

К. В. Сметанін

Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова, Житомир, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ

**Предметом** вивчення в статті є розгляд особливостей використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) при проведенні екологічного моніторингу для оптимізації проведення спостережень техногенних об'єктів та виконання екологічних завдань в системі екологічного моніторингу. Це можливо здійснити за допомогою висвітлення позитивних та врахування негативних властивостей при застосуванні БПЛА в системі екологічного моніторингу. **Метою** є розкриття особливостей використання БПЛА в екологічному моніторингу та визначення напрямків їх застосування для проведення контролю за параметрами стану навколишнього природного середовища заданих територій. **Завдання:** провести аналіз можливості використання БПЛА в системі екологічного моніторингу; висвітлити особливі властивості застосування БПЛА в системі спостереження; визначити можливості БПЛА для формування процедури проведення екологічного моніторингу та визначити коло екологічних завдань для їх вирішення за допомогою БПЛА; розглянути можливості застосування БПЛА в системі спостереження та знімання параметрів навколишнього середовища, що є підґрунтям для проведення робіт, що пов'язані з проведенням екологічного моніторингу. Використовуваними **методами** є: системний підхід до розробки складних систем, проведення порівняльного аналізу параметрів та властивостей БПЛА, математичні моделі оптимізації для побудови складних систем. Отримані такі **результати**. Проведено порівняльний аналіз властивостей БПЛА, висвітлення процесу обробки інформації в системі екологічного моніторингу при здійсненні вибору оптимальної структури системи екологічного моніторингу за допомогою використання БПЛА. На основі системного аналізу різних технічних показників та властивостей БПЛА можливо здійснити вивчення структурно-параметричних характеристик та дослідити режими роботи літальних апаратів в різних умовах при побудові системи екологічного моніторингу. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: проведено аналіз властивостей БПЛА, визначено характеристики та параметри, що впливають на спостереження в системі екологічного моніторингу, також висвітлено коло питань, які необхідно враховувати при побудові системи екологічного моніторингу з використанням дистанційно керованих літальних апаратів.

**Ключові слова:** безпілотні літальні апарати, екологічний моніторинг, спостереження, виявлення, визначення характеру впливу, навколишнє природне середовище.

### Вступ

У період інтенсивного розвитку господарської діяльності виникає необхідність оцінити вплив і визначити ступінь впливу на навколишнє середовище регіону промисловим виробництвом [1]. Для обліку антропогенного впливу необхідно в першу чергу знати масштаб і глибину впливу на середовище проживання і зміни біосфери Землі. Це призводить до необхідності проведення екологічного моніторингу регіону з можливістю подальшого оцінювання та прогнозування стану довкілля [1, 2].

Термін «моніторинг» був введений ще в 1974 році, відповідно якого вивчався стан природного середовища, і, в першу чергу, забруднень і процесів, що впливають на біосферу [2]. При цьому, під моніторингом розуміється комплексна система регулярних тривалих спостережень у просторі і в часі, що дає інформацію про минулий та сьогоdnішній стан навколишнього середовища [1, 2]. Так само система моніторингу дозволяє здійснити прогнозування змін параметрів зовнішнього середовища під антропогенним впливом, що мають особливе значення для біоти [1, 2].

**Аналіз предметної галузі та джерел літератури.** Сучасні фундаментальні дослідження [1 – 3] показали, що для достовірної оцінки стану навколишнього середовища необхідно використовувати комплексний підхід до отримання інформації [2]. Комплексний підхід при проведенні моніторингу довкілля надає більшого значення для забезпечення

сталого розвитку території та її екологічної безпеки. В даному випадку можливо стверджувати, що чим більш якісно проведено спостереження (визначення різних параметрів навколишнього природного середовища) тим більш можливо спрогнозувати розвиток дій та наслідків в умовах техногенного впливу. Крім цього, виникають ситуації, коли необхідно оперативно провести і оцінити стан навколишнього середовища в умовах викиду в атмосферне (водне, земне) середовище.

Аналізуючи [1 – 3], можна прийти до висновку, що при проведенні екологічного моніторингу великих територій особливе значення займають дистанційні методи з використанням аерокосмічних технологій. При цьому, інформація, що поступає з дистанційних літальних апаратів (незалежно від застосування чи то космічних, чи то авіаційних) залежить від несучих бортових систем. Однак до гідності безпілотних авіаційних систем, є не тільки оперативне їх використання в заданому районі, а й можливість спостереження з поточною діяльністю реального часу з можливістю знімання параметрів стану навколишнього середовища. Таке уявлення дозволяє отримати системне уявлення даних і чіткіше оцінити антропогенний вплив на стан навколишнього середовища.

**Мета статті.** Тому метою статті є розкриття особливостей використання безпілотних літальних апаратів в екологічному моніторингу та визначення напрямків їх застосування при проведенні контролю за параметрами стану навколишнього природного середовища заданих територій.

## Виклад основного матеріалу

Аналіз основних науково-дослідних робіт і дослідно-конструкторських розробок свідчить про реалізацію спрямованих досліджень на створення і застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) щодо наявних (несучих) бортові навантаження [1]. Основа використання БПЛА базується на різній бортовій апаратурі, оснащений телевізійними камерами, біохімічними, радіаційними та акустичними датчиками та інших спеціалізованих датчиках [1, 2].

В даний час створення БПЛА поки не вийшло зі стадії завершених концептуальних досліджень [1]. Так багато фахівців вважають, що застосування БПЛА в більшій мірі залежить від того навантаження, яке несуть на собі бортові системи. Однак, необхідно розуміти, що рішення поставлених завдань також можуть залежати від функціональних можливостей БПЛА (в тому числі і по передачі інформації). Крім цього, від принципів функціонування БПЛА можуть змінюватися як якісні, так і кількісні характеристики цільового призначення [1, 2].

Також світові виробники проводять роботи, спрямовані на створення перспективних зразків і розвиток БПЛА. Так на сучасному етапі проявилася тенденція, пов'язана з удосконаленням бортових засобів обробки інформації, які призводять до створення необхідних коштів обміну інформацією. Це пов'язано з іншими технологічними рішеннями: чим повніше буде здійснено обробку інформації на борту БПЛА, тим менші обсяги інформації доведеться передавати на пункти управління [3]. Крім цього, виділяється напрямок пов'язаний з вдосконаленням бортових засобів обробки інформації щодо розпізнавання об'єктів, що є першочерговим на етапах автоматичного управління, пов'язаних з повною автоматизацією процесів управління режимами польоту БПЛА [4].

Також розглядаються питання, пов'язані з порушенням зв'язку БПЛА. Наприклад, якщо в процесі вильоту відбулася втрата зв'язку з командним літаком або наземним пунктом, бортова система автоматичного управління безпілотного літального апарату повинна самостійно прийняти рішення і забезпечити продовження польоту до об'єкта спостереження або повернення в район посадки [3].

З огляду на все вищесказане можна виділити основні напрямки досліджень, що проводяться, які вивчають питання, пов'язані з [1, 2]: розробкою і вдосконаленням системи автоматичного розпізнавання різних об'єктів (з урахуванням рішення найпростіших завдань, в тому числі і автоматичне категорювання різних об'єктів); забезпеченням надійного радіозв'язку БПЛА з пунктом управління (наземним або повітряним); наданням БПЛА властивостей, що дозволяє враховувати зміни в навколишньому середовищі при виконанні завдань в автономному режимі; розробкою бортові системи обробки інформації, яка могла б з усього потоку надходити на БПЛА спеціалізованих даних виділяти найбільш важливі відомості про об'єкти, що дозволить істотно скоротити обсяг даних при передачі на інші літальні апарати або наземні пункти управління [4]; обробкою програм навігацій-

ного забезпечення БПЛА, які дозволять їм виконувати в польоті в складі групи, або вибрати альтернативні маршрути і здійснити взаємодію з пунктом управління.

Таким чином, основною перевагою застосування БПЛА в ході проведення екологічного моніторингу, є здійснення спостереження з можливим отриманням даних дистанційними приладами [2]. Крім цього, можливість використання БПЛА дає дані про екологічний об'єкт спостереження і місцевості, про стан навколишнього середовища, а також візуалізація спостереженої території і можливість оцінки в реальному масштабі часу.

Інтенсивне застосування БПЛА в екологічному моніторингу пов'язано з розробкою різних приладів і пристроїв для здійснення оцінки стану навколишнього середовища, що дає можливість розширити спектр завдань спостереження з їх використанням. Тому важливим фактором, що визначає можливості контролю і оцінки навколишнього середовища є вибір БПЛА і бортових систем, необхідних для вирішення поставлених завдань для проведення екологічного моніторингу територій [4, 5].

В літературі [4] досить детально представлена класифікація БПЛА і існуючих бортових систем. Однак, на жаль, на сьогоднішній день немає взаємозв'язку характеристик бортових систем БПЛА і їх можливостей для застосування та вирішення конкретних екологічних завдань.

Необхідність визначення цього взаємозв'язку пов'язана з необхідністю не тільки вибору бортових систем БПЛА і їх можливостей застосування, але і пошуку рішення оптимізаційних задач з проведенням екологічного моніторингу та можливістю застосування відповідного інструментарію при прийнятті керуючого рішення для ліквідації наслідків.

Таким чином, розглянемо основні завдання екологічного моніторингу для виявлення і оцінювання антропогенного впливу територій [4]: спостереження за джерелами антропогенного впливу; спостереження за факторами антропогенного впливу; спостереження за станом природного середовища і відбуваються в ній процесами під впливом факторів антропогенного впливу; оцінка фізичного стану природного середовища; прогноз зміни природного середовища під впливом факторів антропогенного впливу і оцінка прогнозованого стану природного середовища.

В табл. 1 представлена взаємозв'язок основних задач при проведенні екологічного моніторингу з можливістю застосування БПЛА. В першу чергу це пов'язано з можливістю проведення дистанційного спостереження за територією, наявністю бортових систем та можливістю їх застосування. Розуміючи, що екологічний моніторинг полягає у визначенні стану навколишнього середовища для оптимізації взаємодії людини з природою, а також у екологічній спрямованості господарської діяльності, необхідно виділити ряд етапів для досягнення та їх реалізації на основі виконання поставлених завдань [5, 6]:

– здійснення планування для проведення екологічного моніторингу за певною (промисловою) територією регіону;

Таблиця 1. Виконання завдань за допомогою БПЛА при проведенні екологічного моніторингу

№	Завдання	Рішення завдань (БПЛА)	Переваги рішення
1.	Спостереження за джерелами антропогенного впливу	Проведення спостереження за екологічним об'єктом, або процесом впливу на навколишнє середовища за допомогою бортових систем	Оперативне проведення спостереження
2.	Спостереження за факторами антропогенного впливу	Застосування різних сучасних бортових пристроїв для виявлення антропогенного впливу	Своєчасність визначення параметрів стану навколишнього природного середовища за допомогою: різної динаміки польоту БПЛА та оптимізації його маршруту польоту, використання різних сучасних пристроїв для визначення впливу
3.	Спостереження за станом природного середовища та що відбуваються в них процесами під впливом факторів антропогенного впливу	Визначення характеру та епіцентру Аналіз стану середовища	Забезпечення в реальному масштабі часу можливості визначення характеру впливу на екологічні об'єкти на основі використання різних бортових пристроїв БПЛА
4.	Оцінювання фізичного стану природного середовища.	Проведення оцінювання стану території	Визначення стану території для прийняття управлінських рішень
5.	Прогноз зміни природного середовища під впливом факторів антропогенного впливу та оцінка прогнозного стану природного середовища	Визначення параметрів поточного стану навколишнього природного середовища для моделювання та прогнозування	Прогнозування поточного стану території та моделювання змін антропогенного впливу на стан території для прийняття управлінських рішень

– визначення вимог до проведення екологічного моніторингу;

- вибір обладнання та бортових систем БПЛА;
- проведення спостережень із застосуванням БПЛА;
- виявлення джерел впливу з використанням бортових систем БПЛА;
- виявлення джерел впливових факторів;
- аналіз параметрів навколишнього середовища з можливістю оцінки її стану;
- прогнозування стану навколишнього середовища для визначення характеру впливу.

На етапі безпосереднього проведення екологічного спостереження, необхідно здійснити [5, 6]:

- вибір об'єкта спостереження;
- детальне вивчення, обстеження, оцінювання даного об'єкта (процесу);
- формування інформаційної моделі, або схеми спостережуваного об'єкта (процесу);
- аналіз стану об'єкта (процесу), ідентифікація його схематичної інформаційної моделі;
- оцінювання складання об'єкта (процесу) моніторингу;
- моделювання можливих змін стану об'єкта (процесу) спостереження;
- розрахунок та систематизація інформації для її передачі на пункт управління.

Крім того, необхідно на підготовчому етапі здійснити:

- метрологічне забезпечення систем БПЛА;
- калібрування бортових систем БПЛА.

На етапі аерозйомки необхідно здійснити рух БПЛА по заданому маршруту з можливістю адаптивно його змінити в разі необхідності. Так само на даному етапі здійснюється попередній розрахунок даних для польоту БПЛА у відповідності отриманих параметрів навколишнього середовища. При цьому, необхідно враховувати: повноту покриття, точність та якість пілотування.

Після передачі спеціалізованих даних на етапах її обробки необхідно провести [3 – 5]: геокодування точок; виділення істинної поверхні Землі, рослинності, водної поверхні; створення ортофотомозаїки; створення семантичних 3D моделей; дешифровка знімків, виділення необхідних контурів об'єктів (процесів). При цьому, перші три етапи обробки є загальнотопографічною обробкою, а наступні є семантичною обробкою.

## Висновки

В ході аналізу проведеного дослідження в роботі представлені результати, пов'язані з можливістю використання БПЛА для вирішення екологічних завдань.

Ефективність вирішення екологічних завдань пов'язана з визначенням найбільш повних даних про стан навколишнього середовища та оцінки можливих загроз у регіоні.

Використання БПЛА для визначення та контролю стану навколишнього середовища залежить від бортових систем та їх можливостей для проведення екологічного моніторингу. При цьому виникає необхідність уточнення задач спостереження за станом навколишнього середовища. Це пов'язано з обмеженням бортового навантаження БПЛА та масогабаритними характеристиками бортових приладів.

Крім цього, також виникає ряд питань з рішенням доставки отриманих даних під час проведення спостереження за певною територією. Так як енергетичні характеристики також обмежені за своїми можливостями.

Усі вищеперелічені причини вимушують дотримуватись строгого порядку складання задач екологічного моніторингу та обмежують можливості доставки первинної інформації з БПЛА. Тому в статті представлені результати аналітичного огляду можливості застосування БПЛА в спостереженні та отриманні даних від об'єктів екологічного моніторингу та визначені завдання їх вирішення.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Клименко М.О. Моніторинг довкілля / М.О. Клименко, А.М. Прищеп, Н.М. Вознюк. – К.: Академія, 2006. – 360 с.
2. Якунина И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг / И.В. Якунина, Н.С. Попов. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 188 с.
3. Аерокосмічні дослідження геологічного середовища / А.Г. Мичак, В.Є. Філіпович та ін. – К., 2010. – 246 с.
4. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов / А.Г. Гребеников, А.К. Мяслица, В.В. Парфенюк и др. – Х.: НАУ им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – 2008. – 377 с.
5. Кобрин, Н.В. Применение беспилотных авиационных комплексов для решения экологических задач / Н.В. Кобрин, Т.А. Клочко // Экология и промышленность. – Х. : ГП «УкрНТЦ Энергосталь». – 2014. – № 1 (38). – С. 88 – 90.
6. Геоінформаційні технології в екології / І.В. Пітак, А.А. Негадайлов, Ю.Г. Масікевич та ін. – Чернівці, 2012. – 273 с.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О. В. Барабаш,  
Державний університет телекомунікацій, Київ

Received (Надійшла) 20.02.2018

Accepted for publication (Прийнята до друку) 25.04.2018

### Особенности использования беспилотных летательных аппаратов в экологическом мониторинге

К. В. Сметанин

**Предметом** изучения в статье является рассмотрение особенностей использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) при проведении экологического мониторинга для оптимизации проведения наблюдений техногенных объектов и выполнения экологических задач в системе экологического мониторинга. Это возможно осуществить с помощью выделения положительных и учёта негативных свойств при применении БПЛА в системе экологического мониторинга. **Целью** является раскрытие особенностей использования БПЛА в экологическом мониторинге и определение направлений их применения для проведения контроля за параметрами состояния окружающей природной среды заданных территорий. **Задача:** провести анализ возможности использования БПЛА в системе экологического мониторинга; осветить особые свойства применения БПЛА в системе наблюдения; определить возможности БПЛА для формирования процедуры проведения экологического мониторинга и определить круг экологических задач для их решения с помощью БПЛА; рассмотреть возможности применения БПЛА в системе наблюдения и съёма параметров окружающей среды, что является основой для проведения работ, связанных с осуществлением экологического мониторинга. Используемыми **методами** являются: системный подход к разработке сложных систем, проведение сравнительного анализа параметров и свойств БПЛА, математические модели оптимизации для построения сложных систем. Получены следующие **результаты**. Проведён сравнительный анализ свойств БПЛА, освещён процесс обработки информации в системе экологического мониторинга при осуществлении выбора оптимальной структуры системы экологического мониторинга с помощью использования БПЛА. На основе системного анализа различных технических показателей и свойств БПЛА можно осуществить изучение структурно-параметрических характеристик и исследовать режимы работы летательных аппаратов в различных условиях при построении системы экологического мониторинга. **Выводы.** Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: проведён анализ свойств БПЛА, определены характеристики и параметры, влияющие на наблюдение в системе экологического мониторинга, также освещён круг вопросов, которые необходимо учитывать при построении системы экологического мониторинга с использованием дистанционно управляемых летательных аппаратов.

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты, экологический мониторинг, наблюдение, выявление, определение характера воздействия, окружающая природная среда.

### Peculiarities of unmanned aerial vehicles application in environmental monitoring

K. Smetanin

**The subject** of the study in the article is consideration of peculiarities of unmanned aerial vehicles (UAVs) application in carrying out environmental monitoring to optimize the observation of man-made objects and the fulfillment of ecological tasks in the system of environmental monitoring. This can be done by emphasizing positive and taking into account negative properties when using UAV in the environmental monitoring system. The goal is to reveal the features of using UAV in environmental monitoring and to determine the fields of their application for monitoring of surrounding natural environment state in the specified territories. **Task:** to analyze the possibility of using UAV in the system of environmental monitoring; to highlight the special properties of UAV application in the surveillance system; to determine the capabilities of the UAV to formulate the procedure for conducting environmental monitoring and to determine the range of environmental tasks for solving them with the help of UAV; consider the possibility of using UAV in the system of observation and measuring of environmental parameters, which is the basis for conducting work related to the implementation of environmental monitoring. **The methods used are:** a systematic approach to the development of complex systems, a comparative analysis of parameters and properties of UAVs, mathematical optimization models for constructing complex systems. **The following results are obtained.** The comparative analysis of UAV properties is carried out, the process of information processing in the system of environmental monitoring in selecting the optimal structure of the environmental monitoring system using UAV is covered. Based on the system-oriented analysis of various parameters and technical properties of UAV the structural-and-parametric properties can be achieved and the aerial vehicles operation modes may be investigated in different operation conditions during construction of environmental monitoring system. **Conclusions.** The scientific novelty of the results is as follows: the UAV properties are analyzed, the characteristics and parameters influencing the monitoring in the environmental monitoring system are determined, as well as the range of issues to be taken into account when constructing an environmental monitoring system using remotely controlled aircraft.

**Keywords:** unmanned aerial vehicles, environmental monitoring, observation, detection, determination of the nature of the impact, environment.