

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
д-р. техн. наук, проф.
_____ Ларін В.Ю.

«__» _____ 2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«БЕЗПЛОТНІ АВІАЦІЙНІ КОМПЛЕКСИ»

**Тема: «Моніторинг радіаційного забруднення довкілля за допомогою
БПЛА»**

Виконала: _____ **Ляшко В.В.**

Керівник: д-р техн. наук, проф. _____ **Ларін В.Ю.**

Нормоконтролер

_____ **Шмельова Т.Ф.**

Київ, 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій
Кафедра аеронавігаційних систем
Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Ларін В.Ю.
«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
на виконання дипломної роботи
Ляшко Валерії Валеріївни

1. Тема дипломної роботи «*Моніторинг радіаційного забруднення довкілля за допомогою БПЛА*» затверджена наказом ректора від «22» жовтня 2021 р. № 2339/ст.

2. Термін виконання роботи: з 23.10.2021 по 22.12.2021

3. Вихідні дані до роботи: дані організацій EUROCONTROL, ICAO, EASA, УКРАЕРОПУХ.

4. Зміст пояснювальної записки: В умовах постійно зростаючого антропогенного навантаження і зростаючих ризиків техногенних катастроф необхідно модернізувати існуючі системи моніторингу навколишнього середовища, зокрема атмосферного повітря. Для вирішення цього завдання була розроблена система екологічного моніторингу забруднення навколишнього середовища з використанням безпілотних літальних апаратів вертолітного або літакового типів, оснащених навісним обладнанням, керованим з наземного пункту управління.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: графіки результатів даних, таблиці, формули.

6. Календарний план-графік

№	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Підготовка та написання розділу 1 «Аналіз сучасного стану систем моніторингу НПС»	23.10.2021 – 03.11.2021	Виконано
2	Підготовка та написання розділу 2 «Система екологічного моніторингу»	03.11.2021 – 19.11.2021	Виконано
3	Підготовка та написання розділу 3 «Методика застосування БПЛА в екологічному моніторингу довкілля України»	19.11.2021 – 02.12.2021	Виконано
4	Підготовка та написання розділу 4 «Практичне зображення використання БПЛА в моніторингу та впровадження результатів дослідження»	02.12.2021 – 19.12.2021	Виконано
5	Підготовка презентації та доповіді	19.12.2021 – 22.12.2021	Виконано

7. Дата видачі завдання: «23» жовтня 2021 р.

Керівник дипломної роботи _____

(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняла до виконання _____

(підпис студента) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Моніторинг радіаційного забруднення довкілля за допомогою БПЛА» містить 100 сторінок, 9 рисунків, 1 таблицю, 55 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – процес застосування безпілотних літальних апаратів в системі екологічного моніторингу радіаційного забруднення.

Предмет дослідження – екологічний моніторинг навколишнього природного середовища із застосуванням бортового обладнання БПЛА.

Мета роботи – підвищення рівня екологічної безпеки за рахунок удосконалення технологічного процесу, устаткування бортового обладнання безпілотного літального апарату та оцінити актуальність використання БПЛА в моніторингу радіаційного забруднення.

Методи дослідження – системний підхід до розробки складних систем, аналіз сучасних напрямків проведення екологічного моніторингу з використанням дистанційних методів, розробка науково-методичного апарату параметричної зміни властивостей бортових систем БПЛА, імітаційна перевірка розробленого апарату, проведення натурних вимірів, розробка науково-практичних рекомендацій для проведення екологічного моніторингу з використанням БПЛА.

У дипломній роботі аналізується можливість використання технології БПЛА в системі екологічного моніторингу; виділяються особливості використання БПЛА в системі спостережень; виявляються можливості формування процедур БПЛА для екологічного моніторингу та визначаються екологічні проблем для пошуку варіантів їх вирішення за допомогою застосування БПЛА. Досліджується можливість використання БПЛА в екологічному моніторингу і знятті параметрів НПС, що є основою в проведенні робіт екологічного моніторингу.

МОНІТОРИНГ НПС, ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, КОНРОЛЬ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ, БПЛА, РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, МЕТОДИ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ.

АРКУШ ЗАУВАЖЕНЬ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ	
НПС.....	12
1.1. Методи екологічного моніторингу.....	12
1.2. Засоби контролю параметрів	19
1.3. Методи обробки інформації.....	21
Висновки до першого розділу.....	24
РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ.....	25
2.1. Організаційна структура державного екологічного моніторингу в Україні.....	25
2.2. Спостереження за станом НПС та контроль параметрів екологічного моніторингу.....	27
2.3. Об'єкти екологічного моніторингу.....	36
2.4. Оцінювання та прогнозування стану моніторингових територій.....	37
Висновки до другого розділу.....	38
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА В ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ.....	40
3.1. БПЛА як складові методів оцінки стану навколишнього середовища, актуальна парадигма та проблематика застосування.....	40
3.2. Типи БПЛА, їх бортовий склад та використання БАТ в Україні.....	43
3.3. Особливості використання БПЛА в екологічному моніторингу.....	47
3.4. Схема системи керування БПЛА.....	49
Висновки до третього розділу.....	59
РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА В МОНІТОРИНГУ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	60
4.1. Радіоекологічний моніторинг, його основні складові і завдання.....	60
4.2. Комплексний радіоекологічний моніторинг та його складові.....	66
4.3. Методи радіаційного контролю.....	70

4.4. Використання БПЛА у моніторингу радіаційного забруднення території України.....	74
Висновок до четвертого розділу.....	92
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	95

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

НПС – навколишнє природне середовище;

ПС – природне середовище;

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі;

БПЛА – безпілотний літальний апарат;

ДПЛА – дистанційно-пілотований літальний апарат;

ЛА – літальний апарат;

ІГС – інженерно-геологічна зйомка;

БВС – безпілотне повітряне судно;

БАС – безпілотна авіаційна система;

БАК – безпілотний авіаційний комплекс;

БПС – безпілотного повітряного судна;

БАТ – безпілотні авіаційні технології;

АЕС – атомна електростанція;

ГІС – геоінформаційна система;

КП – командний пункт.

ВСТУП

Моніторинг штучної радіоактивності в навколишньому середовищі має першорядне значення для перевірки дотримання Основних стандартів безпеки (Euratom) і відстеження тенденцій з плином часу. У відповідності з Договором Євратому, JRC несе відповідальність за збір цієї інформації від Компетентних органів держав-членів, а потім за її перевірку та подання. Він виконує цей мандат за допомогою онлайн-бази даних REM та публікує щорічні звіти про моніторинг.

База даних екологічного моніторингу радіоактивності (REM) була створена в 1988 році для об'єднання та узгодженого зберігання даних про штучну радіоактивність навколишнього середовища, отриманих після аварії на Чорнобильській АЕС [1].

В даний час загальна кількість записів даних, що зберігаються в REM, перевищує 2 мільйони. Дані надсилаються національними контактними пунктами EC27 в JRC за допомогою інструменту подання даних REM, який був розроблений і створений для цієї конкретної мети. Дані також доступні в режимі онлайн зовнішнім користувачам. Під час запиту в банк користувач може завантажити вибраний набір даних на свій комп'ютер у різних поширених форматах даних.

Держави-члени ЄС зобов'язані здійснювати безперервний моніторинг радіоактивності в повітрі, воді та ґрунті в відповідності зі статтями 35 та 36 Договору Євратому, що стосуються моніторингу радіоактивності в навколишньому середовищі. Додаткове законодавство ЄС встановлює критерії якості води, призначеної для споживання людиною, та максимально допустимі рівні радіоактивного забруднення харчових продуктів (Директива 98/83/ЄС та Постанову 733/2008/ЄС відповідно) [1].

На прохання Генерального директорату з енергетики JRC організовує регулярні міжлабораторні порівняння для оцінки порівнянності таких даних моніторингу. Ці міжлабораторні порівняння також надають моніторинговим лабораторіям держав-членів засоби для оцінки їх ефективності та поліпшення

їх можливостей у галузі вимірювань [2].

В умовах постійно зростаючого антропогенного навантаження і зростаючих ризиків техногенних катастроф необхідно модернізувати існуючі системи моніторингу навколишнього середовища, зокрема атмосферного повітря. Для вирішення цього завдання була розроблена система екологічного моніторингу забруднення навколишнього середовища з використанням безпілотних літальних апаратів вертолітного або літакового типів, оснащених навісним обладнанням, керованим з наземного пункту управління.

Мета роботи – підвищення рівня екологічної безпеки за рахунок удосконалення технологічного процесу, устаткування бортового обладнання безпілотного літального апарату та оцінити актуальність використання БПЛА в моніторингу радіаційного забруднення.

Завдання роботи:

1. Проаналізувати можливість використання технології БПЛА в системі екологічного моніторингу;
2. Виділити особливості використання БПЛА в системі спостережень;
3. Виявити можливості формування процедур БПЛА для екологічного моніторингу та визначити екологічні проблем для пошуку варіантів їх вирішення за допомогою застосування БПЛА;
4. Дослідити можливість використання БПЛА в екологічному моніторингу і знятті параметрів НПС, що є основою в проведенні робіт екологічного моніторингу.

Об'єкт дослідження – процес застосування безпілотних літальних апаратів в системі екологічного моніторингу радіаційного забруднення.

Предмет дослідження – екологічний моніторинг навколишнього природного середовища із застосуванням бортового обладнання БПЛА.

Методи дослідження – системний підхід до розробки складних систем, аналіз сучасних напрямків проведення екологічного моніторингу з використанням дистанційних методів, розробка науково-методичного апарату параметричної зміни властивостей бортових систем БПЛА,

імітаційна перевірка розробленого апарату, проведення натурних вимірів, розробка науково-практичних рекомендацій для проведення екологічного моніторингу з використанням БПЛА.

Наукова новизна отриманих результатів. Новизна отриманих результатів полягає в тому, що на основі проведеного аналізу, отриманні дані проаранжували та дослідили динаміку якості атмосферного повітря на Україні за допомогою отримання даних з БПЛА.

Практичне значення отриманих результатів. Полягає в тому, що представлені в роботі матеріали, теоретичні висновки та узагальнення наближать досвід використання БПЛА до вітчизняних дослідників, допоможуть розширити кругозір і розвинути творче мислення фахівців.

Особистий внесок випускника: проаналізовано усі властивості безпілотних літальних апаратів, визначено параметри, що мають вплив на спостереження в системі екологічного моніторингу, виділено коло питань, які потрібно враховувати при побудові системи екологічного моніторингу за допомогою БПЛА.

Структура роботи. Робота складається з чотирьох розділів, загального висновку, списку використаних джерел. Дипломна робота розміщена на 100 аркушах.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ НПС

1.1. Методи екологічного моніторингу

Моніторинг навколишнього середовища – це інструмент оцінки стану і тенденцій навколишнього середовища, підтримки розробки політики та її реалізації, а також підготовку інформації для подання національним директивним органам, міжнародних форумів і громадськості.

За останнє десятиріччя лише кільком країнам Європи та Центральної Азії вдалося зберегти існуючі заходи з моніторингу. Моніторинг забруднення міського повітря — важливого чинника ризику для здоров'я людини — у багатьох містах субрегіону здійснюється слабо. Моніторинг твердих і небезпечних відходів здійснюється слабо, а промислові викиди також погано контролюються, що знижує ефективність таких інструментів, як збори за викиди і штрафи. Моніторинг транскордонного забруднення повітря також потребує посилення. Крім того, у багатьох країнах Європи і Центральної Азії відсутні єдині національні методології в різних областях моніторингу, а їх системи класифікації часто несумісні з міжнародними стандартами [3].

На П'ятій конференції «Навколишнє середовище для Європи» (Київ, 2003 р.) міністри ЄЕК ООН схвалили рекомендації щодо зміцнення систем екологічного моніторингу та інформації в країнах Європи та Центральної Азії, підготовлені Робочою групою ЄЕК ООН з моніторингу навколишнього середовища. Міністри також схвалили керівні принципи ЄЕК ООН щодо підготовки національних доповідей про стан навколишнього середовища. У сукупності ці документи являють собою дорожню карту для зміцнення моніторингу та звітності в Європейському та Центральноазіатському субрегіоні [4].

Моніторинг повітря

Забруднювачі повітря відомі своїм негативним впливом на здоров'я людини та екосистеми. Деякі з цих забруднювачів також руйнують технічну інфраструктуру та пам'ятки культури. Викиди оксидів азоту і неметанових летких органічних сполук є основними причинами утворення приземного озону, який надає несприятливий вплив на здоров'я людини та екосистеми. Індикатор забруднювачів повітря оцінює тиск конкретних забруднювачів на атмосферне повітря в окремих країнах, але також визначає тиск з боку конкретних національних секторів, таких як енергетика, транспорт, промислові процеси, сільське господарство та управління відходами.

На основі цього показника державні органи можуть коригувати національну екологічну політику, наприклад, шляхом перегляду стандартів викидів і граничних значень викидів, посилення дозволів на потенційно забруднювальну діяльність і вдосконалення застосування економічних інструментів. Інформація про викиди забруднюючих речовин необхідна для оцінки транскордонного забруднення повітря і для міжнародного співробітництва у вирішенні цієї проблеми.

Моніторинг води

Відновлювані ресурси прісної води мають важливе екологічне і економічне значення. Їх розподіл широко варіюється між країнами і всередині країн. Тиск на ресурси прісної води надають надмірна експлуатація та забруднення. Ув'язка забору ресурсів з оновленням запасів є центральним питанням у сталому управлінні ресурсами прісної води. Якщо значна частка води в країні надходить з транскордонних річок, між країнами може виникнути напруженість, особливо якщо доступність води в країні, розташованій вище за течією, вище, ніж у країні, розташованій нижче за течією. Країни дуже взаємозалежні в тому, що стосується водних ресурсів.

Конвенція про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер вимагає, щоб сторони впровадили стале управління

водними ресурсами, включаючи екосистемний підхід та раціональне справедливе використання транскордонних вод.

Біорізноманіття

Сталий розвиток залежить від здорового навколишнього середовища, яке, в свою чергу, залежить від різноманітності екосистем. Охоронювані території, особливо повний спектр категорій охоронюваних територій Міжнародного союзу охорони природи (МСОП), мають важливе значення для збереження біорізноманіття та сприяння сталому розвитку.

Показник біорізноманіття забезпечує засіб для вимірювання реакції на деградацію екосистем та втрату біорізноманіття в країні. Він демонструє, якою мірою області, важливі для збереження біорізноманіття, культурної спадщини, наукових досліджень, відпочинку, збереження природних ресурсів та інших екологічних цінностей, захищені від несумісного використання.

Моніторинг відходів

Відходи являють собою значну втрату ресурсів у вигляді матеріалів і енергії. Обробка та видалення відходів можуть призвести до забруднення навколишнього середовища і людей піддати впливу шкідливих речовин та інфекційних організмів. Утворення відходів тісно пов'язано з рівнем економічної активності в країні і відображає моделі виробництва і споживання суспільства. Таким чином, скорочення обсягу відходів, які утворюються свідчить про перехід економіки до менш матеріаломістких моделей виробництва і споживання.

Основною метою індикатора відходів є вимірювання тиску на навколишнє середовище від загальної кількості утворених відходів та відходів за категоріями. Інтенсивність відходів являє собою показник рушійної сили і відображає реакцію на антропогенну діяльність.

Дистанційне зондування

Дистанційне зондування може відігравати важливу роль у моніторингу та звітності з екологічних проблем, зокрема, коли метою таких спостережень є оцінка впливу забруднювачів у великих космічних масштабах протягом

тривалих періодів часу, тобто в регіональному, континентальному або навіть глобальному масштабі протягом усього сезонного циклу протягом ряду років.

Дистанційне зондування може надавати додаткову інформацію існуючих наземних систем моніторингу навколишнього середовища. Воно може бути використане для задоволення потреб у своєчасній інформації і може надавати синоптичну транскордонну інформацію. Дані та інформація, отримані в результаті спостереження довкілля, можуть використовуватися в географічних інформаційних системах для накладення і порівняння з іншою інформацією з географічною прив'язкою.

Моніторинг підприємства

Екологічний моніторинг і звітність підприємства – це система заходів, здійснюваних і оплачуваних операторами, фізичними або юридичними особами, здійснюють фактичні повноваження з технічного функціонування об'єкта. Така система включає безперервні та періодичні спостереження, реєстрацію, зберігання і обробку даних, що стосуються охорони навколишнього середовища, і представлення результатів керівництву та всім працівникам підприємств, державних органів та широкої громадськості у вигляді наборів первинних, розрахованих або агрегованих даних і загальної інформації.

Посилення екологічного моніторингу та звітності підприємств покращить контроль за дотриманням підприємствами екологічних норм. Збільшення обсягу екологічної інформації, виробленої підприємствами, підвищення якості цієї інформації і розширення доступу до неї широкої громадськості допоможуть зробити значний тиск на забруднювачів з метою зниження їх негативного впливу на навколишнє середовище.

Екологічний моніторинг – це комплексна система моніторингу стану навколишнього середовища, оцінки та прогнозування змін стану навколишнього середовища під впливом природних і антропогенних факторів. Існує три види екологічного моніторингу: біоекологічний (санітарно-гігієнічний), геосистемний (природно-економічний) і біосферний

(глобальний).

Існують такі підсистеми екологічного моніторингу, як:

- геофізичний моніторинг (аналіз даних про забруднення, каламутності атмосфери, вивчення метеорологічних і гідрологічних даних НС, а також вивчення елементів неживої складової біосфери, в тому числі об'єктів, створених людиною);
- кліматичний моніторинг (моніторинг та прогнозування коливань в кліматичній системі, що охоплює ту частину біосфери, яка впливає на формування клімату: атмосферу, океан, крижаний покрив і т.д. та тісно пов'язаний з гідрометеорологічними спостереженнями);
- біологічний моніторинг (заснований на моніторингу реакції живих організмів на забруднення навколишнього середовища);
- моніторинг здоров'я населення (система заходів з моніторингу, аналізу, оцінки та прогнозування стану фізичного здоров'я населення) та ін [5].

Методами екологічного моніторингу є:

1. Дистанційні методи

Одним з основних джерел даних для екологічного моніторингу є матеріали дистанційного зондування Землі. Вони об'єднують всі типи даних, отриманих від носіїв інформації: космічні (пілотовані орбітальні станції, багаторазові кораблі, автономні системи супутникової зйомки та ін.); авіаційного базування (літаки, вертольоти та мікроавіаційні радіокеровані транспортні засоби); безконтактні методи зйомки (аерокосмічні методи моніторингу НПС, системи спостереження з використанням літальних апаратів, аеростатних засобів, супутників і супутникових систем, а також системи обробки даних дистанційного зондування Землі) [6].

Матеріали дистанційного зондування отримані в результаті безконтактної зйомки з літаючих повітряних і космічних апаратів, кораблів і підводних човнів, наземних станцій. Отримані документи дуже різноманітні за масштабом, роздільною здатністю, геометричним, спектральним та іншими властивостями. Все залежить від виду і висоти зйомки, використовуваного

обладнання, а також від природних особливостей місцевості, атмосферних умов і т. д.

Основними якостями віддалених зображень, особливо корисними для картографування, є їх висока деталізація, одночасне охоплення великих територій, можливість отримання повторюваних зображень і вивчення важкодоступних ділянок. В результаті дані дистанційного зондування знайшли широке застосування в картографії: вони використовуються для складання та оперативного оновлення топографічних і тематичних карт, картографування маловивчених і важкодоступних територій (наприклад, високогір'я) [6].

Основними перевагами аерофотознімків, супутникових знімків і цифрових даних, отриманих в ході дистанційного зондування Землі, є їх велика видимість і одночасна робота. Вони охоплюють величезні території, в тому числі важкодоступні, в один і той же час і в одних і тих же фізичних умовах.

Зображення дають цілісне і в той же час узагальнене зображення всіх елементів земної поверхні, що дозволяє побачити їх структуру і взаємозв'язки. Дуже важливою перевагою є повторюваність зйомок, тобто фіксація стану об'єктів в різні моменти часу і можливість відстежувати їх динаміку.

2. Фізико-хімічні методи

Високоякісний метод (дає можливість визначити, яка речовина знаходиться в досліджуваному зразку);

Кількісний метод;

Гравіметричний метод (визначення маси і процентного вмісту будь-якого елемента, іона або хімічної сполуки, що знаходиться в досліджуваному зразку);

Титриметричний (об'ємний) метод – вимірювання обсягів як визначеної речовини, так і реагенту, використовуваного для цього визначення. Методи титриметричного аналізу поділяються на 4 групи: а) методи кислотно-

основного титрування; б) методи осадження; в) окислювально-відновні методи; г) методи комплексотворення;

Колориметричний метод (він заснований на зміні кольорних відтінків досліджуваного розчину в залежності від концентрації; колориметричні методи можна розділити на візуальну колориметрію і фотоколориметрію);

Експрес-методи (включають в себе інструментальні методи, які дозволяють визначити забруднення за короткий проміжок часу, також ці методи широко застосовуються для визначення радіаційного фону, в системі моніторингу повітряного і водного середовища);

Потенціометричні методи, які засновані на зміні потенціалу електроду в залежності від фізико-хімічних процесів, що протікають в розчині та поділяються на: а) пряму потенціометрію (іонометрію); б) потенціометричне титрування.

3. Методи біологічного моніторингу

Біоіндикація – це метод, що дозволяє судити про стан навколишнього середовища за фактом зустрічі, відсутності і особливостям розвитку біоіндикаторних організмів.

Біоіндикатори – це організми, наявність, чисельність або особливості розвитку яких служать індикаторами природних процесів, умов або антропогенних змін в навколишньому середовищі. Умови, визначені за допомогою біоіндикаторів, називаються об'єктами біоіндикації.

Біотестування – це метод, що дозволяє оцінити якість об'єктів навколишнього середовища за допомогою живих організмів в лабораторних умовах. Оцінка компонентів біорізноманіття – це сукупність методів порівняльного аналізу компонентів біорізноманіття.

4. Методи статистичної та математичної обробки даних Для обробки даних екологічного моніторингу використовуються методи обчислювальної та математичної біології (включаючи математичне моделювання), а також широкий спектр інформаційних технологій.

1.2. Засоби контролю параметрів

Основною метою екологічного моніторингу є управління і мінімізація впливу діяльності організації на навколишнє середовище, або для забезпечення дотримання законів і нормативних актів, або для зниження ризиків шкідливого впливу на природне середовище і захисту здоров'я людей.

Оскільки чисельність населення, промислова діяльність і споживання енергії продовжують рости, подальший розвиток передових додатків і пристроїв автоматизованого моніторингу має вирішальне значення для підвищення точності звітів про моніторинг навколишнього середовища та економічної ефективності процесу моніторингу навколишнього середовища.

Програми моніторингу – це опубліковані в організації схеми, в яких докладно описується, які елементи піддаються моніторингу, загальні цілі, конкретні стратегії, запропоновані методи відбору проб, проекти в рамках кожної стратегії та часові рамки [7].

Продукти моніторингу навколишнього середовища та програмне забезпечення для моніторингу навколишнього середовища, такі як Системи управління екологічними даними (EDMS), полегшують реалізацію і моніторинг програм моніторингу і оцінки навколишнього середовища, які включають центральний центр управління даними, автоматизовані оповіщення про моніторинг навколишнього середовища, перевірку відповідності, валідацію.

В даний час, крім традиційного «ручного» відбору проб, програми моніторингу орієнтовані на збір даних з використанням електронних вимірювальних приладів для дистанційного моніторингу в режимі реального часу [8].

Використання електронних засобів дистанційного контролю вимірювальних приладів здійснюється з використанням з'єднань з базовою станцією, або по телеметричних мережах, або по наземних лініях зв'язку, стільникових телефонних мереж або інших телеметричних систем.

Перевага віддаленого моніторингу полягає в тому, що в одній базовій станції можна використовувати безліч каналів передачі даних для зберігання та аналізу. Це різко підвищує ефективність моніторингу при досягненні порогових рівнів контрольованих показників, наприклад, на окремих контрольних ділянках. Такий підхід дозволяє вживати негайних заходів на основі даних моніторингу в разі перевищення порогового рівня.

Використання систем дистанційного спостереження вимагає установки спеціального обладнання (датчиків контролю), які зазвичай маскуються для зменшення вандалізму і крадіжок при проведенні моніторингу в легкодоступних місцях.

Наземні варіанти дистанційних методів дослідження розглядаються переважно в аспекті горизонтального дистанціювання від об'єктів, розташованих на поверхні. Спостереження можуть проводитися за допомогою апаратури, яка безпосередньо розташована на поверхні землі, або розміщуватися на щоглах, дахах будівель або автомобілів. Тому обмеження горизонтальної відстані наземними методами ДЗЗ, в принципі, обмежується абсолютною висотою розміщення приймача, абсолютною висотою спостережуваного об'єкта, кривизною земної поверхні [9].

У конкретних випадках діапазон методів обмежений впливом атмосфери, рельєфу місцевості і висотою різних загороджувальних споруд. У цьому аспекті до наземних методів відносяться: візуальні, фотографічні і телевізійні методи, тепловізійні, лідарні методи, які використовуються для вирішення, перш за все, питань пошуку і розвідки родовищ корисних копалин, екології, забруднення атмосферного повітря, дослідження і моніторингу урбанізованих територій і виробничо-технологічних систем.

У рамках модернізації необхідно розвивати існуючу мережу метеорологічних станцій, гідрологічних та екологічних постів на базі автоматичних метеостанцій, впроваджувати сучасні автоматичні пристрої та системи збору інформації, відтворювати сучасні системи управління і засоби передачі, відновлювати технічну базу для перевірки приладів і навчати

персонал для технічного обслуговування, в кількісному вираженні не нижче поточних показників національної гідрометеорологічної служби Китаю.

Результати спеціалізованих обстежень дозволять дати комплексну оцінку екологічного стану навколишнього середовища, ступеня опустелювання території і природних ресурсів території (грунтово-рослинного покриву, в тому числі лісів; тваринного світу, в тому числі водних мешканців; запасів водних ресурсів і відновлюваних джерел енергії), а також прогнози розвитку екологічної ситуації з урахуванням зовнішніх і внутрішніх факторів навколишнього середовища [9].

Отримані результати дозволяють уточнити основні цільові показники сталого розвитку регіонів, розрахувати економічний і екологічний потенціал сільськогосподарських угідь з рекомендаціями для природокористувачів щодо зниження темпів опустелювання і реабілітації порушених територій, а також вирішити інші питання, пов'язані з підвищенням якості навколишнього середовища, збереженням біорізноманіття, раціональним використанням і відновленням природних ресурсів.

1.3. Методи обробки інформації

Екологічна інформація – це відомості про осіб, об'єкти, факти, події, явища і процеси, що мають важливе значення для охорони навколишнього середовища, забезпечення екологічної безпеки, охорони здоров'я громадян і , незалежно від форми їх надання, освітлення екологічної обстановки в населеному пункті. Методи, використовувані екологією як комплексною наукою, класифікуються на три групи [10]:

- збір інформації стану об'єктів НПС (рослинності, тваринного світу, мікроорганізмів, цілих екосистем та біосфери);
- засоби обробки вилученої інформації;
- розкриття змісту отриманих матеріалів (інтерпретація).

Методи збору екологічної інформації:

- моніторинг за допомогою приладів;

- експеримент (вивчення вирубки лісів, створення водойм, заростання і заселення вулканічних відкладень);
- моделювання.

Систематичні дотримання, які вимагають екологічні дослідження складаються з 3 послідовних етапів:

- формулювання, засновані на спостереженнях теорії закономірностей досліджуваного явища;
- перевірка теорії за допомогою наступних спостережень і експериментів;
- моніторинг того, чи вірні передбачення, засновані на цій теорії.

Даними називають – факти засновані на непрямих або прямих спостереженнях, зроблених за допомогою інструментів або органів чуття та взагалі всі факти, що стосуються конкретної проблеми. Спостереження поділяються на кількісні або якісні.

Кількісні спостереження більш точні. Вони включають в себе вимірювання кількості, яке може бути чітко виражено в якісних термінах. В результаті спостережень отримуємо дані за якими формується гіпотеза. Гіпотеза – підтвержене наукою припущення, засноване на спостереженнях, які можуть бути використані для пояснення явища.

При аналізі гіпотези проводиться серія експериментів, метою якого є отримання нових даних, які підтвердили або спростували гіпотезу. У більшості випадків в гіпотезах обговорюється певний ряд факторів, які можуть вплинути на кінцеві результати спостережень. Методологічною основою екологічної статистики як науки про екологічний стан навколишнього середовища є системний підхід [11].

В екології найбільш поширені польові біоматематичні методи збору інформації і експерименти: перші дозволяють отримувати інформацію шляхом безпосереднього спостереження, а другі – надавати інформацію в процесі лабораторних досліджень.

Задля використання приладів та обладнання для вивчення властивостей

повітря, ґрунту та води в обслуговуванні потрібен спеціально навчений інженерний персонал. А для методів вивчення живих організмів потрібні біологи-науковці.

Певна особливістю екологічних спостережень з використанням приладів є: складність і тривалий характер, та коли спостереження за живими організмами і факторами НПС ведуться на тій же частині екосистеми на протязі тривалого періоду. На додаток до комплексних спостережень в лікарнях може здійснюватися, в цілому, глобальний моніторинг біосфери та усіх екосистем. Отже, у ряді лікарень впроваджено глобальний моніторинг концентрації CO₂ в атмосферному повітрі.

Спостереження за станом озонового шару здійснюється за методом використання спеціальних супутників та літаків. Екологія, як дисциплінарна наука, широко застосовує експериментальний метод дослідження. Суть методу в тому, що в екосистему свідомо вноситься певні зміни та через певний час порівнюються результати дослідження на контрольному (обов'язково) і експериментальному ділянках екосистеми [12].

Моделювання – це опосередковане дослідження тих об'єктів пізнання, безпосереднє вивчення яких іншими методами дуже утруднено або неможливо. Моделювання стану навколишнього середовища – метод дослідження будови, функціонування, динаміки і розвитку екологічних об'єктів або процесів з використанням моделей, які певною мірою відповідають оригіналу. Модель може бути матеріальною копією об'єкта екології, звичайно, певною мірою спрощеною.

В екології більш широко використовують абстрактні моделі. Основною вимогою НПС до цієї моделі є точність і достатня спільність. В даний час все більшого поширення набувають методи математичного і математико-картографічного моделювання. Суть методу математичного моделювання полягає в тому, що за допомогою математичних символів будується абстрактна, спрощена подоба досліджуваної системи; потім, змінюючи значення окремих параметрів, досліджують, як поведе себе ця штучна

система, тобто як зміниться кінцевий результат. Для того щоб побудувати математичну модель, яка адекватно відображала б реальні процеси в системі, потрібні значні емпіричні знання, отримані в різних розділах екологів [13].

Нереально відобразити всю нескінченну безліч зв'язків в екосистемах в єдиній математичній моделі, тому вони використовують принцип «не всі зв'язки істинні» і виділяють основні зв'язки, що дозволяють отримати більш-менш правильне наближення до реальності.

Основний методологічний принцип моделювання стану навколишнього середовища – системний підхід. Моделювання стану навколишнього середовища застосовують переважно з іншими методами, зокрема експериментом і спостереженням.

Сучасні математичні моделі розрізняють тактичні і стратегічні моделі. Тактичні моделі розглядають окремі екосистеми з метою прогнозування їх стану при різних впливах. Стратегічні моделі будуються в основному в дослідницьких цілях для опису загальних властивостей екологічної системи, таких як стійкість, стійкість і здатність до саморегуляції.

Метод математико-картографічного моделювання складається з декількох етапів. На першому етапі розробляється картографічна модель, що відображає просторову диференціацію стану природних компонентів екосистеми, а також характер і ступінь їх зміни антропогенними факторами. Потім створюється математична модель і комп'ютерна програма [14].

Висновки до першого розділу

Таким чином, у екологічного моніторингу є три види: санітарно-гігієнічний, природно - економічний і глобальний. Віддалений моніторинг полягає в тому, що в одній базовій станції можна використовувати безліч каналів передачі даних для зберігання та аналізу та саме це дозволяє вживати негайних заходів на основі даних моніторингу в разі перевищення порогового рівня. Методологічною основою екологічної статистики як науки про екологічний стан навколишнього середовища є системний підхід.

РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

2.1. Організаційна структура державного екологічного моніторингу в Україні

Моніторинг навколишнього середовища, як правило, надає дані про середні концентрації в навколишньому середовищі (повітря, вода, ґрунт, опади). Пікові концентрації виходять, коли вимірювання виконується в точці скидання (повітря, вода). Хоча ці дані важливі для оцінки порядку величини викидів, вони, як правило, не дозволяють скласти повну картину концентрацій в навколишньому середовищі, оскільки хімічна речовина може зазнавати ряд перетворень і переноситися між середовищами до досягнення точки вимірювання. Моніторинг передбачає ряд заходів для визначення концентрацій в навколишньому середовищі: від підготовки статистично обґрунтованої схеми відбору проб до вибору методу відбору проб, транспортування, зберігання, аналітичних і лабораторних вимог до аналізу, а також питань якості даних і звітності.

В цілому система екологічного моніторингу вирішує одночасно два завдання: пізнання і управління. При цьому дані моніторингу і контролю служать як основою для отримання нових знань, так і обґрунтуванням для планування управління об'єктом [15].

Чим менше відомо про об'єкт, тим більш просунутим повинен бути датчик для отримання максимальної інформації про об'єкт контролю і управління.

В Україні діє «Положення про державну систему екологічного моніторингу», яке визначає основні завдання екологічного моніторингу в Україні [16]. До них в першу чергу відносяться:

- моніторинг стану навколишнього середовища;
- аналіз стану навколишнього середовища та прогнозування її змін;

- забезпечення державних органів виконавчої влади систематичною та своєчасною інформацією про стан навколишнього середовища, а також прогнозами та попередженнями про можливі зміни в ній;
- розробка науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

Державна система екологічного моніторингу здійснює такі види робіт: планові спостереження, оперативні та спеціальні дослідження. Планові роботи проводяться систематично за річними програмами на спеціально організованих спостережних пунктах [17].

Необхідність виконання експлуатаційних робіт залежить від випадків аварійного забруднення навколишнього середовища або стихійних лих, ці роботи виконуються в надзвичайних ситуаціях [17].

Спеціальні роботи, такі як моніторинг радіаційного або пестицидного забруднення, проводяться у зв'язку зі збільшенням цих видів забруднення в екосистемах.

Екологічний моніторинг стану якості навколишнього природного середовища на території України здійснюється: Міністерством екології та природних ресурсів, Міністерством з надзвичайних ситуацій, Міністерством охорони здоров'я, Міністерством аграрної політики та продовольства України та Державним інспекція сільського господарства, Державним агентством лісових ресурсів України, Державним агентством водних ресурсів України, Державним космічне агентством України та інші.

Всі перелічені органи влади містять в собі спеціальні служби спостереження, які стежать за станом повітря, ґрунту, акваторій, перенесенням різних речовин, кислотністю опадів і так далі [18].

Державна система екологічного моніторингу функціонує на трьох рівнях: національному, регіональному та місцевому.

Національна програма моніторингу – це комплекс завдань загальнодержавного значення, які базуються на законодавчій і нормативній базі і дозволяють реалізувати основні завдання моніторингу із залученням

коштів і систем по всій країні в цілому.

Регіональна програма екологічного моніторингу – це комплекс завдань, спрямованих на реалізацію завдань моніторингу в межах адміністративного району чи області з урахуванням географічних, соціально -економічних та адміністративних особливостей.

Локальна система моніторингу – це система, що належить окремим суб'єктам системи екологічного моніторингу, що вирішує завдання моніторингу, характерні для даного підрозділу, і є невід'ємною частиною державної системи екологічного моніторингу.

2.2. Спостереження за станом НПС та контроль параметрів екологічного моніторингу

Глобальна система моніторингу навколишнього середовища (GEMS) являє собою колективні зусилля світової спільноти з отримання за допомогою моніторингу даних, необхідних для раціонального управління навколишнім середовищем, і виникла на основі рекомендацій Конференції Організації Об'єднаних Націй з навколишнього середовища, яка відбулася в Стокгольмі в 1972 році. Центр програмної діяльності GEMS (РАС) в штаб—квартирі ЮНЕП в Найробі, Кенія, координує все, що може, в рамках різних заходів з моніторингу навколишнього середовища, що проводяться в усьому світі, особливо в рамках системи організації Об'єднаних Націй.

Велика увага приділяється забезпеченню того, щоб дані, зібрані GEMS, були найвищою досяжною якістю, і щоб дані, зібрані з різних частин конкретної мережі моніторингу, були порівнянними і сумісними. Центр програмної діяльності GEMS (РАС), як і сама ЮНЕП, не функціонує, але працює в основному за посередництвом спеціалізованих установ системи організації Об'єднаних Націй — в першу чергу ФАО, МОП, ЮНЕСКО, ВООЗ і ВМО — разом з відповідними міжурядовими організаціями, такими як МСОП.

Для отримання об'єктивної інформації про стан і рівень забруднення різних об'єктів навколишнього середовища необхідно мати надійні засоби і методи екологічного контролю. Підвищення ефективності моніторингу стану природного середовища може бути досягнуто за рахунок підвищення продуктивності, оперативності і регулярності вимірювань, збільшення обсягу одночасного моніторингу; автоматизації та оптимізації технічних засобів контролю і самого процесу.

Кошти екологічного моніторингу та контролю поділяються на контактні, безконтактні (дистанційні), біологічні, а контрольовані показники – функціональні (продуктивність, оцінка кругообігу речовин та інші) та структурні (абсолютні або відносні значення фізичних, хімічних або біологічних параметрів – концентрація забруднюючої речовини, коефіцієнт сумарного забруднення та інші).

Контактні методи контролю стану навколишнього середовища представлені як класичними методами хімічного аналізу, так і сучасними методами інструментального аналізу (Рис.2.1). Найбільш широко застосовуються спектральні, електрохімічні та хроматографічні методи аналізу об'єктів навколишнього середовища [19,20].



Рис. 2.1. Класифікація методів контактної контролю

Загальна схема контролю включає наступні етапи:

- 1) відбір проб;

2) обробка проби з метою збереження вимірюваного параметра і її транспортування;

3) зберігання і підготовка проби до аналізу;

4) вимірювання контрольованого параметра;

5) обробка і зберігання результатів.

Відбір проб часто визначає результати аналізу, оскільки в процесі відбору проб можливе забруднення проби, особливо коли мова йде про вимірювання незначних кількостей забруднюючої речовини. Важливо вибрати місце і засоби відбору проб, а також чистоту пробовідбірників і ємностей для зберігання проби. У зразку, ізольованому від природного середовища, починаючи з моменту його взяття, процеси «релаксації» здійснюються відповідно до параметрів екосистеми, значення яких визначаються кінетичними факторами.

Деякі параметри змінюються швидко, в той час як інші зберігаються протягом тривалого часу. Тому необхідно мати уявлення про кінетику зміни вимірюваного параметра в даному зразку. Очевидно, що чим коротший час від відбору проб до консервації (або аналізу), тим краще. Однак краще додати стандарт контрольованого забруднювача до паралельних проб і зберегти ці контрольні проби через різні проміжки часу. При вимірюванні «еталонних» зразків ви також можете отримати калібрувальні графіки одночасно.

Також бажано використовувати цей «внутрішній стандартний» метод для оцінки інших факторів, які можуть вплинути на результати аналізу (зберігання, транспортування, спосіб підготовки проби до аналізу та інше). Підготовка проби для аналізу може включати або концентрацію вимірюваного інгредієнта, або його хімічну модифікацію для отримання найбільш вигідних з аналітичної точки зору властивостей.

Концентрація досягається двома способами: сорбцією аналізованого компонента (на твердому сорбенті або екстракцією розчинником), методами зменшення обсягу проби, що містить компонент, наприклад, заморожуванням, співіснуванням або випаровуванням.

Звичайно, будь-яка така процедура може вплинути на результат аналізу, тому необхідний «внутрішній стандарт». Ефективність будь-якого методу спостереження і моніторингу стану об'єктів навколишнього середовища оцінюється за наступною сукупністю показників:

- селективність і точність визначення;
- відтворюваність отриманих результатів;
- чутливість виявлення;
- межі виявлення елемента (речовини);
- швидкий аналіз.

Основною вимогою до обраного методу є його застосовність в широкому діапазоні концентрацій елементів (речовин), що включає як слідові кількості в незабруднених об'єктах фонових зон, так і високі концентрації в зонах технічного впливу.

Контактні методи спостереження і моніторингу стану природного середовища доповнюються безконтактними (дистанційними) методами, заснованими на використанні двох властивостей зондуючих полів (електромагнітного, акустичного і гравітаційного): взаємодіяти з контрольованим об'єктом і передавати отриману інформацію на датчик.

Зондуючі поля існують з широким спектром інформативних ознак і різноманітністю ефектів взаємодії з речовиною контрольованого об'єкта. Принципи роботи безконтактних пристроїв управління поділяються на пасивні і активні. У пасивному принципі роботи зондуюче поле приймається від самого об'єкта управління, у другому – від відбитих (пропущених) зондуючих полів, створюваних джерелом. Безконтактні методи спостереження і контролю представлені такими основними групами: аерокосмічними і геофізичними методами.

Основні види аерокосмічних методів дослідження: оптична фотозйомка, телевізійна, інфрачервона, радіотермічна, радіолокаційна і багатозонна фотозйомка [21].

Безконтактний моніторинг атмосфери здійснюється з використанням

радіоакустичних і лідарних методів. Спочатку радіохвилі використовувалися для аналізу стану іоносфери (по відображенню і заломлення хвиль), потім хвилі використовувалися для вивчення опадів, хмар і атмосферної турбулентності.

Область застосування радіоакустичних методів обмежена відносно локальними обсягами повітря (радіусом 1-2 км) і вводить їх експлуатацію в наземних умовах і на борту літальних апаратів. Одна з причин появи відбитого акустичного сигналу є дрібні за масштабами температурні неоднорідності, що дозволяє здійснювати контроль зміни температури, профілів швидкості вітру і межі туману.

В принципі лідарного зондування лазерний промінь розсіюється за допомогою молекул, частинок, неоднорідностями повітря та потім він поглинається, змінює свою частоту, форму імпульсу, в результаті виникає флуоресценція, що дозволяє судити про параметри повітряного середовища такі як тиск, щільність, температура, вологість, концентрація газів, аерозолів, параметри вітру.

Перевагою лідарного зондування є монохроматичність, когерентність і можливість зміни спектра, що дає змогу вибірково здійснювати контроль окремих параметрів повітря. Основним недоліком є обмежена можливість зондування атмосфери. Основними методами безконтактного моніторингу природних вод є радіояркисний, радіолокаційний і флуоресцентний.

Методи використовують діапазон яскравості зондуючих хвиль від видимого до вимірювального для вимірювання збудження, температури та солоності. Радіолокаційний метод займається прийомом та обробкою (амплітудної, енергетичної, частотної, фазової, поляризаційної, просторово-тимчасової) сигналу, відбитого від збуджуваної поверхні [21].

Методи лазерного відбиття, лазерної флуоресценції та фотографії поляризованого світла використовуються для дистанційного моніторингу забруднення акваторій нафтою (площа покриття, товщина, приблизний хімічний склад).

Метод флуоресценції заснований на поглинанні нафтою оптичних хвиль і різниці спектрів люмінесценції легкої і важкої фракцій нафти. Оптимальний вибір довжини збудливої хвилі дозволяє ідентифікувати типи нафтопродуктів за амплітудою і формою спектрів флуоресценції.

Геофізичні методи дослідження використовуються для аналізу складу, структури та стану гірських масивів, в яких можуть розвиватися ті чи інші небезпечні геопроцеси. До яких відносяться: магнітна розвідка, електророзвідка, теплова розвідка, візуальна зйомка, ядерна геофізика, сейсмічні та геоакустичні та інші методи.

Основним видом безпосереднього вивчення небезпечних геологічних процесів і явищ є комплексна інженерно-геологічна зйомка (ІГС).

Метод комплексних ІГС до теперішнього часу досить добре розроблений. Методи отримання інженерногеологічної інформації при проведенні досліджень добре розроблені і включають в себе комплекс підготовчих, польових і лабораторних досліджень. В ході ІГС польові дослідження базуються на традиційних маршрутах геологічних, топографогеодезичних і ландшафтно-орієнтовних досліджень, гірничо-бурового вишукування, польових випробувань гірських порід, динамічного і статичного цей комплекс робіт включає також спеціальні аерокосмічні, геофізичні, математичні, геодезичні, гідрогеологічні спостереження. Супутникові знімки передаються на Землю в режимі реального часу в діапазоні 1700 МГц.

Можливість безкоштовного прийому супутникової інформації наземними станціями забезпечується Всесвітньою метеорологічною організацією відповідно до концепції «Відкритого неба».

На наземних станціях прийому супутникової інформації супутникові дані приймаються, демодулюються і спочатку обробляються і готуються для введення в персональний комп'ютер станції. Супутникові дані дистанційного зондування Землі дозволяють вирішувати наступні завдання моніторингу стану навколишнього середовища:

- визначення метеорологічних характеристик: вертикальних профілів температури, інтегральних характеристик вологості, характеру хмарності;
- моніторинг динаміки атмосферних фронтів, ураганів, отримання карт великих природних катастроф;
- визначення температури підстильної поверхні, оперативний контроль і класифікація забруднення ґрунту і водної поверхні;
- виявлення великих або стійких викидів промислових підприємств;
- контроль техногенного впливу на стан лісопаркових зон;
- виявлення великих пожеж і виявлення пожежонебезпечних ділянок в лісах;
- виявлення теплових аномалій і теплових викидів великих виробничих об'єктів і теплових електростанцій в мегаполісах;
- перевірте димові шлейфи з димоходів;
- моніторинг та прогнозування сезонних паводків та розливів річок;
- виявлення та оцінка протяжності основних зон затоплення;
- моніторинг динаміки снігового покриву та забруднення снігового покриву в зонах впливу промислових підприємств.

Очевидно, що оцінка екологічної ситуації на території при формуванні ефективної системи державного екологічного моніторингу неможлива без використання методів біоіндикації якості навколишнього середовища. Необхідно оцінити якість навколишнього середовища і ступінь її сприятливості для людства, перш за все, для того, щоб:

- визначення стану природних ресурсів;
- розробка стратегії раціонального використання території регіону;
- визначення гранично допустимих навантажень для будь-якого регіону;
- вирішення долі територій інтенсивного промислового і сільськогосподарського використання, забруднених територій та ін.;
- прийняття рішення про будівництво, запуск або зупинку конкретного

підприємства;

- оцінка ефективності природоохоронних заходів, впровадження очисних споруд, модернізація виробництва та ін.;
- впровадження нових хімічних речовин та обладнання;
- створення рекреаційних і охоронюваних територій.

Жодне з цих питань не може бути об'єктивно вирішене лише на рівні розгляду формальних питань показників, і вимагає спеціальної комплексної оцінки якості навколишнього середовища, тобто інтегральної характеристики її стану, необхідна біологічна оцінка.

Прямі (інтегральні) методи оцінки екологічної обстановки, в свою чергу, також можна розділити на дві групи – біоіндикаційні та біотестуючі (токсикологічні методи).

Методи біоіндикації засновані на спостереженнях за окремими організмами, популяціями або спільнотами організмів в їх природному середовищі існування з метою визначення якості навколишнього середовища по їх реакціям (змінам). У сільському господарстві метод біоіндикації широко використовується для діагностики харчування сільськогосподарських культур.

Цей метод візуальної біоіндикації заснований на вивченні зовнішніх ознак фіто- і біоценозів, що відображають якісні зміни навколишнього середовища. Для цілей біоіндикації якості навколишнього середовища можуть бути використані популяційні та екосистемні методи.

Критерії, що характеризують показники: чисельність і біомаса окремих видів; співвідношення в спільнотах різних видів, їх розподіл за чисельністю та ін. Патоанатомічні та гістологічні методи біоіндикації приділяють особливу увагу вивченню репродуктивної системи, будь-які зміни в якій безпосередньо пов'язані з життєвими параметрами популяції [22].

Репродуктивна система дуже чутлива до стресу, і будь-яке порушення можна розглядати як сигнал про наявність несприятливих змін в навколишньому середовищі. Ембріональні методи діагностики засновані на

тому, що найбільш вразливими до зовнішніх порушень є ранні стадії розвитку багатоклітинних організмів.

На стадіях фрагментації і формування ембріональних органів і тканин навіть незначні впливу зазвичай призводять до видимих деформацій більш пізніх стадій або навіть загибелі ембріонів. В якості біоіндикаторів зазвичай використовують швидко розвиваються організми, що дають численне потомство. Ці організми також можуть бути використані в якості тест-об'єктів для екологічного біоаналізу. Більш тонкими і точними методами біодіагностики є імунологічні та генетичні методи. Імунологічний-заснований на вимірах стану імунної системи під впливом зовнішніх негативних факторів.

В результаті будь-якого роду негативного впливу на імунну систему живих організмів в першу чергу змінюється функціональний стан імунокомпетентних клітин -спленоцитів і лімфоцитів. При введенні в клітини організму спеціальних речовин-стандартних мутагенів (ліпополісахаридів і ін.), в залежності від виду впливу, гальмування реакції може свідчити про порушення імунологічного статусу організму. Генетичні методи дозволяють аналізувати генетичні зміни, що виникають в результаті несприятливих зовнішніх впливів.

Поява таких змін характеризує мутагенну активність середовища, а можливість їх збереження в клітинних популяціях відображає ефективність імунної потенції організму. У нормальних умовах більшість генетичних аномалій видаляється з популяцій імунною системою організму. Наявність таких відхилень можна використовувати як показник стресу, що приводить до вироблення аномальних клітин і зниження здатності імунної системи організму їх руйнувати. Така різноманітність методів біоіндикації свідчить про їх недосконалість. Дійсно, біоіндикація передбачає контроль існуючого або триваючого забруднення компонентів навколишнього середовища на основі функціональних характеристик їх мешканців і екологічних характеристик організмів [23].

Біотестування як метод комплексної оцінки токсичності забруднень вже давно використовується в системі моніторингу якості навколишнього середовища за кордоном і починає застосовуватися в даний час. Аргументами на користь доцільності використання підходів біоаналізу якості навколишнього середовища є їх універсальність, виразність, простота, доступність і дешевизна. Висока чутливість тест-організмів до дії забруднюючих речовин навіть привела ряд фахівців до думки про можливість повної заміни всіх гігієнічних нормативів єдиним критерієм якісної оцінки стану навколишнього середовища на основі біотестування. Важливою умовою правильного біотестування є використання генетично однорідних лабораторних культур, так як вони проходять перевірку чутливості, містяться в спеціальних лабораторних умовах, передбачених стандартами, які забезпечують необхідну збіжність і відтворюваність результатів досліджень, а також максимальну чутливість до токсичних речовин. Тривалість біотестування залежить від поставленого дослідником завдання.

Існують наступні види біотестів:

- гострі біотести (гострі тести), що виконуються на різних тест-об'єктах за показниками виживаності, тривають від декількох хвилин до 24 -96 годин.;
- короткострокові (короткострокові хронічні тести) хронічні тести, які тривають протягом семи днів і зазвичай закінчуються після отримання першого покоління тест -об'єктів;
- хронічні тести застосовуються до загальної плодючості ракоподібних, що охоплює три покоління.

2.3. Об'єкти екологічного моніторингу

Об'єкти локального та глобального екологічного моніторингу розрізняють за походженням:

- Природні ресурси (грунт, вода, повітря, озоновий шар, надра). Досліджують сукупність умов, необхідну для підтримки життя на планеті.
- Природні території. Природні комплекси, ландшафти.
- Об'єкти, що мають природно-антропогенне походження. Місцевість, що обробляється людиною.
- Промислові та господарські об'єкти. Впливають на навколишнє середовище і забруднюють її.
- Групи населення. Люди, що знаходяться в зоні забруднення.

Спостереження за екологією необхідні на родовищах, в місцях видобутку цінних ресурсів. Регулюються чинними державними законами та встановленим порядком проведення.

2.4. Оцінювання та прогнозування стану моніторингових територій

Прогнозування та оцінювання стану НПС є важливою частиною екологічного моніторингу. Метою екологічного прогнозування є раціональне управління якістю НПС. Прогноз – це науково обґрунтоване судження про стани об'єкта в майбутньому та про альтернативні шляхи і терміни їх реалізації.

Прогнозування – процес розробки прогнозів. Прогнозування ґрунтується на трьох джерелах інформації про майбутнє: оцінка перспектив розвитку і майбутнього стану явища на основі досвіду, найчастіше за аналогією з відомими аналогічними явищами; умовне продовження в майбутнє тенденцій; модель майбутнього стану явища або процесу, побудована відповідно до очікуваних змін ряду умов [24].

Існують такі види прогнозів:

1. Пошуковий прогноз – зміст якого полягає у визначенні можливих станів об'єкта в майбутньому.
2. Нормативний прогноз – зміст якого полягає у визначенні шляхів і

термінів досягнення ймовірних станів об'єкта в майбутньому, які прийняті в якості мети.

3. Інтервальний прогноз – результат якого представлений у вигляді довірчого інтервалу певних характеристик об'єкта прогнозу для заданої ймовірності складання прогнозу.

4. Точковий прогноз – це прогноз, результат якого представлений у вигляді одиничного значення, без вказівки довірчого інтервалу.

5. Оперативний прогноз – з терміном виконання до 1 місяця.

6. Короткостроковий – від 1 місяця до 1 року.

7. Середньостроковий – 1–5 років.

8. Довгостроковий – 5 –15 років.

9. Довгостроковий – більше 15 років [24].

Методи прогнозування класифікуються за ступенем формалізації на інтуїтивні і формалізовані (інтуїтивні методи використовують коли об'єкт прогнозування занадто простий або дуже складний, що не дає змогу аналітично врахувати вплив багатьох факторів).

Екологічні прогнози охоплюють широке коло областей до біосфери в цілому. Терміни виконання екологічних прогнозів можуть становити від десятків до сотень років. Екологічне прогнозування значною мірою пов'язане з географічними та демографічними прогнозами.

Надійність екологічних прогнозів також безпосередньо пов'язана з динамікою економічного середовища, що зменшує її. Аналіз прогнозних даних дозволяє вносити певні корективи в господарську діяльність суспільства, корегувати оптимальну взаємодію людського суспільства і навколишнього природного середовища [25].

Висновок до другого розділу

Таким чином, розуміємо, що система екологічного моніторингу вирішує два завдання: пізнання і управління. В Україні діє «Положення про державну систему екологічного моніторингу», яке визначає основні завдання

екологічного моніторингу в Україні.

Державна система екологічного моніторингу функціонує на трьох рівнях: національному, регіональному та місцевому. Кошти екологічного моніторингу та контролю поділяються на контактні, безконтактні, біологічні, а контрольовані показники – функціональні та структурні.

Методи прогнозування класифікуються за ступенем формалізації на інтуїтивні і формалізовані. Метою екологічного прогнозування є раціональне управління якістю НПС.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА В ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ

3.1. БПЛА як складові методів оцінки стану навколишнього середовища, актуальна парадигма та проблематика застосування

Бурхливий розвиток радіоелектроніки, поява нових матеріалів для авіабудування, засобів вимірювання, алгоритмів і програм в сукупності з порівняно дешевими дистанційно пілотними апаратами як сучасної форми авіації [26] зробило дрони з продукту «подвійного призначення» суто секретного використання незамінними для моніторингу навколишнього середовища, аудіювання та контролю, вирішення низки логістичних і телекомунікаційних проблем, а також застосування у сфері розваг і туризму. Вважається, що дрони є компонентом (складовою частиною) інфраструктури інтернету речей.

Виявилось можливим швидко і своєчасне отримання повноцінної інформації не тільки для прогнозування динаміки атмосферних процесів, але й для моніторингу роботи транспортних (включаючи трубопровідні) систем, функціонування промислових об'єктів, контролю за джерелами і поширенням різних забруднювачів у всіх природних середовищах [26].

БПЛА з відповідним програмно-обчислювальним комплексом полегшують моніторинг розвитку надзвичайних ситуацій (повені, пожежі тощо), стану ґрунтів і посівів сільськогосподарських культур, у тому числі при страхуванні, визначенні настання страхового випадку та понесеного збитку. З їх допомогою вже зараз можна вирішувати широке коло завдань забезпечення екологічної та ресурсної безпеки, проведення наукових досліджень і транспортування малих комерційних вантажів.

Останнім часом для рослинництва пропонуються експериментальні технології доставки та розподілу в посівах сільськогосподарських культур засобів захисту рослин за допомогою БПЛА, хоча дані способи поширення

пестицидів і агрохімікатів потребують оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС), екологічної експертизи, перевірки та легалізації.

Безпілотні літальні апарати надають небувалі можливості для дистанційного картографування та просторово-тимчасового моніторингу. Виконуючи зйомку з необхідною періодичністю, можна стежити за розвитком різноманітних гідрологічних процесів і виявляти їх наслідки. Автоматизований процес збору та обробки просторових даних забезпечить високу точність результатів.

В даний час технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) за допомогою космічних апаратів і авіації вивчені і застосовуються досить широко. При цьому справжньою революцією для моніторингу та картографування підстильної поверхні можна вважати використання безпілотних літальних апаратів. Удосконалення знімальної апаратури і носіїв корисного навантаження для зйомки підстильної поверхні дозволяє вести ДЗЗ з повітряних куль, дирижаблів, штучних супутників Землі, пілотованих і безпілотних літальних апаратів.

Розвиток технологій ДЗЗ став можливим завдяки появі цифрової зйомки і активних сенсорів — радарів, лазерних скануючих систем, автоматизації аерокосмічних робіт і процесів обробки даних [27].

Безпілотні літальні апарати в різних онтологічних варіаціях (БВС, БАС, БАК, БПЛА) визначені в повітряному кодексі. Передбачається розробка законодавчих та інших нормативних правових актів, які визначають юридично значущі просторові дані, за винятком космічного сегмента ДЗЗ [27].

Існуючі документи, серед яких «основні положення з аерофотозйомки, виконуваної для створення і оновлення топографічних карт і планів», затверджені Головним управлінням геодезії і картографії при Радміні СРСР ще 22.04.1980 р. вони визначають технічні умови для виконання комплексу робіт з аерофотозйомки пілотованими повітряними суднами, при цьому не враховуються особливості робіт, де носієм знімальної системи є БПЛА. Поки не розроблені єдині процедури валідації даних, тому вимірювання, проведені

за даними такої аерофотозйомки є непідтвердженими без отримання підтверджених характеристик знімальної системи і трудомісткого контролю, що виконується наземними методами.

Відзначимо, що реєстр не визначив вимог щодо обов'язкової сертифікації безпілотних аерофотозйомочних комплексів або одержуваної продукції. Поки не затверджені спеціальні центри обов'язкової сертифікації програмно-апаратних комплексів з безпіотною авіаційною системою. Виділяють три типи процедур добровільної сертифікації:

1) комплекс технічних і програмних засобів безпіотної аерофотозйомки та фотограмметричної обробки, які при збереженні певних умов забезпечать можливість створення ортофотопланів, що задовольняють вимогам точності планів певного масштабу;

2) спеціально ідентифікованої продукції апаратно-програмних комплексів, яка відповідатиме вимогам нормативно-технічних документів для певного виду робіт;

3) відповідності технології застосування БПЛА певної серії та програмного забезпечення обробки даних вимогам внутрішнього документа компанії для створення ортофотопланів і цифрових моделей місцевості заданого масштабу [28].

При цьому вимоги до цивільних фахівців, що експлуатують безпілотні авіаційні системи, ще не визначені, так як професійний стандарт «фахівець з експлуатації безпілотних авіаційних систем, що включають в себе одне або кілька безпілотних повітряних суден» ще не схвалений.

Розроблений стандарт пропонує отримання достатнього обсягу компетенцій, що забезпечують безпеку польотів, але він недостатній для навчання етичним аспектам, забезпечення конфіденційності одержуваних даних, а також забезпечення високої якості вирішення прикладного завдання [29].

3.2. Типи БПЛА, їх бортовий склад та використання БАТ в Україні

Використання і застосування дронів у цивільному житті з кожним роком зростає. Під час глобальних режимів обмеження пересування, використання дронів може стати альтернативою для деяких служб доставки. Військове застосування дронів вже стало настільки звичайним, що розробка нових моделей військового призначення нагадує гонку озброєнь в роки холодної війни, але тепер не в розробці ядерної зброї, а в конструюванні безпілотної.

Зараз за допомогою дронів проводиться розвідка, оцінка забрудненості і радіоактивності повітря, наносяться ракетні удари, здійснюється охорона об'єктів, здійснюється доставка пошти, посилок, активно думають про використання дронів для доставки на місце пригоди медичних приладів та медикаментів, вогнегасників для гасіння, і навіть доставку боєприпасів.

Сучасна фантазія по застосуванню дронів не знає кордонів, від інтерактивної іграшки до дрона-офіціанта або дрона-поліцейського.

«Дрон» – це безпілотний літальний апарат – БПЛА – літальний апарат без пілота-людини на борту.

В даний час великі виробники професійних безпілотних авіаційних систем для аерофотозйомки і відеоспостереження в Україні представлені невеликим числом компаній [30].

Виконуються роботи в інтересах великих аграрних холдингів. Жорстке конкурентне середовище, а також те, що бурхливо розвивається ринок ДЗЗ сприяють постійній модернізації виробничих безпілотних аерофотознімальних комплексів.

Розглянемо ці комплекси відповідно до загальноприйнятої класифікації залежно від типу безпілотного повітряного судна:

- 1) по глибині застосування БПС:
 - великої дальності – понад 500 км (ВД);
 - середньої дальності – до 500 км (СрД);

малої дальності – з радіусом дії до 250 км (МД);
ближньої дії – з радіусом дії до 100 км (БЛРД); 2) по злітній масі БПС:
важкий – понад 500 кг (Т);
середній клас – до 500 кг (Ср);
легкий клас – до 200 кг (Л);
малий клас – до 30 кг (мл);
міні-клас – до 1 кг (хв);
3) за аеродинамічною схемою компонування БПС:
літакового типу (СТ);
вертолітного (мультикомп'ютерного) типу (ВТ);
комбінованого типу (КТ).

Існує набір бортових систем, що забезпечують штатне функціонування БПЛА, до яких відносяться пристрої:

супутникового та інерційного позиціонування;
видової і телеметричної інформації командно-навігаційної радіолінії з антенно-фідерним пристроєм;
обміну командною інформацією бортової цифрової обчислювальної машини [31].

Зберігання видової інформації, а також вбудований блок живлення. Встановлені бортові приймачі супутникового позиціонування в основному зроблені за кордоном. Вони можуть бути як одно-, так і багатосистемними: ГЛОНАСС, GPS, BeiDou.

В даний час приймачі стають більш компактними, число каналів і підтримуваних супутникових систем зростає, з'являються системи супутникової і наземної диференціальної корекції, що збільшує точність визначення координат центру фотографування фотокамер на БПЛА. Безпілотні авіаційні технології використовують для вирішення моніторингових, дослідницьких, транспортних, господарських або військових завдань [32].

БАТ – сукупність методів, процесів і методик, які застосовують для

управління безпілотними літальними апаратами з програмно-апаратними комплексами на борту. Управління здійснюється людиною або програмним алгоритмом шляхом кабельного, бездротового зв'язку або автономно (за заданою програмою) [32].

Для забезпечення виконання завдань спостереження підстильної поверхні в режимі реального часу під час польоту і цифрової фотозйомки обраних ділянок місцевості, в тому числі важкодоступних ділянок, а також визначення координат досліджуваних ділянок місцевості корисне навантаження БПЛА [7] повинне містити:

- Супутникова навігаційна система (ГЛОНАСС / GPS);
- Перегляд і телеметрична інформація пристроїв радіозв'язку;
- Командні та навігаційні радіолінії з антено-фідерним пристроєм;
- Пристрій обміну командною інформацією;
- Пристрій для обміну інформацією;
- Бортова цифрова обчислювальна машина (БЦОМ);
- Запам'ятовуючий пристрій для перегляду інформації.

Сучасні телевізійні камери забезпечують оператору зображення спостережуваної місцевості в режимі реального часу у форматі, найбільш близькому до характеристик зорового апарату людини, що дозволяє йому вільно орієнтуватися на місцевості і при необхідності виконувати пілотування БПЛА.

Здатність виявляти і розпізнавати об'єкти визначається характеристиками фотоприймача і оптичної системи телевізійних камер. Основним недоліком сучасних телекамер є їх обмежена ємність, яка не забезпечує цілодобового використання. Використання радара дозволяє отримувати інформацію цілодобово і в несприятливих погодних умовах, коли телебачення і телеканали не надають інформацію.

Використання змінних модулів дозволяє знизити вартість і переналаштувати склад бортового обладнання для вирішення поставленого завдання в конкретних умовах застосування [33].

Основними компонентами системи радіоуправління БПЛА є:

- 1) радари;
- 2) лінії радіопередачі;
- 3) управління (обчислення) автомобілями.

Засоби управління, що входять до складу систем радіоуправління, в залежності від їх розташування поділяються на наземні і бортові. У тих випадках, коли машина, що входить до складу системи радіоуправління, передає свої дані не автоматичним пристроїв управління літаком, а людині, її називають не керуючою машиною, а комп'ютером. Тому керуюча машина є ланкою замкнутої автоматичної системи управління, а комп'ютер – ланкою замкнутої або відкритої системи управління, в якій управління здійснюється при безпосередній (активній) участі людини.

Керуючі (обчислювальні) машини, що входять до складу систем управління, часто також називають обчислювальними і вирішальними пристроями або блоками.

За принципом дії використовувані машини діляться на безперервні (аналогові) і дискретні (цифрові). Цифрові машини, в свою чергу, можуть бути універсальними або спеціалізованими. Як правило, для аналогових машин використовуються спеціалізовані верстати [34].

Універсальні цифрові обчислювальні машини (DCMS) використовуються в основному в наземних установках. Складність використання цифрових машин на борту посилювалася тим, що більшість інформаційних датчиків (радари, гіроскопічні прилади, акселерометри та ін.) видавали цю інформацію не в цифровому, а в аналоговому вигляді, тобто у вигляді безперервних величин і безперервних функцій часу.

Тому на борту довелося встановити ряд аналого-кодових перетворювачів, що перетворюють цю безперервну інформацію в цифровий код. Крім того, зазвичай були потрібні кодо-аналогові перетворювачі, оскільки цифрова машина видає інформацію у вигляді цифрового коду, а кермові машини, що керують літаком, працюють, як правило, в безперервному

режимі.

Однак в останні роки в бортових установках все частіше використовуються цифрові машини, що, по-перше, обумовлено їх більшою точністю. При достатній кількості цифр, використовуваних в машині, точність практично обмежується не помилками самої обчислювальної машини, а помилками аналого-кодових і кодоаналогових перетворювачів. Але навіть з урахуванням похибок цих перетворювачів загальна похибка управління в цьому випадку значно менше, ніж при використанні аналогових машин.

Впровадження цифрових керуючих машин, по-друге, пов'язано з тим, що в останні роки був створений ряд типів датчиків, які надають інформацію у вигляді цифрового коду.

Це, з одного боку, підвищує точність цих датчиків, а з іншого – усуває необхідність використання аналого-кодових перетворювачів [35]. Машини управління, розташовані на борту літака, часто називають автопілотами.

3.3. Особливості використання БПЛА в екологічному моніторингу

Одним з напрямків розвитку авіації вважається безпілотна авіація. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) знайшли широке застосування в народному господарстві, в тому числі і при моніторингу стану довкілля. На початку розвитку це були військові і дорогі комплекси. Розвиток супутникової навігації (GPS), зменшення габаритів і маси обладнання дозволили створювати легкі і доступні за вартістю безпілотні літальні апарати [36].

Негативні наслідки господарської діяльності та антропогенного впливу на навколишнє середовище для біосфери сьогодні є об'єктивною реальністю. У той же час негативні результати антропогенного впливу в сучасних умовах розвитку людської цивілізації не є неминучими. Багато в чому деградація навколишнього середовища пов'язана з нераціональним використанням

природних ресурсів, низьким рівнем розвитку і подальшого впровадження сучасних безвідходних технологій, помилками в екологічній і технічній політиці, відсутністю знань про можливі наслідки антропогенного впливу на екосистему [37].

В умовах великих та важкодоступних територій, а також в складних кліматичних умовах, застосування безпілотних систем – єдиний засіб ефективно контролювати стан навколишнього середовища. Використання БПЛА може виступати в якості загального джерела інформації для різних підрозділів на конкретній території, а різноманітність передач корисного навантаження дозволить отримувати інформацію про різні аспекти одних і тих же процесів.

Безпілотні літальні апарати здатні вирішувати наступні завдання:

- моніторинг лісових пожеж;
- моніторинг опустелювання та ерозії ґрунтів;
- моніторинг динаміки повеней;
- моніторинг атмосферних викидів.

На додаток до цих завдань можна здійснювати моніторинг об'єктів з високим радіаційним фоном. Наприклад, під час аварії на АЕС «Фукусіма – 1» у березні 2011 року для контролю поширення радіаційного фону використовувалися безпілотники авіаційного типу. Також в ході цих заходів безпілотники показали свою ефективність як засіб координації дій по боротьбі з аваріями такого роду.

Як відомо, екологічний моніторинг – це багаторівнева структура, що складається з наступних рівнів: детального, локального, національного та глобального. Застосування БПЛА доцільно як для безперервного моніторингу невеликих ділянок земної поверхні, тобто для детального рівня, так і для комбінованого використання декількох комплексів та інтерполяції даних з цих комплексів, а також для локального рівня [38].

3.4. Схема системи керування БПЛА

Однією з перешкод, які стоять на шляху повсюдного застосування безпілотних літальних апаратів, є проблема сертифікації для польотів в загальному повітряному просторі, що, в свою чергу, є наслідком відсутності ефективної системи управління.

Область застосування і призначення безпілотного літального апарату залежить від його належності до певного класу. Критеріїв класифікації безпілотних літальних апаратів виділено чимало, серед основних можна відзначити такі, як:

- аеродинамічна схема;
- габаритно -вагові характеристики;
- дальність дії;
- масштаб застосування;
- приналежність.

Слід зазначити, що можлива ситуація, в якій один БПЛА може відноситися до декількох класів одночасно. Це пов'язано з появою нових безпілотних літальних апаратів, що перевершують по одній або декільком характеристикам «старі», класифіковані варіанти. БПЛА застосовуються в різних сферах: сільське господарство, лісове господарство, будівництво, геодезія, метеорологія, картографія, екологія, сфера безпеки і т. д.

Безпілотні літальні апарати застосовуються при геодезичних вишукуваннях при будівництві, для складання кадастрових планів промислових об'єктів, транспортної інфраструктури, селищ, дачних масивів, в маркшейдерській справі для визначення обсягів гірничих виробок і відвалів, при обліку руху сипучих вантажів в кар'єрах, портах, гірничозбагачувальних комбінатах, для створення карт, планів і 3D-моделей міст і підприємств.

Безпілотники використовуються при моніторингу ліній електропередач (визначення заростання, провисання проводів, деформації опор, пошкоджень ізоляторів і проводів), трубопроводів (виявлення врізок, незаконних споруд,

заростання), доріг (виявлення деформації насипу, дефектів полотна), для моніторингу держкордону, особливо охоронюваних об'єктів, зон аеропортів (виявлення змін, виявлення незаконних споруд), акваторій портів та ін.

Ці апарати також застосовуються для виявлення лісових пожеж, при ліквідації надзвичайних ситуацій, відстеження порушників ПДР, для проводки суден в льодах. Використовують їх і в споживчому секторі – для зйомки спортивних змагань, рекламних роликів [39].

Область застосування безпілотних літальних апаратів постійно розширюється: наприклад, NASA використовують безпілотники для вивчення ураганів, а німецька Deutsche Bahn застосовує безпілотні літальні апарати для захисту від вандалів вагонів залізничних поїздів.

Основною перевагою БПЛА є повне або часткове виключення людського фактора, що дозволяє мінімізувати ризик втрати людських ресурсів при виконанні поставленого завдання і виключити можливість загрози життю людини.

До інших переваг використання безпілотного літального апарату можна віднести: зменшення вартості виробництва робіт і меншу кількість регламентних операцій порівняно з пілотованою технікою, відсутня необхідність в висококваліфікованій технічній допомозі при обслуговуванні, значно легше забезпечити безпеку на об'єкті робіт, а в разі використання безпілотника багаторазової дії необхідно відзначити і значний термін експлуатації безпілотника.

Залежно від призначення і галузі застосування, безпілотний літальний апарат оснащується різною технічною апаратурою, що включає в себе всілякі датчики, різнодіапазонні камери, та інші засоби фіксування, отримання та передавання необхідної інформації. Для позначення цієї сукупності (БПЛА і його приладового оснащення), введено термін безпілотна авіаційна система (БАС).

БАС так само включає в себе бортовий комплекс управління, корисне навантаження, тобто технічне оснащення, і наземний комплекс управління. В

основі роботи будь-якої системи управління лежить наступна послідовність:

1. Вимірювання стану системи;
2. Порівняння поточного стану з бажаним;
3. Вироблення впливу для компенсації відхилення поточного стану від бажаного.

Як правило, управління БЛА здійснюється за допомогою бортового комплексу навігації і управління, до складу якого входять:

- 1) інтегрована навігаційна система, яка містить також приймач супутникової навігації, що забезпечує прийом навігаційної інформації;
- 2) система датчиків і сигналів, що забезпечує визначення орієнтації і параметрів руху БПЛА, а також вимірювання висоти і повітряної швидкості;
- 3) різні види антен і датчиків, призначених для виконання завдань;
- 4) модуль автопілота, що забезпечує вирішення таких завдань, як:
 - a) пілотування (автоматичний політ за заданим маршрутом, автоматичний зліт і посадка, підтримка заданої висоти і швидкості польоту, стабілізація кутів орієнтації, примусова посадка в екстрених ситуаціях);
 - b) програмне управління бортовими системами і корисним навантаженням;
- 5) система накопичення і передачі інформації [40].

Таким чином, бортова система навігації і управління забезпечує:

- політ за заданим маршрутом (завдання маршруту провадиться із зазначенням координат і висоти поворотних пунктів маршруту);
- зміна маршрутного завдання або повернення в точку старту по команді з наземного пункту управління;
- автосупроводження обраної мети;
- стабілізацію кутів орієнтації БЛА;
- підтримання заданих висот і швидкості польоту;
- збір та передачу необхідної інформації та параметри польоту, а також роботі цільового обладнання;

- програмне керування пристроями цільового обладнання.

Управління орієнтацією БПЛА грає або підлеглу, або незалежну роль. У тих випадках, коли орієнтація має самостійне значення, вона здійснюється переважно нерадіотехнічними засобами. Тому при розгляді питань радіоуправління БПЛА найбільший інтерес представляє управління польотом. В результаті в подальшому основна увага приділяється саме цьому виду управління польотом [41].

Існують такі основні види управління БПЛА:

1. Автономне керування.
2. Самонаведення.
3. Телеконтроль.
4. Комбіноване управління.

Автономним є управління польотом БПЛА, яке здійснюється без використання будь-якої енергії, що надходить з командного пункту (КП). Тут і далі під КП розуміється точка, з якої проводиться запуск БПЛА. При автономному управлінні пульт управління використовується тільки для управління запуском і БПЛА не бере участі в подальшому процесі управління. Оскільки БПЛА жодним чином не пов'язаний з КП або метою під час польоту, автономне управління придатне для наведення БПЛА тільки на нерухомі точно відомі цілі або на цілі, що рухаються по стійким і, більш того, точно відомим траєкторіях.

Самонаведення – це автоматичне наведення БПЛА на ціль з використанням енергії P_2 , що йде від мети до БПЛА. Ця енергія може випромінюватися або відбиватися цільовими радіохвилями, світловими або тепловими променями і так далі. Залежно від характеру використовуваної енергії самонаведення може бути радіотехнічним, тепловим, світловим або акустичним. Залежно від розташування первинного джерела енергії самонаведення ділиться на пасивне, активне і напівактивне.

При пасивному самонаведенні енергія P_2 створюється джерелами, розташованими на самій цілі, або природними опромінювачами цілі (Сонце,

Місяць). Тому при пасивному самонаведенні енергія Р2 виходить без спеціального опромінення цілі енергією будь-якого роду.

При активному самонаведенні мета опромінюється первинним джерелом енергії Р1, встановленим на БПЛА, а відбита від мети енергія Р2 використовується для самонаведення.

При напівактивному самонаведенні мета опромінюється первинним джерелом енергії Р1, розташованим поза ціллю і БПЛА. Це джерело зазвичай розміщується на КП. Для самонаведення використовується енергія Р2, відбита від мети. При самонаведенні, як і при автономному управлінні, командний пункт не бере участі в управлінні БПЛА. Але на відміну від автономного уряду, існує зв'язок між БПЛА і метою. Використання цього зв'язку дозволяє виявляти відхилення БПЛА від правильного польоту до мети [42].

Для визначення цих відхилень на БПЛА встановлюється транспортір або радіолокатор цілі. Заради спільності, надалі будемо вважати, що на БПЛА встановлено радар. Він вимірює просторову кутову координату цілі φ в деякій системі координат x_1, y_1, z_1 (Рис. 3.1). Крім того, РЛС визначає дальність до цілі r [43]. Координати цілі φ і r (або φ_x, φ_y і r) використовуються для управління, що забезпечує наведення БПЛА на ціль.

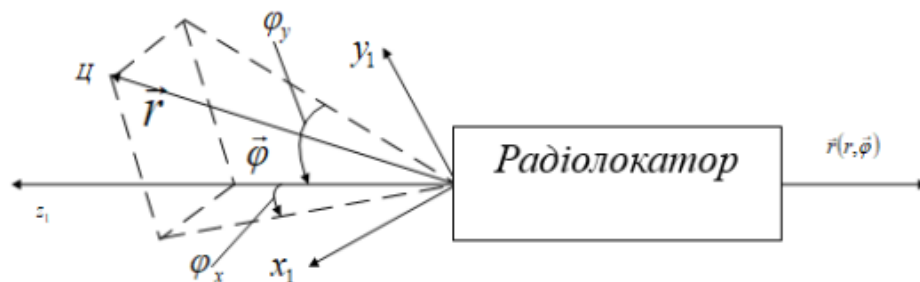


Рис. 3.1. Вимір просторової кутової координатної цілі в системі координат x_1, y_1, z_1 за допомогою радіолокатору

Телеконтроль – це управління БПЛА, здійснюване з командного пункту. Це управління може здійснюватися за допомогою рукоятки управління, яка приводиться в рух оператором на коробці передач, або повністю автоматично. У першому випадку пульт дистанційного керування називається ручним або напівавтоматичним, а в другому – автоматичним.

Для вироблення команд управління необхідно виміряти відхилення БПЛА від правильного польоту до мети. Залежно від способу вимірювання цих відхилень системи дистанційного керування можна розділити на два типи:

а) системи дистанційного керування першого типу – з безпосереднім керуванням метою;

б) дистанційне керування другого типу – з контролем цілі за допомогою апаратури, розташованої на БПЛА.

Принцип дистанційного керування першого типу – з безпосереднім керуванням метою – показаний на рис. 3.2.



Рис. 3.2 Дистанційне керування з безпосереднім керуванням метою

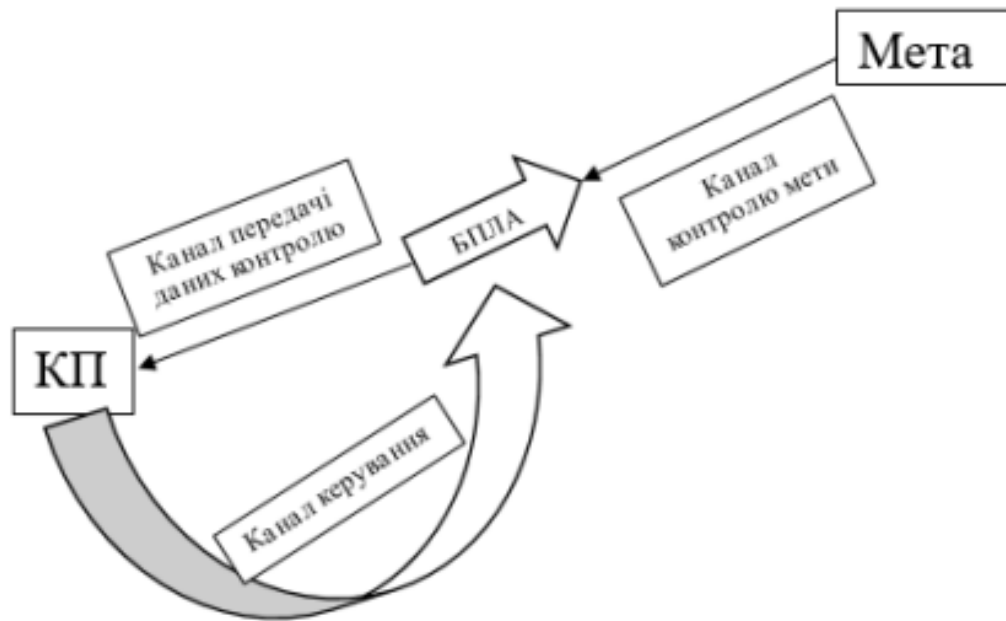


Рис. 3.3. Дистанційне керування з контролем цілі за допомогою бортового обладнання

На основі порівняння даних про мету і БПЛА визначається відхилення БПЛА від правильного польоту до мети і формуються відповідні команди на рулі напрямку БПЛА, що усувають це відхилення. Ці команди передаються на БПЛА по каналу управління. Принцип дистанційного керування другого типу – управління ціллю через бортову апаратуру показаний на рис. 3.3. у цьому випадку відхилення БПЛА від правильного польоту на ціль виявляються вимірювальною апаратурою, встановленою на БПЛА, а БПЛА передаються на КП по каналу передачі даних управління. Тому в даному випадку управління польотом БПЛА до мети здійснюється на КП не безпосередньо, а за допомогою апаратури, встановленої на БПЛА.

На основі даних, отриманих по цільовому каналу управління, формуються команди управління на КП і передаються на БПЛА по каналу управління. Простий приклад дистанційного керування першого типу (управління методом прикриття цілі) показаний на рис. 3.4.

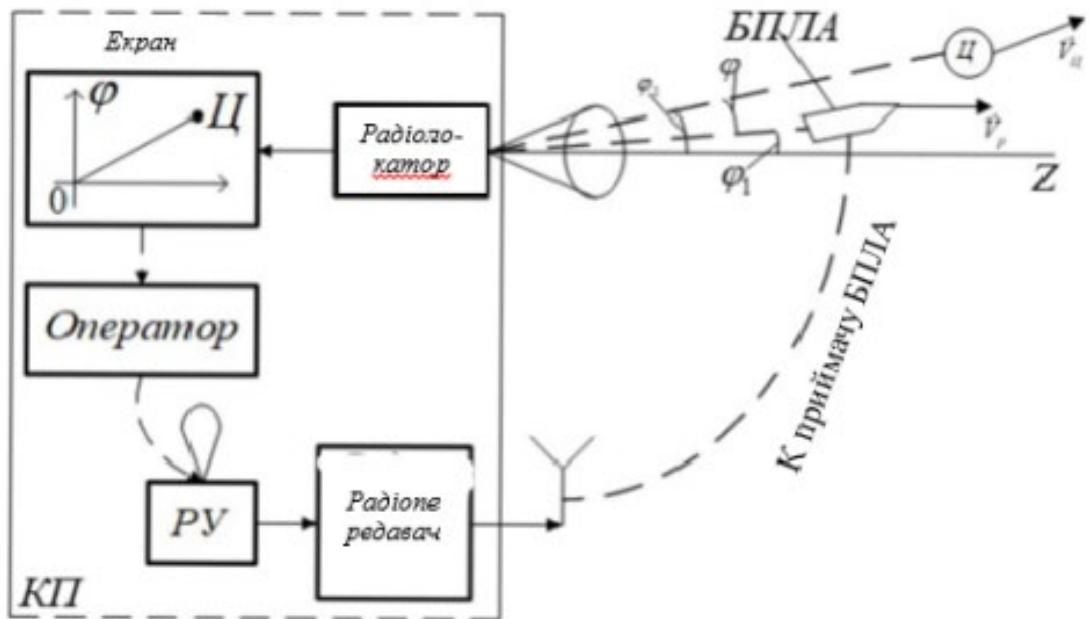


Рис. 3.4. Проста схема управління

КП встановлює РЛС для визначення просторового кута між напрямками цілі і БПЛА. Величина і напрямок цього кута відображаються на екрані електроннопроменевої трубки у вигляді відрізка ОС, що з'єднує центр екрану О зі світлянню плямою С. Керуючі команди формуються оператором за допомогою ручки управління і передаються по радіо на БПЛА.

Оператор повертає ручку керує світловим плямою так, щоб воно було вирівняно з центром екрану. Це означає, що при правильному управлінні він завжди буде знаходитися, тобто БПЛА буде перебувати на лінії візування цілі, як би прикриваючи ціль (якщо дивитися з КП), звідки і походить назва «спосіб прикриття мети». Так як БПЛА летить в напрямку мети, то, залишаючись весь час на лінійному прицілі мети, він повинен вразити ціль.

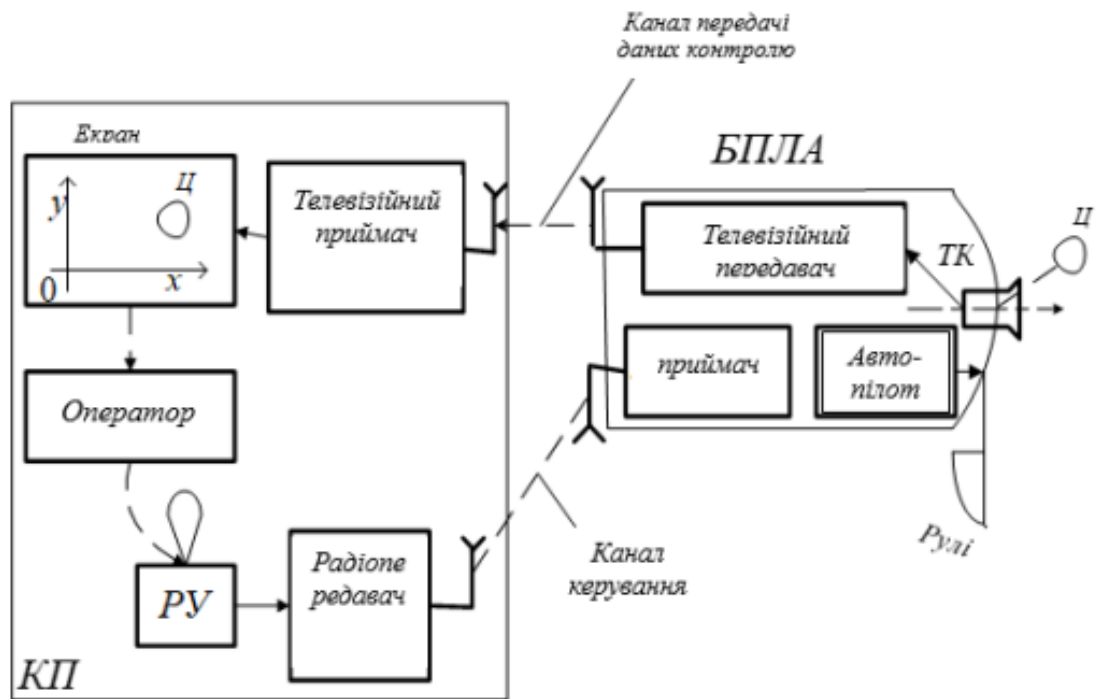


Рис. 3.5. Схема управління через бортове обладнання

Прикладом дистанційного керування з контролем цілі за допомогою бортового обладнання (Рис. 3.5) є управління за допомогою телевізійної головки. На БПЛА встановлений телевізійний передавач, об'єктив камери (ТЗ) сприймає зображення цілі. Це зображення відтворюється на екрані телевізійного приймача, встановленого на ЦП.

Команди управління формуються оператором, що спостерігає за екраном, за допомогою ручки управління, і передаються на БПЛА через радіопередавач на КП і радіоприймач на БПЛА. Оператор управляє ручкою так, щоб центр цільового зображення не збігався з центром екрану. Так як БПЛА летить до мети, збереження зображення цілі в центрі екрану гарантує, що БПЛА спрямований на ціль. Комбінований контроль – це поєднання декількох видів контролю.

Комбінація може бути послідовною або паралельною. Послідовним називається таке поєднання, коли під час польоту БПЛА проводиться перехід від одного виду управління до іншого. Як приклад послідовного комбінування можна привести комбінацію трьох видів управління: автономне, дистанційне і самонавідне.

На першій ділянці траєкторії БПЛА після вертикального пуску він виходить на необхідний курс по програмній кривій, що забезпечується автономним управлінням. Потім перемикається тип управління, і подальший політ БПЛА коригується дистанційним управлінням першого типу (з безпосереднім управлінням метою).

Коли БПЛА наближається до мети на відстань, достатню для захоплення цілі системою самонаведення, він перемикається з першого типу дистанційного керування на самонаведення, і самонаведення відбувається на останній ділянці траєкторії БПЛА [44].

Така комбінація дозволяє поєднувати великий радіус дії з високою точністю, але система управління складна. Паралельне управління – це комбіноване управління, в якому одночасно діють кілька типів управління. Прикладом може служити поєднання інерціального управління з радіонаведенням.

Інерційне управління, що є різновидом автономного управління, засноване на вимірюванні та інтегруванні прискорень центру мас БПЛА. Вона не схильна до організованих перешкод, але призводить до накопичення (під час польоту БПЛА) похибки, викликані неточністю вимірювання прискорення.

У радіонавігації організовані перешкоди можуть мати сильний ефект, але немає накопичення помилок. Тому при використанні даних, отриманих від радіолокаційної головки самонаведення для корекції інерційної системи управління, якість управління може бути значно покращена [45].

Апаратура радіоуправління повинна забезпечувати наведення БПЛА на ціль (або виведення його на задану орбіту) відповідно до обраного кінематичним методом наведення. Тут під кінематичним методом розуміється обраний закон руху БПЛА, що розглядається як матеріальна точка.

На основі обраного кінематичного методу наведення і функціональної схеми складається структурна схема системи управління, тобто схема, на

основі якої може бути проведений кількісний аналіз основних характеристик системи радіоуправління – точності, дальності і перешкодозахищеності [46].

Висновок до третього розділу

БПЛА дає змогу стежити за розвитком різноманітних природніх процесів та виявляти їх наслідки. Реєстр ще не визначив вимог щодо обов'язкової сертифікації безпілотних аерофотозйомочних комплексів або одержуваної продукції. Застосування безпілотних систем наразі це єдиний засіб ефективно контролювати стан навколишнього середовища. Технологія отримання детальних 3D моделей місцевості з БПЛА відкриває широкі можливості для моделювання природніх процесів. Існують такі основні види управління БПЛА, як: автономне керування, самонаведення, телеконтроль, комбіноване управління.

РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА В МОНІТОРИНГУ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1. Радіоекологічний моніторинг, його основні складові і завдання

Головним завданням радіоекологічних досліджень є комплексне оцінювання стану екосистеми, включаючи її дію на людину. Воно реалізується в процесі радіоекологічного моніторингу як складової загального екологічного моніторингу.

Радіоекологічний моніторинг – комплексна інформаційно-технічна система спостережень, досліджень, оцінювання та прогнозування радіаційного стану біосфери, територій поблизу АЕС, які постраждали від радіаційних аварій.

Головними завданнями радіоекологічного моніторингу є:

- спостереження і контроль за станом забрудненої радіонуклідами зони, її окремих найшкідливіших ділянок і пропозиція заходів щодо зниження шкідливості;
- моніторинг стану об'єктів природного середовища за одними і тими ж параметрами, які характеризують радіоекологічну ситуацію як в зоні забруднення, так і за її межами;
- виявлення тенденцій до змін природного середовища, спричинених функціонуванням екологічно небезпечних об'єктів та при реалізації заходів, що проводяться на забруднених територіях;
- визначення тенденцій до змін стану здоров'я населення, що проживає на забруднених радіонуклідами територіях;
- інформаційне забезпечення прогнозу радіоекологічної ситуації в забрудненій зоні і країні взагалі.

Радіологічний моніторинг реалізують у трьох напрямках: базовий

(стандартний), кризовий (оперативний), науковий (фоновий).

Базовий радіоекологічний моніторинг здійснюють за допомогою мережі пунктів спостережень, які охоплюють всю територію країни, включаючи служби радіаційного контролю на ядерному виробництві.

Система кризового радіологічного моніторингу формується на основі діяльності територіальних служб спостереження та контролю радіоекологічних параметрів навколишнього середовища на територіях, де виникли несприятливі радіологічні ситуації [47].

Науковий радіоекологічний моніторинг реалізують координуючі структури на базі науково-дослідних установ (підрозділів НАН України), які розробляють методи та програми досліджень.

Радіологічний моніторинг, що здійснюється в розвинених країнах, є підсистемою екологічного моніторингу і передбачає спостереження за гамма-фоном і здійснення постійного радіологічного контролю небезпечних радіаційних об'єктів виробничо-господарської діяльності.

В Україні, після катастрофи на ЧАЕС, здійснюють радіоекологічний моніторинг основних складових навколишнього середовища на різних територіальних рівнях за характерними лише для нашої держави показниками. Так, у зоні забруднення (крім об'єкта «Укриття» та 30-кілометрової зони відчуження) здійснюється радіоекологічний моніторинг у різних напрямках: моніторинг ландшафтно-геологічного середовища з метою отримання базової інформації для оцінки та прогнозування загальної радіоекологічної ситуації на забруднених радіонуклідами територіях та її впливу на екологічну ситуацію в Україні; моніторинг поверхневих і підземних водних систем; моніторинг природоохоронних заходів і споруд; моніторинг локальних довготривалих джерел реального і потенційного забруднення (об'єкт «укриття», водойма-охолоджувач, пункти поховання радіоактивних відходів, пункти тимчасової локалізації радіоактивних відходів); моніторинг біоценозів і заходів з використання природних угідь; медичний і санітарно-гігієнічний моніторинги [47].

Комплексний радіоекологічний моніторинг ґрунтується на інформації, отриманій внаслідок здійснення базових видів радіаційного моніторингу, яку використовують для вивчення об'єктів природно-техногенного середовища за допомогою спеціальних дослідницьких прийомів. Основними складовими радіоекологічного моніторингу є ядерно-радіаційний моніторинг, радіогеохімічний моніторинг, моніторинг поверхневих водних систем, радіогідрогеологічний моніторинг.

Ядерно-радіаційний моніторинг. Його забезпечує система спостережень і контролю за станом потенційно небезпечних радіаційних об'єктів, до яких відносять АЕС, а також об'єкт «укриття». В Україні в межах програми технічної допомоги Європейського Союзу «TACIS» з 1994 р. створюється система радіаційного моніторингу ГАММА, широко впроваджена в європейських країнах. Реалізація першої стадії цього проекту передбачає створення мережі трьох постів радіаційного моніторингу на територіях навколо Рівненської, Запорізької та Інчалінської (Білорусь) АЕС.

Основними завданнями системи ГАММА є: виявлення значних перевищень рівнів радіаційного фону на підконтрольних територіях, оповіщення відповідальних осіб про такі перевищення та забезпечення їх інформацією, необхідною для проведення захисних заходів.

Система ГАММА -1 на території України включає Національний центр (Інформаційно-кризовий центр ІКЦ), розташований в Мінекобезпеки, і два локальних центри (в містах Рівне та Запоріжжя). Крім того, до складу системи входять 27 постів контролю потужності дози гамма-випромінювання, встановлених в зоні Рівненської АЕС; 11 постів контролю потужності дози гамма-випромінювання, встановлених в зоні Запорізької АЕС; 1 пост автоматичного контролю альфа-і бета-активності аерозолів, розміщений на відстані 5 км від Рівненської АЕС; 1 Автоматичний пост контролю гамма-активності води на Рівненській АЕС; 2 автоматичних поста метеоконтролю (на Рівненській та Запорізькій АЕС).

Інформація про дози опромінення радіоканалами надходить від

датчиків до локальних центрів, а далі спеціально виділеними телефонними каналами передається в Національний центр. Міністерство з надзвичайних ситуацій України та обласні підрозділи міністерства в містах Рівне та Запоріжжя також мають доступ до інформації системи ГАММА-1 в режимі реального часу (режим on-line).

У 1992-1997 роках на 5-му енергоблоці Запорізької АЕС було реалізовано пілотний проект системи дистанційного моніторингу АЕС. Мета системи дистанційного моніторингу полягає в отриманні та передачі в ІКЦ незалежної інформації про стан АЕС в реальному масштабі часу. Цей проект здійснено в межах програми співпраці з Федеральним міністерством екобезпеки Німеччини.

У 1997 р. німецька сторона поставила комп'ютерне і комутаційне обладнання, призначене для прийому, обробки і візуалізації параметрів в ІКЦ. Проведена інсталяція виділеного телефонного каналу між ІКЦ і Запорізькою АЕС, по якому автоматично передають дані в ІКЦ в реальному масштабі часу.

Європейський Союз в межах програми ТАСІС паралельно з системою ГАММА розробив і впровадив систему RODOS – Real Time on-line Decision Support System) - європейську систему підтримки прийняття рішень в реальному часі при реагуванні на ядерні аварії. У проекті Rodos задіяні вчені понад 40 інститутів країн Центральної та Східної Європи, України, Росії та Білорусі. Основними завданнями системи є забезпечення засобами для обробки та управління великими обсягами інформації метеорологічного та радіаційного типу, оцінювання та прогнозування радіаційної ситуації, а також моделювання використання контрзаходів та варіантів дій у разі аварії.

Ядерно -радіаційний моніторинг має важливе значення для оцінки ймовірності виходу радіонуклідів з дисперсного реакторного палива в навколишнє середовище. Його завданням також є контроль за станом ядерно-радіаційних об'єктів та напрацювання заходів щодо зниження ступеня їх шкідливості, оцінювання та прогнозування радіаційної обстановки на об'єктах природного середовища [48].

Радіогеохімічний моніторинг. Він є основним джерелом отримання регулярної і системно-організованої інформації про просторовий розподіл радіоактивних, зокрема техногенних, елементів або їх ізотопів і закономірності їх мобілізації, транзиту, локалізації та фіксації. З метою реалізації цього моніторингу, оцінюють радіоекологічний стан природно-техногенних систем різних рівнів за допомогою гамма-зйомки території: на національному рівні (масштаб 1:1 000 000 – 1:500 000) оцінюють радіоекологічну ситуацію загалом по країні; регіональний рівень (масштаб 1:200 000 – 1:100 000) охоплює великі природно-територіальні комплекси або їх частини в природних адміністративних межах; локальний рівень (масштаб 1:50 000 – 1:25 000) – займається вивченням міських агломерацій особливо забруднених районів; на детальному рівні (масштаб 1:10 000 – 1:2000) оцінюють окремі райони міських агломерацій та інші природно-техногенні комплекси вищих порядків. Для його здійснення формують регулярну мережу точок спостережень, що дають можливість з достатньою повнотою охопити елементи навколишнього середовища, які вивчаються, і охарактеризувати їх з допустимою достовірністю.

На основі отриманої інформації складають карти щільності поверхневого забруднення ґрунтів цезієм-137, стронцієм-90, отримують окремі дані про забруднення однорічної та багаторічної рослинності. Наприклад, у лабораторіях радіохімічного моніторингу Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України визначають розподіл радіовуглецю по річних кільцях сосни забрудненого «рудого» лісу (2,5 км на захід від ЧАЕС).

У перші роки після аварії Управління дозиметричного контролю оцінило запаси основних довгівісуючих радіонуклідів в ґрунтах зони відчуження. За даними наземного пробовідбору було встановлено, що на всій території, за винятком проммайданчика ЧАЕС і похованих на той час радіоактивних відходів, орієнтовно знаходилося 100 ККі стронцію-90, 110 ККі цезію-137 і 800 Кі плутонію-239, 240. Активність всіх радіонуклідів на

території в перші дні після аварії наближалася до 25 МКІ, до середини літа вона, за рахунок розпаду маліснуючого компонента зменшилася до 6 МКІ. Через 10 років після аварії активність усіх радіонуклідів Чорнобильського викиду на території Зони відчуження становила приблизно 240 ККІ. Більшу частину активності визначають стронцій і цезій, початкові запаси яких внаслідок розпаду зменшилися на 20-40 % [49].

Моніторинг однорічної рослинності дає можливість встановити сезонні коливання концентрацій радіовуглецю і, таким чином, досить точно реагувати на зміну радіоекологічної ситуації в районах діючих атомних станцій. Він сприяє відстеженню радіаційного забруднення навколишнього середовища протягом довгих періодів.

Моніторинг поверхневих водних систем. Основною причиною здійснення цього виду моніторингу було потрапляння великої кількості радіоактивних опадів у водозбори річок Прип'ять, Десна, Дніпро, які є основними водними артеріями водосховищ Дніпровського каскаду.

Установи НАНУ, Міністерства охорони здоров'я, гідромета згідно з програмою радіологічного моніторингу гідросфери басейну Дніпра здійснюють спостереження за всім каскадом Дніпровського водосховища, Чорним морем і всіма основними річками України: Дніпром, Прип'яттю, Південним Бугом, Десною, Тетеревом, Ужем, а також у місцях водозаборів з підземних джерел.

Радіогеологічний моніторинг. Спочатку для спостережень за підземними водами використовували сільські шахтні колодязі і діючі водозабірні бурові свердловини. У 1986-1987 рр.у зв'язку з організацією пунктів поховання та пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів, переважно в межах 5-кілометрової зони, були пробурені бурові свердловини, які інформували про найбільш шкідливі радіаційні об'єкти. У 30-кілометровій зоні проводяться режимні спостереження на гідрогеологічних постах, дренажних і осушувальних системах, на певних ділянках ґрунту, бурових свердловинах.

Радіоекологічний моніторинг на території України має певні особливості, спричинені значним забрудненням навколишнього середовища внаслідок катастрофи на ЧАЕС, формуванням особливо небезпечної для людини 30-кілометрової зони відчуження та великою кількістю АЕС.

4.2. Комплексний радіоекологічний моніторинг та його складові

Найважливішими умовами розвитку атомної енергетики є підвищення її безпеки і мінімізація впливу радіації на людину і навколишнє середовище. Аварії на атомних станціях, підприємствах і військових об'єктах загострили увагу до забезпечення безпеки цих об'єктів, дотримання технологічних процесів, контролю за їх роботою і впливом на навколишнє середовище. Відповідно до рекомендацій Міжнародної комісії з радіаційного захисту (МКРЗ) до об'єктів радіаційного моніторингу віднесено:

- потенційні джерела радіоактивного забруднення (в першу чергу радіаційно-або ядерно-небезпечні об'єкти);
- навколишнє середовище (об'єкти навколишнього середовища, середовище проживання людини, в тому числі житло, сільськогосподарська і тваринницька продукція, їжа, вода, повітря і т. д.);
- сама людина (визначення доз від зовнішнього і внутрішнього опромінення і розрахунок сумарних дозових навантажень).

Аналіз завдань, що вирішуються при проведенні радіаційного контролю на АЕС і підприємствах ядерного паливного циклу (ЯТЦ), у тому числі в сховищах радіоактивних відходів (РАВ), а також у наукових центрах, дозволив виділити загальні основні види радіаційного контролю, характерні для цих об'єктів [50].

Основне завдання проведення радіаційного контролю ведення виробничо-технологічних процесів або вирішення наукових завдань в умовах

контролю над джерелом іонізуючого випромінювання, забезпечення контролю радіаційної обстановки і радіаційної безпеки. У разі виникнення радіаційної аварії (втрати контролю над джерелом випромінювання) проведені заходи і застосовувані технічні засоби повинні забезпечити локалізацію місця аварії, визначення рівня аварії, прогноз радіаційної обстановки і дати експертні рекомендації щодо здійснення дій, спрямованих на ліквідацію наслідків аварії. Вимірювання, що проводяться при радіаційному контролі за допомогою апаратури (систем, комплексів і окремих приладів), спрямовані на інформаційне забезпечення поточного, оперативного та аварійного контролю. Як правило, поточний контроль здійснюють за допомогою стаціонарної апаратури, оперативний контроль – за допомогою переносної апаратури.

Об'єкт вимірювань в даному випадку структурований на три основні компоненти: «джерело», «об'єкт» і «навколишнє середовище».

Під «джерелом» в даному випадку мається на увазі реакторна установка, «об'єкт» включає в себе будівлі, споруди та технологічне обладнання, безпосередньо не входить в реакторну установку і не відноситься до неї.

Радіаційний контроль навколишнього середовища включає в себе радіаційні вимірювання на промайданчику, а також в санітарнозахищеній зоні (СЗЗ) і зоні спостереження (ДТ). Очевидно, що дана структуризація може бути застосована практично до будь-якого радіаційного або ядерно-небезпечного об'єкта. Причому для «джерела» переважаючим є радіаційно-технологічний контроль – приблизно 80-90 %, іншу частину становить контроль радіаційної обстановки для завдань колективної дозиметрії. Співвідношення пропорцій в обсязі контролю «об'єкта» істотно змінюються і приблизно стають рівними, тобто. складають радіаційний дозиметричний контроль.

Збільшення обсягу дозиметричного контролю пов'язано з істотним зростанням числа приміщень і зон присутності обслуговуючого персоналу.

При радіаційному контролі навколишнього середовища переважними є завдання вимірювання присутності радіонуклідів в повітрі, воді, а також в різних пробах.

Крім цього в завдання радіоекологічного контролю включено виявлення і запобігання апаратурними засобами несанкціонованого переміщення радіоактивних матеріалів. Таким чином, на підставі багаторічного досвіду експлуатації радіаційно-небезпечних об'єктів, відповідно інших нормативних документів, до складу завдань радіаційно-екологічного моніторингу увійшли вимірювання радіоактивності: газоповітряних викидів; повітря навколишнього середовища; скидних рідин; вод екосистеми; донних відкладень; проб харчових продуктів, води, землі та ін.; поверхневого забруднення; виявлення несанкціонованого переміщення радіоактивних і діляться речовин.

Основу приладів складають високочутливі датчики, які забезпечують оперативне вимірювання радіаційного фону, радіоактивності повітря, води в річках, озерах, системах водопостачання, ґрунту, продуктів харчування і т.д. створені датчики дозволяють виявити появу радіації на ранніх стадіях зародження аварійної ситуації.

Отримана за допомогою вітчизняних приладів інформація дозволяє реально оцінити радіаційну обстановку на АЕС і в навколишньому середовищі і прийняти адекватні дії щодо забезпечення безпечної експлуатації АЕС і мінімізації її впливу на навколишнє середовище.

Таким чином, основні цілі екологічного моніторингу складаються із забезпечення системи управління природоохоронної діяльності своєчасною та достовірною інформацією, що дозволяє:

- оцінити показники стану та функціональної цілісності екосистем;
- виявити причини зміни цих показників і оцінити наслідки таких змін, а також визначити коригувальні заходи в тих випадках, коли цільові показники екологічних умов не досягаються;
- створити передумови для визначення заходів щодо виправлення

негативних ситуацій до того, як буде завдано шкоди.

У зв'язку з цим основними завданнями екологічного моніторингу є:

- спостереження за джерелами і факторами антропогенного впливу, за станом природного середовища і процесами, що відбуваються в ньому, під впливом факторів антропогенного впливу;
- оцінка фактичного стану природного середовища, прогноз зміни стану природного середовища під впливом факторів антропогенного впливу та оцінка прогнозованого стану природного середовища.

Комплексна оцінка екологічної обстановки ґрунтується на даних всіх видів моніторингу, в тому числі і на даних про стан здоров'я населення, одержуваних системою медіоекологічного моніторингу.

Отримана за допомогою вітчизняних приладів інформація дозволяє реально оцінити радіаційну обстановку на АЕС і в навколишньому середовищі і прийняти адекватні дії щодо забезпечення безпечної експлуатації АЕС і мінімізації її впливу на навколишнє середовище.

В даний час основний обсяг інформації про стан радіаційної обстановки на об'єкті і про його вплив на навколишнє середовище централізовано збирається і обробляється автоматизованими системами контролю радіаційної обстановки (АСКРО). АСКРО забезпечує радіаційний моніторинг АЕС та прилеглих територій (у тому числі населених пунктів).

Вона складається з двох підсистем: перша – дозволяє отримувати інформацію про радіоекологічний стан навколишнього середовища. Це дуже важливий компонент, оскільки безпосередньо пов'язаний із забезпеченням безпеки населення.

Основу цієї підсистеми складають стаціонарні пости, які розташовують на прилеглих до АЕС територіях і в населених пунктах. Стаціонарні пости, крім вимірювачів кліматичних параметрів (температура, тиск, вологість, швидкість вітру), обладнані радіаційними моніторами, які безперервно вимірюють потужність дози фотонного випромінювання.

Додатково пости можуть бути оснащені приладами для радіоактивного

(α - і β -випромінювання) аналізу проб води, ґрунту, рослинності, харчових продуктів, вимірювання концентрацій радіоактивних аерозолів і радіоактивних випадінь.

Для візуалізації вимірних параметрів пости оснащуються спеціалізованими табло, що дуже важливо при розміщенні їх в населених пунктах. Інформаційний обмін між центром і периферійними постами реалізується з використанням стільникового телефонного зв'язку. При необхідності стільниковий зв'язок може бути продубльований додатковим каналом зв'язку.

4.3. Методи радіаційного контролю

Достовірність і точність отриманої в процесі радіологічного контролю інформації забезпечує його системність. Система радіаційного контролю передбачає виконання таких послідовних етапів: вимірювання рівня радіації на місцевості (польова радіометрія, дозиметрія), відбір проб і підготовку їх до дослідження, визначення радіоактивності експресними методами, радіохімічний розподіл радіонуклідів, радіометрія виділених радіонуклідів, розрахунок активності.

Методи радіаційного контролю поділяють на радіометричні, радіохімічні, спектрометричні. Як правило, використовують перші дві групи методів.

Радіометричні методи. До них належать польова радіометрія і дозиметрія, експрес визначення радіоактивності, радіометрія порошку, радіохімічних препаратів.

Польова радіометрія і дозиметрія є першим етапом радіаційного контролю і моніторингу навколишнього середовища і об'єктів народного господарства, який передбачає отримання даних про радіоактивне середовище (сумарну інтенсивність розпаду радіоактивних елементів у середовищі, обумовлену природним фоном радіоактивності і радіоактивним

забрудненням). Якщо польову радіометрію і дозиметрію проводять у звичайних умовах, можна отримати інформацію про рівень природного радіоактивного фону. Метод дає можливість своєчасно виявити випадки підвищення рівня радіації і прийняти екстрені рішення про захист населення. Польова радіометрія і дозиметрія є основними методами контролю радіоактивного забруднення продукції сільського господарства.

Спосіб, в якому здійснюють польову радіометрію і дозиметрію, залежить від абсолютних величин радіації і розмірів площі, яку необхідно обстежувати. Якщо площа обстеження невелика, вимірювання можуть проводити дозиметристи без допоміжного транспорту. При обстеженні великих територій використовують спеціальні автомобілі, в яких вмонтовані необхідні прилади.

Експресні методи радіаційного контролю використовують для отримання оперативної інформації про рівень радіоактивного забруднення об'єктів зовнішнього середовища, народного господарства.

Експрес -метод визначення питомої та об'ємної активності гамма - випромінюючих радіонуклідів у воді, продуктах харчування, продукції рослинництва і тваринництва ґрунтується на вимірі (за допомогою приладу СРП-68-01) потужності дози випромінювання від чисто вимитих і подрібнених проб масою 0,7 кг, розміщених в літрової банці або посудину Марінеллі, та перерахунку її в одиниці активності за формулою:

$$g = N_0 K,$$

де g — активність проби, Бк/кг; N_0 — сила опромінення без фону (мкР/ч); K — коефіцієнт перерахунку.

Для проведення вимірювань використовують радіометри КРК-1, РУБ-01П, «Бета». Подрібненою пробою заповнюють кювет і вимірюють швидкість зчитування за період не більше 1000 с. Методика може бути застосована при утриманні радіоактивних речовин в пробах не менше 37 Бк/кг

При малій концентрації радіонуклідів в пробах сумарна бета - активність проби визначають за пороховим залишком. Щоб збільшити

концентрацію радіонуклідів в пробах, їх спалюють. Порох розтирають у дрібний порошок, наносять на стандартну підставку 200-300 мг золи, рівномірно розподіляють і вимірюють швидкість відліку стаціонарним радіометром.

Питому активність розраховують за формулою:

$$A = N_0 K_{св} D_{оз} / m,$$

де A — питома активність досліджуваної проби, Ки/кг (л), Бк/кг (л); N_0 — швидкість зчитування проби без фону, імп/хв; $K_{св}$ — коефіцієнт перерахунку імпульсів у хвилину активність, $D_{оз}$ — коефіцієнт озолення, який дорівнює масі золи в грамах, отриманої при озоленні 1 кг проби; m — маса золи, взятої для радіометрії, р.

Для визначення коефіцієнта зв'язку готують 4 – 5 препаратів масою 200-300 мг з висушеного КСІ (еквівалентної маси препарату), вимірюють швидкість зчитування при тих же умовах, в яких проводили вимірювання препарату. Коефіцієнт зв'язку розраховують за формулою:

$$D_{св} = A_{ем} / N_{0ем} \cdot 2,22 \cdot 10^{12},$$

де $A_{ем}$ — активність еталону КСІ, розпадів/хв. (для навішування 300 мг дорівнює 228 розпадів /хв); $N_{0ем}$ — швидкість зчитування еталона без фону, імп/хв. у відсотках; $2,22 \cdot 10^{12}$ — коефіцієнт перерахунку розпадів, Кюрі.

Для експресних вимірів питомої активності цезію-137 використовують двоканальні радіометри РУБ-01 П6, РКГ-05, РУГ-91, спектрометр «Прогрес-спектр», які дають можливість обчислювати участь калію у сумарній активності проби, тобто радіоактивне забруднення навколишнього середовища загалом.

Радіохімічні методи. Їх використовують, дотримуючись певної послідовності: відбір і підготовка проб досліджуваних об'єктів; внесок носіїв і мінералізація проб; виділення радіонуклідів з проб; очищення виділених радіонуклідів від сторонніх нуклідів і супутніх макроелементів; ідентифікація і перевірка радіохімічної чистоти; радіометрія виділених радіонуклідів; розрахунок активності і висновки.

Відібрані радіологічними відділами зразки проб повинні бути типовими для досліджуваного об'єкта, а маса – достатньою для проведення радіохімічного аналізу (табл. 4.1.).

Таблиця 4.1.

Строки і норми відбору проб для дослідження на радіоактивність

Об'єкт	Терміни відбору проб	Кількість проб	Маса (об'єм) проб
Трава	Весна, літо, осінь	20 – 25	3 – 4 кг
Грубі корми	Осінь	20 – 30	2 – 3 кг
Силос, сінаж	Перед вживанням	10 – 15	4 – 5 кг
Коренеплоди	Осінь	10 – 15	3 – 6 кг
Концентрати	Постійно	20 – 30	2 – 3 кг
Молоко	Щоквартально		5 – 6 л
М'ясо	Весна, осінь		2 – 3 кг
Кістки	Весна, осінь		0,5 кг
Свіжа риба	По мірі надходження		3 кг
Птиця	По мірі надходження		1 тушка
Яйця	По мірі надходження		10 шт.
Мед	—		0,2 – 1,0 кг
Вовна	—		0,2 – 0,5 кг
Вода	Весна, осінь		510 л

При відборі проб у контрольних пунктах вимірюють гамма-фон приладом СРП-68-01 на відстані 0,7 – 1 м від ґрунту і 1 – 1,5 см від об'єкта (шкури, кігті, тушки тварин тощо). Дані записують у супровідному документі.

Застосування різноманітних методів радіаційного контролю дає можливість здійснювати вимірювання радіоактивності різних складових середовища, продукції. Вибір методів залежить від мети радіаційного контролю.

4.4. Використання БПЛА у моніторингу радіаційного забруднення території України

Аналіз складу повітря поза лабораторією за допомогою БПЛА має багато переваг. Це економить гроші і час на доставку отриманих зразків в лабораторію для проведення досліджень. При проведенні аналізу на місці, як правило, не потрібні висококваліфіковані виконавці, так як використовуються більш прості інструменти аналізу. Але головна перевага таких досліджень полягає в тому, що часто неможливо провести аналіз в стаціонарній лабораторії або це не має сенсу, наприклад, в ситуаціях, коли форми існування окремих компонентів мінливі.

Аналіз складу повітря від безпілотного робота виконується в режимі реального часу, що дає можливість негайно приступити до ліквідації джерел або наслідків аварій, не чекаючи закінчення дослідження в лабораторії і отримання відповідних лабораторних даних.

Будівництво об'єктів атомної енергетики, використання атомної енергії в мирних і оборонних цілях, застосування джерел іонізуючого випромінювання в різних галузях призвело до того, що однією з найважливіших складових національної безпеки країни стає забезпечення ядерної та радіаційної безпеки.

Радіаційний моніторинг територій, на яких розміщуються об'єкти використання атомної енергії, як правило, виконується з використанням стаціонарних систем вимірювання гамма-випромінювання. Радіаційно-небезпечні об'єкти повинні відповідати вимогам безпеки в нормальних умовах експлуатації і в разі радіаційних аварій на об'єктах.

Облік і контроль радіонуклідних джерел, забезпечення їх безпечної експлуатації та виведення з експлуатації після закінчення терміну служби, дотримання правил і норм безпеки дозволяють звести до мінімуму їх радіаційний вплив на навколишнє середовище. Втрата професійного

контролю над ними (різні непередбачені надзвичайні ситуації, пов'язані з їх втратою або розкраданням, порушенням герметичності) можуть привести до серйозних наслідків.

Одним з найбільш ефективних способів радіаційної розвідки територій, що зазнали радіаційного забруднення, а також пошуку радіоактивних джерел є дистанційне вимірювання приземного гамма-випромінювання за допомогою вимірювального обладнання, встановленого на пілотованих і безпілотних літальних апаратах (БПЛА). Саме використання дистанційних вимірювань з борту пілотованих літальних апаратів покладено в основу декількох міжнародних навчань з пошуку джерел іонізуючого випромінювання за участю підрозділів МНС [51]. Використання БПЛА в якості носія вимірювального обладнання має ряд очевидних переваг перед пілотованими літальними апаратами, і в першу чергу, їх економічність. Попередні відповідні дослідження проводилися раніше [54], проте вони не були доведені до безпосередніх вимірювань з борту БПЛА.

Нижче наводяться деякі результати використання БПЛА для розміщення на ньому дозиметричного комплексу, призначеного для вимірювання гамма-випромінювання у земній поверхні. Дослідження виконувалася в «НТЦ Енергобезпека» в 2020 р. за участю фахівців ТОВ «НТЦ Амплітуда» (кандидата технічних наук А. П. Єрмілова, інженера С. А. Єрмілова, інженера І. С. Коновалова), НВО «Тайфун» (кандидата фізико-математичних наук С. П. Берестецького) та інших в рамках державного контракту «Розробка безпілотного дозиметричного комплексу для радіаційного моніторингу об'єктів використання атомної енергії та прилеглих до них територій, а також визначення концентрацій газоаерозольної радіоактивної домішки, що розповсюджується в атмосфері в умовах радіаційних аварій на радіаційно-небезпечних підприємствах» [45]. Мета дослідження полягала в розробці макета безпілотного дозиметричного комплексу (БПДК) для вимірювання радіаційного забруднення територій.

1. Безпілотний дозиметричний комплекс вимірювання гамма-

випромінювання. Головними критеріями розробки БПДК були наступні:

- забезпечення прийнятної чутливості системи детектування гамма-випромінювання для Експрес-оцінок радіаційного забруднення територій;
- досягнення прийнятної маси приладової частини бортового обладнання; забезпечення функціонування системи вимірювань гамма-випромінювання, систем позиціонування, відеозйомки та дистанційної передачі даних на встановлені на землі системи прийому і обробки даних вимірювань;
- можливість використання розроблених зразків гамма-спектрометрів, апробованих в системах дистанційного вимірювання гамма-випромінювання, у складі пересувної лабораторії радіологічних досліджень, наприклад, на основі автомобіля [45];
- можливість використання у складі дозиметричного комплексу програмного забезпечення, що працює у складі сукупності спектрометричних трактів, підключених через багатовходовий амплітудно-цифровий перетворювач до персонального комп'ютера.

БПДК призначений для виявлення зон радіоактивного забруднення місцевості, вимірювання спектрального складу і потужності експозиційної дози гамма-випромінювання, пошуку точкових джерел гамма і нейтронного випромінювання, а також відображення і документування даних радіаційної обстановки. Наземний обчислювальний комплекс здійснює збір, обробку і ведення бази даних дозиметричної і радіометричної інформації, що надходить з повітряного дистанційного комплексу, визначення координат точкових джерел за даними каналів виявлення, побудова карти-схеми дозової обстановки і визначення виявлених точкових джерел. В якості дозиметра - основного елемента вимірювальної системи-розроблений блок детектування гамма-випромінювання БДФІ-02.

Діапазон вимірювання енергій фотонного випромінювання: 200 Ев...3000 КЕВ; Діапазон вимірювання потужності амбієнтного еквівалента

доза (МАЕД): 0,1. 300 мкЗв / год; межа допустимої основної відносної похибки вимірювань МАЕД: 20 %; анізотропія чутливості блоку детектування (щодо поздовжньої осі): 15 %; габаритні розміри блоку детектування: діаметр-60 мм, довжина -280 мм, маса-0,8 кг

Малі габарити комплексу і його невелика маса відкривають перспективи установки обладнання на самих різних типах літальних апаратів. Розроблена ТОВ НТЦ «Амплітуда» спектрометрична установка «Супутник» [6] призначена для вимірювань активності, щільності потоку і потужності еквівалентної дози іонізуючих випромінювань. Установка складається з блоків детектування, захисту від зовнішнього гамма-випромінювання, електронного пристрою і зовнішнього блоку живлення.

Застосування бортового вимірювального комплексу дозволяє в реальних умовах виконувати наступні дії:

- визначати двовимірну картину поля гамма-випромінювання біля земної поверхні; виявляти точкові і протяжні неекрановані джерела гамма-випромінювання з досить низькою активністю;
- ідентифікувати радіонуклідний склад джерела;
- проводити вимірювання поверхневої щільності активності радіонуклідів (радіаційного післяаварійного сліду);
- визначати координати джерела з точністю 5.10 м.

Таким чином, багатофункціональність вимірювального комплексу дозволяє вирішувати широке коло завдань радіаційного контролю територій.

Система позиціонування (визначення координат) вимірювального комплексу побудована на основі датчика супутникової навігації GPS. Додаткову візуальну інформацію про досліджувану територію надає відеокамера, що входить в комплект обладнання, що встановлюється на борту БПЛА. Дані з блоку детектування гамма-випромінювання, GPS-приймача і відеокамери передаються по радіоканалу на персональний комп'ютер за допомогою комплекту радіопередавальної апаратури, оснащеної

бортовою антеною. Використовуваний комунікаційний інтерфейс дозволяє передавати дані з досить високою швидкістю для вирішення поставлених завдань.

Радіокерований вертоліт Caliber-ZG фірми Kyosho Die-Cast (Японія) обраний як оптимальний за вартістю, простоті управління і підйому корисного навантаження (до 5 кг). Для обробки даних вимірювань, що надходять на персональний комп'ютер, використовується програмний комплекс «Прогрес-Навігатор», розроблений ТОВ «НТЦ Амплітуда». Стосовно до завдань даної розробки «Прогрес-Навігатор» забезпечує:

- визначення МАЕД у поверхні землі(на стандартній висоті 1 м);
- синхронне управління роботою комплексу засобів вимірювань і навігаційної системи на базі GPS-приймача;
- збір даних від бортових систем вимірювання;
- відображення тимчасової розгортки результатів вимірювань;
- відображення одержуваної інформації на зображеннях географічних карт з прив'язкою до реальних координат, що передаються навігаційною системою;
- обробку результатів гамма-зйомки місцевості.

Результати вимірювань у міру надходження записуються в базу даних. При використанні програмного комплексу "Прогрес-Навігатор" на карті досліджуваної місцевості відображається поточне положення мобільної лабораторії. За бажанням оператора можна вивести на карту позначки вимірів, значення МАЕД, оціночні значення питомої активності природних радіонуклідів і поверхневої активності окремих радіонуклідів.

2. Випробування вимірювального комплексу. Після складання бортового вимірювального обладнання в металевий ящик його сумарна маса склала 4,8 кг.

Програма лабораторних та польових випробувань вимірювального комплексу включала наступні етапи:

1. випробування дозиметричної частини комплексу; моделі БПЛА;

2. системи передачі даних по радіоканалу;
3. повного комплексу обладнання без використання БПЛА;
4. БПЛА з повним комплектом обладнання.

В рамках лабораторних випробувань проводилися випробування всього вимірювального комплексу (дозиметричного обладнання, системи позиціонування, передачі даних вимірювань і відеосигналу, прийому даних і їх введення в персональний комп'ютер). У лабораторних умовах проводилася також метрологічна перевірка гамма-детектора з використанням стандартного радіаційного джерела. В результаті лабораторних випробувань була встановлена надійність роботи вимірювального та комунікаційного обладнання, а також системи обробки та аналізу даних.

Польові випробування проводилися в зимовий сезон в околицях м. Києва.

Територія являє собою поле на пересіченій місцевості з коливаннями висот рельєфу + 3 м/1 км. висота снігового покриву становила 30 см. в експериментах використовувалося джерело іонізуючого випромінювання на основі Cs137. Ампула з джерелом була поміщена на поверхню ґрунту і закрита снігом. Модель вертольота продемонструвала підйом з повним бортовим навантаженням до висоти 50 м. З метою досягнення більшої точності вимірювань і щоб уникнути ризику падіння вертольота вимірювання проводилися з висоти 10 м. зондування здійснювалося по галсах, віддалених один від одного на 10 м, на майданчиках розміром 50[^]50 м і 100*100 м. в результаті випробувань був встановлений виразний максимум гамма-випромінювання, що вказує на місце розташування джерела іонізуючого випромінювання. Координати джерела визначені з точністю 3.5 м.

Випробування дозволили адекватно встановити можливості системи проводити дистанційні вимірювання МАЕД, здійснювати пошук джерел іонізуючих випромінювань, визначати на основі аналізу спектру гамма-випромінювання нуклідний склад радіоактивних речовин і поверхневу щільність активності радіонуклідів.

3. Картування полів приземного гамма-випромінювання. Найбільш наочна і інформативна форма представлення результатів дистанційних вимірювань-картографічний. Для своєчасного виявлення радіоактивного забруднення необхідно передбачати різні варіанти радіаційних спостережень місцевості. Основні завдання, що вирішуються в процесі радіаційних спостережень і радіаційної розвідки, впливають з характеру забруднення і включають:

- встановлення факту радіоактивного забруднення;
- встановлення напрямку переміщення викиду радіоактивної хмари; встановлення меж районів радіоактивного забруднення;
- визначення рівнів потужності дози випромінювання в межах меж зон радіоактивного забруднення;
- виявлення ступеня радіоактивного забруднення;
- контроль зміни рівнів випромінювання на місцевості в часі після встановлення факту забруднення;
- документування результатів вимірювань при аналізі радіаційної обстановки.

Однією з особливостей дистанційного вимірювання поля приземного гамма -випромінювання з борту БПЛА є необхідність приведення результатів вимірювань на висоті польоту до значень потужності поглиненої дози гамма-випромінювання на стандартній висоті 1 м над поверхнею землі. Перерахунок показань вимірювального приладу до висоти 1 м проводиться з використанням висотного коефіцієнта. Останній залежить від висоти польоту, енергетичного спектру гамма-випромінювання, метеорологічних умов (температури, тиску, вологості, запиленості повітря), рельєфу місцевості, характеру підстильної поверхні та інших факторів.

Інша особливість повітряної радіаційної розвідки полягає в тому, що результати вимірювання потужності дози гамма-випромінювання, наведені до висоти 1 м над поверхнею землі, не характеризують радіоактивно забруднену місцевість в точці місцевості, що знаходиться під літальним

засобом в момент вимірювання, а є усередненою характеристикою для ділянки місцевості по трасі польоту літального апарату. Ця особливість пов'язана з обмеженою швидкістю бортових засобів радіаційних вимірювань і обмеженою швидкістю руху БПЛА по призначеній трасі польоту.

З урахуванням необхідного часу на обробку, реєстрацію та передачу інформації в автоматичному режимі частота реєстрованих точок контролю, прив'язаних до розвідуваної місцевості, може скласти в ідеальному випадку приблизно до 1000...2000 точок за годину польоту. При швидкості польоту БПЛА 10 км/год відстань між точками вимірювання над досліджуваною місцевістю становить 5.10 м, що забезпечує досить високу точність побудови ізодоз на карті місцевості для подальшої оцінки радіаційної обстановки.

4. Оцінка потужності джерела і поля концентрацій радіонуклідів при гіпотетичній аварії на радіаційно-небезпечному об'єкті. При аварійних ситуаціях на радіаційно-небезпечних об'єктах і при руйнуванні радіоактивних джерел різного призначення можливе радіоактивне забруднення прилеглої місцевості. У зв'язку з цим виникають завдання виявлення джерела радіаційного забруднення та оцінки масштабів забруднення місцевості. Відзначимо, що використання БПДК в момент проходження радіоактивної хмари неможливо через неминучий вихід з ладу електронного обладнання в результаті впливів на нього сильного іонізуючого випромінювання. Крім того, спроба запуску БПЛА з бортовим обладнанням в радіоактивну хмару призведе до радіаційного забруднення БПЛА і обладнання. Тому виникає питання про вирішення зворотної задачі, що стосується оцінки потужності джерела забруднення і поля концентрацій радіонуклідів за результатами дистанційних вимірювань після -аварійного радіаційного сліду.

Оскільки БПДК здатний визначати нуклідний склад забруднення і поверхневу щільність активності радіонуклідів, склад вихідних даних виявляється адекватним для вирішення такого завдання.

На наступному етапі відомим вважається тільки поле випадіння і метеорологічні умови, а зворотна задача з відновлення параметрів джерела і

визначення поля концентрацій радіонуклідів вирішується методом ітерацій. Отримані таким чином результати використовуються далі для порівняння з вихідними параметрами джерела і концентраціями, визначеними в процесі вирішення прямої задачі.

Аналіз проведених розрахунків для різних метеорологічних умов показав цілком прийнятну точність оцінки параметрів джерела. Точність оцінки потужності джерела становить в середньому 10.12 %, а його ефективної висоти — 20.25 %. Найбільші розбіжності у визначенні поля концентрацій виявилися в межах точності застосовуваних на практиці моделей атмосферної дисперсії.

Методика може бути порівняно легко доповнена можливістю обліку ефектів збіднення поля концентрацій радіонуклідів за рахунок їх вимивання опадами і в результаті радіоактивного розпаду частинок в процесі їх перенесення в атмосфері.

5. Застосування безпілотних літальних апаратів для дистанційного вимірювання параметрів навколишнього середовища і відеоспостереження. Області практичного застосування БПЛА не вичерпуються розглянутими. БПЛА, споряджений обмеженим комплектом обладнання, може використовуватися при виробництві інженерно-екологічних вишукувань, технічному обстеженні стану будівель і споруд, виявленні вогнищ пожеж, фотозйомці повітряних ліній електропередачі (пл) та інших об'єктів, розташованих у важкодоступних місцях.

В Україні знаходиться в експлуатації 15 енергоблоків – 13 з них типу ВВЕР1000 та 2 типу ВВЕР-440. Україна займає 10 місце в світі за кількістю енергоблоків та 7 за встановленою потужністю, яка становить 13 835 МВт. [45].

Єдиним оператором усіх діючих атомних електростанцій в Україні є Державне підприємство «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом» (далі – ДП «НАЕК «Енергоатом»). До складу ДП «НАЕК «Енергоатом» входять 4 атомні електростанції: Запорізька АЕС, Рівненська

АЕС, Хмельницька АЕС та Южно-Українська АЕС. За 2015 рік АЕС вироблено 87,8 млрд кВт*год, що становить 55,6% від загального виробництва електроенергії в Україні.

Коефіцієнт використання встановленої потужності АЕС у 2015 році склав 72,3%. В 2015 році на АЕС України не відбулося подій, які б призвели до переопромінення персоналу чи викиду радіоактивних речовин у навколишнє природне середовище понад встановлених меж, а також порушень меж та умов безпечної експлуатації. Також не було порушень, пов'язаних з непрацездатністю систем важливих для безпеки та таких, що призвели б до падіння та/або пошкодження тепловиділяючих збірок (ТВЗ) і ТВЕЛ.

За результатами розслідування 15 порушень у роботі АЕС України, які сталися у 2015 році, зафіксовано 20 аномальних подій, для яких було визначено корінні причини. Найбільший внесок складають причини, що пов'язані з відмовами обладнання (52 %). Не зважаючи на зниження частки причин, пов'язаних з помилками персоналу та ефективністю систем управління, цей показник залишається доволі високим і становить 24%.

Дані автоматизованих систем радіаційного контролю усіх діючих АЕС України доступні в режимі реального часу на офіційних веб-сайтах АЕС. У 2015 році здійснювався моніторинг тритію в воді ставків-охолоджувачів Запорізької АЕС та прилеглий акваторії Каховського водосховища, на Рівненській АЕС, Южно-Українській АЕС і Хмельницькій АЕС – у водах річок Стир, Південний Буг і Горинь.

Максимальні значення об'ємної активності тритію у воді ставкаохолоджувача Запорізької АЕС склали 98,6 кБк/м³, що знаходиться на рівні середнього значення за минулі роки. На Южно-Українській АЕС максимальні значення вмісту тритію зареєстровані у воді р. Південний Буг до АЕС – 16,3 кБк/м³, після АЕС (контрольний створ) – 20,0 кБк/м³, у ставкуохолоджувачі Южно-Української АЕС максимальне значення концентрації тритію зареєстровано на рівні 133,0 кБк/м³; у воді ставкаохолоджувача

Хмельницької АЕС – 91,0 кБк /м³ , в р. Горинь (до АЕС) – 32,0 кБк/м³ , після АЕС – 54,5 кБк/м³ , і у воді р. Стир (Рівненська АЕС) до АЕС – 7,1 кБк /м³ , після АЕС – 25,3 кБк/м³ .

Зареєстровані рівні, переважно, відповідають даним публікацій Національного центру радіаційної медицини АМН України, фахівцями якого протягом останніх ведеться моніторинг тритію Україні. На всіх АЕС ДП «НАЕК «Енергоатом» контроль забрудненості атмосферного повітря радіоактивними аерозолями здійснюється аспірацій ним методом за допомогою фільтрувальних установок, змонтованих на постах радіаційного контролю. Відбір проб аерозолів здійснюється прокачуванням повітря через фільтрувальну тканину.

Отримані дані свідчать, що рівні щільності забруднення ґрунту знаходяться в межах значень «нульового фону». Найвищі рівні забруднення ґрунту відзначаються в районі розташування РАЕС, що може пояснюватися нерівномірним характером радіоактивних випадіннь, обумовлених чорнобильською аварією.

Радіаційні параметри, що характеризують роботу діючих АЕС в 2015 році, не перевищували нормативних значень, а радіаційний захист персоналу та населення забезпечувалися над остатньому рівні. За 30 років з моменту аварії на ЧАЕС стан радіаційного забруднення суттєво поліпшився внаслідок:

прояву природних процесів (фізичного розпаду радіонуклідів, їх фіксації і перерозподілу в різних компонентах довкілля);

здійснення комплексу контрзаходів, які були спрямовані на зниження доз опромінення і створення радіаційно безпечних умов проживання громадян на забруднених територіях.

Внаслідок цього радіаційний фон порівняно з 1986 р. зменшився у сотні разів, а площі території України, що зазнали радіоактивного забруднення, суттєво скоротилися. Загальна активність викинутих речовин зменшилася більше ніж у 200 разів, а та радіоактивність, що залишилася на земній поверхні за межами промислового майданчика Чорнобильської АЕС більше

ніж на 85 відсотків представлена цезієм-137, майже 10 % р – стронцію -90, решта – на рахунку трансуранових елементів, лєвова частка з яких належить плутонію-241.

При цьому варто зазначити, що просторовий розподіл на території України стронцію-90 та ізотопів плутонію суттєво відрізняється від розподілу цезію-137, оскільки більше 60% викинутих із чорнобильського реактора важко летючих елементів (ізотопів трансуранових елементів), а також стронцію-90 залишилося на території зони відчуження. Критичні рівні забруднення $^{238}\text{Pu}+^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$ (понад 0,1 Ки/км²) спостерігаються тільки на території зони відчуження.

Внаслідок Чорнобильської катастрофи радіоактивне забруднення різної інтенсивності сформувалися у лісах 17 областей держави на площі 3,5 млн. га. На момент обстеження (1991-1992 р.р.) на площі 1,23 млн. га щільність забруднення лісів ^{137}Cs перевищувала 37 кБк /м².

У даному дослідженні будемо розглядати точкове джерело викиду шкідливих речовин, що знаходиться на деякій висоті. Уводимо в розгляд нерухому декартову прямокутну систему координат (OXYZ), в якій вісь OZ спрямована вгору (по напрямку місцевої вертикалі), вісь OX – на схід, а вісь OY – на північ, початок системи координат (точка O) відповідає місцезнаходженню джерела викиду на площині XOY. Область дослідження визначається у вигляді паралелепіпеда з нерівною нижньою межею, що відображає неоднорідність рельєфу підстильної поверхні. Одночасно із системою координат OXYZ уводимо "рухому" систему координат oxuz, початок якої збігається з точкою O, вісь ox спрямована за напрямком вітру, вісь oz спрямована вгору (по напрямку місцевої вертикалі), вісь oy направлена таким чином, щоб система координат була правосторонньою.

$$0 \leq x \leq L_x, \quad 0 \leq y \leq L_y, \quad \delta \leq z \leq Z_m,$$

де, L_x , L_y - розміри області по горизонталі, функція $z(x, y) = \delta(x, y)$ задає рельєф місцевості (шорсткість), Z_m - положення верхньої межі розглянутої

області. Перенесення забруднюючих домішок в атмосфері здійснюється вітровими потоками повітря з урахуванням їхніх дрібномасштабних флуктуацій. Осереднений потік має адвективну й конвективну складові, а осереднення флуктуаційного руху можна інтерпретувати як дифузію на фоні пов'язаного з ним основного усередненого руху. Сформулюємо задачу переносу аерозолу в атмосфері в загальному вигляді.

Сформулюємо задачу переносу аерозолу в атмосфері в загальному вигляді. Нехай $C(x, y, z, t)$ - концентрація забруднюючого атмосферного субстанції, що рухається разом з потоком повітря в атмосфері, $U = u\mathbf{i} + v\mathbf{j} + w\mathbf{k}$ вектор швидкості частин повітря як функція координат x, y, z , і часу t ; $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ - одиничні орти в напрямку осей системи координат $OXYZ$ відповідно; u, v, w - проєкції вектора швидкості $U(x, y, z, t)$ на осі системи координат.

Процес переносу забруднюючих домішок разом з повітряним атмосферним потоком можна описати у вигляді рівняння, що представляє собою рівність нулю повної похідної від концентрації $C(x, y, z, t)$ домішки.

$$\frac{dC(x, y, z, t)}{dt} = 0$$

Враховуючи, що $\frac{\partial x}{\partial t} = u, \frac{\partial y}{\partial t} = v, \frac{\partial z}{\partial t} = w$, маємо

$$\frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial t} + u \frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial x} + v \frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial y} + w \frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial z} = 0$$

Оскільки для нижніх шарів атмосфери добре виконується закон збереження маси, що визначається рівнянням неперервності, отримаємо

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \text{div}(U) = 0$$

Тобто $\frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial t} + \text{div}(UC(x, y, z, t)) = 0$

Рівняння можна узагальнити, якщо врахувати, що частина домішки може вступати в реакцію з зовнішнім середовищем або розпадатися з постійною часу $\lambda = \tau^{-1}$ (для випадку радіоактивних аерозолів), а також урахувати джерело забруднення, яке описується функцією $f(x, y, z, t)$:

$$\frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial t} + \operatorname{div}(\vec{U}C(x, y, z, t)) + \alpha C(x, y, z, t) = f(x, y, z, t).$$

Точний розв'язок рівняння можливий у тому випадку, коли відомі значення функції $U = u_i + v_j + w_k$ у просторі в усі моменти часу. Якщо ж інформації про компоненти вектора швидкості недостатньо, то в цьому випадку доцільно користуватися різними наближеннями та припущеннями [6]. Для опису процесу розповсюдження шкідливих домішок в атмосфері та їхнього перенесення потоком вітру з урахуванням гравітаційного осадження таких домішок широко застосовується напівемпіричне рівняння турбулентної дифузії для приземного шару повітря – як одне з конкретизованих представлень виразу [4, 6].

Наведемо форму запису такого рівняння при виборі рухомої системи координат $oxyz$, при цьому напрямок осі ox вибираємо за напрямком швидкості діючого вітру.

Для таких умов отримаємо:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial t} + u \frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial x} + w \frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial z} \\ &= \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial z} \right) \\ &+ \alpha C(x, y, z, t) \end{aligned}$$

На практиці використовувати отримані вирази, які виведені з прив'язкою до прямокутної декартової систем координат, не завжди зручно. Це обумовлено тим, що необхідні точні визначення відносних координат джерела викиду та місця розташування вимірювань, а також подальше перенесення отриманих результатів в абсолютні географічні координати.

Тому за доцільне необхідно доповнити вирази аналогічними виразами в криволінійній циліндричній системі координат. У такому випадку ми будемо мати справу тільки з напрямком на джерело викиду і з віддаленням від нього, що істотно полегшує процедуру проведення дистанційного аналізу розподілу радіоактивного аерозолю. Для цього вводимо в розгляд

криволінійну циліндричну систему координат (ρ, φ, z) , початком якої є, як і раніше, точка O - точка місцезнаходження джерела викиду.

Для випадку застосування циліндричної системи координат базове рівняння прийме такий вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C(\rho, \varphi, z, t)}{\partial t} + V_\rho \frac{\partial C(\rho, \varphi, z, t)}{\partial \rho} + V_\varphi \frac{1}{\rho} \frac{\partial C(\rho, \varphi, z, t)}{\partial \varphi} + V_z \frac{\partial C(\rho, \varphi, z, t)}{\partial z} \\ = \frac{\partial}{\partial \rho} \left(k_\rho \frac{\partial C(\rho, \varphi, z, t)}{\partial \rho} \right) + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(k_\varphi \frac{\partial C(\rho, \varphi, z, t)}{\partial \varphi} \right) \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial C(\rho, \varphi, z, t)}{\partial z} \right) + \alpha C(\rho, \varphi, z, t), \end{aligned}$$

де $V_\rho = u \cos \varphi + v \sin \varphi$; $V_\varphi = -u \sin \varphi + v \cos \varphi$; $V_z = w$ - проекції вектора швидкостей циліндричній системі координат; k_ρ, k_φ, k_z - відповідні коефіцієнти турбулентної дифузії.

Розв'язок рівняння дає змогу отримати нові аналітичні вирази для визначення концентрації радіоактивних аерозолів у зоні осередку викиду по відомим їхнім концентраціям, а також швидкості і напрямку вітру на деякому віддаленні від місця їхнього викиду. Таким чином, дана модель може бути використана для проведення натурного вимірювального експерименту із застосуванням КІВС на базі БАК, як за штатних, так і нештатних режимів роботи об'єктів енергетики, включаючи АЕС і ТЕС.

Побудова систем контролю радіаційної безпеки базується на вимірюванні параметрів радіоактивного забруднення шляхом здійснення заздалегідь певної кількості вимірювань або часу спостереження [6]. Подібні системи добре себе зарекомендували саме для аналізу рівнів забруднення при штатній роботі джерел, але мають істотний недолік, оскільки вся інформація про радіаційну обстановку належить до минулого часу, що неприпустимо при аварійних ситуаціях. Визначення активності за час радіаційної аварії можна вирішувати із застосуванням сучасних технологій і методик, серед яких пропонується застосування БПЛА [49].

Відбір радіоактивного аерозолу над джерелом викиду або поблизу

нього може бути реалізований за допомогою встановлення на борту БПЛА фільтроежекційної пристрої (ФЕП) як альтернативи аспіраційного датчика [19].

За допомогою ФЕП можна вимірювати концентрацію шкідливих домішок у певній точці атмосфери Землі. Продуктивність створеного нами ФЕП залежно від швидкості потоку повітря [49] показано на рис. 4.6.

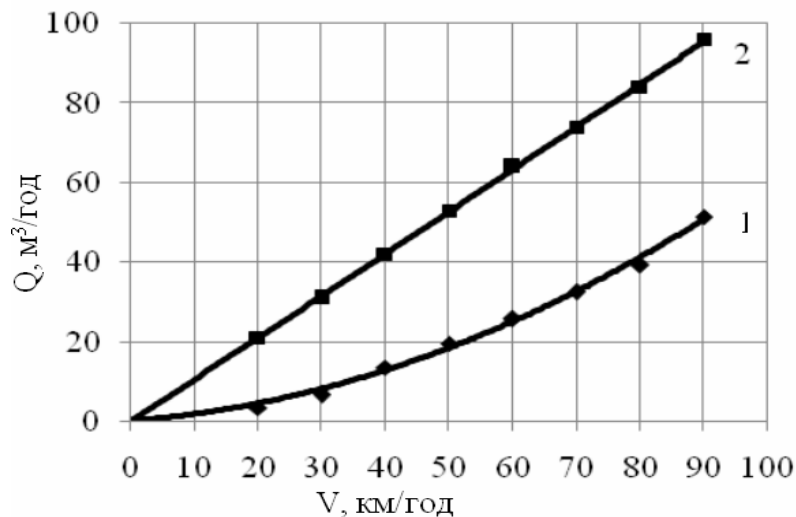


Рис. 4.6. Продуктивність створеного ФЕП

На цьому рисунку позначено об'єми для даних швидкостей через поперечний переріз ФЕП (крива 2), а калібрувальна характеристика представлена кривою 1.

З графіка випливає, що, наприклад, при швидкості БПЛА 70 км/год через фільтрувальну тканину ФЕП пройде 32 м повітря за 1 год польоту. За 2 хв польоту маємо близько 1 м³, що дає змогу виміряти об'ємну активність ¹³⁷Cs величиною 1 Бк /м.

БПЛА обладнаний також навігаційною системою і системою керування польотом, які забезпечують центр керування польотом всією необхідною польотною і навігаційною інформацією. Таким чином, розглядаючи в якості засобу для проведення моніторингу забруднення БПЛА, можна визначити концентрацію шкідливих домішок $C(x, y, z)$, а за його польотними даними визначити значення швидкості та напрямку дії вітру на висоті польоту БПЛА відносно опорної системи координат.

З часом в лісових екосистемах у наслідок вертикальної міграції відбувається перерозподіл радіонуклідів між лісовою підстилкою і ґрунтом тобто зменшення валового вмісту радіоактивних елементів у лісовий підстилці та його збільшення у мінеральній частині ґрунтів.

Площа лісів зі щільністю забруднення менше 37 кБк/м² щорічно збільшується і зараз є підстави для віднесення їх до категорії чистих територій та проводити на них всі лісогосподарські заходи без обмежень.

Так, на прикладі здійснення польоту навколо можливого джерела викиду радіоактивного аерозолу [51] можна визначити їхню концентрацію безпосередньо на виході з джерела забруднення, а на основі отриманих співвідношень встановити картину їхнього розповсюдження в приземних шарах атмосфери.

Так, для розв'язання прямої задачі визначення концентрації радіоактивного аерозолу за умови, що джерело викиду, наприклад, знаходиться на висоті 130 м з інтенсивністю 1000 Бк/м³ при швидкості вітру 5 м/с, на основі виразу отримаємо діаграму розподілу по мірі віддалення від джерела викиду на висоті 70 м (рис. 4.7). На рисунку наведена картина розповсюдження радіоактивного аерозолу по напрямку вітру протягом 10 км від джерела викиду. Проводячи математичне моделювання виразів, що визначають концентрацію радіоактивного аерозолу, можна отримати тривимірний її розподіл, що ілюструється графіками на рис. 4.8.

Найбільший практичний інтерес становлять діаграми ліній рівня, які відповідають певним концентраціям радіоактивного аерозолу, що також є результатом розв'язання математичної моделі. Таким чином, наведені математична модель, її розв'язки, методика проведення натурного експерименту і результати математичного моделювання є зручним підходом при аналізі розповсюдження радіоактивного аерозолу.

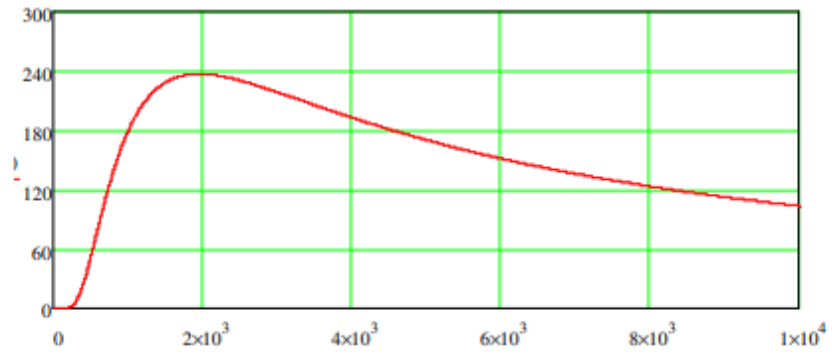


Рис. 4.7. Розподіл концентрації за напрямком вітру

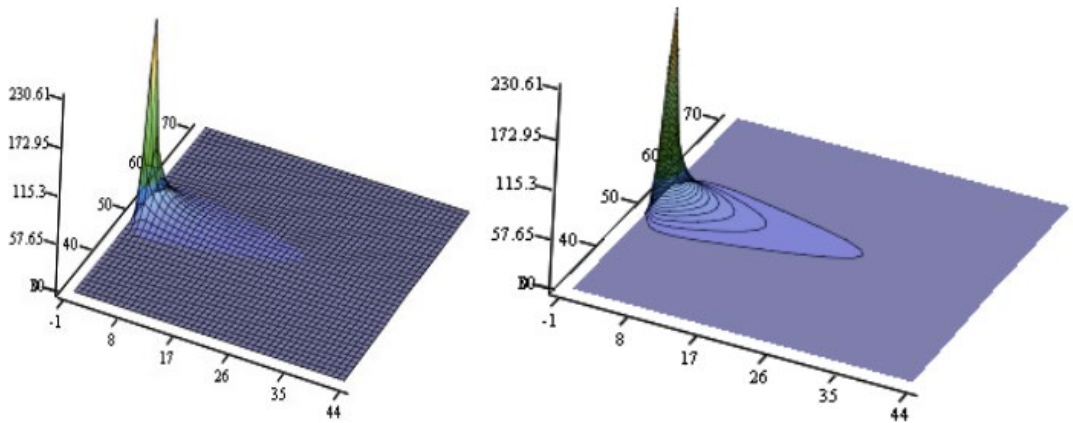


Рис. 4.8. Просторовий розподіл концентрації радіоактивного аерозолю в області зони викиду

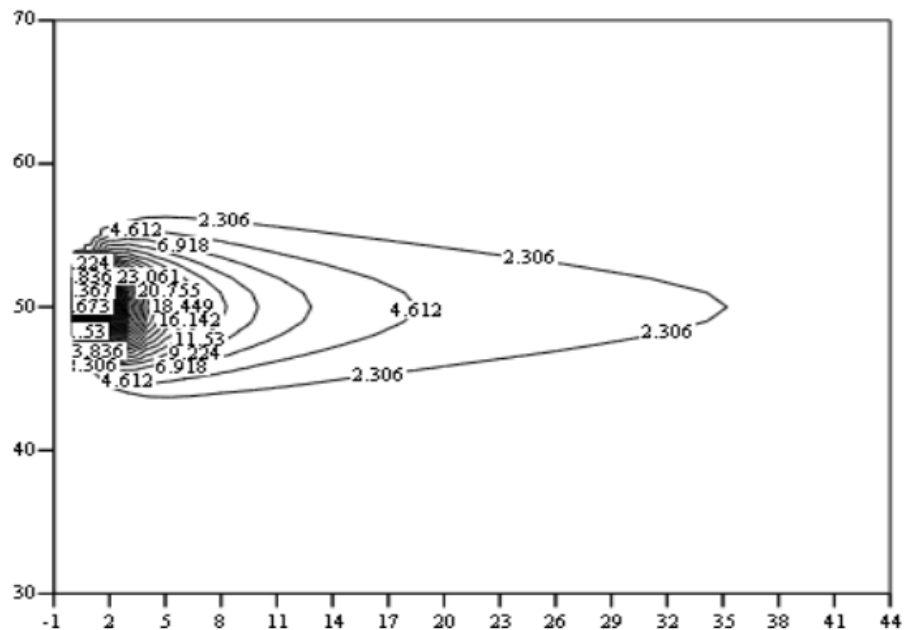


Рис. 4.9. Лінії рівнів концентрацій радіоактивного аерозолю

Зміни радіаційної ситуації в забруднених радіонуклідами лісах відбуваються природнім шляхом за рахунок фізичного розпаду радіонуклідів

і їх перерозподілу між компонентами лісових біогеоценозів.

Тому такі зміни радіаційної ситуації у лісових екосистемах можна вважати як автореабілітаційні, оскільки вони відбулися без втручання людини. Для регламентації використання радіоактивно забруднених лісів Держлісагентством України розроблено Концепцію та Програму реабілітації забруднених лісів.

Висновок до четвертого розділу

Випробування дозволили адекватно встановити можливості системи здійснювати дистанційні вимірювання МАЕД гамма-випромінювання, визначати на основі аналізу спектру гамма-випромінювання нуклідний склад радіаційного сліду і поверхневу щільність активності радіонуклідів.

Відзначається, що область застосування БПДК може бути істотно розширена при вирішенні різних прикладних завдань радіаційного контролю. Крім того, БПЛА, споряджений обмеженим комплектом обладнання, може використовуватися при виробництві інженерно-екологічних вишукувань, технічному обстеженні стану будівель і споруд, виявленні вогнищ пожеж, фотозйомці інших об'єктів, розташованих у важкодоступних місцях.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Безпілотні літальні апарати з кожним днем стають все більш популярними у всьому світі, про що свідчить зростаюча кількість БПЛА різних класів на авіаційних виставках по всьому світу. Завдяки універсальності БПЛА можна виконувати велику і різноманітну кількість робіт, що буде менш фінансово витратним і забезпечить кращий результат наземного моніторингу.

Така популярність даного класу літаків обумовлена рядом переваг перед пілотованими літаками для вирішення широкого кола завдань, основними з яких є відсутність екіпажу, відносно низька вартість БПЛА, а також невисока собівартість за їх створення, виробництво та експлуатацію, велику тривалість і дальність польоту.

Функціональні можливості БПЛА постійно удосконалюються. Ефективність БПЛА в екологічному моніторингу має велике значення. Відсутність державного замовлення на науково-дослідні та дослідноконструкторські роботи та необхідність вкладу власних коштів для створення БПЛА: без чітких гарантій отримання прибутку в майбутньому – спонукає розробників і власників відмовлятися від виконання високотехнологічних досліджень у цій галузі.

Але так як в останній час БПЛА набувають популярності в здійсненні моніторингу – держава проводить тендери для компаній, дистриб'ютори та партнери компаній по підготовленню БПЛА в Україні впроваджують курси навчання для майбутніх операторів БПЛА.

У більшості випадків використовується досвід створення і використання вже існуючих моделей БПЛА. Таким чином, проаналізувавши усі данні і підводячи підсумки можна стверджувати, що використання безпілотних літальних апаратів дає можливість: систематично проводити якісні аерофотозйомки лісових об'єктів, просторових і тимчасових процесів на водозборах; швидко виявляти осередки загоряння в лісових масивах, замулення і засмічення водойм, обвалення берегів; аналізувати склад повітря

в режимі реального часу та приступати до ліквідації джерел або наслідків аварій.

Комплексом управління БПЛА є складна система, що має багаторівневу структуру і головним завданням якої є забезпечити безпечне проведення безпілотного літального апарату до заданої точки і виконання необхідної роботи згідно з польотним завданням, а також забезпечити передачу інформації, що була отримана бортовими системами БПЛА, до пункту управління.

На сьогодні в системах управління сучасних безпілотних літальних апаратах (БПЛА) широко використовуються інтегровані інерціально-супутникові навігаційні системи (ІНС). Це поєднання двох самостійних систем - інерціальної навігаційної системи (ІНС) і супутникової навігаційної системи (СНС).

Апаратне і алгоритмічне комплексування цих навігаційних систем, що функціонують за різними фізичними принципами, дозволяє об'єднувати їх переваги та компенсувати недоліки, що є у кожній системі окремо.

В ході виконання роботи було виконано наступні завдання.

Проаналізовано можливість використання технології БПЛА в системі екологічного моніторингу.

Виділено особливості використання БПЛА в системі спостережень.

Виявлено можливості формування процедур БПЛА для екологічного моніторингу та визначити екологічні проблем для пошуку варіантів їх вирішення за допомогою застосування БПЛА.

Досліджено можливість використання БПЛА в екологічному моніторингу і знятті параметрів НПС, що є основою в проведенні робіт екологічного моніторингу.

Список використаних джерел

1. Азаров І., Сидоренко В., Серета Ю. Використання безпілотного літального апарата як засобу дистанційного моніторингу надзвичайних ситуацій // Безпека життєдіяльності. – 2015. – № 2. – С. 30.
2. Бабак В.П. Беспилотные авиационные комплексы как средство радиационного мониторинга АЭС и окружающей среды / В.П. Бабак, В.А. Канченко, А.А. Ключников, В.А. Краснов, Н.Л. Чепур // Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобиля. – 2012. – Вип.19. – С. 60-69.
3. Бабак В. П. Детерміновані сигнали і спектри: [навч. посібник] / В.П. Бабак, А. Я. Білецький. – К. : Техніка, 2003. – 455 с. – ISBN 966-575-08-X.
4. Бабак В.П. Обработка сигналов: [підручник] / В.П. Бабак, В.С. Хандецький, Е. Шрюфер. – К.: Либідь, 1999. – 496 с.
5. Бабак В. П. Сигнали і спектри: [навч. посібник] / В. П. Бабак, А. Я. Білецький, А. М. Гуржій. – К. : Кн. вид-во НАУ, 2005. – 492 с. – ISBN 966-598-264-8.
6. Бабак В.П. Статистична обробка даних / В.П. Бабак, А.Я. Білецький, О.П. Приставка, П.О. Приставка. – К.: ІВВЦ, 2001. – 388с.
7. Бабак В.П. Супутникова радіонавігація / В.П. Бабак, В.П. Харченко, В.В. Конін. – К.: Техніка, 2004. – 412с.
8. Бабак В. П. Теоретичні основи захисту інформації: [підручник] / В.П. Бабак. – К. : Кн. вид-во НАУ, 2008. – 752 с. Баскаков А. І., Жутяєва Т. С., Лукашенко Ю. І. Локаційні методи дослідження об'єктів і середовищ. М.: Академія. 2011. 384 с.
9. Безпілотні системи офіційний сайт фірми VAT ZALA AERO GROUP [Електронний ресурс]. URL: <http://zala.aero>
10. Беляев Б. І., Оптичне Дистанційне зондування / Беляев Б. І., Катковский Л. В. Мінськ. 2006.-455 с.

- 11.Бондар О. І. Загальна екологія та неоекологія // О.І. Бондар, П.М. Бойко, Ю.П. Пилипенко [та ін.] / – Херсон: Олді-плюс, 2011. – 166 с.
- 12.Бондар О.І. Моніторинг навколишнього середовища / [О. І. Бондар, І. В. Корінко, В. М. Ткач, О. І. Федоренко]; під ред. О. І. Федоренко. – К.-Х.:ДЕІ-ГТІ, 2005. – 126 с.
- 13.Бондар О.І. Радіаційний моніторинг та інноваційні інформаційні технології контролю сільськогосподарської продукції / О.І. Бондар, О.І. Дутов, О.А. Машков, В.М. Дурняк // Моделювання та інформаційні технології. – Збірник наук. праць Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України. – Вип. 64, 2012. –С. 208–217.
- 14.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.
- 15.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 науковопрактичної інтернет-конференції, 1-2 серпня 2019 р. – Дніпро, 2019, с. 57-68.
- 16.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.
- 17.Гребеніков А. Г., М्याлиця А. К., Парфенюк В. В. Загальні види і характеристики безпілотних літальних апаратів: справ, посібник. Харків. 2008. 377 с.

18. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПІН 3.3.2.007-98 [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text>
19. Екологічний моніторинг // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 79.
20. Зайцев А.В., Назарчук І.К. Армійський збірник: журнал. 2015. № 248. С. 44-46.
21. Звіт про роботу «Науково-технічний супровід створення повітряного робототехнічного комплексу на основі безпілотних літальних апаратів для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій». ФГБУ ВНДІ ГОЧС. 2014 рік. № 6641. 150 с.
22. Зосимович М. А. Безпілотники для екологічного моніторингу. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. 484 с.
23. Інтелектуальні роботи: Навчальний посібник для вузів / Під його словами, в Україні не буде жодних проблем. М.: Машинобудування. 2007. 360 с. 75
24. Інформація про стан навколишнього природного середовища // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 104.
25. Катковский Л. Б. Багатоспектральне Дистанційне зондування. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2011. 396 с.
26. Козодеров В. В., Дмитрієв Є. В., Каменцев В. П. Когнітивні технології дистанційного зондування в природокористуванні. М.: МДУ ім. М. В. Ломоносова, Тверський державний ун-т. 2016. С. 279.
27. Комягін С. І. Електромагнітна стійкість безпілотних літальних апаратів. М.: Красанд. 2015. 432 с.

- 28.Коротких А. М. Використання даних дистанційного зондування. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2012. 88 с.
- 29.Кошкін А. А. Безпілотні авіаційні системи. М.: Стратегічні пріоритети. 2016. С. 676.
- 30.Кузенкова Г. В. Введення в екологічний моніторинг: Навчальний посібник. Н. Новгород: НФ УРАО. 2002. 72 С.
- 31.Методичні вказівки за принципами організації системи спостережень і контролю за якістю води водойм і водотоків Держкомгидромету в рамках ОГСНК. 2009. С. 15.
- 32.Моніторинг...Моніторинг довкілля // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 124.
- 33.Моніторинг використання та екологічного стану земель за допомогою безпілотних літальних апаратів / Триснюк В. М. [та ін.] / Сучасні інформаційні системи Advanced Information Systems. 2018. Т. 2, № 4. С. 124-127
- 34.Мокін В. Б. Підвищення ефективності державного екологічного моніторингу та контролю за рахунок застосування сучасних інформаційних технологій / Мокін В. Б. // V Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення»: зб. наук. ст. — Харків: 2009. — С. 171–176.
- 35.Наац В. І., Наац І. Е. Математичні моделі та чисельні методи в задачах екологічного моніторингу атмосфери. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 328 с.
- 36.Наказ «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» №207 від 14.02.2018. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18#Text>
- 37.Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. – К. Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С. – 2016., 547 с.

- 38.Офіційний сайт Міністерства екології та природних ресурсів [Електронний ресурс]. URL: <https://prod-ecology-portal.kitsoft.kiev.ua>
- 39.Погорелов В. І. Безпілотні літальні апарати. Навантаження і нагрів / Навчальний посібник для СПО. М.: Юрайт. 2018. 230 С.
- 40.Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля: Постанова КМ України від 30 березня 1998 р. № 391. Офіційний вісник України. № 13. 1998.
- 41.Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря: постанова КМ України від 9 березня 1999 р. № 343. Офіційний вісник України. № 10. 1999.
- 42.Пуртов І. С., Сінча Д. П., Максимов Н. А. Методи аналізу відеоінформації в задачі автоматичної навігації БЛА. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2012. 184 с.
- 43.Радіологічний стан територій, віднесених до зон радіоактивного забруднення (у розрізі районів) / За ред.. В.І. Холоші. / Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи. – К.: Вета, - 2008. – 54 с.
- 44.Растопчин В. В. Безпілотні авіаційні системи / Растопчин В. В., Румянцев С. С. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.avia.ru>
- 45.Рендал У. Біард, Тімоті У. Маклейн. Малі безпілотні літальні апарати. Теорія і практика. М.: Техносфера. 2015. 312 с.
- 46.Розпорядження Кабінет у Міністрів України від 22 січня 2014 р. No 37-р Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-%D1%809>
- 47.Стратегія Державної екологічної політики України на період до 2020 року / Міністерство екології та природних ресурсів України, К. 2012 р
- 48.Торгаєв С. Н., Тригуб М. В., Мусоров І. С., Чертіхіна Д. С. / Практичний посібник з програмування мікроконтролерів. 2015. С. 111.

49. Федотов Г. А. Инженерная геодезия. Підручник. М.: Инфра-М. 2016. 480 с.
50. Харченко В.П., Д.Е. Прусов. Аналіз застосування безпілотних авіаційних систем в цивільній сфері. - ISSN 1813-1166. Вісник НАУ. 2012. №1 - с. 118-130
51. Хаустов А. П., Редіна М.М. Екологічний моніторинг. Підручник. М.: Юрайт. 2014. 640 с.
52. Шапарь А.Г. Аналитическая составляющая (база знаний) системы экологического мониторинга / А. Г. Шапарь, Н. А. Емец, А. Н. Бугор // Екологія і природокористування : зб. наук. праць ІППЕ НАН України. – 2013. – Вип. 17. – С. 181 – 187.
53. Шварьов С. А. Стан природно-технічної системи. М.: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2011. 140 С.
54. Шовенгерт Р. А. Дистанційне зондування. Моделі та методи обробки зображень. М.: Техносфера. 2010. 560 с.
55. Щукін О.Н., Бондар О.І., Машков О.А. Системний підхід до синтезу управлінських рішень з метою модернізації системи природокористування України / Науково-практичний журнал : «Екологічні науки», № 1/2013(3).- С.5-26