

П.П. Игнатъев, Д.В. Осипов, В.А. Парфенов, В.О. Тишкин

## РЕКОНСТРУКЦИЯ СКУЛЬПТУРЫ «ЕВА У ИСТОЧНИКА» ИЗ УСАДЬБЫ «СЕРГИЕВКА» С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО 3D-СКАНИРОВАНИЯ, КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*В собрании скульптуры герцога Максимилиана Лейхтенбергского усадьбы «Сергиевка» (Петергоф) была копия статуи «Ева у источника», отлитая из шпиафра. В годы Великой Отечественной войны скульптура была уничтожена. Фрагменты ее были обнаружены при реставрации восточной террасы дворца в 2007 г. Настоящая статья посвящена завершающей фазе многоэтапного процесса реконструкции скульптуры «Ева у источника» с использованием методов лазерного 3D-сканирования, компьютерного моделирования и аддитивных технологий. Изготовление реплики статуи было осуществлено с помощью 3D-принтера, после чего выполнена художественная отделка поверхности. Это первый подобного рода проект реконструкции утраченного памятника не только в России, но и в мире. Полученный авторами опыт по сочетанию 3D-сканирования и 3D-печати может быть рекомендован для практики создания копий и реплик произведений искусств.*

### **Ключевые слова:**

*герцог Максимилиан Лейхтенбергский, Ева у источника, компьютерное моделирование, лазерное 3D-сканирование, прототипирование, реконструкция скульптуры, скульптор Э.Х. Бейли, собрание скульптуры, усадьба «Сергиевка», шпиафр, 3D-принтер.*

Игнатъев П.П., Осипов Д.В., Парфенов В.А., Тишкин В.О. Реконструкция скульптуры «Ева у источника» из усадьбы «Сергиевка» с помощью лазерного 3D-сканирования, компьютерного моделирования и аддитивных технологий // Общество. Среда. Развитие. – 2017, № 2. – С. 69–74.

- © Игнатъев Павел Петрович – скульптор, реставратор, член Союза художников России, Санкт-Петербург; e-mail: ignatyevspb@mail.ru
- © Осипов Дмитрий Владимирович – доктор биологических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург; e-mail: osipov.dmitr@yandex.ru
- © Парфенов Вадим Александрович – кандидат технических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург; e-mail: vadim\_parfenov@mail.ru
- © Тишкин Виталий Олегович – инженер, Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург; e-mail: tiviol@gmail.ru

*Посвящается 200-летию со дня рождения герцога Максимилиана Лейхтенбергского (2 октября 1817 г. – 20 октября 1852 г.), недооцененно много сделавшего для развития культуры, искусства, науки, образования, здравоохранения и технического прогресса его второй родины – России.*

Летний дворец герцога Максимилиана Лейхтенбергского в усадьбе «Сергиевка», построенный архитектором А.И. Штакеншнейдером в 1839–42 гг., является одной из жемчужин садово-паркового искусства Петергофа. Максимилиан Лейхтенбергский, супруг Великой княгини Марии Николаевны, старшей дочери императора Николая I, был большим знатоком и ценителем искусства. В составе его художественной коллекции в усадьбе Сергиевка были уникальные скульптурные памятники от античного периода до нового времени, включая творения таких всемирно-известных мастеров, как А. Канова и Б. Торвальдсен [1–4; 6]. К сожалению, эта богатейшая коллекция не сохранилась. Некоторые скульптуры в первой половине XX века попали в музейные фонды Орани-

енбаума, Петергофа и Эрмитажа, а та часть скульптурных памятников, которая осталась на территории Сергиевки, почти полностью погибла во время Великой Отечественной войны. Усадьба находилась на передовой линии фронта Ораниенбаумского плацдарма обороны Ленинграда и все её здания были разрушены во время обстрелов.

В числе уничтоженных в годы военного лихолетья памятников оказалась и скульптура «Ева у источника», изготовленная в XIX веке методом фрагментарного литья из шпиафра в знаменитой литейной мастерской Морица Гайса (Moritz Geiss) в Берлине [5]. Шпиафр, представляющий собой сплав цинка с оловом, это сравнительно недорогой заменитель бронзы. Благодаря своим свойствам, этот материал широко применялся в XIX веке при изготовлении скульптурных памятников. «Ева у источника» изображала полулежащую обнаженную фигуру молодой женщины и была копией мраморной скульптуры с одноименным названием, созданной в 1818 году английским скульптором Эдвардом Ходжесом Бейли (Edward Hodges Baily, 1788–1867). Скульптура олицетворя-

ла собой «Потерянный Рай». Долгие годы «Ева» из усадьбы Сергиевка считалась полностью утраченной, но ее фрагменты были неожиданно обнаружены в июле 2007 года в приемке фонтана во время проведения реставрационных работ на террасе восточного фасада дворца [5]. В отвалах битого кирпича и другого строительного мусора было найдено тринадцать крупных фрагментов этой скульптуры и более десяти оплавленных конгломератов шпиагра (рис. 1).

Все фрагменты были тщательно очищены от мусора, оксидных пленок, минеральных солей и оплавлений. При этом выяснилось, что в момент создания копии поверхность памятника была бронзирована, что было типично для декорирования шпиагровых скульптур в XIX веке [7]. Это подтверждает не только внешний вид сохранившихся фрагментов, но и исследование их элементного состава, проведенные с помощью рентген-флюоресцентного спектроанализатора (В.А. Парфёнов). После очистки фрагментов встал вопрос о возможности воссоздания или реконструкции данной скульптуры. Ранее, в случае аналогичных находок, одному из авторов данной статьи (Д.В. Осипову) уже посчастливилось вернуть к жизни несколько, казалось бы, навсегда утраченных памятников из собрания герцога Лейхтенбергского [6]. Однако в случае «Евы у источника» эта задача оказалась чрезвычайно сложной, так как уцелевшие фрагменты составляли менее 7% площади всей поверхности скульптуры (при подсчете общей площади учитывалась площадь основания скульптуры).

Первая попытка реконструкции «Евы» путем соединения между собой отдельных фрагментов скульптуры, предпринятая одним из авторов (Осиповым Д.В.) вскоре после их находки (рис. 2), показала невозможность реализации такого подхода. Хотя отдельные фрагменты «Евы» очень хорошо «сочетались» между собой, реконструировать скульптуру целиком (даже с использованием доделочной массы – традиционного способа восстановления полуразрушенных памятников) было невозможно, так как из-за значительных утрат скульптуры оказалось затруднительным правильно сориентировать их друг относительно друга в пространстве.

В подобных ситуациях при невозможности реконструкции памятника на основе сохранившихся фрагментов, обычно осуществляют скульптурную реконструкцию путем монтажа фрагментов на вспомогательные опорные конструкции. При проведении таких работ специалисты руководствуются представлениями о внешнем виде реконструируемого памятника, которые дают

имеющиеся иконографические материалы или близкие аналоги. В музейной практике этот подход нередко применяют при воссоздании сильно-поврежденных, а иногда и полностью утраченных памятников. Примерами подобного рода работ является создание новейших экспозиций скульптуры в Риме (в музее античной скульптуры Centrale Montemartini – филиале Музеев Капитолия, открытом в 1997 году в здании реконструированной электростанции на улице Остенсе вблизи станций метро «Пирамида» – [www.centralemontemartini.org](http://www.centralemontemartini.org)) и в Афинах (в Новом Музее Акрополя, открытом в 2009 году – [www.theacropolismuseum.gr](http://www.theacropolismuseum.gr)).

Однако в нашем случае пришлось отказаться и от этой идеи, поскольку качественные фотографии и рисунки оригинальной скульптуры «Ева у источника» первоначально отсутствовали. Единственное известное нам ее изображение, сохранившееся на дореволюционной почтовой открытке, является настолько нечетким (рис. 3), что использовать его в качестве иконографической основы для реконструкции скульптуры попросту невозможно.

В 2011 году о печальной судьбе скульптуры «Ева» и проблемах ее восстановления стало известно соавтору данной статьи – В.А. Парфенову, который предложил использовать для ее реконструкции технологию лазерного 3D-сканирования [8–10]. В ноябре 2011 года при помощи лазерного сканера Konica Minolta Vi-9i им было выполнено сканирование фрагментов «Евы», которое позволило получить набор сканов, несущих в себе информацию о точных размерах и геометрической форме найденных в земле фрагментов. На основе этих сканов с помощью методов компьютерного моделирования можно было бы получить цифровую (виртуальную) реконструкцию (3D-модель) «Евы». Но на пути реализации этой идеи встала та же самая проблема, что и при реконструкции с использованием традиционных методов. Речь идет об отсутствии информации о взаимной ориентации фрагментов (в данном случае – о взаимной ориентации их сканов) в пространстве.

Между тем, авторам статьи стало известно, что в Историческом музее г. Бристоль, Великобритания, хранится оригинал упомянутой выше мраморной скульптуры «Ева» работы Бейли (инвентарный номер L2). С учетом этой информации самым эффективным решением проблемы реконструкции «Евы» из Сергиевки могло бы стать лазерное сканирование «Евы» из музея Бристоля и «сшивка» сканов обеих скульптур в единую 3D-модель. Однако по понятным причинам реализация такой



*Рис.1. Фрагменты скульптуры «Ева у источника», обнаруженные во время раскопок восточной террасы дворца в «Сергиевке» в 2007 г.*



*Рис.2. Первая попытка реконструкции скульптуры «Ева у источника» путем компоновки ее найденных фрагментов.*



*Рис.3. Изображение скульптуры «Ева у источника» на почтовой дореволюционной открытке (фрагмент). 1900-е гг.*



*Рис. 4. Фотография оригинала мраморной скульптуры «Ева у источника», Э.Х. Бейли, 1818 г. из музея г. Бристоль, Великобритания.*



*Рис.5. Изображение 3D-модели реконструированной скульптуры «Ева у источника» на экране компьютера.*



*Рис. 6. Фотореалистическое изображение реконструированной скульптуры «Ева у источника» (отделка поверхности «под мрамор»).*



*Рис. 7. Изготовленная с помощью 3D-принтера реплика скульптуры «Ева у источника» после художественной отделки поверхности «под бронзированный шпатель».*

идеи была почти невозможной, но авторы смогли найти иное решение.

Нам удалось связаться с сотрудниками английского музея, которые любезно согласились сделать фотографии бристольской «Евы». Сотрудница этого музея Юлия Клэйтон (Julie Clayton) произвела тщательную фотосъемку и прислала по электронной почте в общей сложности около сотни фотографий «Евы» очень высокого качества (см, напр., рис. 4). На основе этих фотографий, передающих все особенности пластики бристольской «Евы», еще один автор статьи (П.П. Игнатъев – профессиональный скульптор) осуществил ее скульптурную реконструкцию в уменьшенном масштабе из гипса. С помощью лазерного сканера Konica Minolta Vi-910 эта гипсовая модель также была отсканирована, после чего начался самый сложный этап работы, к которому подключился еще один участник проекта – В.О. Тишкин.

Сначала 3D-модель гипсовой реконструкции «Евы» из музея г. Бристоля была отмасштабирована до нужного размера и «сшита» с набором сканов «Евы» из Сергиевки. Это позволило «нанизать» эти сканы на единый «скелет», роль которого выполняла 3D-модель скульптурной реконструкции бристольской «Евы». Тем самым была решена проблема взаимной увязки в пространстве сканов фрагментов оригинальной скульптуры «Ева». Полученная в результате этой работы 3D-модель показана на рис. 5, где более светлые участки поверхности соответствуют облакам точек фрагментов оригинальной скульптуры.

Далее в программах Rapidform XRO и Zbrush было проведено дополнительное компьютерное моделирование, которое включало доработку созданной 3D-модели и так называемый компьютерный «скульптинг» [11]. После этого было проведено дополнительное моделирование в программах KeyShot и Photoshop с целью создания фотореалистических изображений реконструированной скульптуры. Одно из таких изображений показано на рис. 6, где для большей наглядности в доработанной 3D-модели «Евы» ее поверхности придано сходство с натуральным мрамором (материалом, из которого была изготовлена «Ева» из музея Бристоля). При этом тем частям 3D-модели, которые соответствуют реконструированной поверхности бристольской «Евы», был придан вид полированного белого мрамора. А те участки поверхности, которые соответствуют сканам уцелевших фрагментов «Евы» из Сергиевки, были «окрашены» в пятнистый темно-серый цвет. В других вариантах фотореалистической реконструкции была осуществлена имитация цинка с отделкой под бронзу.

Более подробно обо всех предварительных этапах реконструкции «Евы» представлено в [12], здесь же будут описаны материалы по заключительному этапу работы. Создание компьютерной 3D-модели-реконструкции «Евы» позволило осуществить ее физическую реконструкцию (создание реплики), которая была необходима для полноценного экспонирования утраченного памятника. С учетом ограниченных финансовых возможностей, было принято решение об изготовлении реплики в уменьшенном масштабе (1:0,604) из пластика с использованием технологии FDM, относящейся к группе методов так называемого быстрого прототипирования. Термином FDM (англ. – Fused deposition modeling) называют технологию моделирования объектов методом послойного наплавления. В основе данной технологии лежит принцип создания трехмерных объектов путем последовательного нанесения тонких (толщиной от 50 до 500 мкм) слоев материала, повторяющих контуры цифровой 3D-модели. Создание объекта осуществляется путем подачи прутка из термопластичного полимера внутрь нагретого до высокой температуры сопла экструдера, управляемого шаговыми двигателями по трем пространственным координатам. Экструзия пластика осуществляется послойно. После завершения формирования одного «среза» 3D-модели, наносится следующий слой расплавленного пластика. Так продолжается до полного «построения» всего объекта.

Изготовление реплики «Евы» осуществлялось с помощью 3D-принтера PrismPro (Россия). Поскольку реконструируемая скульптура даже в уменьшенном масштабе имела размеры, превышающие габариты рабочей области печати данного 3D-принтера, ее компьютерная 3D-модель была разделена на несколько частей. «Напечатанные» на принтере фрагменты, затем были склеены между собой, после чего проводились ручные операции шлифовки, грунтования и полировки поверхности. Затем была выполнена художественная отделка поверхности скульптуры, имитирующая бронзированный шпатель. Фотография реплики «Евы» после завершения всех работ показана на рис. 7.

Воссоздание скульптуры «Ева» из Сергиевки – первый подобного рода проект реконструкции утраченных памятников не только в России, но и в мире, он получил высокую профессиональную оценку специалистов в области сохранения памятников истории и культуры. Однако с научной точки зрения значительный интерес представляло изучение точности соответствия реплики «Евы» ее исходной 3D-модели [10]. Для про-

ведения этих исследований было выполнено 3D-сканирование пластиковой скульптуры. Сканирование осуществлялось при помощи лазерного сканера Surphaser 25SHX (Россия), имеющего разрешение около 2,5 мкм. Проведенные исследования показали, что максимальное отклонение поверхностей исходной 3D-модели и реплики не превышало величину  $\pm 0,7$  мм. Кроме того, с помощью сканера была измерена глубина стыковочных швов отдельных фрагментов, которая в среднем составляла около 1 мм. Это позволяет сделать вывод о том, что использование технологии 3D-печати FDM при создании физических копий скульптурных памятников обеспечивает довольно высокую точность соответствия друг другу оригинала и копии. Следовательно, использование комбинированной технологии, основанной на сочетании 3D-сканирования и 3D-печати может быть рекомендовано для проведения практических работ по созданию копий и реплик произведений искусства.

В заключение выражаем благодарность нашим коллегам – сотрудникам музея г.

Бристоля, Великобритания Julie Clayton и Julia Carver за помощь в фотофиксации оригинала скульптуры, И.А. Леоновой (РГПУ им. А.И. Герцена), принимавшей участие в сканировании фрагментов «Евы», и директору ООО «Ресстрой» Г.Л. Кравцу за интерес к проекту и предоставленную возможность работы со сканером Konica Minolta Vi-9i. Отдельные слова благодарности авторы хотели бы адресовать Центру прототипирования Технопарка Санкт-Петербурга за помощь в создании реплики «Евы», и особенно – его сотруднику А.А. Журавлеву, принимавшему активное участие в создании реплики и ее исследованиях с помощью 3D-сканирования.

Особую признательность авторы статьи выражают меценату завершающей фазы проекта реконструкции скульптуры «Ева у источника» Андрею Николаевичу Терехову, доктору физ.-мат. наук, заведующему кафедрой, профессору Санкт-Петербургского государственного университета, математико-механический факультет, кафедра системного программирования.

#### Список литературы:

- [1] Кривдина О.А. Скульптура дворца герцога Лейхтенбергского и парка усадьбы «Сергиевка» Биологического института СПбГУ // Санкт-Петербургский университет. – 2000, 11 сентября, № 20 (3543). – С. 26–32.
- [2] Кривдина О.А. Коллекция скульптур Лейхтенбергских // Санкт-Петербургский университет. Специальный выпуск (3597). – 2002, 20 апреля. – С. 11–13.
- [3] Кривдина О.А. Ваятели и их судьбы. Научная реконструкция творческих биографий российских скульпторов середины и второй половины XIX века. – СПб.: Сударыня, 2006. – С. 296–316.
- [4] Осипов Д.В. Возвращение утраченных шедевров. (Поиски, атрибутирование и реставрация произведений из коллекции скульптур герцога Лейхтенбергского в усадьбе «Сергиевка»). В сборнике статей по реставрации скульптуры и мониторингу состояния памятников в городской среде. – СПб.: Союз Дизайн, 2008. – С. 95–106.
- [5] Осипов Д.В. Судьба скульптуры коллекции Лейхтенбергских в Сергиевке: через военные годы к возрождению в век нынешний. Сборник статей по материалам научно-практической конференции ГМЗ «Петергоф», «Послевоенная реставрация: век нынешний и век минувший». – 2010. – С. 138–146.
- [6] Осипов Д.В. Изучение культурного наследия дворцово-паркового ансамбля «Сергиевка», Петергоф // Материалы IX Международной экологической Школы-конференции в усадьбе «Сергиевка» – памятнике природного и культурного наследия «Сохранение природной среды и оптимизация ее использования в Балтийском регионе». Санкт-Петербург, Старый Петергоф. 27–28 ноября 2014 г. – СПб., 2014. – С. 94–103.
- [7] Осипов Д.В. Бытование металлической скульптуры «Ева у источника» из собрания герцога Максимилиана Лейхтенбергского в усадьбе Сергиевка, Старый Петергоф // Альманах «Культура. Искусство. Реставрация». 2015 (1). Часть 1. Реставрация. Сб. статей / Под науч. ред. Е.П. Борзовой, А.Г. Буйчика. – СПб.: СПбКО, 2015. – С. 115–122.
- [8] Фрейдин А.Я., Парфенов В.А. Трехмерное лазерное сканирование и его применение для съемки архитектурных сооружений и реставрации памятников // Оптический журнал. Т. 74. – 2007, № 8. – С. 44–49.
- [9] Парфенов В.А. Применение лазерного 3D-сканирования и голографии для исследования, реконструкции и копирования скульптуры / Исследования в консервации культурного наследия. Вып.3. Материалы международной научно-методической конференции. – М.: Индрик, 2012. – С. 194–203.
- [10] Парфенов В.А. К вопросу о точности лазерного 3D сканирования и создания компьютерных моделей скульптурных памятников // Музей под открытым небом. Проблемы сохранения памятников из камня и бронзы. – СПб.: Союз-Дизайн, 2012. – С. 41–43.
- [11] Игнатъев П.П. Критерии подхода к восстановлению утраченного авторского слоя при копировании мраморной скульптуры восемнадцатого века (Некоторые аспекты копирования скульптуры Летнего сада) // Тезисы докладов III научно-практической конференции Летнего сада и Дворца Петра I «Проблемы реставрации и реконструкции памятников XVIII века. – СПб., 2000. – С. 21–23.
- [12] Игнатъев П.П., Осипов Д.В., Парфенов В.А., Тишкин В.О. Реконструкция скульптуры «Ева у источника» из усадьбы Сергиевка с помощью лазерного 3D-сканирования // «Музей под открытым небом. Современные подходы к сохранению скульптуры» / Под ред. В.В. Рытиковой, О.В. Франк-Каменецкой, Д.Ю.Власова. – Воронеж: МС, 2015. – С. 103–107.