

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СРЕДНЕВЕКОВЫХ ГОРОДИЩ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ БПЛА

И.И. Гайнуллин,

Институт археологии им. А.Х. Халикова АН РТ

Б.М. Усманов, П.В. Хомяков,

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Археологические памятники являются неотъемлемой частью культурного ландшафта. Согласно директиве ЮНЕСКО, «культурный ландшафт» понимается не просто как результат совместной деятельности человека и природы, а как природно-культурный территориальный комплекс, имеющий структурную, функциональную целостность, развивающийся в конкретных физико-географических, культурных и исторических условиях. Созданные в XX в. планы и описания памятников археологии грешат неточностями, кроме того, за прошедшее время, некоторые из описанных объектов разрушены или находятся под угрозой уничтожения, произошли значительные трансформации их облика. Поэтому, на сегодняшний день, необходим анализ нарушенности территории расположения объекта культурного наследия (памятника археологии) современными методами (ГИС-анализ, использование беспилотных летательных аппаратов, ГНСС-технологии, и пр.)

Использование и анализ ДДЗ является неотъемлемой частью неразрушающих методов, используемых в изучении памятников археологии наряду с геофизическими исследованиями, направленными на выявление объектов и минимизируют разрушения, наносимые облику памятника археологическими раскопками (Гайнуллин, Демина, Усманов, 2012).

За последние 5 лет в современных археологических исследованиях, как в России, так и за рубежом, благодаря своей невысокой цене и легкости в использовании, наряду с лазерным сканированием, все более широкое применение получили мультироторные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) (Жуковский, 2015; Esposito et al, 2013). Сейчас они широко используются в различных областях, где быстро и недорого необходимо получить данные дистанционного зондирования с близкого расстояния. Аппараты используют для получения высокодетальных аэрофотоснимков, которые позволяют изготовить на их основе ортофотоплан местности, цифровые модели рельефа (ЦМР), для создания реконструкций объектов археологии на основе фотограмметрии – 3D модели (Зайцева, 2013; Stek, 2016; Fernandez-Hernandez et al, 2015), а также проводить мониторинг современного

состояния памятников археологии и обнаружение археологических памятников (Asandulesei, 2017; Esposito et al, 2013). Кроме того, использование БПЛА на современном этапе позволяет комбинирование данных для ведения документации и 3D визуализации (Balletti et al, 2015; Tcharfa et al, 2015). Использование высокоточного геодезического оборудования в настоящее время становится обычным и необходимым при проведении археологических работ. Если раньше было достаточно построить планы в условной системе координат с помощью оптических нивелиров или теодолитов, то сейчас практически все археологические исследования подразумевают использование как цифровых тахеометров и нивелиров, так и высокоточных ГНСС приемников. В настоящее время ГНСС (глобальные навигационные спутниковые системы) технологии используются преимущественно для съемки археологических раскопок, что позволяет археологам получать результаты в электронной форме, помогая создать сетку раскопа и управлять общим процессом организации. Кроме того, спутниковые методы также позволяют записывать точное местоположение находки, точную длину и пространственную ориентацию найденных объектов. При использовании БПЛА спутниковые методы особенно необходимы для обоснования координат наземных реперов, необходимых для более точного позиционирования и взаимной ориентации фотоснимков, на основе которых строятся модели археологических объектов. (Dubbinì et al, 2016). Также ГНСС технологии эффективны для фиксации и изучения динамики опасных экзогенных процессов, несущих угрозу разрушения памятнику (Gaynullin et al, 2014). Таким образом, использование ГНСС-технологий позволяет более точно собирать данные, строить сложные многослойные карты, которые полезны при анализе данных, а также для формирования геобазы данных по исследуемому объекту. Использование современных технологий и методов позволяет осуществлять составление карты рисков для памятников истории и культуры, что является приоритетной задачей при управлении культурным наследием, являясь основой при принятии решений и осуществлении конкретных мероприятий по сохранению объектов археологии (Wu et al, 2014; Romanescu, 2014). Как и в проводимом авторским коллективом исследовании, современные междисциплинарные методы используются в определении тех или иных рисков для памятников (Del Lungoa et al, 2015).

В качестве объектов исследования были выбраны средневековые поселения (городища) с системой оборонительных укреплений, которые легко идентифицировать по данным дистанционного зондирования.

Аэрофотосъемочные работы были выполнены с использованием мультироторного беспилотного летательного аппарата (БПЛА) DJI Phantom 4 (рис. 1 а).

Используемое ПО полетов Pix4D Capture, позволяющее задавать полетное задание для БПЛА. Аэрофотосъемка выполнялась со следующими параметрами:

высота аэрофотосъемки – 50-100 м;

продольное перекрытие снимков – 60-80%, поперечное перекрытие снимков – 60-80%;

разрешение снимков на местности – 5.91 см/пиксель;

маршрут – площадная съемка.

Метеорологические условия на момент съемки: без осадков, ветер не более 15 м/с.





Рис. 1. Квадрокоптер DJI Phantom 4 (а), привязка марок ГНСС приемником (б).

Опорные точки для последующей геопривязки облака точек обозначаются марками, распечатанными на баннерной ткани. Координаты опорных точек определялись с применением ГНСС-приемника Trimble GeoExplorer 6000 Geo XH с внешней антенной Zefir 2 методом RTK (Рис 1 б) с уточнением координат по станции KZN2. Точность определения координат опорных точек составила 0.1 м в плане, и 0.1 м по высоте.

Фотограмметрические работы произведены в программе Agisoft Photoscan, анализ ЦМР, построение карт и расчеты проводились в ПО Golden Software Surfer 13.

Фотограмметрическая обработка выполнялась по следующей программе:

- анализ и отбраковка снимков;
- построение накидного монтажа и фотопланов;
- построение облака точек;
- построение цифровой модели рельефа и ортофотоплана.



Рис. 2. Ортофотоплан Танкеевского городища.

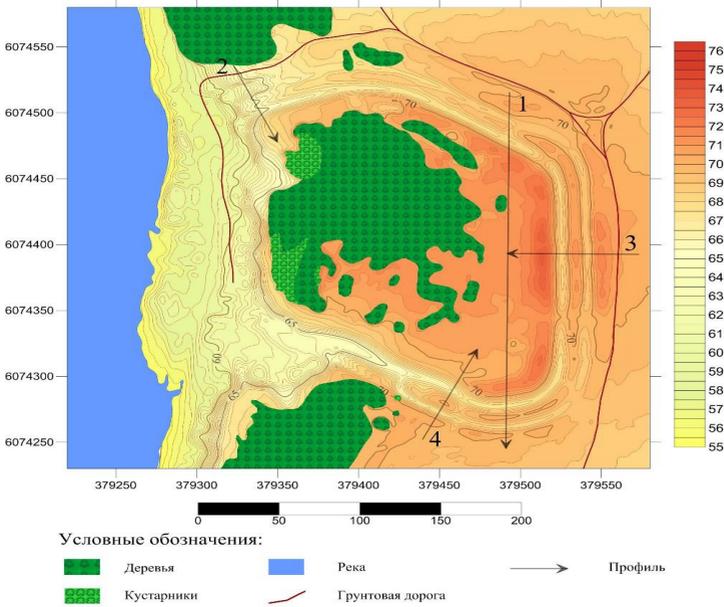


Рис.3. Топоплан Танкеевского городища.

По облаку точек в программе Surfer 13 генерировалась цифровая модель рельефа (ЦМР) с шагом 0.5 м показывающая высотные характеристики городища. Для описания морфометрических характеристик строились продольные профили, карты уклонов и экспозиций.

Ортофотопланы (рис. 2) строились в системе координат WGS 84 UTM зона N39, метрическая, с разрешением 0.05 м. Далее на основе ортофотопланов в программе ArcMap создавались векторные слои, отражающие различное землепользование в пределах изучаемого городища и на прилегающей территории. Контуры лесных массивов, водных объектов и дорог использовались для бланковки территорий на ЦМР, не относящихся к поверхности земли.

Для оценки рисков для каждого объекта в программе Golden Software Surfer 13 строились различные топографические планы (рис. 3) и тематические карты, на основании которых проводился морфометрический анализ рельефа и элементов городища для оценки опасности развития современных экзогенных процессов.

Заключение.

Поскольку на данный момент отсутствует система оценки воздействия антропогенных и экзогенных процессов на памятники и утвержденные методики количественной оценки по изменению их состояния, результаты исследования позволят выявить тенденции изменения состояния памятников и количественно оценить риски их разрушения.

Работы по оценке опасности разрушения памятников археологии помогут в выборе приоритетных участков для срочных археологических исследований на основе определения интенсивности разрушения памятника и его уникальной значимости.

В ходе исследования проведены следующие виды работ:

Построение серии карт: топографические с указанием охранных границ памятника, инвентаризационные (землепользования, почвенного и растительного покрова, характеристик рельефа и пр.), динамики состояния памятника, оценочные (карты антропогенного воздействия и интенсивности экзогенных процессов), интегральные (современного состояния памятника)

Восстановление конфигурации и установление изменения форм городищ;

Разработка рекомендаций по охранно-спасательным работам

Литература

Гайнуллин И.И., Дёмина Ю.В., Усманов Б.М. Опыт применения ГИС-технологий для оценки интенсивности разрушения археологических памятников в зоне влияния Куйбышевского Водохранилища // Краткие сообщения Института археологии. № 226. 2012. С. 54-63.

Жуковский М.О. Использование мультироторных БПЛА и фотограмметрических технологий обработки аэрофотосъемки в современных археологических исследованиях // *Виртуальная археология (эффективность методов)*. Материалы Второй Международной конференции, состоявшейся в Государственном Эрмитаже 1–3 июня 2015 года. - СПб. 2015. С. 69-80.

Зайцева О.В. «3d революция» в археологической фиксации в российской перспективе // *Сибирские исторические исследования*. № 4. 2014. С. 10-20.

Asăndulesei A. Inside a Cucuteni Settlement: Remote Sensing Techniques for Documenting an Unexplored Eneolithic Site from Northeastern Romania // *Remote Sensing*. 1(17). 2017. pp. 41.

Balletti C., Guerra F., Scocca V., Gottardi C. 3d integrated methodologies for the documentation and the virtual reconstruction of an archaeological site // *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2015. pp. 215-222.

Del Lungoa S., Sabia C.A., Pacellab C. Landscape and cultural heritage: best practices for planning and local development: an example from Southern Italy // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 188. 2015. pp. 95-102.

Dubbini M., Curzio L.I., Campedelli A. Digital elevation models from unmanned aerial vehicle surveys for archaeological interpretation of terrain anomalies: Case study of the Roman castrum of Burnum (Croatia) // *Journal of Archaeological Science. Reports* 8. 2016. pp. 121-134.

Esposito S., Fallavollita P., Melis M. G., Balsi M., Jankowski S. UAS imaging for archaeological survey and documentation // *Proc. SPIE 8903*. 2013.

Fernandez-Hernandez J., Gonzalez-Aguilera D., Rodriguez-Gonzalvez P., Mancera-Maboada J. Image-based modelling from unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry: an effective, low-cost tool for archaeological applications // *Archaeometry*. 57(1). 2015. pp. 128-145.

Gaynullin I., Sitdikov A., Usmanov B. Destructive abrasion processes study in archaeological sites placement (Kuibyshev and Nizhnekamsk reservoirs, Russia) // *Proc. International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM 2014*. 3(1). pp. 339-346.

Romanescu G., Nicu I.C. Risk maps for gully erosion processes affecting archaeological sites in Moldavia, Romania // *Zeitschrift für Geomorphologie*. NF 58(4). 2014. pp. 509-523.

Stek T. D. Drones over Mediterranean landscapes. The potential of small UAV's (drones) for site detection and heritage management in archaeological survey projects: A case study from Le Pianelle in the Tappino Valley, Molise (Italy) // *Journal of Cultural Heritage*. 22. 2016. pp. 1066-1071.

Tscharfa A., Rumplerb M., Fraundorferb F., Mayera G., Bischof H. On the use of UAVs in mining and archaeology – geo-accurate 3d reconstructions using various platforms and terrestrial views // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2015. pp. 15-22.

Wu P-S., Hsieh C-M., Hsu M-F. Using heritage risk maps as an approach to estimating the threat to materials of traditional buildings in Tainan (Taiwan) // Journal of Cultural Heritage. 15(4). 2014. pp. 441-447.