

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭРМИТАЖ

2015 **V** irtual

Saint-Petersburg

A rchaeology

ВИРТУАЛЬНАЯ АРХЕОЛОГИЯ

THE STATE HERMITAGE MUSEUM

VIRTUAL ARCHAEOLOGY

(Methods and benefits)

Proceedings of the Second International Conference
held at the State Hermitage Museum
1–3 June 2015

Saint Petersburg
The State Hermitage Publishers
2015

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭРМИТАЖ

ВИРТУАЛЬНАЯ АРХЕОЛОГИЯ

(эффективность методов)

Материалы Второй Международной конференции,
состоявшейся в Государственном Эрмитаже
1–3 июня 2015 года

Санкт-Петербург
Издательство Государственного Эрмитажа
2015

УДК 930.26(063)

ББК (Т)63.4

B52

Печатается по решению
Редакционно-издательского совета
Государственного Эрмитажа

Программный комитет конференции:

П. Рейли (Великобритания)
М. Форте (США)
И. Лирицис (Греция)
Ф. Николучи (Италия)
В. Нойбауэр (Австрия)

Научный редактор:
Д. Ю. Гук

Редакционная коллегия:

А. Ю. Алексеев
Л. С. Воротинская
П. Рейли
А. Мойлемеестер

B52 Виртуальная археология (эффективность методов) : материалы Второй Международной конференции, состоявшейся 1–3 июня 2015 года в Государственном Эрмитаже / Государственный Эрмитаж. – СПб. : Изд-во Гос. Эрмитажа, 2015. – 290 с. : ил.

ISBN 978-5-93572-608-9

Первая Международная конференция по виртуальной археологии была организована Отделом археологии Восточной Европы и Сибири Государственного Эрмитажа (Санкт-Петербург, Российская Федерация) в 2012 году. На конференции впервые были установлены связи между специалистами, работающими в разных странах. Активную роль в подготовке следующей конференции «Виртуальная археология» сыграли Государственный Эрмитаж и АДИТ (Некоммерческое партнёрство по автоматизации музейной деятельности и новым информационным технологиям), обеспечившие работу тематического информационного ресурса www.virtualarchaeology.ru. Цели второй конференции заключались в обсуждении методик, применяемых в виртуальной археологии, постановке задач и представлении результатов исследований.

Проект выполнен при поддержке Благотворительного фонда В. Потанина в рамках программы «Музейный десант».

Издание предназначено для археологов и специалистов по информационным технологиям.

УДК 930.26(063)
ББК (Т)63.4

На обложке: логотип конференции
«Виртуальная археология», автор Д. Ю. Гук

ISBN 978-5-93572-608-9

© Авторы, тексты, иллюстрации, 2015
© Государственный Эрмитаж, 2015

Baffier et al. 1998

Baffier D., Guillaumet E., Chillida J., Girard M., Hardy M., Brunet J. The Grand Grotte at Arcy-sur-Cure (Yonne, France) // *New Discoveries by Thinning Calcite. International Newsletter on Rock Art.* 1998. Vol. 21. Pp. 28–29.

Brunet, Vidal 1987

Brunet J., Vidal P. Interventions sur les œuvres pariétales préhistoriques: quelques exemples // *Pact.* 2008. Vol. 37 (4). Pp. 411–422.

Chalmin et al. 2008

Chalmin E., Sansot E., Oriol G., Bousta F., Reiche I. Microanalysis and synthesis of calcite. Growth mechanisms on prehistoric paintings in the Large Cave, Arcy-sur-Cure (Yonne, France) // *X-Ray Spectrometry.* 2008. Vol. 37 (4). Pp. 424–434.

Manfredi et al. 2014

Manfredi M., Bearman G., Williamson G., Kronkright D., Doehne E., Jacobs M., Marengo E. A New Quantitative Method for the Non-Invasive Documentation of Morphological Damage in Paintings Using RTI Surface Normals // *Sensors.* 2014. Vol. 14 (7). Pp. 12271–12284.

Mudge et al. 2006

Mudge M., Malzbender T., Schroer C., Lum M. New Reflection Transformation Imaging Methods for Rock Art and Multiple-Viewpoint Display // *VAST.* 2006. Vol. 6. Pp. 195–202.

Mudge et al. 2012

Mudge M., Schroer C., Noble T., Matthews N., Rusinkiewicz S., Toler-Franklin C. Robust and scientifically reliable rock art documentation from digital photographs // *A Companion to Rock Art.* Chichester: John Wiley & Sons, 2012.

Saiz-Jimenez et al 2011

Saiz-Jimenez C., Cuezva S., Jurado V., Fernandez-Cortes A., Porca E., Benavente D., Cañaveras J. C., Sanchez-Moral S. Paleolithic art in peril: policy and science collide at Altamira Cave // *Science.* 2011. Vol. 334 (6052). Pp. 42–43.

Schelinski 1989

Schelinski V. E. Nouvelles découvertes dans la grotte Kapovaia // *L'Anthropologie.* 1989. Vol. 93 (2). Pp. 615–622.

White 2007

White W. B. Cave sediments and paleoclimate // *Journal of Cave and Karst studies.* 2007. Vol. 69 (1). Pp. 76–93.

О. В. Зайцева, М. В. Вавулин, А. А. Пушкарёв, Е. В. Водясов
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия

ТРЕХМЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ И НАЗЕМНАЯ ФОТОГРАММЕТРИЯ: ВОЗМОЖНОСТИ 3D-ФИКСАЦИИ ПОГРЕБАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ IN SITU

1. Введение

В 2013–2014 годах в разнотипных погребальных комплексах Западной Сибири проводились полевые исследования с применением современных технологий 3D-фиксации и 3D-документирования процесса раскопок. Наиболее масштабные работы были проведены в археологическом комплексе Зелёный Яр в Ямало-Ненецком автономном округе и Тимирязевском археологическом комплексе в Томской области.

Целью проекта являлось параллельное применение двух технологий при полевой фиксации погребений – трёхмерного сканирования и наземной фотограмметрии с целью дальнейшего сравнительного анализа получаемых результатов. И на основе сканирования, и с помощью фотограмметрии были получены высокоточные фотореалистичные трёхмерные модели погребений. При создании моделей комплексов с особо сложной геометрией была использована технология сканирования в комбинации с фотограмметрией для получения одной итоговой трёхмерной модели.

2. Методика сканирования погребений

В ходе исследования возможностей фиксации погребений в полевых условиях были применены три разные модели сканеров: Creaform VIUscan, Creaform GoScan3D и Artec Spider. Поскольку объекты исследования располагались в труднодоступных районах, все выбранные для работы сканеры удовлетворяли необходимым требованиям портативности и лёгкости. Все они предназначались для сканирования предметов в затемненном помещении, поэтому важной технической особенностью при работе в условиях полярного дня на могильнике Зелёный Яр была необходимость изготовления тента, полностью закрывающего погребение от прямого солнечного света.

Ручной оптический бесконтактный 3D-сканер Creaform VIUscan.

Процесс сканирования в полевых условиях выглядел следующим образом: на площади погребения размещались специальные позиционные точки, с помощью которых сканер ориентировался в пространстве. Параллельно с этим лазерный проектор, встроенный в сканер, проецировал на сканируемую поверхность две перпендикулярные линии. Эти линии считывались камерами сканера и в результате компьютерной обработки преобразовывались в поверхность. Все эти действия осуществлялись одновременно в режиме реального времени в программе Creaform VXelements 2.1, в которой производился визуальный контроль самого процесса сканирования и его первичная обработка. Далее полученные данные в виде триангуляционных сеток импортировались в программу Geomagic Design X, в которой выполнялось сшивание

данных сеток в единую поверхность и наложение текстур. На последнем этапе готовая модель погребения импортировалась в программу Autodesk 3DS Max 15, в которой создавались видео- и стереоролики.

Ручной оптический бесконтактный 3D-сканер Creafom GoScan3D.

В 2014 году при фиксации погребений был также опробован сканер Creafom GoScan3D, основным преимуществом которого является иная технология съёмки поверхности. В отличие от предыдущего сканера, где поверхность строилась двумя перпендикулярными линиями, GoScan позволяет снимать поверхность сразу по всей области захвата камер (380 × 380 мм), что значительно ускоряет процесс сканирования.

Процесс сканирования схож с предыдущей моделью: сканер ориентируется в пространстве по позиционным точкам, расположенным на объекте, но вместо лазерных линий на поверхность белым светом проектора наносится определенная матрица, которая также считывается через камеры. Недостаток данного сканера заключается в достаточно низком разрешении – 0,5 мм. При таком разрешении итоговой модели мелкие детали (менее 1,5 мм) не будут отображены. VIUscan позволяет захватывать детали размером не менее 0,6 мм, однако время, затраченное на сканирование, будет увеличено в 4–5 раз.

Ручной оптический бесконтактный 3D-сканер Artec Spider.

Попытка использования сканера Artec Spider в полевых условиях для фиксации погребений оказалась неудачной, поскольку при сканировании достаточно большой площади погребения вычислительных мощностей компьютера (ноутбук HP Elitebook 8460p, Intel core i5 2,6 GHz, 16Gb RAM, Radeon HD 6470M 1Gb) не хватило для обработки потока данных. Это привело к падению скорости съёмки до 1–0,5 кадров в секунду, недостаточной для работы в полевых условиях.

3. Применение фотограмметрии при фиксации погребений

Для создания трёхмерных моделей археологических объектов с помощью технологии фотограмметрии специального оборудования не требуется. Достаточно любой цифровой полупрофессиональной фотокамеры. Нами использовался цифровой фотоаппарат Nikon D700. Технология съёмки для обработки методом фотограмметрии значительно проще трёхмерного сканирования: производится фотосъёмка объекта со всех сторон и под разными углами. Фиксацию необходимо производить таким образом, чтобы зоны фотографирования на каждом последующем снимке перекрывались не менее чем на 70 %. В среднем для фиксации одного погребения необходимо сделать около 40–60 снимков. Обработка данных выполняется в фотограмметрическом программном пакете Agisoft PhotoScan. В программе происходит сопоставление полученных фотографий, выявляются общие точки, измеряются расстояния и углы между ними, далее с помощью специальных математических алгоритмов создаётся трёхмерная поверхность, и на неё накладывается текстура. На получаемой трёхмерной модели по опорным точкам задаётся масштаб, далее возможны любые дополнительные измерения, не снятые в поле.

4. Обсуждение результатов

Работы по 3D-фиксации в полевых условиях проводились для грунтовых и наземных погребений различной сохранности: от остатков костного тлена до частично мумифицированных мягких тканей. Обе технологии – сканирование и фотограмметрия – позволяют создавать высокоточные фотореалистичные трёхмерные модели исследуемых погребений.

Полученные с помощью сканеров модели имели следующее разрешение: для сканера Creafom VIUscan – 0,2 мм, для Creafom GoScan3D – 0,5 мм. Разрешение моделей, полученных с помощью фотограмметрии, – 3 мм, при этом оно было выбрано как оптимальное для создания общих планов. Технология фотограмметрии теоретически позволяет получать модели и с более высоким разрешением.

Несомненными преимуществами фотограмметрии при фиксации погребений на сегодняшнем этапе развития технологии являются:

- отсутствие необходимости покупки дорогостоящего оборудования. Программное обеспечение для фотограмметрии стоит в несколько раз дешевле программного обеспечения для обработки данных сканирования (более того, существуют и бесплатные пакеты для обработки данных фотограмметрии, например, Autodesk 123D Catch);
- более оперативная и простая фиксация.

В случае строгого соблюдения всех необходимых условий фотограмметрической фиксации: калибровки и корректных настроек камеры, правильного выбора сценария съёмки (положение и ориентировка камеры, шаг фиксации и т. д.) возможно получение моделей столь же высокого разрешения, как и при сканировании.

В некоторых случаях целесообразно использовать комбинированный способ фиксации, например, в погребениях очень сложной геометрической формы, с необходимостью сканирования деталей одновременно на разных высотных уровнях. В случае с погребением в лодке конструктивные детали разной сохранности находились на разных уровнях, и сканирование всей поверхности было затруднено. Некоторые места практически недоступны для работы со сканером. Поэтому для фиксации общего плана была применена технология фотограмметрии, а наиболее важные мелкие детали, которые располагались на дне погребения, были отсканированы в высоком разрешении. Далее все модели были приведены в единую систему координат, и в результате получена одна, отображающая в целом всю сложную форму погребения, с более детальными важными элементами.

Как говорилось выше, работы велись в наземных и грунтовых погребениях. Понятно, что в случае захоронений в подбоях и катакомбах необходимо применение иной методики. В этих случаях оптимальным вариантом 3D-фиксации будет сканирование, так как для фотограмметрии потребуются создание внутри погребений искусственного освещения, а сам сценарий съёмки будет весьма затруднительным.

5. Заключение

Поскольку фотограмметрический метод не требует никаких серьёзных материальных затрат и достаточно прост в освоении, можно ожидать переход к 3D-фиксации и визуализации результатов археологических раскопок именно на основе этой технологии. Использование фотограмметрии позволит значительно повысить оперативность и точность существующей практики археологической фиксации.

Все модели погребений, сделанные в ходе проекта, доступны на сайте artefact.tsu.ru.

6. Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта «Человек в меняющемся мире. Проблемы идентичности и социальной адаптации в истории и современности» (грант Правительства РФ П 220 № 14.В.25.31.0009).