктах.

14. Достовірність наукових і практичних результатів підтверджена їх відповідністю методології дослідження поставленої проблеми; повнотою розгляду на теоретичному і експериментальному рівнях об'єкту дослідження, що охоплюють його змістовні і процесуальні характеристики; застосуванням комплексу методів, адекватних предмету дослідження; тривалістю практичної роботи. Оцінка достовірності та інформаційних можливостей систем екологічного моніторингу з застосуванням ДПЛА для визначення зон екологічного ризику на основі використання мобільних комплексів оцінки екологічного стану регіону із використанням геоінформаційних та аерокосмічних технологій здійснювалася шляхом порівняння розрахункових даних з результатами ретроспективних (проведених раніше) екологічних спостережень та визначення помилок першого та другого роду. Проведені

розрахунки дозволили визначити імовірності помилок першого та другого роду на рівні 0,1% та 0,0025% відповідно.

Результати дисертаційних досліджень можуть бути застосовані в системах екологічного моніторингу об'єктів критичної інфраструктури, техногенно небезпечних об'єктів, при виникненні нештатних, аварійних ситуацій з використанням моніторингової інформації з застосуванням аерокосмічних технологій.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях

1. Машков О.А., Мамчур Ю.В., **Жукаускас С.В.** Напрями удосконалення системи екологічного моніторингу з застосуванням дистанційно-пілотованих літальних апаратів / Екологічні науки: науково-практичний журнал. - К.: ДЕА, 2018. - №2(21). - с.22-29.

2. Машков О.А., Мамчур Ю.В., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А. Технологія синтезу системи керування дистанційно пілотованого літального апарата з заданими динамічними властивостями / Стандартизація, сертифікація, якість. – К.: Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2019. – № 1 (113). –с. 54-66.

3. Bondar A.I., Mashkov O.A., **Zhukauskas S.V.**, Nygorodova S.A. Methodology of counteraction to environmental threats, risks and environmental terrorism: a system approach Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 1(24). Т.1, pp. 5-17.

4. Машков О.А., Триснюк В.М., Мамчур Ю.В., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А., Курило А.В. Новий підхід до синтезу відновлюючого керування для дистанційно пілотованих літальних апаратів екологічного моніторингу / Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-техн. журнал / Івано- Франківський національний технічний університет нафти і газу (ІФНТУНГ) – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, №1(19), - 2019, с.69-78.

5. Машков О.А., Триснюк В.М., Мамчур Ю.В., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А., Триснюк Т.В., Кащишин О.В. Технологія синтезу алгоритму керування для забезпечення стабілізації дистанційно пілотованого літального апарату для оперативно-програмованої траєкторії / Математичне моделювання в економіці: міжнародний науковий журнал / Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, №1(14), січень-березень 2019, с.33-47.

6. Машков О.А., Фролов В.Ф., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А. Системне застосування методів дистанційного моніторингу екологічного та технічного стану водних технооекосистем / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 2(25), 2019, с. 28-39.

7. Bondar A.I, Mashkov O.A., **Zhukauskas S.V.**, Nygorodova S.A. Ecological threats, risks and environmental terrorism: system definition / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 2(25), 2019, pp. 113-122.

8. Mashkov O., **Zhukauskas S.**, Nigorodova S., Kosenko V. Innovative approaches of using the methods for remote sensing of the earth for monitoring the ecological-technical condition of water ecosystems / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 3(26), 2019, pp. 115-125.

9. Машков О.А., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А., Міхеєв В.С. Розвиток теорії функціональної стійкості екологічних систем, як стійкості функціонала екологічної безпеки / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 4(27), 2019, pp. 62-77.

10. Машков О.А., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А. Прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використанням аерокосмічних технологій / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 4(27), 2019, с. 201-206.

11. Машков О.А., Мамчур Ю.В., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А. Застосування концепцій зворотних задач динаміки в мобільних комплексах екологічного моніторингу для стабілізації руху при виникненні нештатних ситуацій / Системи управління, навігації та зв'язку, №5 (57), 2019, с.95-102.

12. Mashkov O.A., Mikheev V.S., Nigorodova S.A., **Zhukauskas S.V.** System support of ecological security of the ecosystem by creating a system of tips for making informational ecological decisions / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К., ДЕА, 2020.-№ 2(29), 2020, с. 133-142.

13. Бондар О.І., Машков О.А., Міхеєв В.С., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А. Технологія побудови автоматизованої системи екологічного моніторингу з використанням дистанційно пілотованих літальних апаратів / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2020.-№ 4(31), 2020, с. 11-19.

Статті у наукових виданнях представлених в наукометричних базах даних:
(Index Copernicus International (Польща); ERIH PLUS (European Reference Index for the Humanities and the Social Sciences); Ulrich'sweb американського видавництва Bowker; Google Scholar)

14. Машков О.А., Мамчур Ю.В., **Жукаускас С.В.** Методологія протидії екологічним загрозам, ризикам та екологічному тероризму: системний підхід / НАУКОВИЙ ЧАСОПИС Академії національної безпеки, №3-4 (19-20) 2018, с. 8-31.

15. Машков О.А., Мамчур Ю.В., **Жукаускас С.В.** Загрози у сфері екологічної безпеки та їх вплив на стан національної безпеки / Науковий журнал: НАУКОВИЙ ЧАСОПИС Академії національної безпеки, №2 (18) 2018, с. 8-28.

16. Машков О.А. Екологічні загрози, ризики та екологічний тероризм: системне визначення / Машков О.А., Мамчур Ю.В., **Жукаускас С.В.** / Науковий журнал: НАУКОВИЙ ЧАСОПИС Академії національної безпеки, №3-4 (23-24), 2019, с. 8-28. 98-114.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

17. **Жукаускас С.В.**, Сметанин К.В. Системы мобильного экологического мониторинга обращения с опасными отходами с использованием беспилотных летательных аппаратов / Науково-технічний журнал: Аерокосмічні технології, -

вип. 2(02), 2017 с. 66-76.

18. Машков О.А., Мамчур Ю.В., **Жукаускас С.В.** Сучасні проблеми управління екологічною безпекою з використанням дистанційно пілотованих літальних апаратів / «Проблеми екологічної безпеки» XVI міжнародна науково-технічна конференція: Матеріали конференції — Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2018 с.65.

19. **Жукаускас С.В.** Застосування аерокосмічних технологій для екологічного моніторингу поведінки з небезпечними відходами / Збірка наукових праць: Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції.— Херсон: Вид. ХНТУ, 2018., с. 60-64.

20. **Жукаускас С.В.** Особливості використання безпілотних літальних апаратів для оцінки впливу на довкілля небезпечних відходів / Матеріали науково-технічної конференції “Інноваційні аерокосмічні технології в екологічному моніторингу” м. Київ, ДЕА, 24-25 квітня 2018 р., с. 19.

21. Машков О.А., Мамчур Ю.В., **Жукаускас С.В.** Методологічні аспекти впровадження аерокосмічних технологій в системі екологічного моніторингу навколишнього природного середовища та техногенне небезпечних об’єктів / Тези доповідей II науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи», 4 жовтня 2018, Київ, с. 21.

22. Машков О.А., **Жукаускас С.В.** Актуальні проблеми удосконалення системи управління екологічною безпекою при поведінці з небезпечними речовинами шляхом застосування безпілотних літальних апаратів екологічного моніторингу / Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції “Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи” 14 вересня 2018, - Львів: ЛДУБЖД, 2018, с.63.

23. Машков О.А., Мамчур Ю.В., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А. Технології конструктивного спілкування пілота оператора дистанційно пілотованого літального апарату та системи підтримки прийняття рішень в умовах впливу стрес-факторів екстремальної екологічної ситуації / Авіаційна та екстремальна психологія у контексті технологічних досягнень: збірник наукових праць. – К. ТОВ «Альфа-ПК», 2019, с. 183-189.

24. Машков О.А., Фролов В.Ф., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А., Вишемирська С.В., Радецька С.В. Особливості використання методів дистанційного зондування землі для контролю екологічного та технічного стану водних технооекосистем / Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: матеріали міжнар. наук. конф., с. Залізний Порт, 21-25 травня 2019 р. – Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2019. – с. 105-109.

25. Бондар О.І., Машков О.А., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А. Інноваційний підхід щодо інтеграції освіти, науки та бізнесу в галузі екології: створення Академії наук природокористування України / Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: літні диспути: тези доп. I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 1-2 серпня 2019 р. – Дніпро, 2019, с. 57-68.

26. Машков О.А., Мамчур Ю.В., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А. Напрями удосконалення технічних засобів інструментальних психофізіологічних досліджень для оцінки достовірності інформації / Інтелектуальні власність і право на шляху до сталого розвитку України: Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 19 квітня 2019 року).-К. ФОП Кандиба- с. 286-289.

27. Машков О.А., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А. Технологія використання методів дистанційного зондування Землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем / VII-й всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2019), 25–27 вересня, 2019. Збірник наукових праць. – Вінниця: ВНТУ,2019, с.102.

28. Бондар О.І., Машков О.А., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А. Оцінка можливості використання космічних апаратів для проведення екологічного моніторингу / VII-й всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2019), 25–27 вересня, 2019. Збірник наукових праць. – Вінниця: ВНТУ,2019, с.103.

29 Машков О.А., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А. Перспективні системи екологічного моніторингу довкілля з використанням аерокосмічних технологій та теорії функціональної стійкості екологічних систем / Прикладні системи та технології в інформаційному суспільстві: зб. тез доповідей і наук. повідомл. учасників III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 30 вересня 2019 р.) / за заг. ред. В.Л. Плєскач, В.Л. Міронова. – К.: Київський нац. ун-т імені Тараса Шевченка, 2019, с.111-116.

30. Машков О.А., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А. Особливості використання методів дистанційного зондування Землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем / Тези доповідей III-ї науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи», Київ, ДКАУ, 12 -13 вересня 2019 року, с.71-72.

31. Mashkov O.A., **Zhukauskas S.V.**, Nigorodova S.A. Technology of stabilization of complex technogenic system on operational programmable environmental trajectory in phase space / Тези доповідей III-ї науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи», Київ, ДКАУ, 12 -13 вересня 2019 року, с.11-12.

32. Бондар О.І., Машков О.А., **Жукаускас С.В.** Нігородова С.А. Сучасний рух науки: форми можливих наукових результатів у галузі захисту довкілля / Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – Т.1., с. 183-196.

33. Машков О.А., **Жукаускас С.В.**, Нігородова С.А. Оцінка екологічних ризиків в системі управління екологічною безпекою регіону (на прикладі об'єктів водокористування) / Збірник наукових праць XVII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки», України, Кременчук, 02-04 жовтня 2019, с.143-146.

34. **Жукаускас С.В.** Розвиток наукових основ удосконалення системи управління екологічною безпекою навколишнього середовища з використанням безпілотних літальних апаратів / Матеріали I Міжнародної науково-практичної

конференції — Екологічна безпека об'єктів туристично-рекреаційного комплексу. — Львів : ЛДУБЖД, 2019, с.92-93.

35. Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використання аерокосмічних технологій / Збірник наукових праць VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки», Україна, Кременчук, 06-08 жовтня 2020, с. 73-79.

АНОТАЦІЯ

Жукаускас С.В. Розвиток наукових основ удосконалення системи управління екологічною безпекою при поводженні з небезпечними речовинами шляхом застосування безпілотних літальних апаратів екологічного моніторингу. — На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ, 2020.

У дисертаційній роботі викладено результати досліджень, які спрямовані на розкриття особливостей удосконалення системи управління екологічною безпекою при поводженні з небезпечними речовинами шляхом застосування запропонованої методики прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та ризиків з застосуванням безпілотних літальних апаратів екологічного моніторингу. Запропоновано обґрунтовані рекомендації щодо використання аерокосмічних технологій для екологічного моніторингу за станом поводження з небезпечними речовинами. Сформовані вимоги щодо радіоліній зв'язку з безпілотними літальними апаратами при екологічному моніторингу. Запропонована методика удосконалення системи управління екологічною безпекою при поводженні з небезпечними речовинами. Запропонована технологія статистичного оцінювання надзвичайних екологічних ситуацій техногенного характеру при поводженні з небезпечними речовинами. Здійснено математико-статистичне оцінювання характеристик аварійного ризику при поводження з небезпечними речовинами. Розроблені науково-практичні рекомендації до застосування безпілотних літальних апаратів в системі екологічного моніторингу для спостереження територій з небезпечними речовинами. Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що запропонований науково-методичний апарат дозволяє підвищити достовірність та інформаційні можливості систем екологічного моніторингу для визначення зон екологічного ризику на основі використання мобільних комплексів оцінки екологічного стану регіону із застосуванням геоінформаційних та аерокосмічних технологій.

Ключові слова: атомні електростанції, безпілотний літальний апарат, дистанційно пілотований літальний апарат, екологічний ризик, забруднюючі речовини, надзвичайна екологічна ситуація, наземний комплекс управління, об'єкти критичної інфраструктури, оцінка впливу на навколишнє середовище, техногенно небезпечні об'єкти.

ANNOTACIA

Zhukauskas SV Development of scientific bases for improvement of the environmental safety management system for handling hazardous substances through the use of unmanned aerial vehicles for environmental monitoring. - On the rights of the manuscript.

Thesis for a Candidate of Science Degree in Specialty 21.06.01 - Environmental Security. - State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Kyiv, 2020.

The dissertation presents the results of research aimed at revealing the features of improving the system of environmental safety management in the management of hazardous substances through the application of the proposed method of forecasting emergencies to reduce environmental threats and risks using unmanned aerial vehicles.

According to the results of the dissertation, a topical scientific problem has been solved - improvement of the environmental safety management system for the management of hazardous substances through the application of the proposed method of forecasting emergencies to reduce environmental threats and risks with the use of unmanned aerial vehicles of environmental monitoring. The analysis of the current state of the system of environmental safety management in the management of hazardous substances, modern systems of monitoring the status of territories with the management of dangerous substances. The peculiarities of the use of assessment methods for the status of territories with the management of hazardous substances in the system of environmental monitoring are determined. An analytical review of the means of environmental control has been carried out. It offers sound recommendations for the use of aerospace technologies for environmental monitoring of the state of the handling of hazardous substances. The technology of accounting ergatic processes in flight control of a group of remotely piloted aircraft in the State system of ecological monitoring has been developed. The estimation of the influence of the turbulence of the air environment on the UAV in environmental monitoring has been made. Requirements for radio communication lines with unmanned aerial vehicles during environmental monitoring have been formed. The technique of improvement of the system of ecological safety management in handling of hazardous substances is proposed. The technology of statistical estimation of ecological emergencies of man-made nature in handling of hazardous substances is proposed. Methods of environmental risk assessment for handling hazardous substances have been developed. The analysis of the approaches to the complex ecological assessment of the territories with consideration of the permanent and emergency environmental risks is carried out. Improved environmental risk management system for handling hazardous substances. Mathematical and statistical evaluation of the characteristics of emergency risk in the handling of hazardous substances is carried out. Scientific and practical recommendations for the use of unmanned aerial vehicles in the environmental monitoring system for the observation of areas with dangerous substances have been developed. The scheme-technical solution of the system of ecological monitoring for the observation of territories with dangerous substances by means of unmanned aerial vehicles is offered. An ecological

assessment of threats and risks by the state of the observation territories has been made. Provided and substantiated scientific and practical recommendations for the use of unmanned aerial vehicles for observation of areas with dangerous substances. The practical significance of the obtained results is that the proposed scientific and methodological apparatus allows to increase the reliability and information capabilities of environmental monitoring systems for the determination of environmental risk zones based on the use of mobile complexes of environmental assessment of the region using geoinformation and aerospace technologies.

Keywords: nuclear power plants, unmanned aerial vehicle, remotely piloted aircraft, environmental risk, pollutants, environmental emergencies, terrestrial management, critical infrastructure, environmental impact assessment, man-made facilities.