

ПРАХОВНИК Н. А., канд. техн. наук, доцент

ЗЕМЛЯНСЬКА О. В., магістр

ШУТЕНКО Р. П., бакалавр

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна

МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

***Анотація.** В статті розглянуто питання моніторингу екологічної безпеки техногенних об'єктів та оптимізації проведення спостережень під час виконання екологічних завдань за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Представлено результати аналітичного огляду позитивних та негативних можливостей застосування БПЛА в процесі спостереження та отримання даних від об'єктів екологічного моніторингу і визначенні завдання їх вирішення.*

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

***Abstract.** The article deals with the monitoring of environmental safety of man-made objects and optimization of observations during the execution of environmental tasks with the help of unmanned aerial vehicles (UAVs). The results of the analytical review of the positive and negative possibilities of UAV application in the process of observation and data acquisition from the objects of environmental monitoring and determination of the problem of their solution are presented.*

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

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

Під моніторингом будемо розуміти комплексну систему регулярних тривалих спостережень у просторі та в часі, що дає інфор-

мацію про минулий стан навколишнього середовища і зараз. Так само система моніторингу дозволяє здійснити прогнозування змін параметрів зовнішнього середовища в наслідок антропогенного впливу, що має особливе значення для біоти.

Аналіз стану питань. Сучасні фундаментальні дослідження показали, що для достовірної оцінки стану навколишнього середовища необхідно використовувати комплексний підхід до отримання інформації. Комплексний підхід при проведенні моніторингу докільля надає більшого значення для забезпечення сталого розвитку території та її екологічної безпеки [1—3]. У даному випадку можливо стверджувати, що чим більш якісно проведено спостереження (визначення різних параметрів навколишнього природного середовища) тим більш точно можна спрогнозувати розвиток дій та наслідків в умовах техногенного впливу. Крім цього, виникають ситуації, коли необхідно оперативне провести і оцінити стан навколишнього середовища в умовах викиду в атмосферне (водне, земне) середовище [2].

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 більш чітко оцінити антропогенний вплив на стан навколишнього середовища [2].

Мета роботи. Метою статті є розкриття особливостей використання безпілотних літальних апаратів 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 середо-

вища, що є підґрунтям для проведення робіт, що пов'язані з проведенням екологічного моніторингу.

Методи, матеріали і результати досліджень. У дослідженні використано наступні методи: системний підхід до розробки складних систем, проведення порівняльного аналізу параметрів та властивостей БПЛА, математичні моделі оптимізації для побудови складних систем.

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) бортових навантажень [1]. Основа використання БПЛА базується на різній бортовій апаратурі, оснащеній телевізійними камерами, біохімічними, радіаційними та акустичними датчиками та інших спеціалізованих датчиках.

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 [2]. 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.

Також світові виробники проводять роботи, спрямовані на створення перспективних зразків і розвиток БПЛА [3]. Так, на сучасному етапі проявилася тенденція, пов'язана з удосконаленням бортових засобів обробки інформації, які призводять до створення необхідних об'ємів обміну інформацією. Це пов'язано з іншими технологічними рішеннями: чим більш повно буде здійснено обробку інформації на борту БПЛА, тим менші обсяги інформації доведеться передавати на пункти управління. 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.

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 напрями досліджень, що проводяться, які вивчають питання, спрямовані на: розробку і вдосконалення системи автоматичного розпізнавання різних об'єктів (з урахуванням рішення найпростіших завдань, в тому числі і автоматичного визначення категорій різних об'єктів); забезпечення надійного радіозв'язку БПЛА з пунктом управління (наземним або повітряним); надання БПЛА властивостей, що дозволяють враховувати зміни в навколишньому середовищі при виконанні завдань в автономному режимі; розробку бортової системи обробки інформації, яка могла б з усього потоку спеціалізованих даних, які надходять до БПЛА, виділяти найбільш важливі відомості про об'єкти, що дозволить істотно скоротити обсяг даних при передачі на інші літальні апарати або наземні пункти управління; обробку програм навігаційного забезпечення БПЛА, які дозволять їм виконувати польоти в складі групи, або вибрати альтернативні маршрути і здійснити взаємодію з пунктом управління.

Таким чином, основною перевагою застосування БПЛА при проведенні екологічного моніторингу, є здійснення спостереження з можливим отриманням даних дистанційними приладами. Крім цього, можливість використання БПЛА дає дані про екологічний об'єкт спостереження та місцевість, про стан навколишнього середовища, а також візуалізацію території на якій ведеться спостереження 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 [4–5]. 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.

У літературі [4] досить детально представлена класифікація БПЛА та існуючі бортові системи. Однак, на жаль, на сьогоднішній день немає взаємозв'язку характеристик бортових систем БПЛА з їх можливостями для застосування та вирішення конкретних екологічних завдань. Необхідність визначення цього взаємозв'язку полягає не тільки у виборі бортових систем БПЛА та 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 території: спостереження за джерелами антропогенного впливу; спостереження за факторами антропогенного впливу; спостереження за станом природного середовища та процесами, що відбуваються під впливом факторів антропогенного впливу; оцінювання стану природного середовища; прогнозування зміни природного середовища під впливом факторів антропогенного впливу і оцінка прогнозованого стану природного середовища.

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;
- 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:

- 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.

У таблиці 1 наведено 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.

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 середовище за допомогою бортових систем	Оперативне проведення спостереження
22.	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
33.	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
44.	Оцінювання фізичного стану природного середовища.	Проведення оцінювання стану території	Визначення стану території для прийняття управлінських рішень
55.	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

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 їх обробки необхідно провести: геокодування точок; виділення істинної поверхні Землі, рослинності, водної поверхні; створення ортофото-мозаїки; створення семантичних 3D моделей; дешифровку знімків, виділення необхідних контурів об'єктів (процесів). При цьому, перші три етапи обробки є загально топографічною обробкою, а наступні є семантичною обробкою.

Отримані результати. Проведено порівняльний аналіз властивостей БПЛА, висвітлено процес 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.

У ході аналізу проведеного дослідження в роботі представлені результати, пов'язані з можливістю використання БПЛА для вирішення екологічних завдань. Ефективність вирішення екологічних завдань залежить від визначення найбільш повних даних про стан навколишнього середовища та оцінки можливих загроз у регіоні. Використання БПЛА для дослідження та контролю стану навколишнього середовища залежить від бортових систем та їх можливостей під час проведення екологічного моніторингу.

При цьому виникає необхідність уточнення задач спостереження за станом навколишнього середовища. Це обумовлено обмеженнями бортового навантаження БПЛА та масо-габаритними

характеристиками бортових приладів. Крім цього виникає ряд питань пов'язаних з рішенням доставки отриманих даних під час проведення спостереження на певній території, тому що енергетичні характеристики обмежені за своїми можливостями.

Усі вище перелічені причини змушують 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.

Література

1. Клименко М. О. Моніторинг довкілля / М. О. Клименко, А. М. Прищепа, 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. Мичак А. Г. Аерокосмічні дослідження геологічного середовища / А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович та ін. — К., 2010. — 246 с.
4. Гребеников А. Г. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов / А. Г. Гребеников, А. К. Мялица, В. В. Парфенюк и др. — Х.: НАУ им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». — 2008. — 377 с.
5. Кобрина Н. В. Применение беспилотных авиационных комплексов для решения экологических задач / Н. В. Кобрина, Т. А. Клочко // Экология и промышленность. — Х.: ГП «УкрНТЦ Энерго-сталь». — 2014. — № 1 (38). — С. 88—90.
6. Пітак І. В. Геоінформаційні технології в екології / І. В. Пітак, А. А. Негадайлов, Ю. Г. Масікевич та ін. — Чернівці, 2012. — 273 с.

Інформація про авторі: Праховнік Н. А., канд. техн. наук, доцент
abakumova@ukr.net