

# ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И 3D-РЕКОНСТРУКЦИИ

## GIS AND 3D RECONSTRUCTIONS

В данном разделе журнала публикуются три статьи участников междисциплинарного исследовательского проекта «Виртуальная реконструкция московского Страстного монастыря (середина XVII — начало XX в.): анализ эволюции пространственной инфраструктуры на основе методов 3D-моделирования», поддержанного Российским научным фондом (РНФ), грант № 14-18-03473. Проект ведется на кафедре исторической информатики МГУ им. М. В. Ломоносова с 2014 г. Предлагаемые читателю статьи отражают результаты текущих исследований коллектива проекта, включающего историков, реставраторов, архитекторов, искусствоведов, IT-специалистов.

*Л. И. Бородкин, руководитель проекта, д.и.н., профессор*

### СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКИ 3D-МОДЕЛЕЙ АРХИТЕКТУРНОГО ДЕКОРА МОСКВЫ XIX В. ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОСТРОЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ СТРАСТНОЙ ПЛОЩАДИ\*

#### CREATING A DIGITAL LIBRARY OF 3D MODELS OF ARCHITECTURAL DECORATIONS IN THE PROCESS OF VIRTUAL RECONSTRUCTION OF MOSCOW STRASNAYA SQUARE (19<sup>TH</sup> CENTURY)

**Демидов Максим Юрьевич,**

магистр кафедры исторической информатики исторического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова.

e-mail: demidov-maxsim@mail.ru

**Maksim Yu. Demidov**

**Жеребятьев Денис Игоревич,**

кандидат исторических наук, ассистент кафедры исторической информатики исторического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова.

e-mail: dzher@inbox.ru

**Denis I. Zherebyatyev**

В рамках исследовательского проекта по созданию виртуальной реконструкции Страстного монастыря и исторической застройки Страстной площади рассматривается эволюция архитектурного декоративного убранства строений Страстной площади Москвы XIX — начала XX в., анализируются

The article is a part of the research project aimed to create a virtual reconstruction of the old Strasnay monastery and historical buildings in the area of the monastery. It describes the evolution of the architectural decoration of the Strasnaya Square buildings in Moscow in 19<sup>th</sup> — early 20<sup>th</sup> centuries. The second part of the article

\* Исследование проводится при поддержке Российского научного фонда (РНФ), грант № 14–18–03473.

особенности процесса реконструкции утраченных элементов декора, существующие технологические и методологические подходы.

*Ключевые слова:* историко-культурное наследие, история Москвы, Страстной монастырь, Страстная площадь, историческая урбанистика, фотограмметрия, архитектурное убранство фасадов, виртуальная реконструкция, 3D-моделирование.

presents the results of analysis of reconstruction of the lost décor elements and characteristics of technological and methodological approaches used in the research.

*Keywords:* historical and cultural heritage, history of Moscow, Strastnoy Monastery, Stastnaya Square, urban history, photogrammetry, architectural decoration of facades, virtual reconstruction, 3D modeling.

В данной статье содержится описание одного из этапов исследования в рамках проекта, поддержанного грантом Российского научного фонда № 14–18–03473, цель которого — создание виртуальной реконструкции Страстного монастыря и Страстной площади XVII–XX вв.<sup>1</sup> В центре внимания данной работы находится период существования Страстного монастыря с 1830-х по 1910-е гг.

В течение последнего столетия целые улицы и кварталы Москвы меняли свой облик и архитектурный стиль. Архитектурный декор, будучи неотъемлемой частью облика фасада здания, является одним из самых активных его элементов, который наиболее часто подвергается перестройке по ряду причин: изменению социального положения владельца здания, его вкусовых предпочтений, смене функционального назначения строения, появлению моды на новый архитектурный стиль, эволюции строительных технологий и т. п. В результате в ряде районов центра Москвы, переживших активные фазы перестроек, в том числе на Страстной площади, существовавшей до второй половины 1930-х гг., достаточно сложно найти первоначальный облик фасада здания, который не пережил радикальную перестройку; многие сооружения были полностью снесены в годы советской власти, и их уже невозможно восстановить в исходном виде<sup>2</sup>, поскольку на их месте существует современная городская застройка.

Изменчивость декоративного убранства фасада здания не могла не привлечь внимания исследователей-реставраторов, которые активно включились в формирование (в рамках развития возможностей программного обеспечения 3D-моделирования) цифровых библиотек 3D-моделей фрагментов декора зданий различных архитектурных стилей (библиотеки SketchUp, 3D Warehouse<sup>3</sup>, TurboSquid<sup>4</sup> и т. д.). Для решения задач оцифровки и реконструкции исследователями привлекались различные программные инструменты: от программ 3D-моделирования (в большей степени), до лазерных сканеров и фотограмметрии (значительно реже), что позволило частично создать коллекцию отдельных типовых элементов декоративного убранства.

Учитывая, что многие декоративные элементы фасадов Москвы XIX — начала XX в. отличаются своеобразием и даже, будучи типовыми, могут иметь ряд особенностей, отличающих их от аналогов, трудно говорить о том, что существующие «стандартные» цифровые коллекции могут быть использованы при реконструкции облика исторической застройки Страстной площади XIX — начала XX в. Так, если по типовым элементам декоративного убранства фасадов, для которых сохранилось достаточно большое количество чертежной документации, фотографий, зарисовок, еще возможна реконструкция в программах 3D-моделирования, то уникальные элементы, характерные для отдельной рассматриваемой территории города, аутентично могут быть воссозданы только с помощью технологий фотограмметрии или лазерного сканирования при наличии самого оригинала.

Сохранившиеся архивные материалы зачастую позволяют получить представление об общем облике здания той или иной эпохи на основе выявленных фотографий, чертежей, планов, но в большинстве случаев облик архитектурных элементов убранства фасада здания остается для исследователей нечетко переданным на визуальных источниках, и при работе с ними не всегда удается получить достаточно полное представление об объеме декоративных элементов здания, не привлекая дошедших до нашего времени аналогов.

Так как основной задачей данной статьи является создание электронной базы 3D-моделей внешнего декора зданий Страстной площади в XIX столетии в рамках проекта «Виртуальная реконструкция московского Страстного монастыря (середина XVII — начало XX в.)»<sup>5</sup>, необходимо было изучить историю данной территории, представлять ее облик и эволюцию на протяжении всего XIX в. Для выполнения этой задачи были использованы гравюры и фотографии Страстной площади, собранные участниками проекта и представленные на сайте исторического факультета МГУ<sup>6</sup>.

В поиске таких изобразительных источников, прежде всего фотографий, помог сайт «Retro

Photo of Mankind's Habitat»<sup>7</sup>. Это крупный интернет-проект, представляющий карту Москвы с привязанными к ней фотографиями по местам съемки, однако наиболее интересно для исследователей, что данный сайт позволяет выбирать различные временные срезы, помогающие быстро найти необходимое изображение. И это весьма актуально, учитывая, что на сайте представлено более 68 000 фотографий<sup>8</sup>.

Частью источниковой базы исследования являются сохранившиеся декоративные фрагменты исторических фасадов зданий Москвы, которые относятся к рассматриваемому нами периоду, архитектурному стилю и могли потенциально составлять облик фасадов строений Страстной площади Москвы XIX — начала XX в. Формирование источниковой базы было проведено нами посредством фотосъемки современных фасадов зданий с декором рассматриваемого периода.

## ОБ ОЦИФРОВКЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

**Н**ачало изучению применения методик трёхмерного компьютерного моделирования в исторических исследованиях было положено в 1980-х гг. зарубежными исследователями. Инициаторами использования трёхмерных технологий в исторических исследованиях стали коллективы историков, архитекторов, искусствоведов, археологов, осуществлявших с помощью IT-специалистов построение виртуальных реконструкций объектов историко-культурного наследия. Число исследователей в этой области несколько возросло в начале 1990-х гг., хотя и оставалось незначительным.

Первыми задачу оцифровки памятников историко-культурного наследия смогли решить компании-производители лазерных сканеров и 3D-сканеров. Во многом это произошло из-за очевидных преимуществ в создании трехмерных моделей:

- трехмерная модель объекта получается мгновенно;
- точность измерений очень высока;
- сбор данных осуществляется очень быстро, достигается существенная экономия времени при работе в поле;
- дефекты и недочеты выявляются просто — достаточно лишь сравнить полученную конструкцию с проектной трехмерной моделью;
- достигается безопасность съемки опасных и труднодоступных объектов;
- топографические планы получают с помощью виртуальной съемки;

— становится возможным расчет величины деформаций путем сравнения с ранее полученными результатами съемок.

Стоит отметить одну из самых первых и на данный момент самую крупную в области создания виртуальных моделей исторических памятников культуры компанию CyArk, основанную Беном Касайрой в 2003 г. В октябре 2013 г. CyArk запустила проект CyArk 500<sup>9</sup>. Данный проект предполагает создание виртуальных моделей объектов культурного наследия в течение пяти лет. Компания использует в своей работе лазерные сканеры собственного производства и на базе своих технологий. Данная организация является некоммерческой, основная ее деятельность заключается в оцифровке объектов культурного наследия для использования в образовательных, познавательных и реставрационных целях. Организация известна своей работой с рядом партнеров в производстве высококачественного цифрового сканирования с помощью лазерных сканеров объектов всемирного культурного наследия, таких как Помпеи, Чичен-Ица (см. рис. 1), могилы Восточной Цин, Ниневи, Вал Антонина, горы Рашмор и многих других.

Но технология лазерного сканирования весьма дорогостоящая, и не все организации могут позволить себе использовать ее. Поэтому в методах оцифровки объектов также часто используется технология фотограмметрии, которая, несмотря на меньшую точность и большие затраты времени на создание трехмерных моделей, обходится на много дешевле лазерного сканирования.

*Появление технологий фотограмметрии.* Исходное значение и возможности программного обеспечения — работа с изображениями, анализ размеров зданий по фотографиям, расстояния между объектами. Никто не предполагал, что в будущем программа позволит по нескольким изображениям восстанавливать геометрическую форму здания и его облик.

В последнее время в исторических исследованиях (прежде всего в археологических) выделяется применение технологии магнитно-резонансной томографии (МРТ). С помощью этой технологии проводились уникальные исследования. Оцифровка и извлечение информации из обугленных свитков папируса, сохранившихся до наших дней после известного извержения Везувия в 79 г. н.э.<sup>12</sup>, было невозможно без применения технологии МРТ. Еще в 1980 г. археологи решили, что не будут воздействовать на свитки физическим способом, так как это, вероятно, уничтожит текст, находящийся на них. И лишь в январе 2015 г. удалось извлечь текст, написанный на них, без повреждения материала объектов. Технология МРТ применяется активно и в изучении мумий фараонов<sup>13</sup>.

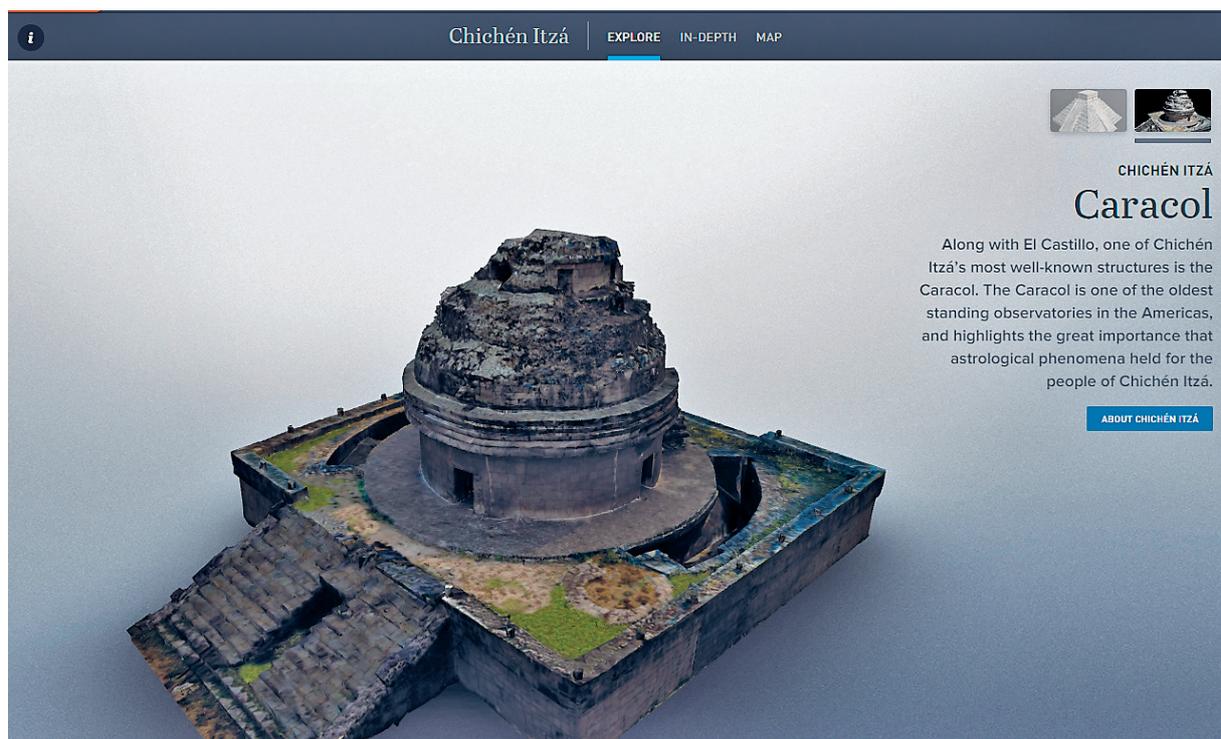


Рис. 1. Пример оцифровки обсерватории Эль-Караколь, Чичен-Ица<sup>10</sup>

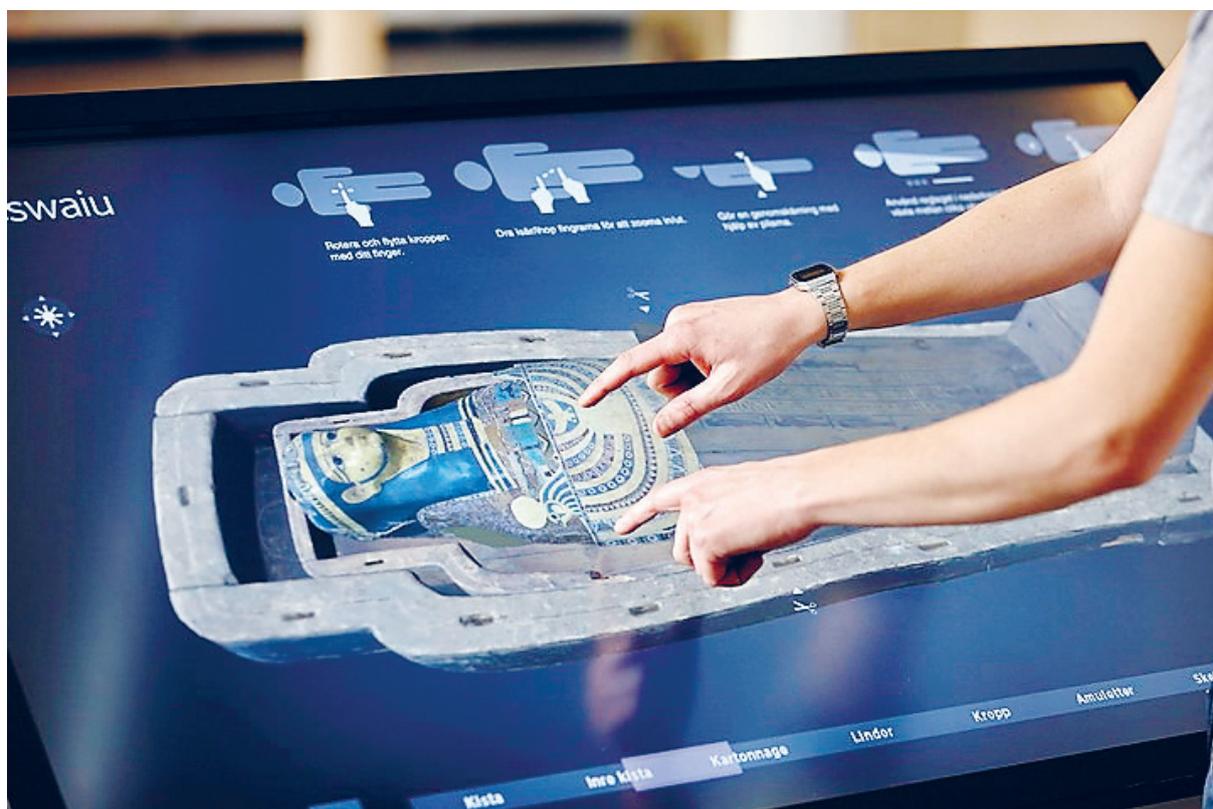
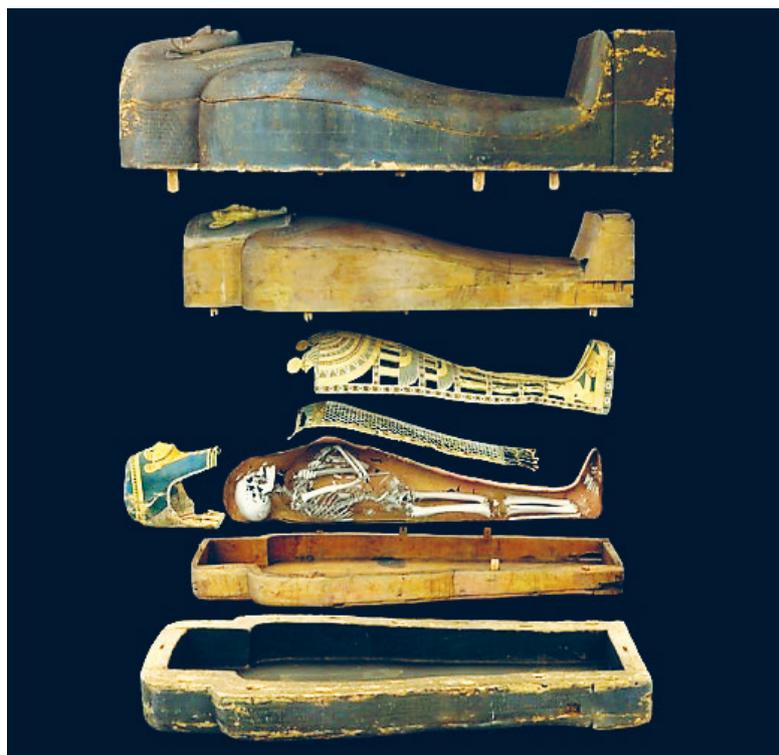


Рис. 2. Пример использования интерактивной визуализации, созданной с помощью технологии MPT

Рис. 3. Слои информационной 3D-модели<sup>11</sup>

В наше время с развитием технологий на базе МРТ появился проект интерактивной 3D-системы Inside Explorer (IE). Это интерактивная система визуализации, которая позволяет посетителям музеев и учащимся наглядно изучать отсканированные материалы, используя в процессе наблюдения и обучения систему медицинского сканирования. IE — интерактивная передвижная система, в основе которой находится мощное электронное устройство интерактивной визуализации и программное обеспечение. При помощи сенсорных экранов посетители могут исследовать наиболее сложные объекты (рис. 2–3), которые были перенесены в систему с помощью медицинского сканирования КТ (компьютерной томографии) или МРТ (магнитно-резонансной томографии).

\* \* \*

**С**оздание 3D-моделей наиболее значимых памятников истории и архитектуры становится глобальным проектом, реализуемым сегодня под эгидой ЮНЕСКО и других международных организаций. Особое направление в рамках этой глобальной тенденции — оцифровка музейных коллекций и создание виртуальных археологических 3D-музеев. Возможности дистанционной работы с артефактами, размещенными в Интернете,

во много раз увеличивают скорость обмена научной информацией и позволяют познакомиться с «закрытыми» в музейных хранилищах коллекциями самой широкой аудиторией. Сегодня уже и многие российские музеи начинают реализовывать проекты по созданию виртуальных туров и выставок с использованием 3D-технологий.

До недавнего времени, однако, у нас не существовало полноценного многофункционального виртуального 3D-музея археологических артефактов, музейных коллекций, электронного архива памятника историко-культурного наследия с цифровыми исходниками. Очевидно, в первую очередь это связано с трудоемкостью процесса оцифровки и высокой стоимостью оборудования для сканирования. Еще одна серьезная проблема — отсутствие исследовательских центров, объединяющих всех необходимых специалистов, занимающихся созданием 3D-моделей. Ни музейные сотрудники, ни археологи, даже получив в распоряжение все необходимое дорогостоящее оборудование и программное обеспечение, не смогут самостоятельно реализовывать крупные проекты по созданию полнофункциональных виртуальных музеев. Как показывают успешные зарубежные проекты, такой коллектив обязательно должен включать технических специалистов по геоматике, 3D-моделированию и программированию<sup>14</sup>.

Информации о данных проектах, публикаций пока очень мало. Исследователи зачастую даже не знают о существовании друг друга. Как нам представляется, один из лучших образцов в мировой практике создания виртуальных 3D-музеев археологических артефактов — это Виртуальный музей Хэмпсона<sup>15</sup>, разработанный Центром передовых пространственных технологий университета Арканзаса. В музее представлены 3D-модели артефактов, в основном полученных при раскопках археологического поселения Нодена Дж. Хэмп-

соном. В настоящее время это самый большой в мире полнофункциональный 3D-музей археологических артефактов, в котором размещены 442 различных экспоната. Любой посетитель может детально рассмотреть артефакт во всех ракурсах и мельчайших подробностях и провести любые необходимые для исследований измерения (рис. 4–5). Кроме того, можно скачать модель на свой персональный компьютер, а впоследствии и распечатать объемную фотореалистичную копию любого экспоната.



Рис. 4. Пример описания музейного артефакта

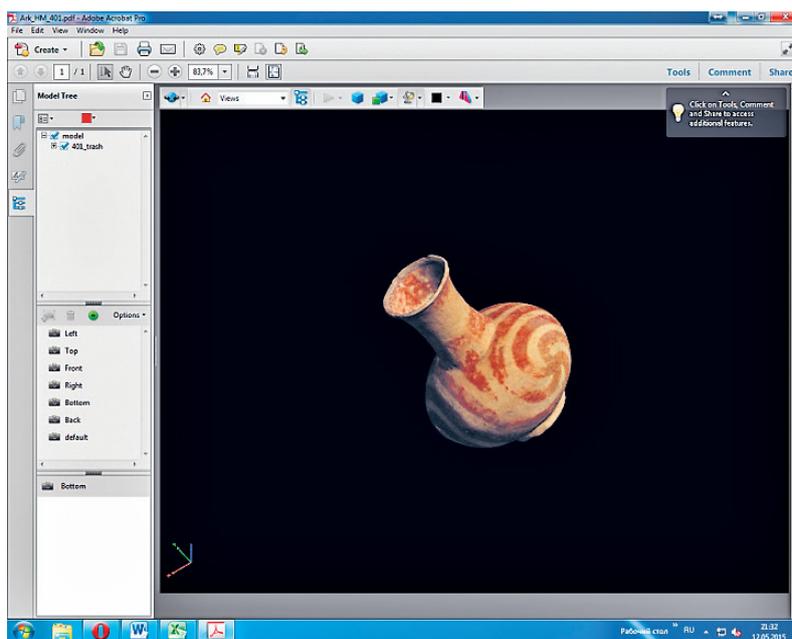


Рис. 5. Электронная цифровая модель в формате PDF16

Представленные модели были созданы с помощью технологии лазерного сканирования. Основные недостатки 3D-моделей экспонатов:

- низкое качество геометрии объектов;
- очень низкое качество текстуры экспонатов.

Эти недостатки связаны, как предполагает автор исследования, с низким качеством лазерного оборудования.

Наиболее крупным проектом по числу оцифрованных музейных экспонатов стал портал «Культура РФ», который превзошел по количеству экспонатов известный проект Виртуального музея Хэмпсона.

В этом проекте участвовали музеи европейской части России, целью данного проекта было создание 2000 виртуальных моделей экспонатов музеев. Наиболее масштабные работы производились в Музее Востока (рис. 6), Государственном историческом музее-заповеднике «Горки Ленинские», Государственном музейно-выставочном центре РОСИЗО, Музее Отечественной войны 1812 г., Государственном музее-усадьбе «Остафьево» «Русский Парнас», музее-усадьбе Л. Н. Толстого в Хамовниках. Авторы данной статьи участвовали в реализации данного проекта (рис. 7).



Рис. 6. Пример оцифрованных экспонатов Музея Востока

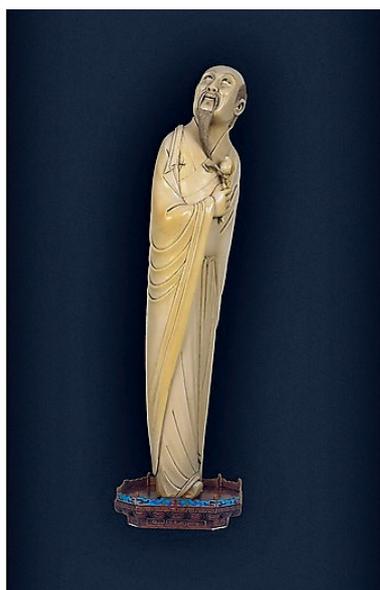


Рис. 7. Примеры моделей, оцифрованных авторами исследования с помощью технологии лазерного сканирования (Artec Eva)

Разработчики проекта, в том числе и соавтор данной статьи Д. И. Жеребятьев<sup>17</sup>, планировали разработку концепции виртуального музея, включающую следующие компоненты:

- а) виртуальные панорамы с привязкой электронной документации к музейным артефактам и памятникам историко-культурного наследия;
- б) 3D-модели музейных экспонатов (созданные с помощью технологий фотограмметрии и лазерного сканирования);
- в) 2D-модели: интерактивные флеш-модели (пользователь взаимодействует не с 3D-моделью, а с рядом фотографий, которые просматриваются в интерактивном режиме);
- г) предметная съемка: фотографии основных музейных экспонатов и памятников культурного наследия;
- д) видеосъемка музейных экспозиций и исторических природных ландшафтов;
- е) аудиогид;
- ж) текстовая информация о музее.

К сожалению, данный проект не был реализован в полной мере, как его задумывали разработчики. Компания-подрядчик Media-Trest, которая выполняла основную работу по оцифровке музейных экспонатов, решила не предоставлять 3D-исходники в открытый доступ (в том числе они не переданы и музейным сотрудникам).

С частью результатов проекта можно познакомиться на сайте портала «Культура РФ»; материалы проекта были обнародованы в ходе конференции «Роль музеев в информационном обеспечении исторической науки», состоявшейся 24–25 марта 2015 г. в ГИМе<sup>18</sup>. В рамках проекта Министерства культуры с помощью технологий лазерного сканирования (Artec Eva) и фотограмметрии (Agisoft Photoscan) было оцифровано коллекции 33 музеев России и около двух тысяч экспонатов.

Кроме того, существуют различные библиотеки 3D-моделей, но лишь немногие включают в себя объекты архитектурного декора. Самая крупная база 3D-моделей находится на TurboSquid<sup>19</sup>. Она включает в себя ряд форматов, однако стоимость качественных моделей бывает крайне высока и достигает \$ 1,5 тыс. за модель. Существуют также весьма крупные библиотеки, но с открытым доступом к моделям, прежде всего это открытая библиотека 3dwarehouse<sup>20</sup> от компании Google SketchUp и библиотека-приложение 123D Catch от Autodesk<sup>21</sup>.

Таким образом, современные интерактивные 3D-технологии фиксации и визуализации, безусловно, делают исследовательский процесс более объективным вследствие возможности неограниченного количества альтернативных взглядов и интерпретаций результатов.

## ЭВОЛЮЦИЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ СТРАСТНОЙ ПЛОЩАДИ В МОСКВЕ

**Б**ольшое влияние на застройку Страстной площади в XIX в. оказал пожар 1773 г., уничтоживший вдоль Тверской улицы большую часть деревянных зданий и пощадивший каменные. Пожар стал важным моментом в истории рассматриваемой территории города, так как заставил городские власти приступить к ее реконструкции. Вскоре был разработан проект общей реконструкции Москвы — так называемый Конфирмованный план 1775 г.<sup>22</sup> Предложенный проект был реализован до середины 1790-х гг. с существенными изменениями. Из сохранившихся документов видно, что мелкая деревянная застройка была снесена уже к началу 1780-х гг., однако строительство новых каменных зданий затягивалось из-за административных неурядиц, связанных с передачей казенной земли в частные руки. В сложившемся виде новая планировочная ситуация в рассматриваемом районе зафиксирована в начале 1790-х гг.<sup>23</sup> и, более подробно, на плане 1797 г.<sup>24</sup> К этому времени были разбиты обсаженные деревьями бульвары, а перед Страстным монастырем появилась площадь, получившая название Страстной. К западу от Тверской улицы возник, за счет продолжения линии Сытинского переулка, отдельный квартал, который, однако, был застроен с меньшим отступом от красной линии улицы, нежели это предполагалось первоначально. Не был реализован периметральный проект его застройки. Часть квартала, обращенную к Тверской улице, заняли торговые и «другие публичные строения» (лавки и склады, питейный дом), однако в другой части сохранились жилые городские усадьбы, существовавшие до реконструкции.

Страстная площадь возникла в результате простой расчистки ее территории с сохранением уже сложившейся к тому времени каменной застройки. Заново спланированы были лишь один из шести выходящих площадь кварталов и два из пяти проездов (Страстной и Тверской бульвары). При этом далеко не все здания, раскрывшиеся в единое пространство площади, были предназначены для подобной градостроительной роли. Это отразилось на ее планировочном и объемно-пространственном решении.

Судя по сохранившимся изображениям, до начала 1800-х гг. на пересечении Тверской улицы и бульваров, несмотря на реконструкцию, продолжал доминировать объем деревянных Тверских ворот, сохранившийся с середины XVIII в. и периоди-

чески обновлявшийся. В 1803 г. Тверские ворота были разобраны. Изображений облика площади после их разборки найти не удалось, однако само отсутствие этих изображений косвенно свидетельствует о том, что Страстная площадь не воспринималась в первой половине XIX в. как интересный в архитектурном отношении район Москвы. Застройка площади в этот период менялась незначительно. Устройство площади, бульваров и продление Сытинского переулка позволили разрешить в рассматриваемой местности проблемы, связанные с движением транспорта. Вплоть до XX в. необходимости в реконструкции проездов не ощущалось.

Следующие важные изменения в облике Страстной площади произошли в середине XIX в. в связи с реконструкцией Страстного монастыря по проекту М. Д. Быковского. Новые надвратная колокольня и ограда монастыря были ориентированы на площадь и решены с учетом ее градостроительной роли. Протяженный двухэтажный корпус получил нарядное декоративное убранство, перекликавшееся с оформлением фасадов других выходящих на площадь зданий. Венчавшая его трехъярусная колокольня стала важнейшей архитектурной доминантой не только площади, но и всей прилегающей части города. Таким образом, Страстной монастырь из замкнутого и отгороженного от площади комплекса превратился в определяющий элемент ее пространственного решения. Новый облик площади, судя по всему, очень понравился современникам. Колокольня Страстного монастыря и Страстная площадь во второй половине XIX в. были частой темой работ московских живописцев, гравиров и фотографов И. И. Шарлемана<sup>25</sup>, А. Феррари<sup>26</sup>, Ф. И. Ясновского<sup>27</sup> и полиграфической фирмы «Шерер, Наболец и К<sup>о</sup>»<sup>28</sup>. Во второй половине XIX в. часть жилых домовладений, выходящих на Страстную площадь, приобретает доходный характер. Однако сама ее застройка при этом сохраняется. Каменные здания конца XVIII в. надстраиваются и получают новую фасадную обработку в стиле эклектики. Исключение составляет владение на углу Тверской улицы и внутреннего проезда Страстного бульвара. Здесь в 1860–1880-е гг. на месте снесенных усадебных корпусов возводится трехэтажный доходный жилой дом, с магазинами в первом этаже (совр. Тверская улица, 16/2).

С середины XIX в. на площади появляются учреждения культурно-просветительского типа. С 1845 г. в главном доме усадьбы Римских-Корсаковых размещалось Строгановское училище, а с 1899 г. его место заняла шестая Московская мужская гимназия. Общественно-культурное значение площади усилилось в 1880 г., когда в нача-

ле Тверского бульвара был установлен памятник А. С. Пушкину, обращенный к площади. В 1899 г. он стал центром торжеств, посвященных 100-летию поэта. В начале XX в. в квартале на углу Тверской и Настасьинского переулков разместилась главная контора «Товарищества книгопечатания И. Д. Сытина», положив начало присутствию здесь большого числа редакционно-издательских учреждений. В начале XX в. на площади появилось сразу несколько кинотеатров.

Тогда же, в начале XX в., в кварталах, прилегающих к площади, возводятся новые крупные жилые объемы: шестиэтажный доходный дом по Страстному бульвару (д. 4, 1902 г., архитектор И. Ф. Мейснер); пятиэтажный доходный дом церкви Рождества в Путинках.

В целом, эволюция Страстной площади в период доходного строительства (вторая половина XIX — начало XX в.) можно охарактеризовать следующим образом. Сохранялось ее историческое ядро — церковные здания и 2–3-этажные объемы конца XVIII в., надстроенные и получившие новую фасадную обработку. Новые акценты — многоэтажные доходные дома — возникали в отдаленных, периферийных участках, которые в этот период начинают играть активную роль в формировании облика площади. Нужно отметить, что в прилегающих к площади кварталах на рубеже XIX–XX вв. шло довольно активное новое строительство. Отсутствие же крупных реконструкций в домовладениях, выходящих непосредственно на площадь, свидетельствует о том, что сложившаяся модель их функционального использования с преобладанием культовых, торговых, зрелищных, культурно-просветительских учреждений была сбалансирована, эффективна и потому устойчива.

\* \* \*

**П**режде чем перейти к разделу реконструкции и оцифровки декоративных скульптурных элементов архитектурного декора, рассмотрим кратко основные архитектурные тенденции, важные для формирования выборки необходимых элементов декора сооружений, относящихся к периоду XIX — начала XX в. Это необходимо ввиду отсутствия информативных источников лепного декора по Страстной площади, так как авторы гравюрных изображений часто не акцентировали внимание на элементах декора сооружений. Сохранившиеся фотографии зданий, к сожалению, имеют крайне низкое разрешение, что также не дает исследователю возможности получить информацию о внешнем убранстве зданий Страстной площади. Поэтому нами была предложена идея оцифров-

ки сохранившихся объектов декора аналогичного периода, относящихся к одному и тому же архитектурному стилю. Тем самым потенциально отобранные в критериях архитектурных особенностей данного периода и оцифрованные объекты могут быть схожими с оригиналом. Впоследствии библиотека полученных 3D-моделей будет использована в виртуальной реконструкции Страстной площади XIX — начала XX в. Данные модели помогут передать и подчеркнуть архитектурную моду того периода, отметить стиль и особенности сооружений. Это поможет воссоздать колорит исторической застройки, живописный облик домов.

В развитии и эволюции тенденций архитектурного убранства зданий Москвы XIX — начала XX в. можно выделить несколько этапов.

Первый этап — это *период классицизма*, доставшийся в наследство еще с XVIII в. **1770–1830-е гг.** — время господства этого стиля. В Москве он получил широкое распространение, оставив большое количество памятников гражданской и культовой архитектуры. Широкое строительство зданий в стиле классицизма в Москве начинается в 1770-е гг., достигая апогея в 1780-е и 1790-е гг. После победного окончания Отечественной войны 1812 г. в первой трети XIX в. классицизм переживает в Москве свое второе рождение. В это время популярность в русском декоре завоевывают мотивы, связанные с темой военного триумфа.

Следующий период в развитии архитектуры приходится на **30–60-е гг. XIX в.** Постройки этого времени характеризуются скромностью и почти полным отсутствием лепнины. На фасадах преобладает архитектурный декор. Этим же временем (1830–1850-е гг.) датируется ряд так называемых переходных памятников. В них сохраняется композиционная схема московского особняка первой четверти XIX в., но предстает она благодаря обилию декора не просто в обогащенном, но даже усложненном виде.

Важный период в развитии скульптурного декора Москвы приходится на **1870-е гг.** Роль его в архитектуре последней трети XIX в. резко возрастает. Привычные мотивы украшают теперь не дворцы и храмы, как было в период господства барокко в середине XVIII в., а банки и конторские сооружения, пассажи, магазины, особняки и многоквартирные дома. В это время проявляется тенденция к размыванию различий между архитектурными формами и скульптурным декором. Из сравнительно второстепенного элемента архитектурного убранства декоративная скульптура превращается в один из ведущих.

На новом этапе развития искусства и архитектуры, который приходится на **конец XIX — начало XX в.**, опять приходит время лепного декора.

Речь идет о декоре модерна. Однако традиционный лепной декор и в это время обнаружил жизнеспособность, гибкость и приспособляемость, что характеризует многочисленные здания-гибриды, соединяющие в себе черты обоих стилей<sup>29</sup>.

## О ТЕХНОЛОГИИ ОЦИФРОВКИ АРХИТЕКТУРНОГО ДЕКОРА

**Д**ля решения задач поиска объектов внешнего архитектурного убранства зданий и их оцифровки можно использовать несколько цифровых ресурсов и инструментов.

Один из крупных интернет-ресурсов Wikimapia предлагает современную карту мира и городов с фотографиями зданий, сооружений, их описанием, точными координатами, а также их историей и прочей релевантной информацией. Викимания (Wikimapia) — международный бесплатный веб-сайт, географическая онлайн-энциклопедия, цель которой заключается в том, чтобы отметить и описать все географические объекты на Земле. Викимания совмещает в себе интерактивную карту с принципом свободного редактирования вики. Проект основан А. Корякиным и Е. Савельевым в 2006 г. Сейчас в Викимании зарегистрировано более 2 млн пользователей, добавлено на карту более 24 млн объектов (на январь 2015 г.). Все данные Викимании доступны для общего пользования под лицензией Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0. Лозунг проекта: «Опишем весь мир!» («Let's describe the whole world!») указан в заголовке сайта<sup>30</sup>. Однако данный интернет-ресурс создается усилиями обычных пользователей, что предполагает для исследователя дополнительную верификацию полученных данных. Но, несмотря на этот существенный недостаток, данный ресурс помог быстро определить основные объекты для оцифровки.

Еще одним инструментом в поиске послужил интернет-ресурс «Retro Photo of Mankind's Habitat». Это большой проект, на котором собраны фотографии Москвы XIX–XX вв. с привязкой к карте.

После определения объектов и подтверждения того, что данный декор относится к рассматриваемому периоду, происходил процесс съемки.

Для оцифровки лепного декора использовались зеркальные фотоаппараты с объективами 18–55 мм и 55–250 мм. Их использование варьировалось в зависимости от особенностей лепного декора и его местоположения. Объектив в 18–55 мм, как правило, использовался для оцифровки объектов, находящихся на первых и вторых этажах зданий. Большой объектив — для объектов, находящихся выше и в условиях, когда особенности за-

стройки города не позволяют сфотографировать объект с близкого расстояния.

При оцифровке декора фасадов прежде всего учитывалось качество фотографии, что рекомендуется компанией Agisoft Photoscan<sup>31</sup>. Именно от этого, а также соблюдения основных правил фотосъемки зависит качество создаваемой модели.

Все фотографии имеют достаточно высокое разрешение (5 МПикс и более). Основные съемочные работы, по возможности, производились в облачную погоду, когда свет ложится равномерно на объекты (рис. 8). Наиболее важные детали снимались отдельно с трех и более ракурсов. При этом принцип фотограмметрии предполагает под собой максимально возможное количество фотографий, чтобы количество «слепых зон» было сведено к минимуму, так как PhotoScan может реконструировать только те точки сцены, которые видны не менее чем на двух кадрах. Поэтому излишек фотографий лучше, чем недостаток. Необходимо эффективно использовать пространство кадра: снимаемый объект должен занимать наибольшую часть кадра. В некоторых случаях оптимальна портретная ориентация кадра.

В условиях, когда объект крупный и не помещается полностью в один кадр или необходима его максимально возможная детализация, производилась съемка объекта по частям, при условии достаточного перекрытия кадров. Еще одним важным замечанием по фотосъемке является отсутствие бликов на объектах, они могут образовать пустоты в модели или «взрывы» геометрии<sup>32</sup>, что снизит качество 3D-модели на выходе.

Во время съемочных работ лепного декора авторы данной работы, учитывая указанную специфику, выработали наиболее удобный метод: с од-

ной точки производилась съемка двух фотографий. Это связано с тем, что фотосъемка происходила без штатива в условиях насыщенной городской жизни, поэтому наличие лишь одной фотографии с одного места не гарантировало приемлемую детализацию.

Еще одним важным фактором фотосъемки является настройка самого фотоаппарата. Камера настраивалась на максимально возможное качество, что, безусловно, давало высокую детализацию объекта, но в то же время увеличивало размер и время обработки 3D-модели. В рекомендациях по фотосъемке от компании Agisoft Photoscan<sup>33</sup> также отмечается, что необходимо установить минимально возможное значение ISO, чтобы избежать дополнительного шума, характерного для фотографий с высоким ISO. Кроме того, рекомендуется осуществлять съемку при минимально возможном размере диафрагмы для достижения максимальной глубины резкости, так как важным фактором является резкость изображения.

После процесса съемки объектов лепного декора идет их обработка и выборка наиболее детализированных фотографий. В отдельных случаях, когда фотографии получались затемненными из-за съемки против источника света, приходилось производить их калибровку в программе Photoshop CS6.

Затем фотографии приемлемого качества загружались в программу Agisoft Photoscan версии 1.1.0. Сейчас существуют более продвинутые версии данной программы, последняя из них Agisoft Photoscan 1.1.6. Однако в данной работе по оцифровке лепного декора мы использовали именно версию 1.1.0. Переход на более поздние версии мог вызвать технические проблемы с обработкой моделей, сделанных на данной версии.

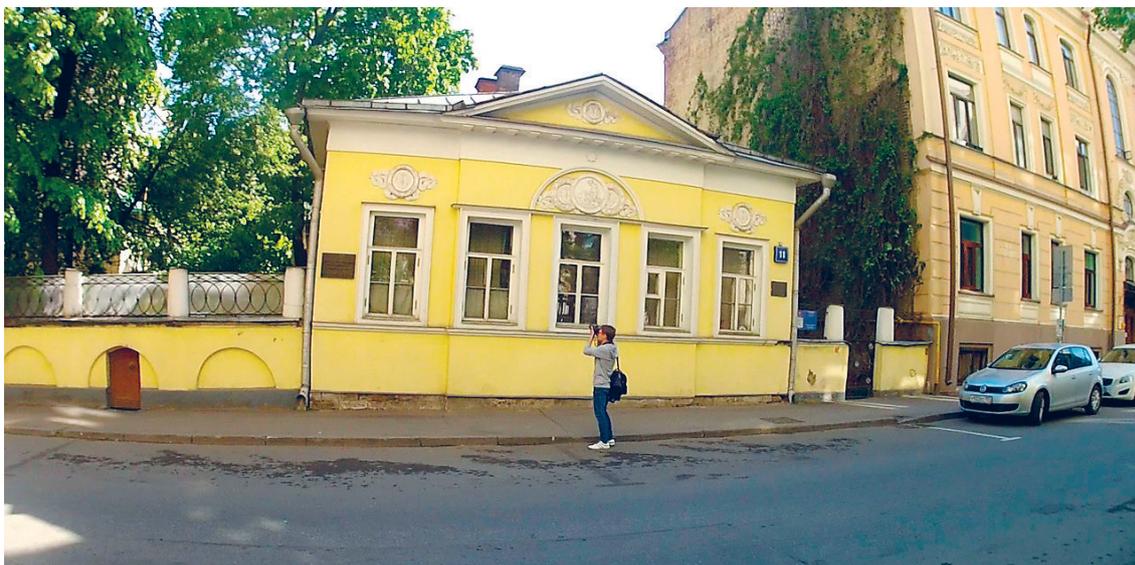


Рис. 8. Процесс фотосъемки в ходе исследования

Программа Agisoft Photoscan была выбрана нами как наиболее удобная и создающая наиболее качественные 3D-модели на выходе, несмотря на наличие более простых аналогов, работающих на принципе фотограмметрии. Сама программа не требует специализированных знаний, но при этом имеет расширенный инструментарий и используется специалистами в различных отраслях деятельности. Agisoft PhotoScan позволяет автоматически создавать высококачественные 3D-модели объектов на основе цифровых фотографий. Для реконструкции объекта в PhotoScan достаточно загрузить фотографии, никакой дополнительной информации не требуется. Восстановленную текстурированную 3D-модель можно сохранить в различных форматах — OBJ, 3DS, PLY, FBX, VRML, COLLADA, U3D, PDF.

PhotoScan способен обрабатывать любые фотографии, снятые любым цифровым фотоаппаратом, с любых ракурсов. Главное, чтобы каждый элемент реконструируемого объекта был виден хотя бы с двух позиций съемки. Если в программу ввести хотя бы одно расстояние между точками объекта или позициями съемки, PhotoScan восстанавливает масштаб всей модели и позволяет определять расстояния между любыми точками объекта и вычислять площадь и объем объекта или его частей.

Если в программу ввести координаты хотя бы трех точек объекта или три позиции съемки, PhotoScan автоматически привязывает модель к данной системе координат, позволяет вычислять проекцию модели на заданную поверхность (ортофотоплан), матрицу высот относительно заданной поверхности (DEM), сохранять ортофотоплан и DEM в различных форматах и системах координат.

Процесс обработки фотографий полностью автоматизирован и не требует предварительной калибровки камер или ручной маркировки фотографий.

Для создания 3D-модели на первом этапе происходит загрузка фотографий объекта, отснятого со всевозможных ракурсов. Далее идут автоматизированные процессы работы, но есть также параметры, задаваемые до начала обработки фотографий программой. Например, задается важный параметр «ключевая предельная точка» (key point limit), который определяет количество полигонов на модели и, соответственно, определяет глубину геометрии объекта.

После этого осуществляют следующие этапы построения 3D-модели:

1. Определение положений и параметров внешнего и внутреннего ориентирования камер.

2. Построение плотного облака точек, которое выполняется PhotoScan на основании рассчитан-

ных положений камер и используемых фотографий. Плотное облако точек может быть отредактировано и классифицировано до экспортирования или перехода на следующий этап создания 3D-модели. Это самый долгий этап операций при создании 3D-модели.

3. Построение полигональной модели объекта. На этом этапе PhotoScan строит трехмерную полигональную модель, описывающую форму объекта, на основании плотного облака точек. Кроме того, возможно быстрое построение модели на основании только разреженного облака точек.

4. Нанесение материала (текстуры) на 3D-модель с ряда фотографий.

После построения модели иногда требуется ее редактирование. Некоторые изменения, такие как оптимизация модели, удаление изолированных компонент модели, заполнение отверстий и иные, могут быть выполнены в PhotoScan. Для более сложных операций редактирования предусмотрена возможность экспорта полигональной модели для внесения изменений во внешнем редакторе с последующим импортом модели обратно в PhotoScan.

После обработки созданных моделей лепного декора в программе Agisoft Photoscan, использующей технологию фотограмметрии, и их обработке в программах Autodesk Mudbox 2014 и Deep Exploration, модели были загружены на наиболее удобный ресурс презентации 3D-моделей Sketchfab. Этот сайт используется для отображения и обмена 3D-контента в Интернете. Проект был запущен во Франции и сегодня базируется в Париже и Нью-Йорке. Данный сайт обеспечивает 3D-просмотр модели, основанной на технологии WebGL, что позволяет отображать 3D-модели на любой операционной системе, как на мобильных платформах, так и на персональных компьютерах.

Основным продуктом компании является сайт Sketchfab 3D. Особенностью данного информационного сервиса является то, что отображаемая 3D-модель может быть встроена в любой другой сайт с помощью предоставляемого компанией тэга (ссылки) на модель пользователя. Кроме того, данный тэг может использоваться в самой крупной социальной сети Facebook, что способствует популяризации 3D-контента<sup>34</sup>. Sketchfab дополнительно обеспечивает портал сообщества, где посетители могут просматривать, оценивать и загружать 3D-модели (рис. 9). Пользователи Sketchfab имеют свою страницу, профиль, на которых представлены их 3D-работы<sup>35</sup>. Пользователи могут загрузить 3D-модели с веб-сайта Sketchfab или непосредственно из различных 3D-программ, с помощью плагинов (например, для 3ds Max<sup>36</sup> или SketchUp). С конца 2014 г. Sketchfab предоставила пользовате-

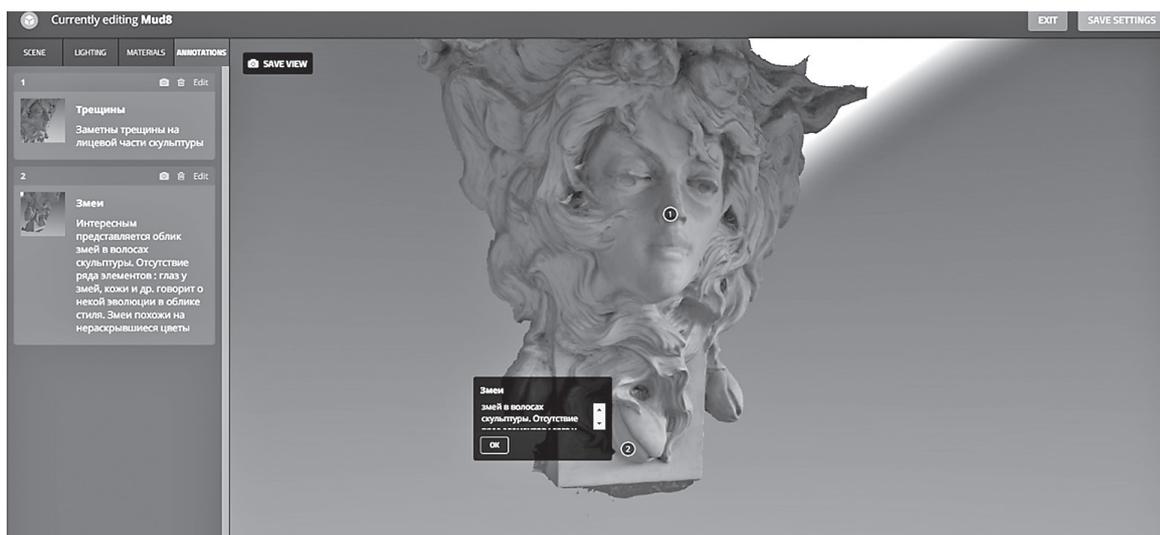


Рис. 9. Пример оцифрованной авторами модели медузы с маркерами Sketchfab

лям возможность создавать и скачивать файлы в соответствии лицензией Creative Commons<sup>37</sup>. Данная функция позволяет использовать объект для создания физической модели с помощью 3D-печати, т. е. распечатать модель на 3D-принтере. Все это позволяет говорить о данном ресурсе как о крупном и наиболее удобном проекте в 3D-индустрии.

На данном ресурсе имеется удобный инструмент, который крайне актуален для исследователя. Это функция маркировки объекта. С помощью данной функции можно создавать интерактивные точки на модели, которые позволяют вводить дополнительную информацию об объекте (отмечать сколы, разрезы, материал и другие характеристики).

Кроме того, полученные модели декора сохранены в формат PDF. Основными плюсами данного формата являются:

- популярность PDF (обеспечивает сохранность модели без ее конвертирования и изменения при выпуске дополнений и усовершенствовании программы Adobe Reader);
- программа Adobe Reader позволяет показать объект в разрезе, рассмотреть его текстуру, изучить материал;

— еще одной удобной функцией является создание подписей на объекте, которые позволяют его отметить основные характеристики.

Но, несмотря на все плюсы и удобства данного формата, стоит отметить и ряд недостатков. Прежде всего это отсутствие функции масштабирования, т. е. пользователь не сможет приблизить и рассмотреть объект подробно, если данное расширение не было задано разработчиком. Кроме того, формат PDF имеет проблемы загрузкой «тяжелых» моделей, занимающих большой объем памяти, что в данном случае принималось во внимание, так как 3D-модели лепного декора являются высокополигональными моделями (Hi Poly models), что, соответственно, увеличивает их «вес». Решением этой проблемы является оптимизация виртуальных объектов, но при этом модель может потерять качество.

Созданная электронная база 3D-моделей лепного декора в рамках проекта «Виртуальная реконструкция московского Страстного монастыря (середина XVII — начало XX в.)» будет представлена на сайте исторического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова в сентябре 2015 г.

## ПРИМЕЧАНИЯ

- <sup>1</sup> Бородкин Л. И., Жеребятнев Д. И., Ким О. Г., Мишина Е. М., Моор В. В., Остапенко М. Ю. Источниковедческие и методологические аспекты виртуальной реконструкции исторической застройки центра Москвы: Страстная площадь, 1830-е гг. // Историческая информатика. 2014. № 1. С. 40–52.
- <sup>2</sup> Москва, которой нет. Историко-культурологический проект о старой Москве [Электронный ресурс]. URL: <http://moskva.kotoroy.net> (дата обращения: 30.04.2015).
- <sup>3</sup> SketchUp [Электронный ресурс]. URL: <https://3dwarehouse.sketchup.com/>
- <sup>4</sup> TurboSquid [Электронный ресурс]. URL: <http://www.turbosquid.com/>
- <sup>5</sup> Проект «Виртуальная реконструкция московского Страстного монастыря (середина XVII — начало XX вв.): анализ эволюции пространственной инфраструктуры на основе методов 3D моделиро-

- вания» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hist.msu.ru/Strastnoy/index.html> (дата обращения: 03.05.2015).
- <sup>6</sup> Исторические виды Страстной площади и Страстного монастыря [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hist.msu.ru/Strastnoy/Source/pict.htm> (дата обращения: 03.05.2015).
- <sup>7</sup> Retro Photo of Mankind's Habitat [Электронный ресурс]. URL: <https://pastvu.com/> (дата обращения: 03.05.2015).
- <sup>8</sup> «Oldmos.ru» — Фотографии старой Москвы [Электронный ресурс]. URL: <http://te-st.ru/apps/oldmos> (дата обращения: 03.05.2015).
- <sup>9</sup> CyArk 500 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cyark.org/about/the500> (дата обращения: 03.05.2015).
- <sup>10</sup> Там же.
- <sup>11</sup> INSIDE EXPLORER [Electronic resource]. URL: <https://www.tii.se/projects/insideexplorer> (дата обращения: 03.05.2015).
- <sup>12</sup> Griggs M. B. X-ray technique helps archaeologists read scrolls preserved by vesuvius eruption [Electronic Resource]. URL: <http://www.popsci.com/new-x-ray-technique-lets-archaeologists-read-scrolls-preserved-vesuvius> (дата обращения: 03.05.2015).
- <sup>13</sup> Uda M., Demortier G., Nakai I. X-rays for Archaeology. Dordrecht, 2005.
- <sup>14</sup> Вавулин М. В., Зайцева О. В., Пушкарев А. А. Методика и практика 3d-сканирования разнотипных археологических артефактов // Сибирские исторические исследования. Томск, 2014. № 4. С. 22.
- <sup>15</sup> The Virtual Hampson museum [Electronic resource]. URL: <http://hampson.cast.uark.edu> (дата обращения: 11.05.2015).
- <sup>16</sup> Там же.
- <sup>17</sup> Опыт реализации проекта по оцифровке музейных фондов с помощью технологий лазерного сканирования и фотограмметрии для проекта «Портал Культуры РФ» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.slideshare.net/DenisIgorevich/ss-47647744#14314485355701&fbinitialized> (дата обращения: 11.05.2015).
- <sup>18</sup> Научно-практический семинар «Роль музеев в информационном обеспечении исторической науки». [Электронный ресурс] URL: <http://histrf.ru/ru/uchenim/blogi/post-281> (дата обращения: 11.05.2015).
- <sup>19</sup> TurboSquid [Electronic resource]. URL: <http://www.turbosquid.com/> (дата обращения: 14.04.2015).
- <sup>20</sup> 3D Warehouse. [Electronic resource]. URL: <https://3dwarehouse.sketchup.com/> (дата обращения: 14.04.2015).
- <sup>21</sup> Autodesk 123D Catch [Electronic resource]. URL: <http://www.123dapp.com/> (дата обращения: 14.04.2015).
- <sup>22</sup> Российский государственный исторический архив (РГИА). Ф. 1293. Оп. 168. Моск. губ. Д. 2.
- <sup>23</sup> Отдел рукописей Российской национальной библиотеки (РНБ ОР). Ф. 342. Оп. 1. Д. 205; Российский государственный архив древних актов (РГАДА). Ф. 248. Оп. 160. Д. 1556. Л. 1.
- <sup>24</sup> РГИА. Ф. 1399. Оп. 1. Д. 494.
- <sup>25</sup> Страстная площадь. Гравюра Ж. Жакотте, Ш. К. Башелье, Ж.-А. Дюрюи по рисунку И. И. Шарлеманя. Издание И. Дациаро [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hist.msu.ru/Strastnoy/Source/pict.htm> (дата обращения: 21.03.2015).
- <sup>26</sup> Вид Страстного монастыря. Неизвестный литограф сер. XIX в. по рисунку А. Феррари. Издание А. П. Руднева [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hist.msu.ru/Strastnoy/Source/pict.htm> (дата обращения: 21.03.2015).
- <sup>27</sup> Прогулки по старой Москве. Акварели XIX — первой четверти XX века. Гравюры XVIII–XIX веков. Из коллекции Музея истории города Москвы. М., 1996. С. 19 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hist.msu.ru/Strastnoy/Source/pict.htm> (дата обращения: 21.03.2015).
- <sup>28</sup> Найденов Н. А. Москва. Снимки с видов местностей, храмов, зданий и других сооружений / под ред. Н. А. Найденова. М., 1886.
- <sup>29</sup> Москва. Памятники архитектуры 1830–1910-х годов / Е. Кириченко. М., 1977. С. 115.
- <sup>30</sup> Викимания [Электронный ресурс]. URL: <http://wikimania.org> (дата обращения: 29.02.2015).
- <sup>31</sup> Руководство пользователя Agisoft PhotoScan Professional Edition [Электронный ресурс]. URL: [http://downloads.agisoft.ru/pdf/photoscan-pro\\_1\\_0\\_0\\_ru.pdf](http://downloads.agisoft.ru/pdf/photoscan-pro_1_0_0_ru.pdf) (дата обращения: 29.04.2015).
- <sup>32</sup> Взрывы геометрии — эффект, возникающий на фотограмметрической модели по причине наличия бликов на фотоснимках или чрезвычайно темной фотографии, когда программа не может просчитать геометрию объекта, в результате чего геометрия объекта сильно искажается.

- 
- <sup>33</sup> Руководство пользователя Agisoft PhotoScan Professional Edition [Электронный ресурс]. URL: [http://downloads.agisoft.ru/pdf/photoscan-pro\\_1\\_0\\_0\\_ru.pdf](http://downloads.agisoft.ru/pdf/photoscan-pro_1_0_0_ru.pdf) (дата обращения: 29.04.2015).
- <sup>34</sup> Facebook now supports Sketchfab 3D embeds [Electronic Resource]. URL: <http://blog.sketchfab.com/post/112153509704/facebook-now-supports-sketchfab-3d-embeds> (дата обращения: 14.05.2015).
- <sup>35</sup> Your professional 3D portfolio website [Electronic resource]. URL: <http://blog.sketchfab.com/post/46247179555/sketchfab-me-professional-3d-portfolio-website> (дата обращения: 14.05.2015).
- <sup>36</sup> Sketchfab — Publish and embed 3DsMax files. [Electronic resource]. URL: <https://apps.exchange.autodesk.com/3DSMAX/en/Detail/Index?id=appstore.exchange.autodesk.com:sketchfab:en> (дата обращения: 14.05.2015).
- <sup>37</sup> Sketchfab launches a Download option and reaches 200k 3D files [Electronic resource]. URL: <http://blog.sketchfab.com/post/100773163909/sketchfab-launches-a-download-option-and-reaches> (дата обращения: 14.05.2015).
-