

ЛАНДШАФТНА АРХІТЕКТУРА І ДЕКОРАТИВНЕ САДІВНИЦТВО

УДК 712.00:62-519: 528.7:528.88

ДИСТАНЦІЙНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ДРОНІВ

Д. І. БІДОЛАХ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

В. С. КУЗЬОВИЧ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

*відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і
природокористування «Бережанський агротехнічний інститут»*

E-mail: dimbid@ukr.net; vasyi.kuzovych@gmail.com

Анотація. Використання сучасних дистанційних методів досліджень для отримання своєчасної та достовірної інформації щодо стану об'єктів садово-паркового господарства є актуальним питанням сьогодення. Новим напрямом у цій сфері є застосування безпілотних літальних апаратів. Саме можливостям їх використання для обстеження зелених насаджень населених пунктів присвячено цю статтю.

Дослідження проводили у 2016 р. на прикладі Бережанського призамкового парку (Тернопільська область) шляхом польових обстежень і обльоту з фотографуванням території квадрокоптером Phantom 3 Advanced. У результаті виконаних робіт встановлено, що здійснення зйомки території садово-паркових об'єктів з використанням дронів дає змогу замінити інші матеріали дистанційного зондування отриманим ортофотопланом, одержати матеріали кращої якості та інформативності, а також спростити і здешевити виконання робіт. Крім того, такий спосіб дистанційного зондування розширює можливості щодо термінів і повторюваності виконання обстежень, що надає нові ресурси для моніторингу та моделювання змін зелених насаджень.

Проведені дослідження дають змогу робити висновки щодо доцільності застосування безпілотних літальних апаратів для обстеження об'єктів садово-паркового господарства та отримання актуальної інформації про них.

Ключові слова: дослідження зелених насаджень, дистанційні методи, садово-паркове господарство, БПЛА, квадрокоптер.

Прискорення темпів урбанізації з одночасним погіршенням екологічної ситуації в населених пунктах України вимагає особливої уваги до зелених насаджень, які виконують важливі санітарно-гігієнічні та оздоровчі функції. Для збереження їхньої декоративності, екологічної ефективності та стійкості до несприятливих умов дедалі більшого значення набирає своєчасна та достовірна оцінка стану зелених насаджень, а також облік об'єктів садово-паркового господарства. Відповідно до статті 28 Закону України «Про благоустрій населених пунктів» [5] і рекомендацій щодо обліку зелених насаджень [9] ця інформація має містити достовірні дані щодо кількісних та якісних характеристик зелених насаджень і бути основою для створення

інформаційної бази щодо організації раціонального використання озелених територій. Своєю чергою, отримання таких даних є неможливим без достовірних картографічних матеріалів і постійного моніторингу стану зелених насаджень. Слід зазначити, що проведення таких робіт є досить трудомістким і затратним процесом, а це в сучасних економічних умовах суттєво позначається на якості та обсягах їх виконання. Саме тому науковці різних країн вивчають нові підходи щодо використання сучасних технологій для потреб обліку та вивчення стану зелених насаджень у населених пунктах [1; 2; 8 та ін.]. Найактивнішого розвитку і вивчення набули технології, які вже досить успішно апробовані в сільському та лісовому господарстві, будівельній, транспортній та інших галузях. До них належить використання дистанційних методів зондування земної поверхні (ДЗЗ), матеріали яких опрацьовуються в геоінформаційних системах (ГІС).

Як свідчать останні дослідження [8, с. 81], супутникові знімки, особливо високого просторового розрізнення, можуть слугувати важливим і достовірним джерелом інформації про об'єкти садово-паркового господарства. Вони дають змогу отримувати оперативну інформацію про значні площі озелених територій, у короткі терміни її опрацьовувати за допомогою ГІС та здійснювати актуалізацію лісівничо-таксаційних і картографічних матеріалів для оновлення реєстру зелених насаджень. Проте до недоліків такого підходу можна віднести високу вартість матеріалів ДЗЗ для невеликих територій (зокрема кращого просторового розрізнення), залежність супутникової зйомки від хмарності та балістичних параметрів робочої орбіти супутників [7].

Одним із способів подолання цих недоліків є використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для здійснення дистанційної зйомки земної поверхні. Досвід використання дронів для потреб сільського господарства свідчить, що такий підхід дає змогу отримати знімки полів із точними координатами в потрібний час, незалежно від хмарності, з вищою роздільною здатністю порівняно з космічною зйомкою [4]. У практиці лісового господарства також уже є спроби використання БПЛА для визначення вегетаційного індексу, підрахунку кількості видів, встановлення меж таксаційних виділів [3, с. 18].

Тому питання дослідження можливостей дистанційної зйомки для отримання інформації щодо зелених насаджень є актуальним, має важливе практичне значення і потребує подальшого вивчення і вдосконалення.

Мета досліджень – опрацювання теоретичних і методологічних підходів щодо дистанційного дослідження зелених насаджень населених пунктів із використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили у 2016 р. на прикладі Бережанського призамкового парку (Тернопільська обл.) шляхом польових обстежень та обльоту з фотографуванням території квадрокоптером Phantom 3 Advanced.

Під час польових досліджень проводили інвентаризацію деревно-чагарникових видів рослин відповідно до Інструкції з технічної інвентаризації зелених насаджень [6]. Для характеристики рослин визначали таксаційні показники: діаметр і висоту дерев, а також стан їхньої життєвості, встановлений за методикою, викладеною у вищезгаданій Інструкції [6]. Фітосанітарний стан зелених рослин оцінювали за зовнішніми морфологічними ознаками. При цьому візуально визначали ступінь пошкодження та ураження

листя за шкалою Н. П. Красинського у модифікації Ю. З. Кулагіна. Для діагностики життєвого стану деревостану використовували шкалу категорій станів В. А. Алексеєва. Для визначення фаутиності дерев користувались загальноприйнятою методикою. Також було проведено лінійні обмірювання таких елементів: діаметр крон деревних рослин, ширина доріжок, параметри лав, МАФів, будівель і споруд.

Для здійснення польоту з дистанційним фотографуванням території використовували БПЛА Phantom 3 Advanced – квадрокоптер серійного виробництва з умонтованим GPS-модулем, системою стабілізації та знімальною апаратурою, а саме пристроями для фотозйомки з високими оптичними характеристиками і роздільною здатністю. Основні технічні характеристики цього дрона такі: вага – 1,28 кг; діагональний розмір – 0,59 м; точність польоту відповідно до заданого маршруту – $\pm 0,1$ м по вертикалі та ± 1 м по горизонталі; максимальна швидкість польоту – 16 м/с; максимальна висота польоту – 6 тис. м. Цей коптер підтримує роботу одночасно в обох системах навігації (GPS і ГЛОНАСС), що дає змогу підвищити точність його позиціювання у глобальній системі координат. Карданний трьохосовий підвіс із пристроями для стабілізації і тангажем від -90° до $+30^\circ$ дає змогу вести якісне фотографування в русі під необхідним кутом. Знімальна апаратура представлена сенсором Sony EXMOR 1/2.3" з 12,4 млн ефективних пікселів та об'єктивом f/2.8 (20-мм еквівалент) із 94-градусним кутом огляду, чутливістю ISO 100-1600 та витримкою від 8 с до 1/8000 с, що дає змогу отримувати знімки високої якості із роздільною здатністю 4000×3000.

Перед початком знімальних робіт проводили планування маршруту переміщення БПЛА (рис. 1) з визначенням висоти польоту, часу виконання завдання, з огляду на площу об'єкта садово-паркового господарства, фокусну віддасть камери та необхідну деталізацію. При прокладанні маршруту суміжні знімки ($S1$ та $S2$) повинні мати повздовжнє (Px) перекриття (рис. 2). Поперечного перекриття (Py) досягають шляхом суміщення сусідніх маршрутів ($S3$ перекривається знімками $S1$ та $S2$ суміжного маршруту). Рекомендоване поздовжнє перекриття матеріалів знімання, як і для аерофотозйомки, має становити в середньому 60 % (мінімальне перекриття – 56 %), що забезпечує наявність потрібного поздовжнього перекриття не менше ніж 12 %. Поперечне середнє перекриття суміжних маршрутів має становити близько 30–40 % із допустимим мінімальним значенням 20 %.

Після виконання всіх необхідних налаштувань, калібрування квадрокоптера та планування маршруту виконували обліт об'єкта дослідження на трьох висотах (50, 75 і 100 м) із ортогональним фотографуванням території парку. При цьому кожен знімок автоматично прив'язувався до глобальної системи координат і містив повздовжнє та поперечне перекриття для виконання наступної фотограмметричної обробки і корекції.

Під час камеральних робіт проводили побудову ортофотоплану в програмі Agisoft PhotoScan Professional Edition на основі даних вихідних знімків з їх ортотрансформацією у системі координат UTM на еліпсоїді WGS84. У результаті отримано одноформатний картографічний матеріал на територію призамкового парку, який прив'язаний до системи координат і придатний для подальшого використання в геоінформаційних системах (ГІС).



Рис. 1. Запланований маршрут переміщення коптера для виконання зйомки Бережанського призамкового парку

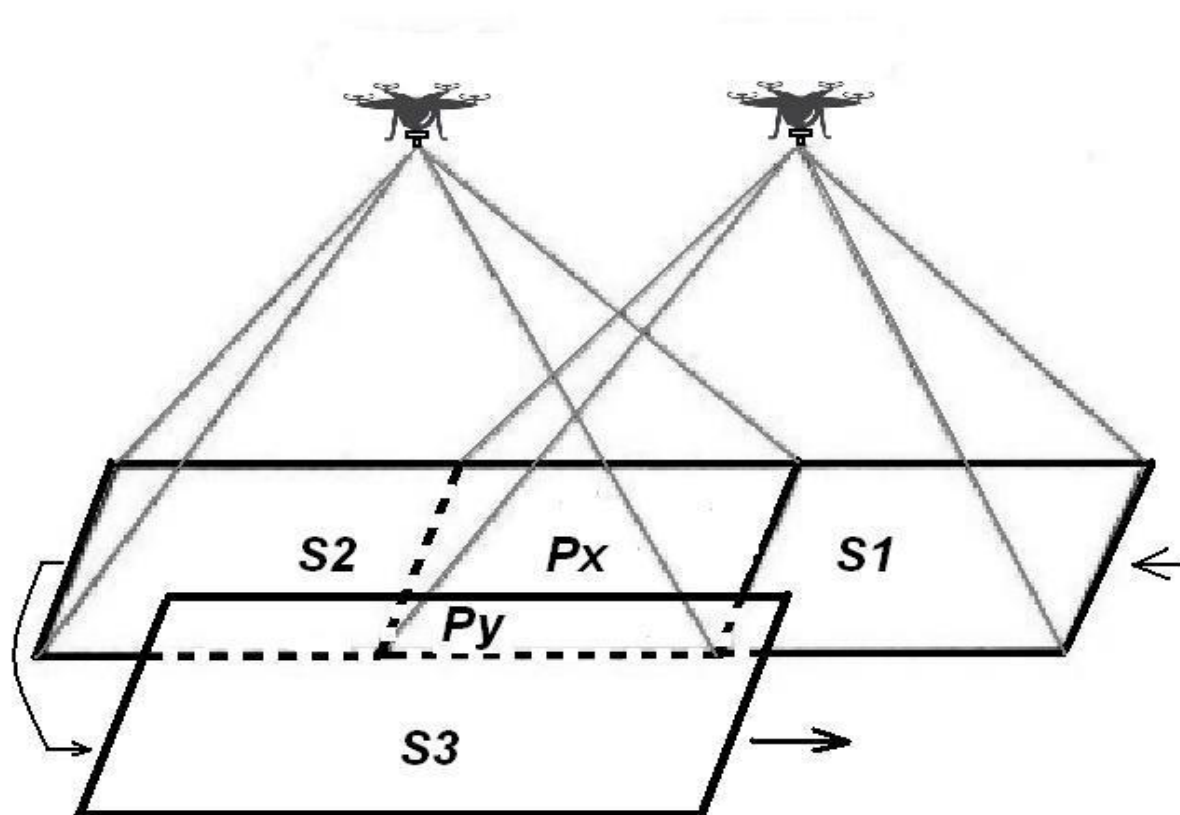


Рис. 2. Схема виконання БПЛА зйомки з перекриттями

Далі, у середовищі ГІС ArcGis 9.2 проводили порівняння створеного ортофотоплану з фрагментом, прив'язаного в цій самій системі координат, космічного знімку Spot (рис. 3) від компанії Astrium та зіставлення із натурними обстеженнями.



Рис. 3. Порівняння матеріалів ДЗЗ (зліва) з БПЛА ортофотопланом

Результати дослідження. Встановлено, що висота польоту коптера впливає на якість, деталізацію та інформативність отриманого картографічного матеріалу. Нижча висота польоту дає знімки кращої деталізації та інформативності, що є важливим для дослідження лінійних і площинних об'єктів (доріжки, мощення, газони, квітники). Проте для деревно-чагарникових видів рослин, висота яких у зелених насадженнях населених пунктів може досягати кількох десятків метрів, виникає ефект спотворення внаслідок зміщення верхівки крони порівняно із нижньою частиною стовбура в напрямку від центру до периферійних частин фотознімка. Вплив цього ефекту посилюється з віддаленням рослин від центральної частини матеріалів БПЛА-зйомки. Тому для потреб дослідження місця розташування деревно-чагарникових порід, вимірювання розмірів і площі крон, а також для визначення зімкнутості намету доцільно використовувати знімки, що одержані за вищої висоти польоту коптера.

Повздовжнє і поперечне перекриття знімків також відіграє суттєву роль для покращення якості ортотрансформації матеріалів дистанційної зйомки з використанням БПЛА. Тому, відповідно до вимог фотограмметрії, рекомендовано забезпечувати 60 % поздовжнього та 35 % поперечного перекриття матеріалів знімання (мінімально допустимі значення відповідно 56 % і 20 %).

Порівняння реальних лінійних розмірів об'єктів (доріжки, МАФи, мощення, квітники, споруди) з їхніми масштабними вимірюваннями за матеріалами БПЛА- знімання засвідчило, що точність вимірів за отриманим ортофотопланом можна охарактеризувати середньоквадратичною відносною похибкою 3,46 % за максимального відхилення 6,21 % (кількість вимірювань $n=58$). Вважаємо це прийнятним результатом, проте для підвищення точності отриманих матеріалів знімання рекомендовано здійснювати зовнішнє орієнтування знімків за попередньо закріпленими добре видимими на знімках точками з відомими координатами.

Зіставлення матеріалів космічного знімання з ортофотопланом БПЛА-зйомки засвідчило, що запропонований нами підхід дає змогу уникнути таких недоліків, як вплив хмарності та тіней, завдяки можливості проведення зйомки в запланований час, що є суттєвою перевагою порівняно з іншими видами аерофотозйомки. Крім того, використання квадрокоптера розширює можливості досліджень з метою моніторингу, фенологічних спостережень та вивчення стану зелених насаджень завдяки зручності й бюджетності повторних знімів. Проте, слід зазначити, що польоти дронів є залежними від таких метеорологічних чинників, як туман, вітер, дощ і сніг, що потрібно враховувати при плануванні та виконанні польових досліджень.

Використання цього способу також забезпечує можливість досягнення кращого економічного ефекту завдяки здешевленню вартості виконання зйомки порівняно з відомими аналогами. Аерофотозйомку пілотованими літальними апаратами практично не проводять через її дорожнечу, а ціни на космічні знімки також є недешевими, особливо для матеріалів із високою роздільною здатністю, та є економічно не вигідними для невеликих територій.

Висновки і перспективи. Проведені дослідження засвідчили, що використання безпілотних літальних апаратів для дистанційної зйомки садово-паркових об'єктів є перспективними завдяки їхнім перевагам над традиційними методами аерокосмічних знімів:

- можливість уникнення впливу хмарності, тіней і спотворень, характерних для аерокосмічної зйомки;
- краща деталізація об'єктів, що є важливим для створення картографічної основи та проведення вимірювань за ортофотопланом;
- можливість планування та повторення польотів у оптимальний для користувача час із одномоментним отриманням результатів зйомки та можливістю їхньої перевірки;
- варіативність щодо зміни висоти та напрямів польоту, а також можливості виконання зупинок у процесі виконання зйомки;
- бюджетна вартість виконання польотів, які характеризуються легкістю відтворення та повторюваності.

Список використаних джерел

1. Tiede D. A full GIS-based workflow for tree identification and tree crown delineation using laser scanning, Proceedings of CMRT 05 / D. Tiede, G. Hochleitner, and T. Blaschke // International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing / eds. U. Stilla, F. Rottensteiner, and S. Hinz. – XXXVI (Part 3/W24). – Vienna, Austria, 2005. – P. 29–30.
2. Zhang C. Mapping Individual Tree Species in an Urban Forest Using Airborne Lidar Data and Hyperspectral Imagery / C. Zhang, F. Qiu // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. – 2012. – Vol. 78, No. 10, October. – P. 1079–1087.
3. Галецкая Г. А. Возможности обработки и анализа данных сверхлёгкого БПЛА sensefly ebee в лесном хозяйстве / Г. А. Галецкая, М. В. Вьюнов, С. В. Железова, С. И. Завалишин // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2015. – № 4. – С. 11–18.
4. Дрони: решения для АПК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://drone.ua/resheniya-dlya-apk/#1448902168539-8fa1fe1e-8c67>.

5. Закон України «Про благоустрій населених пунктів» № 2807 IV від 6 вересня 2005 року (зі змінами) // Урядовий кур'єр. – 2005. – № 198 (19 жовтня).
6. Інструкція з технічної інвентаризації зелених насаджень у містах і селищах міського типу України: затверджена наказом № 226 Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики від 24.12.2001 р. – 18 с.
7. Константиновская Л. В. Недостатки космосъемки [Электронный ресурс] / Л. В. Константиновская. – Режим доступа: <http://www.astronom2000.info/аэро-и-космосъемка/3-глава-космическая-съемка/>.
8. Миронюк В. В. Методичні основи обліку міських зелених насаджень із використанням супутникових знімків різного просторового розрізнення [Електронний ресурс] / В. В. Миронюк, В. А. Свинчук // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво. – 2012. – Вип. 171 (2). – С. 75–82. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu_lis_2012_171\(2\)_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu_lis_2012_171(2)_12).
9. Про затвердження Методичних рекомендацій щодо обліку зелених насаджень у населених пунктах України : наказ № 386 Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 22 листоп. 2006 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=v0386667-06>.

References

1. Tiede, D., Hochleitner, G., Blaschke, T. (2005). A full GIS-based workflow for tree identification and tree crown delineation using laser scanning. ISPRS Workshop CMRT 05. 29–30.08.2005. Vienna, Austria, 29–30.
2. Zhang, C., Qiu, F. (2012). Mapping Individual Tree Species in an Urban Forest Using Airborne Lidar Data and Hyperspectral Imagery. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 78, 10, 1079–1087.
3. Galetskaya, G. A., Viunov, M. V., Zhelezova, S. V., Zavalishin, S. I. (2015). Vozmozhnosti obrabotki i analiza dannyh svrhleghkogo BPLA sensefly ebee v lesnom hoziaistve [Possibilities of data processing and analysis of ultra-light UAV sensefly ebee in forestry]. Interexpo Geo-Sibir, 4, 11–18.
4. Drony: reshenia dla APK [Drones: solutions for agriculture]. Available at: <http://drone.ua/resheniya-dlya-apk/#1448902168539-8fa1fe1e-8c67>.
5. Zakon Ukrainy "Pro blagoustrii naselenykh punktiv" № 2807 IV (2005). [The Law of Ukraine "On the improvement of human settlements" № 2807 IV (2005)]. Governmental courier, 198 (October 19).
6. Instruksia z tekhnichnoi inventaryzatsii zelenykh nasadzhen u mistakh i selyschakh miskogo typu Ukrainy: zatverdzhena nakazom № 226 Derzhavnogo komitetu budivnytstva, arhitektury ta zhytlovoi polityky vid 24.12.2001 r. (2001). [Instructions for technical inventory of green spaces in cities and towns of Ukraine: Approved by the order № 226 of the State Committee for Construction, Architecture and Housing Policy, 2001, December 12], 18.
7. Konstantinovskaia, L. V. (2016). Nedostatki kosmosjomki [Disadvantages of satellite imagery]. Available at: <http://www.astronom2000.info/аэро-и-космосъемка/3-глава-космическая-съемка/>.
8. Myroniuk, V. V., Svynchuk, V. A. (2012). Metodychni osnovy obliku miskykh nasadzhen iz vykorystanniam suputnykovykh znimkiv riznogo prostorovogo

rozrznennia [Methodological basis of accounting urban green space using satellite imagery of different spatial differentiation]. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Forestry and ornamental plants, 171 (2), 75–82. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu_lis_2012_171\(2\)_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu_lis_2012_171(2)_12).

9. Pro zatverdzhennia Metodychnykh rekomendatsii schodo obliku zelenykh nasadzhenn u naselenykh punktakh Ukrainy: Nakaz № 386 Ministerstva budivnytstva, arhitektury ta zhytlovo-komunalnogo gospodarstva Ukrainy, 22 lystop. 2006 r. (2006). [On approval of guidelines for the calculation of green space in settlements of Ukraine: decree № 386 of the Ministry of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of Ukraine, 2006, November 22]. (2006,). Available at: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=v0386667-06>.

ДИСТАНЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ САДОВО-ПАРКОВОГО ХОЗЯЙСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДРОНОВ

Д. И. Бидолах, В. С. Кузевич

Аннотация. Использование современных дистанционных методов исследований для получения своевременной и достоверной информации о состоянии объектов садово-паркового хозяйства является актуальным вопросом современности. Новым направлением в этой сфере является применение беспилотных летательных аппаратов. Именно возможностям их использования для обследования зеленых насаждений населенных пунктов посвящена данная статья.

Исследования проводились в 2016 г. на примере Бережанского призамкового парка (Тернопольская обл.) путем полевых исследований и облета с фотографированием территории квадрокоптером Phantom 3 Advanced. В результате выполненных работ установлено, что осуществление съемки территории садово-парковых объектов с использованием беспилотников позволяет заменить другие материалы дистанционного зондирования созданным ортофотопланом, получить материалы лучшего качества и информативности, а также упростить и удешевить выполнение работ. Кроме того, данный способ дистанционного зондирования расширяет возможности по срокам и повторяемости выполнения обследований, раскрывает новые возможности для мониторинга и моделирования изменений зеленых насаждений.

Проведенные исследования позволяют делать выводы о целесообразности применения беспилотных летательных аппаратов для обследования объектов садово-паркового хозяйства и получения актуальной информации о них.

Ключевые слова: исследование зеленых насаждений, дистанционные методы, садово-парковое хозяйство, БПЛА, квадрокоптер.

REMOTE RESEARCH OF HORTICULTURE OBJECTS WITH THE USING OF DRONES

D. Bidolakh, V. Kuzovych

Abstract. The using of modern remote research methods for obtaining timely and accurate information on the Landscape Architecture objects status is a key

issue today. New direction in this area is the use of drones. This article is devoted to possibilities of their use for the survey of green space settlements.

Researches were held in 2016 on the example of Berezhany adjoining park (Ternopil region.). The field survey and photography overflight of the territory had done by kvadrokopter Phantom 3 Advanced. As a result of executed works is established that photographing area of horticultural objects with using of drones allows to replace other materials by remote sensing orthophotoplan, to get the best quality and informative materials, as well as to simplify and reduce the cost of the work. Furthermore, this method extends the capabilities of remote sensing on the timing and frequency of research, revealing new possibilities for monitoring and modeling of greenery changes.

The researches allow to do conclusions about the advisability of drones application to the objects Landscape Architecture survey and to receiving of relevant information about them.

Keywords: research greenery, remote methods, Horticulture, UAV, kvadrokopter.

УДК: 712.253:58]:502.75

ПРОБЛЕМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІСТОРИЧНИХ ЛАНДШАФТІВ ДЕНДРОПАРКУ «ОЛЕКСАНДРІЯ» НАН УКРАЇНИ

С. І. ГАЛКІН, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник

Н. М. ДОЙКО, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник

Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України

E-mail: alexandriapark@ukr.net

Анотація. Важливе завдання зі збереження і відтворення фіторізноманіття в Україні, відновлення та реконструкції історичних ландшафтів покладено на дендрологічні парки і парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва. Останніми десятиліттями зафіксовано значне зменшення фіторізноманіття багатьох старовинних парків, погіршення стану історичних ландшафтів унаслідок неналежного догляду та посилення антропогенного впливу. Завданнями наших досліджень було вивчення формування та оцінка сучасного стану ландшафтів старовинного парку «Олександрія» з метою їх збереження. У роботі наведено результати досліджень ландшафтів дендропарку «Олександрія» НАН України за методикою, розробленою Л. І. Рубцовим (1977). Проаналізовано динаміку їхніх змін упродовж XIX та XX століть. Встановлено, що головним типом сучасного ландшафту дендропарку, як і раніше, є лісовий, однак представлений він не головною породою *Quercus robur* L., а самосійними видами деревних листяних порід. Досліджено склад аборигенних ландшафтовірних деревних видів, динаміку змін видового складу, які відбулися, і тенденції антропогенної трансформації природної фітобіоти на початку XXI ст. На сучасному етапі розвитку дендропарку головним