

В. М. Триснюк¹, В. О. Шумейко¹, О. В. Кащшин², А. В. Курило¹, К. В. Сметанін¹

¹ Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київ, Україна

² Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

МОНІТОРИНГ ВИКОРИСТАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЗЕМЕЛЬ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Предметом вивчення в науковій статті є можливості використання безпілотних літальних апаратів та їх завдання при проведенні екологічного моніторингу земель. Визначено основні характеристики та переваги моніторингу природних ресурсів з використанням БпЛА. Аналіз існуючих наукових джерел показав, що при проведенні екологічного моніторингу використовуються різні засоби та пристрої. **Мета** досліджень – підвищення якості екологічного моніторингу з використанням БпЛА в умовах негативного антропогенного впливу на природне середовище. У загальному за допомогою БпЛА будують ортофотоплани, цифрові моделі місцевості та 3D-моделі, які є досить економічно вигідними у плані економії часу. Отримані **результати** свідчать, що високе просторове розрізнення на місцевості дозволяє побачити найдрібніші деталі рельєфу і об'єкти. Організація ефективного управління БпЛА здійснюється при використанні наземного інформаційного комплексу, заснованого на обчисленні координат повітряного об'єкту по відомому значенню базису і виміряним відстаням до літального апарату, що дозволяє виробляти обчислення поточних координат. Для забезпечення заданої ефективності виконання завдань пов'язаних з проведенням екологічного моніторингу в різних умовах, застосовується резервування елементів з підвищеним рівнем надійності, а також системи вбудованого контролю, які класифікуються: за принципом управління, за дальністю дії, за тривалістю польоту, за малогабаритними характеристиками. Управління у природокористуванні, засноване на результатах дешифрування аерофотоматеріалів (дослідження території по аерофотографічних зображеннях), дозволить полегшити і прискорити виробничий процес без втрати якості виробництва. При оцінці впливів на стан ґрунтів під час проведення моніторингу враховують ґрунтові відміни, характеристики гумусового складу, механічні і водно-фізичні властивості, ландшафтно-геохімічні бар'єри (накопичення і міграція речовин), родючість, ступінь розвитку процесів деградації ґрунтів та ін. **Висновок** зводиться до того, що завдяки багатофункціональності БпЛА можна виконувати велику та різноманітну кількість робіт, які будуть менш фінансово затратні та будуть забезпечувати більш якісний результат моніторингу земель.

Ключові слова: моніторинг; природні ресурси; безпілотні літальні апарати; екологічний стан.

Вступ

Концептуальні напрямки розвитку безпілотних засобів в інтересах вирішення завдань національної безпеки та економіки визначаються, з одного боку, співвідношенням між важливістю й обсягами завдань, які необхідно і потрібно ефективно вирішувати за допомогою повітряних платформ без людини на борту, з іншого, – вартістю розроблення, виробництва, експлуатації безпілотних засобів та ефективністю їх застосування, що значною мірою залежить від рівня розвитку науки, техніки і технологій.

Актуальність теми. Безпілотні літальні апарати (БпЛА) з кожним роком все більше використовуються у різних сферах і тим самим покращується робота та якість результатів спостереження, контролю та прийняття управлінських рішень. **Мета** досліджень – підвищення якості екологічного моніторингу з використанням БпЛА в умовах негативного антропогенного впливу на природне середовище.

Аналіз наукових джерел показав, що при проведенні екологічного моніторингу використовуються різні засоби та пристрої, які характеризують певні властивості антропогенного впливу. Також достатньо розроблено різних наукових підходів, механізмів та методик, в яких оперативно оцінюється стан навколишнього природного середовища під час проведення екологічного моніторингу дистанційними методами. Так при реалізації дистанційних методів активно використовуються як спектральна зйомка, так і тепловізійні системи. За даним напрямком працювали багато вче-

них, серед яких відомі праці авторів Красовського Г.Я., Лялька В.І., Машкова О.А., Мокіна В.Б., Чумаченка С.М та інших. Однак в існуючих наукових працях в основному представлені рішення науково-технічних завдань, що пов'язані із забезпеченням функціонування БпЛА та побудовою бортового обладнання і спеціальних приладів, що забезпечують вирішення завдань екологічного моніторингу [1, 5, 6].

Виклад основного матеріалу

Технічний прогрес ХХІ століття не стоїть на місці і тому дає нові методи для вирішення різноманітних задач моніторингу. Тому, щоб полегшити роботу та покращити якість і точність, потрібно знати нові можливості новітніх розробок сучасних засобів моніторингу. Одним з перспективних інструментів, що використовуються в екологічному моніторингу, є БпЛА. Взагалі за допомогою БпЛА будують ортофотоплани, цифрові моделі місцевості та 3D-моделі, які є досить економічно вигідними і зручними у плані економії часу та грошей (рис. 1, 2).

За доступністю безпілотні технології наближаються до рівня побутових технологій. Зараз прогрес у розвитку цивільних безпілотних систем має найвищий темп, сформувалася нова індустрія послуг.

Даний вид повітряного моніторингу прекурсно підходить для аналізу природних ресурсів та надає унікальну можливість відстежувати зміни у використанні земельного фонду. Аналіз методів моніторингу дає змогу визначити певні переваги та недоліки в різних діапазонах (табл. 1).

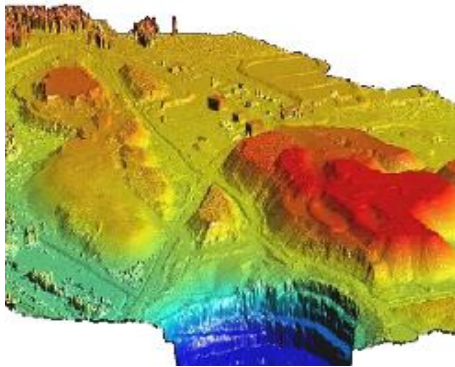


Рис. 1. Цифрова модель рельєфу



Рис. 2. 3D модель рельєфу

Таблиця 1. Аналіз різних методів екологічного моніторингу ґрунтів

Метод моніторингу	Переваги	Недоліки
Наземні виміри	Можливість детального дослідження, висока точність результатів досліджень.	Обмеженість людських ресурсів та спеціальної техніки.
Аерофотозйомка	Обсяг робіт, що виконується одним виконавцем зростає, а вартість робіт знижується на 15-20% (в порівнянні з наземними вимірами). Літак може літати нижче за хмари або повторити політ наступного дня. Можливо отримувати зображення з просторовим розрізненням до декількох сантиметрів.	Висока вартість оренди літальних засобів, як наслідок низька періодичність спостереження. Трудомісткість та великі витрати при обробці результатів.
Космічна зйомка	Велика смуга огляду. Одночасне одержання зображень у видимому і інфрачервоному діапазонах. Висока періодичність спостереження. Швидкість і зручність оброблення цифрових даних.	Залежність від погодних умов (хмарність) в оптичному діапазоні. Висока ціна всепогодних (радіолокаційних) космічних знімків.

Традиційний спосіб аерофотозйомки території передбачає використання великогабаритних пілотованих літаків, який з самого початку передбачає значні витрати і накладає ряд обмежень через його габарити і залежність від погодних умов. Використання малогабаритних БПЛА має багато переваг і перевершує традиційний метод зйомки з літака за рахунок можливості швидкого розгортання і оперативної підготовки до запуску БПЛА (відсутність необхідності у спеціальних злітно-посадкових майданчиків). Більш того, можливість літати при мінімальній висоті в 150-200 м дозволяє перебувати нижче хмарного покриву. Крім цього, високе просторове розрізнення на місцевості дозволяє побачити найдрібніші деталі рельєфу і об'єкти. Організація ефективного управління БПЛА здійснюється при використанні наземного інформаційного комплексу, заснованого на обчисленні координат повітряного об'єкта по відомому значенню базису і вимірним відстаням до літального апарату, що дозволяє виробляти обчислення поточних координат. А для забезпечення заданої ефективності виконання завдань пов'язаних з проведенням екологічного моніторингу в різних умовах, застосовується резервування елементів з підвищеним рівнем надійності, а також системи вбудованого контролю, які класифікуються:

за принципом управління:

- автономні;
- дистанційного керування;
- комбіновані;

за дальністю дії:

- малої дальності (50 ... 150 км);
- середньої дальності (до 650 км);
- великої дальності (до 3000 км);

за тривалістю польоту:

- малої тривалості (5 ... 12 год);
- середньої тривалості (12 ... 24 год);
- великої тривалості (понад 24 год);

за масогабаритними характеристиками:

- мікро (до 10 кг);
- міні (до 50 кг);
- середні (до 1 т);
- важкі (до 5 т).

Управління у природокористуванні, засноване на результатах дешифрування аерофотоматеріалів (дослідження території по аерофотографічних зображеннях), дозволить полегшити і прискорити виробничий процес без втрати якості виробництва.

Особливо затребуваними БПЛА є під час спостережень і моніторингу, які використовують певні види апаратури:

Види спеціальної апаратури БПЛА:

- кадрові аерофотоапарати (АФА): планові або перспективні
- панорамні АФА
- аналогові телевізійні (ТВ) системи
- матричні кадрові цифрові камери
- лінійкові сканувальні цифрові камери
- лінійкові багато- або гіперспектральні цифрові камери
- інфрачервоні (ІЧ) сканувальні системи дальнього (довжина хвилі 8...14 мкм) та (або) середнього (довжина хвилі 3...5 мкм) інфрачервоного спектральних діапазонів;
- радіолокаційні станції бокового огляду із синтезованою апертурою антени (РСА)
- лазерні сканери.

Наприклад, у сільському господарстві БпЛА допомагають заощаджувати час і кошти завдяки контролю за врожаєм шляхом заміни традиційного обходу чи об'їзду угідь на їх безпілотний обліт (табл. 2).

лю за врожаєм шляхом заміни традиційного обходу чи об'їзду угідь на їх безпілотний обліт (табл. 2).

Таблиця 2. Переваги методів дистанційного зондування сільськогосподарських угідь та відповідні предмети доповнення і удосконалення традиційних ґрунтознавчих методів

Переваги методів дистанційного зондування ґрунтів	Предмет доповнення та удосконалення традиційних ґрунтознавчих методів
Точність та інформативність	Можливість визначати просторову варіабельність ґрунтових показників та їх динаміку точно і безперервно, в кожній точці сільськогосподарських угідь. Велика інформативність матеріалів та незначні втрати інформації при обробці та картографуванні.
Оглядовість	Здатність матеріалів охоплювати великі території з виробничою точністю.
Оперативність	Здатність швидко та своєчасно проводити відповідні обстеження с/г угідь та можливість налагодження поточних спостережень за тими чи іншими характеристиками ґрунту.
Об'єктивність	Незалежність відповідної інформації від уподобань дослідника та методу первинної обробки (на відміну від традиційної карти, яка є авторським витвором та вміщує в собі слід особистості автора).
Економічна ефективність	Заощадження значних коштів (за рахунок зменшення польового періоду та частини лабораторно-аналітичних робіт).
Невтручання в ґрунтові процеси	Неруйнівний спосіб збору ґрунтової інформації.

У цьому випадку актуального значення набуває моніторинг земель, який спрямований на аналіз та оцінку впливу людської діяльності на ґрунти з урахуванням особливостей землекористування, наявності площ цінних сільськогосподарських угідь, хімічного, біологічного та радіоактивного забруднення, виникнення небезпечних інженерно-геологічних процесів і явищ та інших чинників, які негативно впливають на стан ґрунтів. При оцінці впливів на стан ґрунтів під час проведення моніторингу враховують ґрунтові відміни, характеристики гумусового складу, механічні і водно-фізичні властивості, ландшафтно-геохімічні бар'єри (накопичення і міграція речовин), родючість, ступінь розвитку процесів деградації ґрунтів та ін. [2].

Крім того, результати моніторингу земель дозволяють обґрунтувати заходи щодо запобігання або зменшення негативних впливів на ґрунти і зниження їхньої родючості, рекультивації земель, які тимчасово вилучаються з використання, проведення робіт з поліпшення якості малопродуктивних земель тощо [3]. Моніторинг земель - це система спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків

негативних процесів. У системі моніторингу земель проводиться збирання, оброблення, передавання, збереження та аналіз інформації про стан земель, прогнозування змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень щодо запобігання негативним змінам стану земель та дотримання вимог екологічної безпеки [4].

Саме моніторинг земель є інноваційним інструментом для комплексного аналізу розвитку земельних відносин та розробки управлінських рішень у цій галузі. Моніторинг проводиться на рівні районів та міст обласного підпорядкування.

Висновок

Систематичний і системний моніторинг земель є одним з методів виявлення тенденцій динаміки і оцінки землекористування, включає в себе розробку пропозицій і заходів щодо ведення державного земельного кадастру, прийняття рішень у процесі управління використанням земельних ресурсів. Саме тому, завдяки багатофункціональності БпЛА можна виконувати велику та різноманітну кількість робіт, які будуть менш фінансово затратні та будуть забезпечувати більш якісний результат моніторингу земель.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов / А. Г. Гребеников, А. К. Мялица, В. В. Парфенюк и др. – Х.: НАУ «ХАИ», 2008. – 377 с.
- Рэндал У. Биард. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Рэндал У. Биард, Тимоти У. Мак-Лейн. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2015. – 312 с.
- Trofymchuk O. Geo-information Technologies for Decision Issues of Municipal Solid Waste / O. Trofymchuk, V. Trysnyuk, N. Novokhatska, I. Radchuk // Journal of Environmental Science and Engineering. – 2014. – № 3. – С. 183-187.
- Триснюк В. М. Алгоритм оброблення інформації про радіоактивне забруднення місцевості з використанням даних ДЗЗ та ГІС / В. М. Триснюк, А. А. Нікітін, В. О. Шумейко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава : Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2017. – Вип. 6 (46). – С. 102-110.
- Butenko O. Aerogeodesis monitoring of potential areas of spontaneous combustion of the forest / O. Butenko, S. Gorelik, D. Gusakov, E. Buravchenko // Сучасні інформаційні системи. – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 74-77. – DOI : <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.2.13>.
- Bayramov A. A. The numerical estimation method of a task success of UAV reconnaissance flight in mountainous battle condition / A. A. Bayramov, E. G. Hashimov // Сучасні інформаційні системи. – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 70-73. – DOI : <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.2.12>.

REFERENCES

1. Grebenikov, A.G., Myalitsa, A.K. and Parfenyuk V.V. (2008), *General views and characteristics of unmanned aerial vehicles*, KhAI, Kharkiv, 377 p.
2. Randal W., Byard and Timothy W., McLain (2015), *Small unmanned aerial vehicles: theory and practice*, TECHNO-SPHERA, Moscow, 312 p.
3. Trofymchuk, O., Trysnyuk, V., Novokhatska, N. and Radchuk, I. (2014), "Geo-information Technologies for Decision Issues of Municipal Solid Waste", *Journal of Environmental Science and Engineering*, 3, pp. 183-187.
4. Trisnyuk, V.M., Nikitin A.A. and Shumeiko, V.O. (2017), "Algorithm for processing information about radioactive contamination of the area using the remote sensing data and GIS data", *Control, Navigation and Communication Systems*, Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk, Poltava, No. 6 (46), pp. 102-110.
5. Butenko, O., Gorelik, S., Gusakov, D. and Buravchenko, E. (2017), "Aerogeodesis monitoring of potential areas of spontaneous combustion of the forest", *Advanced Information Systems*, Vol. 1, No. 2, pp. 74-77, DOI : <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.2.13>.
6. Bayramov, A.A. and Hashimov, E.G. (2017), "The numerical estimation method of a task success of UAV reconnaissance flight in mountainous battle condition", *Advanced Information Systems*, Vol. 1, No. 2, pp. 70-73, DOI : <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.2.12>.

Received (Надійшла) 18.09.2018

Accepted for publication (Прийнята до друку) 14.11.2018

Мониторинг использования и экологического состояния земель с помощью беспилотных летательных аппаратов

В. М. Триснюк, В. О. Шумейко, О. В. Кашишин, А. В. Курило, К. В. Сметанин

Предметом изучения в научной статье есть возможности использования беспилотных летательных аппаратов и их задача при проведении экологического мониторинга земель. Определены основные характеристики и преимущества мониторинга природных ресурсов с использованием БПЛА. Анализ существующих научных источников показал, что при проведении экологического мониторинга используются различные средства и устройства. **Цель исследований** - повышение качества экологического мониторинга с использованием БПЛА в условиях негативного антропогенного воздействия на природную среду. В общем, с помощью БПЛА строят цифровые модели местности и 3D-модели, которые достаточно экономически выгодными и удобными в плане экономии времени. **Полученные результаты** подтверждают, что высокое пространственное разрешение на местности позволяет увидеть мельчайшие детали рельефа и объекты. Организация эффективного управления БПЛА осуществляется при использовании наземного информационного комплекса, основанного на вычислении координат воздушного объекта по известному значению базиса и измеренным расстояниям до летательного аппарата, позволяет производить вычисления текущих координат. Для обеспечения заданной эффективности выполнения задач связанных с проведением экологического мониторинга в различных условиях, применяется резервирование элементов с повышенным уровнем надежности, а также системы встроенного контроля, которые классифицируются; по принципу управления, с дальностью действия, по продолжительности полета, по массогабаритным характеристикам. Управление в природопользовании, основанное на результатах дешифровки аэрофотоматериалов (исследование территории по аэрофотографическим изображениям), позволит облегчить и ускорить производственный процесс без потери качества производства. **Выводы.** При оценке воздействий на состояние почв при проведении мониторинга учитывают грунтовые отмены, характеристики гумусового состава, механические и водно-физические свойства, ландшафтно-геохимические барьеры (накопление и миграция веществ), плодородие, степень развития процессов деградации почв и др.

Ключевые слова: мониторинг; земельные ресурсы; беспилотные летательные аппараты; охрана земель.

Monitoring of use and environmental state of the land with unmanned aerial vehicle

V. Trysnyuk, V. Shumeiko, O. Kashchyshyn, A. Kurilo, K. Smetanin

The subject of study in the scientific article is the possibility of using unmanned aerial vehicles and their tasks in conducting environmental monitoring of land. The basic characteristics and advantages of monitoring of natural resources with the use of UAV are determined. An analysis of existing scientific sources has shown that different means and devices are used in conducting environmental monitoring. **The purpose** of the research is to improve the quality of environmental monitoring with the use of UAV in conditions of negative anthropogenic impact on the natural environment. In general, with the help of UAV, they build orthophotomaps, digital terrain models and 3D models, which are quite economical and convenient in terms of time saving. **The obtained results** confirm that the high spatial distinction on the ground allows to see the smallest details of the relief and objects. The organization of effective control of the aircraft is carried out with the use of a ground information system based on the calculation of the coordinates of the airspace according to the known value of the basis and the measured distances to the aircraft, which allows to calculate the current coordinates. To ensure the specified efficiency of the tasks related to conducting environmental monitoring in different conditions, the reservation of items with an increased level of reliability, as well as the system of embedded control, which are classified; on the principle of management, the range of action, the duration of the flight, the mass-grossing characteristics. Environmental management based on the results of the decoding of aerophotographic materials (study of the territory by aerial photography), will facilitate and accelerate the production process without losing the quality of production. **Conclusion.** When assessing the impacts on the state of the soil during the monitoring take into account soil abandonment, characteristics of the humus composition, mechanical and water -physical properties, landscape-geochemical barriers (accumulation and migration of substances), fertility, degree of development of processes of degradation of soils, etc.

Keywords: monitoring; land resources; unmanned aerial vehicles; land protection.