

Естественнонаучные и цифровые методы археологии
--

УДК 902.4

<https://doi.org/10.24852/2587-6112.2021.6.369.373>

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ 3-D ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ ТВЕРСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

© 2021 г. В.О. Богданов

Исследование посвящено выделению перспективных областей применения 3-D технологии в изучении объектов культурного наследия Тверского Поволжья, поскольку трехмерная фиксация имеет ряд преимуществ перед двухмерными чертежами и фотоматериалами. В данной статье приводится пример использования фотограмметрии как самого доступного способа построения 3-D моделей, для которого нужен фотоаппарат и портативный компьютер. Фотограмметрия является доступной альтернативой в отличие от сканирования. Опыт цифрового моделирования проведен на материалах археологических раскопок в г. Старица Тверской области при помощи программы Zephyr Pro. Использование 3-D технологии на археологических объектах позволяет, не изменяя структуры памятника, расширять возможности его анализа, переводить объекты в цифровой формат, сохранять полную информацию об объекте.

Ключевые слова: археология, 3-D технологии, фотофиксация, фотограмметрия, сканирование, CAD программы, Zephyr Pro, объекты археологического наследия, Тверская область.

PROSPECTS FOR THE USE OF 3D TECHNOLOGY FOR THE STUDY OF THE ARCHAEOLOGICAL HERITAGE SITES OF THE TVER VOLGA REGION

V. O. Bogdanov

The study features the identification of promising areas for the application of 3D technology in the study of cultural heritage sites in the Tver Volga region, as three-dimensional fixation has a number of advantages over two-dimensional drawings and photographic materials. Photogrammetry is used in the paper as an example of the most accessible way to construct 3D models, which requires a camera and a computer. Photogrammetry is a more affordable alternative as compared to scanning. The experience of digital modeling is presented on the basis of the materials of archaeological excavations in Staritsa, Tver Oblast, using the Zephyr Pro software. The use of 3D technology at archaeological sites allows to expand their analysis capabilities, transfer sites into digital format, and retain complete information about them without changing the structure of the sites.

Keywords: archaeology, 3D technology, photo-fixation, photogrammetry, scanning, CAD software, Zephyr Pro, archaeological heritage sites, Tver Oblast.

На всем протяжении развития археологической науки происходит совершенствование методики фиксации информации об объекте изучения. При полевом исследовании раскопанный памятник навсегда теряет свой первоначальный облик, поэтому для исследователей приоритетной задачей остается полнота и точность фиксированной информации. Сегодня в основном вся фиксация производится в двухмерном виде, но активное внедрение современных информационных технологий в археологию позволяет перейти на новый уровень обработки и хранения материалов исследования.

В археологии есть несколько способов трехмерной фиксации и создания 3D-моделей

вручную при введении точных параметров объекта. Но две технологии трехмерной фиксации можно считать самыми распространенными в археологической науке – фотограмметрия и лазерное сканирование.

Если сравнивать, то лазерное сканирование имеет высокое качество и точность в работе, но требует дорогостоящего оборудования и специальной профессиональной подготовки. Так, из-за различий объектов сканирования, от маленьких (например, керамический сосуд) до крупных (здание, ландшафт и т. д.), требуется индивидуальный подход к использованию сканирующего оборудования. К примеру, если объект имеет маленький размер, то можно ограничиться сканером небольшого

размера с вращающимся постаментом, и вся работа будет проводиться в стенах лаборатории. Работа с крупным объектом открывает большую вариативность решения задач по сканированию, здесь на помощь приходят беспилотные летательные аппараты, длинные штативы, тележки и т. п. Во всех случаях индивидуально решается вопрос с освещением объекта: если в лаборатории можно легко получить равномерное освещение, то для крупных объектов нужны специальные осветительные приборы.

Фотограмметрия позволяет получить пригодные трехмерные модели, но при этом не требующие дорогостоящего оборудования. Для фотограмметрии необходимы цифровая камера среднего уровня и портативный компьютер со специальным программным обеспечением. 3D-модели могут быть созданы без сканирования и фотоснимков в САД программах, но данный способ требует точных параметров, которые фиксируются исследователем вручную на чертеже или рисунке. Способ с применением САД программ уже используется всеми археологами России при обработке полевых материалов и составлении отчетов по археологическим работам (Галыгин, 2017).

Постепенно и метод 3D-моделирования археологических находок входит в практику научной деятельности археологов. Так, С.П. Грушин и И.А. Сосновский подробно описали технологические этапы и особенности создания 3D-модели, проиллюстрировали свои наблюдения на примере съемки керамического сосуда периода ранней бронзы, найденного при исследовании памятника Телеутской Взвоз-1. В ходе работы была произведена фотосъемка с разных уровней, описывающих замкнутые окружности вокруг сосуда. Всего было сделано 174 снимка с разрешением 4928 на 3264 (Грушин, Сосновский, 2018).

Целью данной работы является рассмотрение перспектив использования 3D-технологий в исследовании объектов культурного наследия Старицкого региона и получения трехмерной модели на конкретном археологическом материале.

3D-технология, и в частности фотограмметрия, предполагает проведение нескольких производственных этапов.

На первом этапе производится фотосъемка объекта. Размер объекта может быть как маленьким в 10 сантиметров, так и большим (памятники, отдельные сооружения и т. д.), но при этом меняется способ фотосъемки, так для больших объектов исследователи применяют беспилотные летательные аппараты. Нужно сделать около 40–80 фотографий (зависит от размера объекта) по кругу, при этом съемка должна вестись в разных плоскостях и максимально освещать каждую сторону объекта. При фотосъемке каждый кадр должен накладываться друг на друга и покрывать как минимум 30% площади другой фотографии, чтобы программа могла объединить снимки. Очень важно, чтобы снимки были отсняты с как можно более высокой резкостью. Также очень важно, чтобы предмет не был глянцевый и не отбрасывал свет, иначе программе будет тяжело выстроить облака точек (Грушин, Сосновский, 2018).

На втором этапе фотографии экспортируются в программу 3D Zephyr Pro (или в любую другую программу) на персональный компьютер. При расчете геометрии модели используется метод триангуляции, алгоритм программы в автоматическом режиме объединяет серию снимков по одинаковым точкам и создает 3D-модель. Каждая точка объекта должна присутствовать на трёх фотографиях, тогда модель получится точной. В программном комплексе 3D Zephyr Pro полученная 3D-модель должна быть очищена вручную от посторонних и ошибочных частей модели (Грушин, Сосновский, 2018).

По временным затратам в среднем фотограмметрическая фиксация занимает не более 20 минут, но это может зависеть от размера объекта и от количества граней. Множество граней, сложность форм или какие-либо углубления в объекте могут создать «белые пятна». Последующую обработку данных программа производит в автоматическом режиме и может занимать неопределенное количество времени, всё зависит от сложности и размера сканируемого объекта или от мощности портативного компьютера.

Технологические этапы фотограмметрии показывают относительную простоту и универсальность метода.

В данном исследовании первыми объектами для применения фотограмметрии были

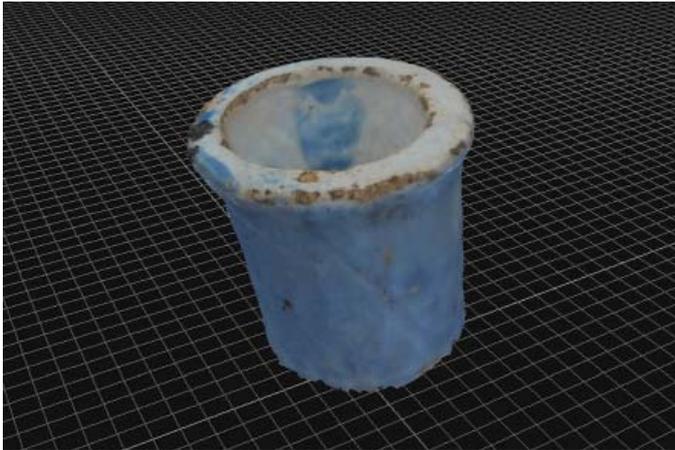


Рис. 1. 3-D модель помадная банка XVIII в.
Fig. 1. 3D model of a fondant jar of the 18th century.

выбраны объекты археологического наследия Старицкого района. Старицкий район богат на памятники археологии, в регионе не прекращаются полевые археологические работы, в том числе на базовых памятниках экспедиций и учебных практик Тверского госуниверситета.

Археологические находки были отобраны из материалов археологических исследований по ул. Черноезерского в г. Старице. В 2012 году экспедицией Тверского госуниверситета были проведены охранные исследования по ул. Черноезерского на участке строительства магазина (руководитель работ – К.М. Свирина). При исследовании культурного слоя были выявлены многочисленные находки стеклянной и фаянсовой посуды, битое стекло, железные предметы, кованые гвозди, железные подковы, фрагменты помадных банок и курительных трубок, глиняная свистулька, медное пуло, печные изразцы, железные замки, ножи, монеты и 8000 фрагментов гончарной посуды. Изучены 138 материковых ям и 10 кольцевых канавок, основная часть ям связана с периодом сер. XVIII – XX вв. Полученный материал показал, что исследованный участок входит в зону посада Старицы не позднее XVI века (Свирина) (Богданов, 2018).

В ходе работы было создано несколько 3D-моделей керамической посуды, предметов быта и металлических изделий из коллекции с ул. Черноезерского. Были отмечены следующие технологические особенности метода: сложными для распознавания компьютерным зрением являются тёмные (особенно полностью чёрные), одноцветные и глянцевые объекты. Такими объектами были керамические изделия с поливой – помадная банка XVIII в. (рис. 1). Если съёмка производится внутри

помещения с перемещаемым освещением, то нужно минимизировать количество бликов и теней на объекте съёмки – для этого нужно избегать прямого попадания направленных источников света на глянцевые поверхности. Оптимальным решением данной проблемы будет направление потока света на потолок, чтобы свет рассеяно поступал на модель, тем самым не создавая лишних бликов. Если на объект отражаются какие-то поверхности, то с помощью однородной ткани серого цвета необходимо закрыть источник отражения (Коханчук, 2020). Все остальные керамические изделия (рис. 2) программа адекватно смоделировала, и модель показывает подробно структуру поверхности предмета и места разрушений (рис. 3).

Таким образом, путем добавления к двумерной фиксации находок в виде рисунков и фотографий трехмерной фиксации археологи смогут полностью перевести предмет в цифровой формат, сохраняя всю полноту информации.

Универсальной и главной задачей раскопок являются фиксация следов археологизации памятника, восстановление его конструкции и функции. Трёхмерная фиксация создает надежную основу для подобной реконструкции. Помимо научной значимости данные модели обладают огромным образовательным и просветительским потенциалом.

Все типы археологических поселений Старицкого района возможно изучать при помощи 3D-технологий. Особенно ценным становится применение фотограмметрии для фиксации сложных объемных памятников с визуально видимыми рельефными признаками, таких как городища и курганные могильники. Методов трехмерного фиксирования



Рис. 3. 3-D модель керамического изделия
Fig. 3. 3D model of a ceramic product



Рис. 2. 3-D модель керамического изделия
Fig. 2. 3D model of a ceramic product

таких объектов может быть много, начиная с фотограмметрии при помощи беспилотных летательных аппаратов, сканирования при помощи сканеров или перевода письменных чертежей в САД программы.

На территории Старицкого района известно более 10 городищ раннего железного века: Воеводино, Волга, Горки, Григорьево, Жихарево, Змеевы горки, Игутьево, Липино, Пентурово, Родня 1, Родня 2, Толпино, Юрьевское (Археологическая карта, 2003). Данный тип памятников более всего требует применения цифрового 3D-моделирования, в том числе и в качестве меры по сохранению информации о данных объектах. Городища, наряду с курганными могильниками, подвергаются в первую очередь грабительским раскопкам. Исследователи на основе цифровых материалов смогут реконструировать поселения и курганы в виде 3D-модели. Цифровые трехмерные модели городищ и курганов возможно распечатать на 3D принтере, тем самым создается точный макет для музея, выставки, презентации и научного исследования.

При изучении исторических городов важной проблемой становится утрачивание отдельных элементов исторической

застройки. Это характерно и для городского пространства Старицы. Способ трехмерного моделирования может перевести объект исторического ландшафта, памятник археологии или памятник архитектуры в пределах города в цифровой вариант хранения (Зайцева, 2014).

Таким образом, одной из важных сторон использования 3D-технологии является сохранение культурного наследия. 3D-технологии способствуют созданию виртуальных музеев, что делает и более доступными объекты культурного наследия. Это, кроме того, ещё и альтернативный малозатратный способ хранения информации о памятниках, так как организация хранения в цифровом формате не требует создания специальных музейных условий.

Опыт цифрового моделирования объектов Старицкого района позволяет отметить, что данный регион не имеет выраженных особенностей по применению 3D-технологий, все перспективные направления и способы, куда и как возможно применить метод, можно распространить на всю Тверскую область и соседние регионы. И последнее наблюдение, 3D-технологии и другие способы визуализации

зации делают научный исследовательский процесс более объективным. Это особенно важно в археологии, поскольку использование данной технологии позволяет сохранять первичную детальную информацию об объекте до раскопок и в процессе полевых работ, в результате которых полностью или частично памятник утрачивается. Это позволит избежать субъективности и тенденциозности интерпретаций результатов археологических исследований. Так постоянное развитие научных методов уже решенные, на первый взгляд, научные проблемы позволит решать заново на новом информационном уровне.

ИСТОЧНИКИ И ЛИТЕРАТУРА

Археологическая карта России. Тверская область. Часть 1. / Под ред. А.В. Кашкина. М.: ИА РАН, 2003. 484 с.

Богданов В.О. Археологическое изучение г.Старица // Культурное наследие русской провинции. Вып. 1. / Отв. ред. С.С. Кутаков. Тверь-Старица: ТвГУ, 2018. С. 51–57.

Галыгин Е.В. Фотограмметрия как инструмент научного транзита в археологии // Вестник научной ассоциации студентов и аспирантов исторического факультета ПГПУ. Серия Stadia Historica Jenium. 2017. №1 (13). С. 74–79.

Грушин С. П., Сосновский И.А. Фотограмметрия в археологии – методика и перспективы // Теория и практика археологических исследований. 2018. №1 (21). С. 99–105.

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

Коханчук Е.Д., Лозинская А.А. Методика создания 3D-моделей культурного наследия с помощью технологий фотограмметрии. М., 2020. 124 с. URL: https://gsb.hse.ru/data/2020/07/10/1595002075/metodika_photogrammetry.pdf (дата обращения: 06.09.2020).

Свирин К.М. Отчет о раскопках в г. Старица на ул. Черноезерского в 2012 году // Архив ИА РАН. Ф. Р-1.

Информация об авторе:

Богданов Владимир Олегович, Тверской государственный университет (г. Тверь, Россия); bogdanoff.vowa2011@yandex.ru

REFERENCES

Kashkin, A. V. (ed.). 2003. *Arkheologicheskaja karta Rossii. Tverskaja oblast' (Archaeological Map of Russia: Tver Oblast)*. 1. Moscow: the Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences (in Russian).

Belyaeva, V. S. 2018 In Kutasov, S. S. (ed.). *Kul'turnoe nasledie russkoj provintsii (Cultural Heritage of the Russian Province: Proceedings of the Interregional Scientific)*. 1. Tver : Tver State University, 51–57 (in Russian).

Galygin, E. V. 2017. In *Vestnik nauchnoi assochiachii studentov i aspirantov istoricheskogo fakul'teta Permskogo gosudarstvennogo gumanitarno-pedagogicheskogo universiteta. Series: Stadia Historica Jenium (Bulletin of the Scientific Association of Students and Graduate Students of the Department for History, Perm State Humanitarian Pedagogical University)* 13 (1), 74–79 (in Russian).

Kuzminykh, S. V., Tishkina, T. V. 2009. In *Teoriia i praktika arkheologicheskikh issledovanii (Theory and Practice of Archaeological Research)* 21 (1). 99–105 (in Russian).

Zaitseva, O. V. 2014. In *Sibirskie istoricheskie issledovaniia (Siberian Historical Research)* 4, 10–20 (in Russian).

Kokhanchuk, E. D., Lozinskaya, A. A. 2020. *Metodika sozdaniia 3D-modelei kul'turnogo nasledii s pomoshch'iu tehnologii fotogrammetrii (Methodology for Creating 3D Models of Cultural Heritage using Photogrammetry Technology)*. Moscow. Available at: https://gsb.hse.ru/data/2020/07/10/1595002075/metodika_photogrammetry.pdf (accessed: 06.09.2020) (in Russian).

Svirin, K. M. 2012. *Otchet o raskopkakh v g. Starica na ul. Chernozerskogo v 2012 godu (Report on Excavations in Staritsa on Chernozersky Street in 2012)*. Archive of the Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, Fund R.1 (in Russian).

About the Author:

Bogdanov Vladimir O. Tver State University. Zhelyabov Str., 33 Tver, 170100, Russian Federation; bogdanoff.vowa2011@yandex.ru

Статья поступила в журнал 01.08.2021 г.
Статья принята к публикации 01.09.2021 г.