
ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 504.06: 623.094: 004

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.2-29.1.6>

ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ОПЕРАТИВНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ПОЖЕЖАМ НА ТОРФОВИЩАХ

Климчик О.М.

Поліський національний університет
бульв. Старий, 7, м. Житомир, 10008
olga-su@ukr.net

Екологічна безпека виступає як один із головних факторів сталого розвитку регіону. Загрозу їй можуть становити такі чинники, як забрудненість довкілля, техногенна небезпека, антропогенне навантаження та природні стихійні лиха. Усе це зумовлює потребу в повній інформації для оцінки поточного стану довкілля, прогнозування розвитку потенційно небезпечних явищ і розроблення відповідних природоохоронних заходів.

Одним із найнебезпечніших факторів впливу на природне середовище Поліського регіону України є процес горіння покладів торфу і надмірна забрудненість викидами, що виділяються під час їх згоряння. Виникнення пожеж на торф'яних полях негативно впливає на навколишнє середовище та здоров'я людей, а під час їх гасіння зумовлює значну небезпеку для працівників виробничих підрозділів і пожежних команд. У зв'язку з цим надзвичайно важливим є систематичний оперативний контроль температурного стану торфовищ і прогнозування напрямку поширення пожежі для прийняття відповідних управлінських рішень. Перспективними засобами такого контролю виступають безпілотні літальні апарати (БПЛА).

У статті надано характеристику пожеж на торфовищах і розкрито їхній вплив на навколишнє середовище. На підставі виконаних досліджень встановлено можливості застосування сучасних БПЛА та засобів візуального спостереження для моніторингу торфовищ із метою виявлення можливих осередків їх загоряння. Обґрунтовано вибір класу БПЛА та інфрачервоних датчиків для контролю температурного режиму на торф'яних полях.

Обґрунтовано вибір програмного продукту ГІС-технологій і розроблено основи методики його використання під час планування застосування БПЛА для контролю температурного режиму торф'яних полів. Запропоновано спосіб цифрового картографування тематичної інформації щодо ділянок ймовірного загоряння торфовищ у Житомирській області для створення візуального банку даних результатів моніторингу на основі програмного продукту «Digitals для Windows», придатного для оцінки, аналізу та опрацювання даних, планування застосування засобів для оперативного реагування на ймовірні пожежі у межах окремих районів Поліського регіону та розроблення відповідних природоохоронних заходів. *Ключові слова:* торфовища, температурний режим, пожежі на торфовищах, безпілотний літальний апарат, засоби візуального спостереження, ГІС-технології, умовні знаки, цифрова карта.

Application of operational observation means for peat fields fire prevention. Klymchuk O.

Environmental security is one of the main factors for the sustainable development of the region. Factors such as environmental pollution, technogenic hazards, anthropogenic factors and natural disasters may pose a threat for it. All this necessitates complete information to assess the current state of the environment, predict the development of potentially dangerous phenomena and develop appropriate environmental measures.

One of the most dangerous factors affecting the natural environment of the Polissia region of Ukraine is the process of burning of peat deposits and excessive pollution of the emissions during their combustion. The occurrence of fires in peat fields adversely affects the environment and human health, and during their extinguishing poses a significant danger to production units' workers and fire crews. In this regard, it is extremely important to systematically control the temperature of peat fields and to predict the direction of fire propagation in order to make appropriate management decisions. Unmanned aerial vehicles (UAV) are promising means of such control. The characteristics of fires in peat fields are described and their impact on the environment is revealed in the article. On the basis of the performed researches the possibilities of modern UAVs and visual surveillance tools using for monitoring peat fields in order to identify possible foci of their ignition have been established. The choice of UAV class and infrared sensors for peat fields temperature control is justified. The choice of the GIS technology software product is grounded and the basics of the method of its use in planning the use of UAV for the control of the temperature regime of peat fields are developed. A method of digital mapping of thematic information on areas of probable burning of peat fields in the Zhytomyr region is proposed to create a visual database of monitoring results based on the «Digitals for Windows» software, which is suitable for estimating, analyzing and processing data, planning the use of means for prompt response to possible fires within individual areas of the Polissia region and development of appropriate environmental protection measures. *Key words:* peat fields, temperature regime, fires on peat fields, unmanned aerial vehicle, visual surveillance tools, GIS technologies, symbols, digital map.

Постановка проблеми. Одним із найнебезпечніших факторів впливу на природне середовище Поліського регіону України є процес горіння покладів торфу і надмірна забрудненість викидами, що виділяються під час їх згоряння. Пожежі на торфовищах несуть небезпеку населеним пунктам і вироб-

ничим об'єктам, що розташовані поблизу них. Ліквідувати спалах торфу набагато складніше, ніж запобігти йому. Для запобігання причинам виникнення пожеж у природних екосистемах вживаються різноманітні профілактичні заходи, до яких, зокрема, належать наземний та повітряний контроль території

торфовищ. З метою підвищення екологічної та протипожежної безпеки як безпосередньо потенційно небезпечних об'єктів і прилеглих населених пунктів, так і людей, які ведуть боротьбу з пожежею, потрібен оперативний контроль.

Важливим завданням є не тільки отримання інформації, але й її раціональне зберігання, обробка і представлення. На етапі обробки й аналізу даних виникає необхідність пов'язувати дані одне з одним, порівнювати їх, проглядати у зручному і наочному вигляді, створюючи на їхній основі, наприклад, потрібну таблицю, схему, креслення, карту, діаграму тощо. Застосування гео-інформаційних систем (ГІС) і технологій для накопичення, аналізу, обробки та надання опрацьованих даних щодо моніторингу торфовищ є важливим заходом для прийняття відповідних управлінських рішень.

Актуальність дослідження. Виникнення пожеж на торф'яних полях негативно впливає на навколишнє середовище та здоров'я людей, а під час їх гасіння зумовлює велику небезпеку для працівників виробничих підрозділів і пожежних команд. У зв'язку з цим надзвичайно важливим є систематичний оперативний контроль температурного стану торфовищ і прогнозування напрямку поширення пожежі для прийняття відповідних рішень і розроблення природоохоронних заходів. Перспективними засобами такого контролю виступають безпілотні літальні апарати (БПЛА), що є складовим елементом безпілотного авіаційного комплексу (БпАК).

Постановка завдання. Наразі питання застосування БпАК щодо забезпечення екологічної безпеки навколишнього середовища ще не досить висвітлюються в літературі. Інформація щодо використання БПЛА як засобів оперативного спостереження за станом складників довкілля також обмежена. Тому метою досліджень було встановлення можливості застосування БПЛА для вирішення завдань контролю за температурним режимом торфовищ із метою підвищення екологічної та протипожежної безпеки у визначеному районі у реальному часі. Завдання полягало в такому: охарактеризувати причини пожеж на торфовищах та їхні наслідки; обрати сучасний клас БПЛА та інфрачервоних датчиків для контролю температурного режиму торфовищ; обґрунтувати параметри візуалізації даних моніторингу; розробити необхідні умовні позначення для візуалізації інформації; розробити основи методики використання ГІС-технологій під час застосування БПЛА для контролю температурного режиму торфовищ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання щодо ролі та функцій торфовищ в екологічних системах, специфіки їхньої морфолого-генетичної будови на території України, особливостей їхнього комплексного використання як торфополевого земельного ресурсу розкрито у наукових працях Р. Труськавського, В. Гаськевича, М. Нецик та інших авторів [10]. Заходи щодо запобігання

пожежам на торфовищах детально розглянуті у роботах таких авторів, В. Коніщук і Н. Мельник [4]. Особливостям застосування сучасних БпАК у цивільній сфері присвячено дослідження В. Харченко, Д. Прусова та інших [11].

Найбільш небезпечні торф'яні пожежі виникають на осушених торфовищах. Особлива небезпека полягає в тому, що торф не горить відкритим вогнем – він тліє, виділяючи велику кількість диму. Пожежі на торфовищах відрізняються від решти пожеж тривалістю їхньої ліквідації та потенційною можливістю збільшення масштабів. Складність гасіння таких пожеж полягає ще й у тому, що горять і більш глибокі шари торфу.

Методика досліджень. У процесі проведення досліджень було використано загальнонаукові та спеціальні методи досліджень. Основні результати досліджень отримано на підставі принципів роботи БПЛА [2; 11], методик застосування ГІС-технологій [7]. Для вибору необхідного програмного продукту ГІС-технології з урахуванням сумісності його з програмним забезпеченням комп'ютерної техніки, особливостей процесу створення бази даних і можливості подальшого опрацювання даних, занесених до цієї бази, обрано аналітичний та узагальнюючий методи досліджень. Розроблення основ методики використання ГІС-технологій під час застосування БпАК для контролю температурного режиму торф'яних полів базувалось на положеннях Наказу Міністерства оборони України «Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України» [5].

Як картографічну основу з метою відпрацювання методики використання ГІС-технологій під час планування застосування БпАК використано цифрову фізичну карту Житомирської області. Під час розроблення необхідних умовних позначень для візуалізації інформації даних екологічного моніторингу торфовищ із метою створення нових шарів даних на електронній карті Житомирської області використано наукові здобутки А. Багмета [1] та особисто розроблений понятійний апарат для розпізнавання зазначених позначень. Практичне відпрацювання основних положень методики використання ГІС-технологій під час застосування БпАК для контролю температурного режиму торфовищ виконувалось відповідно до порад користувачу ГІС для створення цифрових карт і планів «*Digital*s для *Windows*» [7].

Виклад основного матеріалу. За деякими оцінками, світові запаси торфу становлять від 250 до 500 млрд тон [6]. Геологічні запаси торфу в Україні, поклади яких зосереджені переважно на Поліссі, оцінюються у 2,17 млрд т, а площа торфових родовищ становить близько 1 млн га [6].

Доволі часто ґрунтові торф'яні пожежі є причиною низової лісової пожежі [4]. Торф'яні пожежі охоплюють великі площі й важко піддаються гасінню, коли горить шар торфу значної товщини. Торф'яні



Рис. 1. Задимленість Богунського р-ну м. Житомир унаслідок горіння торфовищ у Житомирській області (04.09.2015 р., фото автора)

пожежі рухаються повільно, по декілька метрів на добу. Причому торф може горіти в усіх напрямках, незалежно від напрямку й сили вітру, а під ґрунтом він горить навіть під час помірного дощу й снігопаду. Вони небезпечні раптовими проривами вогню з-під землі й тим, що їхній край не завжди помітний. Температура всередині товщі торфу, охопленого пожежею, досягає понад сотень градусів.

Основною природною причиною, що зумовлює виникнення пожеж на торфовищах, є температурний режим довколишнього середовища, зокрема повітря і верхніх шарів гранту. Наприклад, доволі спекотне літо має досить негативні наслідки для природи, зокрема й торфовищ, оскільки викликає їх самозаймання. Підвищений рівень задимленості атмосферного повітря внаслідок горіння торф'яників негативно впливає на людей через отруєння продуктами горіння, хвороби шкіри та алергічні прояви, загострення серцево-судинних, легених та інших хронічних захворювань (рис. 1).

Дим від великих торф'яних пожеж у концентрації, небезпечній для здоров'я, може поширюватися на відстань до кількох сотень кілометрів.

Своєчасно виявити торф'яну пожежу дуже складно – набагато важче, ніж лісову, що пов'язано з відсутністю відкритого вогню. Тому вирішальну роль у ранньому виявленні торф'яних пожеж відіграє регулярне обстеження особливо небезпечних територій.

Наразі для вирішення широкого кола завдань, виконання яких пілотованими літальними апаратами

з різних причин недоцільно, застосовуються невідомі БпЛА [2]. Такими завданнями є моніторинг повітряного простору, земної й водної поверхонь, моніторинг обстановки в надзвичайних ситуаціях будь-якого походження, спостереження за пожежною обстановкою тощо [8].

Основною особливістю БпЛА (у літературі застосовується синонім – «дрон») є відсутність людини на борту апарата. Це дає змогу зменшити ризик втрат льотного складу, зняти обмеження присутності літального апарату в зонах, які мають численні фактори шкідливого впливу на людину. Головною особливістю БпЛА є те, що майже всі апарати виконують свої завдання в автоматичному режимі. Візуальна інформація з БпЛА може бути отримана в режимі реального часу або після доставки та обробки в день здійснення польоту (спостереження).

Нині в Україні створено низку сучасних БпЛА: «Фурія», *Spectator*, *PD-1* та інші (рис. 2) [8].

Для здійснення ДЗЗ в інфрачервоному діапазоні на борту БпЛА можливе встановлення ІЧ-датчиків (тепловізійних камер – тепловізорів). Наразі сучасною і досить поширеною тепловізійною камерою, що застосовується на БпЛА, є *Flir* серії *Tau 2* з об'єктивом 19 мм і компактним охолоджуваним тепловізійним модулем [9]. Зйомка в ІЧ-діапазоні дає можливість спостерігати межі розподілу температурних режимів знятої ділянки місцевості. Накопичення інформації та подальший її аналіз дає змогу оцінювати і прогнозувати напрями поширення процесів підвищення



Рис. 2. Безпілотні літальні апарати «Фурія» (а) та «Spectator» (б)

температури торфовища та наближення її до критичної точки – самозаймання. З аналізу характеристик сучасних тепловізорів випливає, що за співвідношенням «ціна – якість» найкращим вибором для контролю температурного режиму торф'яних полів є тепловізійна камера *Flir Vue Pro R 640*, що поєднує середню ціну, високі оптичні показники з можливістю встановлення на будь-яку платформу [2; 9].

Проведений аналіз свідчить, що для вирішення завдань контролю за температурним режимом торфовищ у межах Поліського регіону, зокрема Житомирської області, доцільно використовувати літальні апарати легкого та середнього класу II–IV категорії, що мають висоту польоту понад 2 км і тривалість польоту понад 2 години. Такими є БпЛА модельного ряду «Фурія» та «PD-1» [2].

Можливість експлуатації обраних типів БпЛА вносить низку обмежень щодо їхнього застосування в певних умовах. Наприклад, для запуску і посадки БпЛА типу «Фурія» необхідна розчищена некам'яниста ділянка місцевості площею мінімум 100 x 100 м. Умови запуску і посадки БпЛА модельного ряду «PD-1» є більш жорсткими. З урахуванням габаритів і способу зльоту (посадки) БпЛА вищезазначеного типу дозволяється експлуатувати виключно з підготовлених злітно-посадкових смуг (ЗПС) [5]. Такими можуть бути аеродроми військової, цивільної та сільськогосподарської авіації. За зрозумілих причин робота зі ЗПС першого і другого типу вкрай ускладнена. Найпростіше використовувати ЗПС третього типу.

Організація спостереження за температурним станом торфовищ і процесами, що відбуваються у них, передбачає планування маршрутів польоту літального апарату з використанням картографічної інформації, зокрема цифрових карт, на яких можливо графічними засобами програмного забезпечення наносити райони спостереження торфовищ, райони заборони польоту БпЛА, прокладати маршрути польоту та іншу необхідну графічну інформацію [1; 2].

Під час планування польотів БпЛА для контролю температурного режиму торфовищ доцільно дотримуватися положень Наказу Міністерства оборони України «Планування польотів» стосовно цивільної установи (розділу 3) [5]. Для проведення польотів на кожну льотну зміну складається планова таблиця польотів відповідно до Правил виконання польотів Державної авіації України. Вона може складатися в декількох варіантах залежно від завдань, які вирішуються, площі району спостережень, очікуваних метеорологічних умов тощо. У таблиці обов'язково вказуються маршрути польоту [5].

Ліквідувати спалах торфу складніше, ніж запобігти йому. Тому такий аналіз сприятиме ранньому виявленню територій із найбільш ймовірним самозайманням, плануванню та втіленню профілактичних заходів, які запобігають виникненню пожеж на торфовищах.

Інформаційне забезпечення системи контролю за станом торфовищ має містити певні тематичні пласти інформації [1; 7]. Одним із найважливіших елементів системи контролю є планування застосування технічних засобів контролю (БпЛА) відповідно до чинного законодавства України та дані про об'єктивний стан об'єкта контролю.

Для створення візуального банку даних було обрано програмний продукт «*Digitalis* для *Windows*» розроблений ТОВ «Аналітика» (м. Вінниця), оскільки ця програма дає змогу робити збір векторної інформації з растрових зображень [7]. Технологія виводу даних ГІС «*Digitalis* для *Windows*» дає змогу оперативно одержувати візуальне представлення картографічної інформації з різним змістом і наповненням, переходити від одного масштабу до іншого, представляти атрибутивні дані в табличній, текстовій або графічній формі.

На цифрову карту в активному режимі користувач (група планування) може наносити специфічну інформацію відповідно до його вимог, дотримуючись правил використання повітряного простору та забезпечення безпеки польоту БпЛА [1; 2; 5]. З цією метою за топографічною картою та знімками ДЗЗ були уточнені межі об'єкта контролю. Надалі було складено перелік елементів (об'єктів та явищ), які будуть додатково відображатися на цифровій карті: район контролю, поле торфорозробки, зона заборони польоту БпЛА, злітно-посадковий майданчик, маршрут польоту БпЛА, напрям польоту тощо. Далі було визначено категорії конкретних елементів і відповідних їм умовних позначень у ГІС «*Digitalis*». Було визначено перелік необхідних параметрів та їхню розмірність для категорії елементів, які будуть занесені в базу даних: для району контролю та ділянки торфорозробки – назва родовища, температура торфу, дата останнього контролю; для зони заборони польоту БпЛА – час заборони польоту; для злітно-посадкового майданчику – назва, довжина та ширина ЗПС, метеоумови, напрям і швидкість вітру; для маршруту польоту БпЛА – висота й час відкритого простору.

У програмі «*Digitalis* для *Windows*» було створено нові умовні позначення поодиноких (позамасштабних) та лінійного об'єктів. Ці умовні знаки мають свої порядкові номери та категорію знака в базі даних програми: (поодинокий – Og, лінійний – Ln) – 38 Og, 39 Og, 42 Og та 41 Ln.

У результаті досліджень і практичного відпрацювання основних положень методики використання ГІС-технологій під час застосування БпЛА було отримано цифрову карту та базу даних, які характеризують умови застосування БпЛА для контролю температурного режиму торфовищ Житомирської області (рис. 3). У разі необхідності в план застосування БпЛА перед польотом можливе оперативне внесення змін, які наочно будуть відображені на цифровій карті.

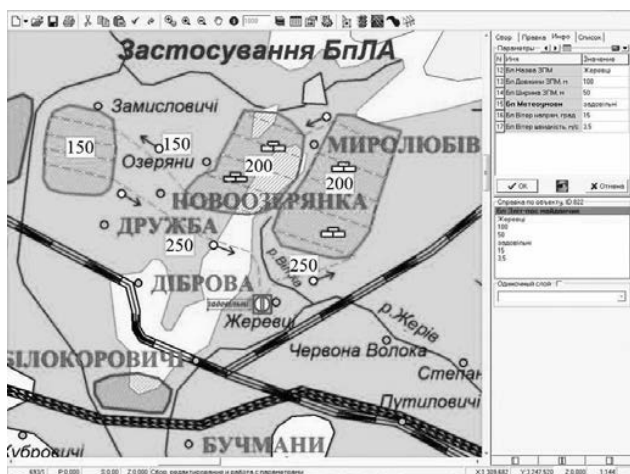


Рис. 3. Цифрова карта ГІС «Digitals для Windows 95/98/NT» з планом застосування БпЛА (витяг, варіант)

Головні висновки. Встановлено, що сьогодні в Україні БпАК переважно використовуються для вирішення військових завдань. З огляду на перспективність розвитку вітчизняної безпілотної авіаційної техніки з'являється можливість оперативного отримання інформації щодо екологічного стану певного району у реальному часі із застосуванням БпЛА II–IV класів. З метою оперативного контролю температурного стану торфовищ для запобігання пожежам на них доцільно використовувати БпЛА типу «Фурія» або «PD-1» з тепловізійною камерою *Flir Vue Pro R 640*.

Запропонована методика використання оцінки та візуалізації даних екологічного моніторингу на основі програмного продукту «Digitals для Windows» передбачає створення банку даних для оцінки, оперативного їх опрацювання, прогнозування ймовірних пожеж на торфовищах, а також можливість безперервного поповнення масивів даних з оці-

нюваних об'єктів, що зумовлює його універсальність і пристосованість до конкретних умов оцінки стану пожежної безпеки досліджуваних територій. Це дасть змогу запобігти виникненню та поширенню пожеж на торфовищах, підвищити екологічну і протипожежну безпеку об'єктів і населених пунктів певного регіону.

Перспективи використання результатів досліджень. Інформацію щодо результатів застосування БпАК для контролю температурного режиму торфовищ можна використовувати під час планування наступного сеансу проведення контролю; під час внесення змін маршруту та параметрів траєкторії польоту; для нанесення результатів дешифрування температурного режиму торфовищ; під час планування відповідних профілактичних заходів і пропозицій щодо підвищення протипожежної безпеки торфовищ; для виявлення найбільш небезпечних ділянок торфовищ за температурним режимом; для виявлення ділянок торфовищ, де найбільш імовірно виникнення осередків тління торфу; для визначення місця розташування протипожежних розривів і видалення рослинного покриття; під час здійснення заходів щодо двостороннього регулювання водного режиму торф'яних полів; для прогнозу напрямів поширення пожежної небезпеки.

Застосування невійськових БпАК та аналітичних можливостей ГІС сприяє оперативному отриманню інформації про стан навколишнього природного середовища у визначеному районі у реальному часі, допомагає отримати більш точну інформацію, створити базу даних, представляти необхідні дані у найбільш повній та зручній для сприйняття формі; спрогнозувати той чи інший розвиток подій, знайти найкраще рішення щодо застосування можливостей підрозділів ДСНС під час гасіння торф'яних пожеж.

Література

1. Багмет А.П., Ковальчук С.В. Геоинформационное обеспечение мониторинга экосистем в районах разработки природных ресурсов. *Сучасні проблеми збалансованого природокористування* : зб. наук. праць. Спецвипуск: матеріали VII наук.-практ. конф., м. Кам'янець-Подільський, 27 листопада 2012 р. С. 117–118.
2. Климчик О.М., Ковальчук С.В. Можливості застосування безпілотної літальної апаратури для забезпечення екологічної безпеки регіону. *Наука. Освіта. Практика* : матеріали наук.-практ. конф., 12 жовтня 2017 р. Житомир, 2017. 368 с. С. 192–196.
3. Климчик О.М., Ковальчук С.В. Упередження пожежі на торф'яних полях. *Наука. Молодь. Екологія – 2018* : зб. мат-лів XIV Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, 17 травня 2018 р. Житомир, 2018. С. 190–195.
4. Коніщук В.В., Мельник Н.М. Пожежі на торф'яних полях і заходи їх упередження. *Біологічні дослідження* : зб. наук. пр. Житомир, 2018. С. 358–359.
5. Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України : Наказ Міністра оборони України від 8 грудня 2016 р. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE29899.tml.
6. Потенціал добычи торфа в Україні. URL: <http://www.biowatt.com.ua/informatsiya/dobycha-torfa-v-ukraine>.
7. Програмное обеспечение для создания цифровых карт и планов *Digitals для Windows*, версия 5.0. Руководство оператора. ООО «Аналитика», Винница, 2015. URL: <https://vinmap.net/?act=ind>.
8. Стан та перспективи розвитку безпілотної літальної апаратури в Україні. URL: <http://www.docme.ru/doc/1513123/stan-ta-perspektivi-rozvitku-bezpilotnih-lital-nih-aparat>.
9. Тепловизор для дрона. Зачем нужны, принцип работы, подборка. URL: <http://mykvadrocopter.ru/teplovizor-dlya-drona>.
10. Трускавецький Р.С. Торфові ґрунти і торфовища України : монографія. Харків : Міськдрук, 2010. 278 с.
11. Харченко В.П., Прусов Д.Е. Аналіз застосування безпілотної авіаційної системи у цивільній сфері. *Вісник НАУ*. 2012. № 1. С. 118–130. URL: http://www.er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/22426/1/Kharchenko_Prusov.pdf.