

Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*Published in the Russian Federation  
Gardarika

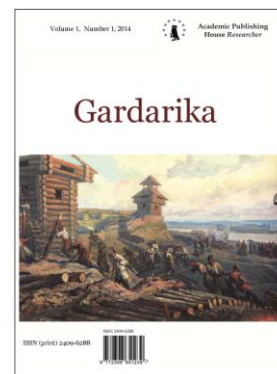
Has been issued since 2014.

ISSN: 2409-6288

E-ISSN: 2413-7456

Vol. 5, Is. 4, pp. 133-144, 2015

DOI: 10.13187/gard.2015.5.133

[www.ejournal26.com](http://www.ejournal26.com)

UDC 902.03 (477)

### **Advantage of using quadrocopters, for aero photo ancient of Old Rus towns**

Volodimir A. Gnera

History Museum of Desyatinaya church, Ukraine

6/1, Volodimirska str., m. Kyiv 01001

E-mail: vsoiskatel@mail.ru

#### **Abstract**

This article considers opportunity to use remotely piloted aircraft (quadrocoptera) for ancient of Old Rus towns in current urban. It explores technical and functional advantages settings remotely piloted aircraft to followed using for air photography, and change to crated ortophotoplan and digital model of relief. The article based on the example of aerosedan cultural heritage discusses the usefulness of the application of the quadrocopter.

**Keywords:** air photography, town, SRPA (smaller remotely piloted aircraft), quadrocopter, ortophotoplan, aerial survey, monitoring, non-destructive method, museumfication.

#### **Введение**

Актуальной проблемой современного археологического исследования является обнаружение, изучение и сохранение объектов культурного наследия. В большинстве регионов Украины объекты археологии, как и памятники истории, преобладают среди других недвижимых объектов культурного наследия. По официальной статистике их на государственном учете около 58 тыс., хотя, возможно, еще столько же еще не учтены, сведения о них еще не внесены в соответствующие списки и реестры [7].

Естественно, традиционными методами археологии и при отсутствии соответствующего финансирования археологических исследований, выявление и сохранение памятников становится сложной задачей. Поэтому для современных археологов необходимо продолжать поиски и выявление объектов археологии с привлечением всех имеющихся научно-технических средств и методов.

#### **Материалы и методы**

В работе использованы аэрофотоснимки выполненные автором в ходе проведения научных исследований и охранных работ в городах: Киев, Белая Церковь, Вышгород, Коростень, Олевск и т.д. Аэрофотосъемка произведена квадрокоптером DJI Phantom 2 Vision. Для дистанционного изучения памятников археологии в условиях городской застройки применены методы археологии, фотограмметрии, а также пространственного анализа и дешифрирования аэрофотоснимков.

### Обсуждение

Традиционным методом дистанционных исследований является аэрофотосъемка [1]. В данном исследовании она представлена в новом формате и с использованием последних разработок в совершенствовании дистанционно пилотируемых летательных аппаратов (ДПЛА). Среди такой техники, для дистанционного изучения объектов культурного наследия наиболее подходит использование квадрокоптера (мультикоптера, дрона) [2], который более приспособлен для относительно дешевой аэрофотосъемки.

Опираясь на продуктивный опыт зарубежных ученых, рассмотрим возможности использования аэрофотосъемки с помощью дрона как основного средства (в настоящее время) для аэроисследования объектов археологии в современном окружении [9]. Впервые на территории Украины применена аэрофотосъемка недвижимых памятников культурного наследия с помощью квадрокоптера DJI Phantom 2 Vision (рис. 1).



Рис. 1. Квадрокоптер DJI Phantom 2 Vision

Квадрокоптер оборудован 14-мегапиксельной камерой GoPro с возможностью видеозаписи в FullHD, стабилизатором подвески камеры для качественной съемки, системой Wi-Fi для передачи изображения с фотокамеры, системой GPS, гироскопом, акселерометром и другими системами для надежного пилотирования. Максимальная высота взлета 350 м, скорость 50 км/ч, а продолжительность полета – 25 минут [10].

Этот летательный аппарат удобен для аэрофото- и видеосъемки и приспособлен для осмотра и фиксации объектов культурного наследия с высоты птичьего полета [4]. При должном управлении он может подниматься вертикально вверх и неподвижно зависать на любой разумной высоте, в тех точках, координаты которых заданы через GPS приемник. Его электромоторы не создают вибрации и вследствие этого картинка не размазывается даже на длинной выдержке. Камера квадрокоптера находится снизу, ей ничто не мешает снимать в любом направлении, она может поворачиваться и наклоняться в любую сторону по командам с земли.

Подробно проанализируем основные технические и функциональные преимущества применения DJI Phantom 2 Vision для аэрофотосъемки в археологических исследованиях:

- Отсутствие обязательного использования взлетно-посадочной полосы и согласования полетов, аппарат не является воздушным судном и относится к экспериментальной авиации;

- Простое и удобное дистанционное пилотирования квадрокоптера, полет регулируется двумя стиками на пульте управления (почти как радиоуправляемая игрушка);

- Выбор погодных условий и времени суток для проведения аэрофотосъемки. Заказная спутниковая съемка проводится без учета желаемого времени суток и погодных условий. В случае неблагоприятного стечения обстоятельств заказчик может, оплатив спутниковые снимки, получить вместо аэрофотосъемки нужной территории бесполезные фотографии облаков из космоса;



*Рис. 2. Аэрофотоснимок 2015 года законсервированных фундаментов Десятинной церкви, г. Киев.*

- Работа в условиях города – уникальная возможность оперативно получить аэрофотоснимки и воздушные видеосюжеты зданий, участков в условиях интенсивной городской застройки;

- Возможность снимать объекты в закрытом пространстве (пещера, церковь, дом, ангар и т.п.) и при условии наличия высотных объектов, закрывающих поверхность для фотосъемки со спутника (под деревьями, под линиями электропередач и т.п.);

- Способность выполнять аэрофотосъемку как вертикально вниз (плановая съемка), так и под углом к горизонту (перспективная съемка), перспективная аэрофотосъемка невозможна при космической съемке, и весьма затруднена при традиционной аэрофотосъемке;

- Преимущество в создании панорамных аэрофотоснимков – ни один другой вид аэрофотосъемки не позволяет получать панорамные (вплоть до сферических 360-градусных панорам) снимки с высоты;

- Детальная съемка небольших объектов – технология позволяет проводить аэрофотосъемку небольших объектов и малых площадок там, где сделать это другими видами аэрофотосъемки нерентабельно, а в ряде случаев и технически невозможно;

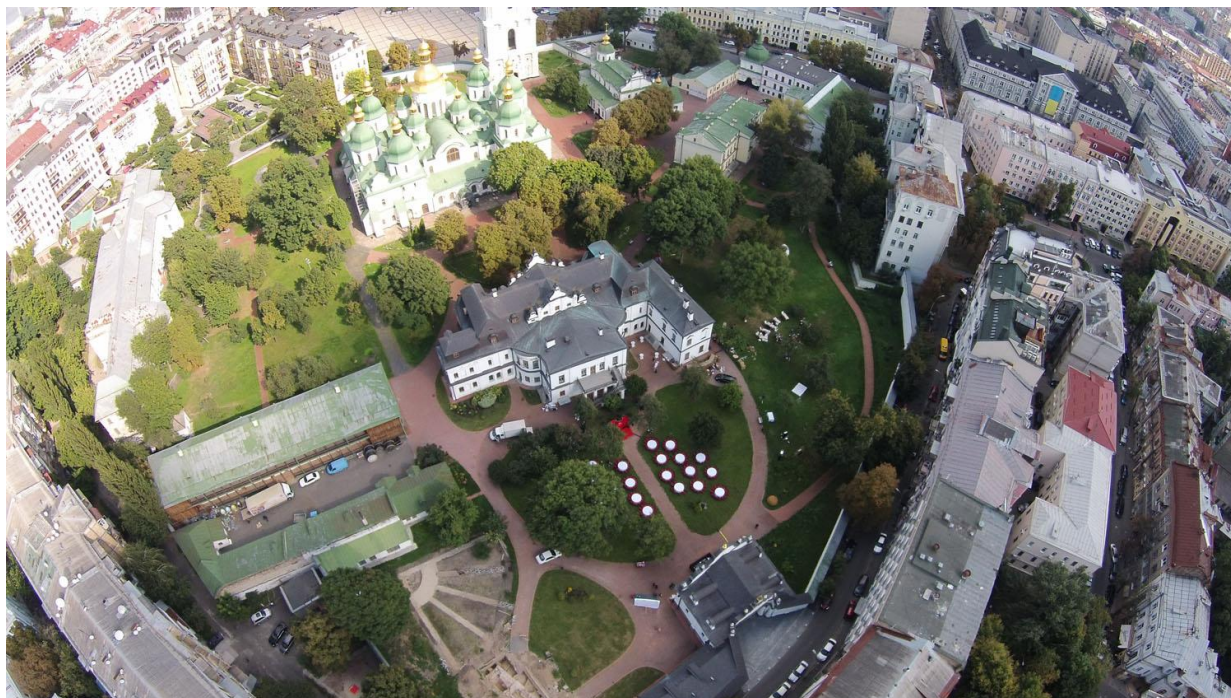
- Низковысотная съемка – позволяет снимать на высотах от 2 до 200 метров, что дает возможность одновременного осмотра объекта, как отдельно, так и с окружающей средой;

- Высокое разрешение на местности – видны мельчайшие детали рельефа и объекты сантиметрового размера;

- Низкая стоимость – в несколько раз дешевле традиционных методов аэрофотосъемки;

- Оперативность – весь цикл от выезда на аэрофотосъемку до получения конечных результатов занимает несколько часов;

- Преобразование снимков, сделанных квадрокоптером, в фотограмметрические данные, необходимые для создания 3D моделей объектов и памятников истории;



*Рис. 3.* Аэрофотоснимок 2014 года заповедника София Киевская, г. Киев

- Съемка видео (полученного с дрона в воздухе) открывает широкие перспективы использования в научных документальных фильмах, презентациях с целью популяризации объектов археологии. Полученное видео достопримечательности может служить дополнительным материалом для полной 3D модели;



*Рис. 4.* Аэрофотоснимок 2014 года остатков храма XIII столетия в центре города Белая Церковь

- Возможность создания ортофотоплана (фотографический план местности на точной геодезической основе) и ЦМР (цифровой модели рельефа).

Вышеизложенные преимущества квадрокоптера следует использовать в научных археологических исследованиях. В дальнейшем рассмотрим, на примерах, положительный опыт неразрушающего исследования, с помощью квадрокоптера.



Рис. 5. Аэрофотоснимок 2014 года археологический раскоп, г. Вышгород

При исследовании и мониторинга состояния консервации фундамента Десятинных храмов происходит периодическая высотная фотосъемка территории Детинца Древнего Киева [5]. Используются имеющиеся планы (схемы) и аэрофотоснимки для создания ситуативных фотопланов храмов, существовавших на данном участке, с последующей визуализацией. Методы фотограмметрии позволяют по фотоснимкам определять взаимное положение любых точек сфотографированных объектов, в частности, остатки сооружений.

Аэрофотосъемка, с помощью квадрокоптера, апробирована, доказана целесообразность ее использования при исследовании объектов археологии в городской застройке на таких памятниках Киева, как Детинец древнего Киева (масштабные и точные снимки дают возможность зафиксировать нынешнее состояние консервации фундаментов Десятинной церкви) (рис. 2), Национальный заповедник София Киевская (получена общая картина достопримечательности в современной городской среде) (рис. 3).

В г. Белая Церковь благодаря аэрофотоснимкам, полученным с помощью квадрокоптера, были зафиксированы остатки храма XIII в. [4]. Данная достопримечательность находится в зоне плотной застройки, а вопрос предварительного моделирования достопримечательности, без проведения земляных работ является очень актуальным (рис. 4). Также в г. Вышгород – раскоп древнерусского ремесленного посада, имеющего большую площадь раскопа (190 кв.м). С помощью полученных аэрофотографий и навыков археологического дешифрирования снимков, появилась возможность полностью увидеть и проанализировать планиграфическую ситуацию исследуемого участка, зафиксировать и проследить объекты и линии заборов усадьбы XII в. Произведенное

исследование существенно дополняет картину планировочной структуры древнего Вышгорода (рис. 5). Полученные снимки можно использовать для визуализации существующих и разрушенных объектов на данной территории в контексте нынешней застройки (рис. 6).



*Рис. 6. Аэрофотоснимок 2015 года территория городища в условиях современной застройки, г. Вышгород*



*Рис. 7. Аэрофотоснимок 2014 года городище с поселениями IX – XII ст. населенный пункт Выползов*

Кроме того материалы аэрофотосъемки использованы при исследовании памятников за пределами города (в лесостепной зоне): Выползов (городище с поселением IX-XII вв.) (рис. 7), Коростень (городище VIII-XIII вв.) (рис. 8), Олевск (городище X-XII ст.) – эти

аэрофотограмметрические обследования дали полную картину топографии древних городищ, что позволило наглядно увидеть расположение городища и возможных окрестных поселений. Аэрофотоснимки позволили создать пространственное представление о расположении рек и остатков оборонительных укреплений. Также аэрофотосъемка стала показательным иллюстративным материалом для дальнейших исследований в новом формате.



Рис. 8. Аэрофотоснимок 2015 года городище VIII–XIII ст., г. Коростень

Перспективным оказалось применением квадрокоптера для аэрофоторазведки в обследовании Пилипчанского района Киевской области. Было подтверждено расположение существующих и вновь выявленных поселений поздней бронзы, черняховской культуры, славянского времени. Также с помощью аэрофотосъемки в месте пересечения двух рек, на мысу, обнаружены остатки оборонительных конструкций, собраны фрагменты керамики древнерусского времени. Но более детальные выводы можно будет делать только после дополнительных археологических работ (рис. 9).

Таким образом, в современных условиях, аэрофотосъемка с квадрокоптера открывает значительные перспективы использования, что доказано на вышеупомянутых примерах, в археологических исследованиях и памятникоохранной работе. Низковысотная аэрофотосъемка особенно эффективна для исследований как крупных, так и малых по размеру памятников, а также объектов как отдельно, так и в комплексе с окружающим ландшафтом [4]. Возникает возможность более качественно исследовать сложные масштабные памятники и целые комплексы археологических памятников и даже ландшафты (особенно антропогенно измененные). Использование аэрофотоснимков является прогрессивным в исследованиях целого ряда объектов: археологических (поселение, городища, оборонительные сооружения, могильники и некрополи и т.п.); архитектурных и градостроительных (жилые и хозяйственные постройки, объекты инфраструктуры, историческая застройка улиц), науки и техники и т.д. Аэрофотосъемка позволяет получить высококачественное изображение объекта археологии под разными углами и в разное время суток и года, а также зафиксировать архитектурно-археологические памятники и их элементы, труднодоступные для традиционной наземной съемки (например, верхние части фасадов).

А в случаях, когда до нашего времени дошли планы объектов, обмерные чертежи, рисунки и известно их местонахождение, получен аэрофотоснимок, становится возможным

создание ситуативной визуализации разрушенной достопримечательности на аэрофотоснимках в современном пространстве. Особенно в случаях существования опорных точек разрушенного объекта (например, выходы фундаментов на поверхность, четкая привязка раскопок к остаткам архитектурных объектов).

Ситуативная визуализация разрушенных объектов архитектуры на аэрофотоснимках имеет перспективу использования в научной, музейной, охранной работе. Также есть определенный потенциал их использования в качестве инструмента популяризации собственной истории и культурного наследия как пример в экскурсионной работе.



*Рис. 9. Аэрофотоснимок 2015 года найденного укрепленного поселения славянского времени, Киевская обл.*

Аэрофотосъемка с квадрокоптера может стать обязательным источником для получения плановых фотоснимков. Возможность быстрого и точного составления фотоплана является первым и ключевым шагом будущих археологических исследований для создания ситуативных планов объектов археологии. Высотные снимки позволяют сразу составить целостное мнение о недвижимых объектах археологии и культурного ландшафта. Поскольку находясь на уровне земли, можно не увидеть контуры как объектов археологии (валов городища), так и объектов, которые находятся на территории будущего раскопа.

Возможно осуществление постоянного надзора за состоянием и режимом использования объектов культурного наследия и их зонами охраны, а также своевременной фиксации и реагирования на антропогенные изменения на их территории. Соответственно постоянный мониторинг хотя бы раз в три месяца, позволит более качественно контролировать изменения в самом объекте и в окружающей среде, что имеет большое значение для его сохранности и будущей музеефикации.

С помощью квадрокоптера съемку можно проводить несколько раз в день, что позволяет исследователю постоянно видеть общую картину памятника в разное время солнцестояния, иметь возможность получения различных снимков для более качественной дешифровки объектов на исследуемой территории. Также с использованием цифровой обработки (применяется графический редактор Adobe Photoshop) и археологической дешифровки аэрофотоснимков можно обнаружить и исследовать еще не раскопанные элементы памятников, определить их местонахождение, точные размеры, наметить наиболее перспективные места для проведения дальнейших раскопок, отследить и смоделировать возможный вид всего комплекса и его расположение на местности (рис. 10).



А если памятник находится в зоне плотной застройки, то вопрос предварительного моделирования его в целом без проведения земляных работ является крайне актуальным для фиксации и сохранения нынешнего состояния. В дальнейшем целесообразно осуществить обоснование требований к процессу обработки цифровых изображений [7], полученных с квадрокоптера.

Вдобавок отметим, что неразрушающие методы (аэрофотосъемка, фотограмметрия и т.д.) становятся необходимыми при проведении спасательных мероприятий [1; 6]. Развитие населенных пунктов, инфраструктуры, промышленных объектов приводит к тому, что возникает проблема отвода под строительство участков, на которых находятся археологические памятники [3]. Законодательство Украины предусматривает в таких случаях согласование места проведения строительства с органами охраны культурного наследия и проведение спасательных экспедиций. Однако, в большинстве случаев время, отведенное на охранные раскопки, и их бюджет весьма ограничены. Аэроисследования позволяют оперативно определять расположение наиболее информативных элементов археологического памятника, раскопки которых необходимы для датировки и культурно-исторической идентификации объекта археологии, сохранить информацию и изображение объектов, которые будут разрушены в процессе строительства, в виде цифровой модели памятника.

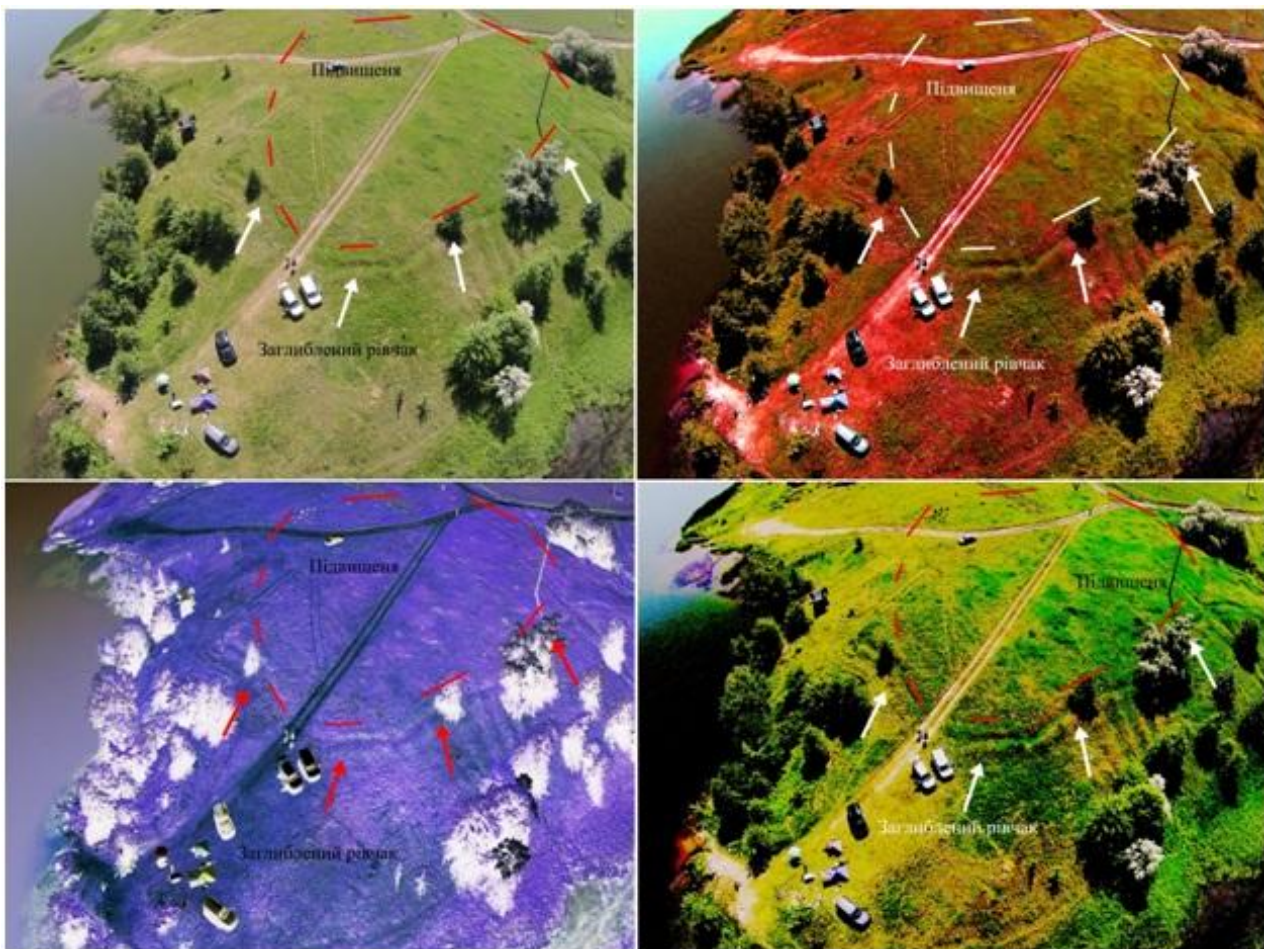


Рис. 10. Цифровая обработка аэрофотоснимка укрепленного поселения славянского времени, Киевская обл.

В свою очередь зарубежные ученые применяют ДПЛА и для дополнительного измерения (пока единичные случаи), инфракрасную термографию, магнитометрию, лазерное сканирование. Остановимся на анализе наиболее практически используемом лазерном сканировании LIDAR. Это технология получения и обработки информации с помощью лазерного сканирования объекта. В системах машинного зрения формируют

двумерное или трехмерное изображение окружающего пространства. Такая технология в последнее время становится широко распространенной и важной для современного топографического обследования.

Внедрение метода LIDAR в археологические и ландшафтные исследования обусловлено эффективностью, быстрым созданием высокоточной цифровой модели топографии и вертикальных объектов исследуемой местности [11]. По сравнению с существующими источниками информации эти данные обладают большим разрешением и относительно доступны, что позволяет создавать трехмерные изображения земной поверхности больших территорий для дальнейшего научного и аналитического изучения культурного ландшафта [13]. К сожалению, данная технология не используется в Украине для обследования памятников культурного наследия из-за ограничений финансирования научных учреждений.

Применение аэрофотоснимков в сочетании с геоинформационной системой для мониторинга состояния археологического памятника открывает значительные возможности для накопления цифровых данных по архитектурным и археологическим объектам. Аэрофотосъемка дает возможность определить объекты археологического наследия, которые разрушены и «растворились» в современном ландшафте. Таким образом, происходит преобразование всех снимков в фотограмметрические данные, которые необходимы для создания цифровой модели рельефа и 3-D моделей объекта археологии [6; 12].

### **Заключение**

Результаты, полученные в процессе проведения данного анализа, находят применение и в решении практических задач, например, при создании цифровой модели памятника или местности, фотопланов объектов изучения, ландшафтных 3D моделей комплекса, что призвано помочь специалистам детально изучить археологические памятники, определить направления дальнейших исследований и выбрать конкретные места для наземных работ. Также важно отметить возможность построения трехмерных ландшафтных моделей местности, что позволяет точно привязать археологические комплексы к системе координат местности и создать ландшафтную модель территории, в которой эти объекты сформировались, функционировали и стали археологическими.

Использование ситуативной аэрофотосъемки с последующей цифровой обработкой изображений важно для археологии и памятникоохранной деятельности, особенно в планировании мероприятий (изучение памятника дистанционно, сохранение существующих и разрушенных объектов культурного наследия в изображениях (как отдельно, так и с окружающей средой), музеефикации и т.д.). Необходимо также отметить, что кроме научных исследований, аэрофотоснимки можно использовать при популяризации архитектурно-археологических объектов культурного наследия и экскурсионной работе, поскольку аэрофотоснимки позволяют по-новому увидеть уже известные достопримечательности, а также эффектно представить их.

### **Примечания:**

1. Авдусин Д.А. Полевая археология СССР // Учебное пособие. М.: Высш. школа, 1980. 335 с.
2. Барбасов В.К., Гаврюшин М.Н., Дрыга Д.О. и др. Многопорторные беспилотные летательные аппараты и возможности их использования для дистанционного зондирования Земли. Инженерные изыскания. 2012. № 10. С. 38-42.
3. Бузунова С.Г. Использование неразрушающих методов археологических исследований в системе ГИС-технологий при изучении протогородов Южного Урала // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. №1. 2009. С. 24-27.
4. Гнера В.А. Аналіз використання дистанційно пілотованих літаючих апаратів у археологічних дослідженнях // Праці Центру пам'яткознавства. Київ, 2014. Вип. 26. С. 16-25.
5. Гнера В.А. Методика використання ортофотоплана для ситуативної візуалізації археологічних пам'яток в умовах городської застройки // Сборник: Матэрыялы па археалогіі Беларусі. Минск, 2015. Вып. 27.
6. Дорожинський О., Тукай Р. Фотограмметрія: Підручник. Львів, 2008. 332 с.

7. Потапов А. и др. Новейшие методы обработки изображений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 496 с.
8. Титова О.М. Коротка характеристика пам'яток археології України // Работы Центра памятниковедения: Сборник научных работ. К., 2010. Вип. 17. С. 271-278.
9. Can Drones Revolutionize Archaeology? [Electronic resource]. URL <http://www.history.com/news/can-drones-revolutionize-archaeology>
10. DJI's Phantom 2 Vision takes a stabilized camera to the sky, we go hands-on (video). [Electronic resource]. URL: <http://www.engadget.com/2014/01/22/dji-phantom-2-vision-video/>
11. Hauger K., Riedinger R., Sittler B. Wölbäcker bei Rastatt - eine Dokumentation zur Analyse und Erhaltung überkommener Altackerkomplexe // Kulturlandschaft - Zeitschrift für Angewandte Historische Geographie. 2000. Jg. 10 (2).
12. Persepolis a virtual reconstruction. [Electronic resource]. URL: <http://www.persepolis3d.com>
13. Sittler B. Revealing historical landscapes by using airborne laser scanning - A 3-D model of ridge and furrow in forests near Rastatt (Germany) // International Archives of Photogrammetry. 2004. Vol. 36 (8/W2).

### References:

1. Avdusin D.A. Polevaya arkheologiya SSSR // Uchebnoe posobie. М.: Vyssh. shkola, 1980. 335 s.
2. Barbasov V.K., Gavryushin M.N., Dryga D.O. i dr. Mnogorotornye bespilotnye letatel'nye apparaty i vozmozhnosti ikh ispol'zovaniya dlya distantsionnogo zondirovaniya Zemli. Inzhenernye izyskaniya. 2012. № 10. S. 38-42.
3. Buzunova S.G. Ispol'zovanie nerazrushayushchikh metodov arkheologicheskikh issledovaniy v sisteme GIS-tekhnologiy pri izuchenii protogorodov Yuzhnogo Urala // Akademicheskij vestnik UralNIIProekt RAASN. №1. 2009. S. 24-27.
4. Hnera V.A. Analiz vykorystannya dystantsiyno pilotovanykh litayuchykh aparativ u arkheolohichnykh doslidzhennyakh // Pratsi Tsentru pam'yatkoznavstva. Kyiv, 2014. Vyp. 26. S. 16-25.
5. Gnera V.A. Metodika ispol'zovaniya ortofotoplana dlya situativnoy vizualizatsii arkheologicheskikh pamyatnikov v usloviyakh gorodskoy zastroyki // Sbornik: Materyaly pa arkheologii Belarusi. Minsk, 2015. Vyp. 27.
6. Dorozhyn'skyy O., Tukay R. Fotohrammetriya: Pidruchnyk. L'viv, 2008. 332 s.
7. Potapov A. i dr. Noveyshie metody obrabotki izobrazheniy. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 496 с.
8. Tytova O.M. Kоротка kharakterystyka pam'yatok arkheolohiyi Ukrayiny // Работы Tsentra pamyatnykovedeniya: Sbornyk nauchnykh работ. К., 2010. Vyp. 17. S. 271-278.
9. Can Drones Revolutionize Archaeology? [Electronic resource]. URL <http://www.history.com/news/can-drones-revolutionize-archaeology>
10. DJI's Phantom 2 Vision takes a stabilized camera to the sky, we go hands-on (video). [Electronic resource]. URL: <http://www.engadget.com/2014/01/22/dji-phantom-2-vision-video/>
11. Hauger K., Riedinger R., Sittler B. Wölbäcker bei Rastatt - eine Dokumentation zur Analyse und Erhaltung überkommener Altackerkomplexe // Kulturlandschaft - Zeitschrift für Angewandte Historische Geographie. 2000. Jg. 10 (2).
12. Persepolis a virtual reconstruction. [Electronic resource]. URL: <http://www.persepolis3d.com>
13. Sittler B. Revealing historical landscapes by using airborne laser scanning - A 3-D model of ridge and furrow in forests near Rastatt (Germany) // International Archives of Photogrammetry. 2004. Vol. 36 (8/W2).

УДК 902.03 (477)

**Преимущества использования квадрокоптера для аэрофотосъемки  
древнерусских городищ**

Владимир Анатольевич Гнера

Музей истории Десятинной церкви, Украина  
01001, м. Київ, вул. Володимирська, 6/1  
Соискатель Центра памятковедения НАН Украины и Украинское общество охраны  
памятников истории и культуры  
E-mail: vsoiskatel@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрена возможность применения дистанционно пилотируемого летательного аппарата (квадрокоптера) для исследования древнерусских городищ, в условиях городской застройки. Рассмотрены технические и функциональные преимущества этих аппаратов, а также возможности их использования для аэрофотосъемки с последующим созданием ортофотоплана и цифровой модели рельефа. На примере аэроисследования объектов культурного наследия обоснована перспективность применения квадрокоптера.

**Ключевые слова:** аэрофотосъемка, городище, ДПЛА, квадрокоптер, ортофотоплан, аэроисследование, мониторинг, неразрушающие методы, музеефикация.