

# Виртуальная реконструкция памятников историко-культурного наследия Водянского городища

И.А. Романова<sup>1</sup>, Н.М. Полубоярова<sup>2</sup>

Волгоградский государственный университет

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-5718-7414, [irina.romanova@volsu.ru](mailto:irina.romanova@volsu.ru)

<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-3973-7574, [natasha\\_medvedeva@volsu.ru](mailto:natasha_medvedeva@volsu.ru)

## Аннотация

Сохранение и восстановление памятников исторического наследия имеют особое значение для формирования целостного представления об уровне развития материальной культуры и технологий общества в различные периоды времени. Однако в силу разных причин физическая реконструкция таких объектов не всегда возможна. В таких случаях современные 3D технологии предоставляют широкий спектр инструментов для моделирования. В настоящей работе на примере виртуальной реконструкции соборной мечети Водянского городища продемонстрированы возможности создания рельефа по картам местности и использование в текстурировании фотографий некоторых фрагментов облицовки здания, полученных в результате археологических раскопок. Также приводится опыт моделирования декоративных элементов минарета и входного портала мечети на основании материалов, имеющих в открытом доступе, и представленных в экспозиции областного краеведческого музея. В основу создания модели положены данные двух типов: достоверные, источником которых служат отчеты о раскопках, а также вероятностные, основанные на анализе архитектурных традиций региона. Виртуальная реконструкция была реализована средствами пакета Blender.

**Ключевые слова:** 3D визуализация, реконструкция исторических объектов, виртуальная реконструкция, osm-карты, детализация ландшафта, Водянское городище, Blender.

## 1. Введение

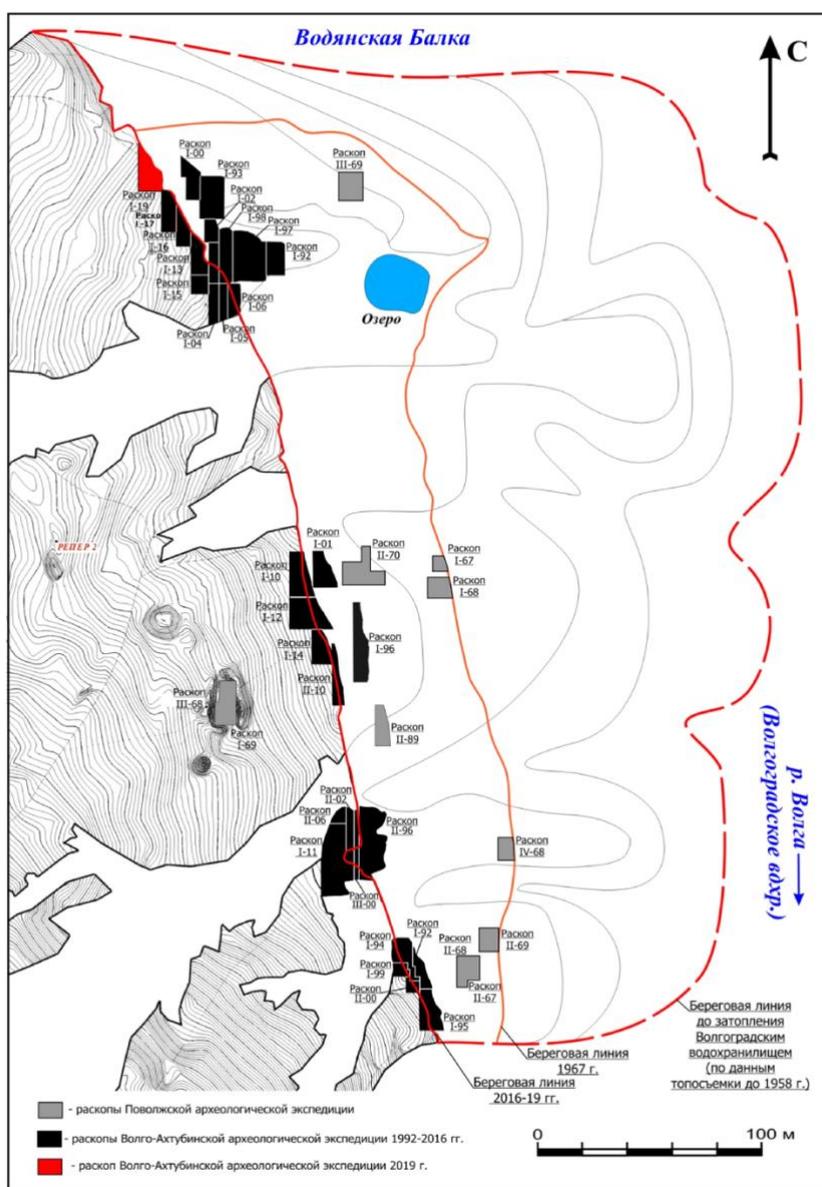
Когда говорят о Волгоградской области и ее достопримечательностях, то, как правило, познания ограничиваются мемориальным комплексом «Мамаев Курган», в лучшем случае музеем «Старая Сарепта». Но история края гораздо богаче. Тем не менее, мало кто из людей, не относящихся к числу специалистов, с нею знаком. Одним из таких уникальных памятников является Водянское городище, которое, по мнению многих историков, является золотоордынским городом Бельджамен (например, [1,2]). Это один из памятников археологии федерального значения в Волгоградской области. Принят на государственную охрану Постановлением Совета Министров РСФСР № 624 от 4 декабря 1974 г. Водянское городище расположено у г. Дубовки Волгоградской области, является одним из самых интересных памятников Золотой Орды в Нижнем Поволжье.

История изучения Водянского городища берет свое начало с 80-х гг. XIX в. Подробнее с ней можно познакомиться в работе [3]. А начиная с 1989 г., на Водянском городище ежегодно работает Волго-Ахтубинская археологическая экспедиция.

Особый интерес к этому городищу обусловлен тем, что, с одной стороны, здесь хорошо представлены материалы двух культурных традиций XIV века – русской и

среднеазиатской, а с другой – почти вековая история этого города отражает различные этапы развития золотоордынского государства от его возникновения до упадка [4].

Несмотря на то, что многие периоды истории Водянского городища представляются уже достаточно ясно, ежегодно, в ходе раскопок удается находить новые интересные предметы, погребальные и хозяйственные комплексы, позволяющие не только уточнять, но открывать новые страницы в истории города, материальной культуре и занятиях его жителей [5]. Тем не менее, шансов на физическое сохранение этого исторического памятника практически нет из-за ежегодных обвалов берега (изменение береговой линии показано на рисунке 1 [6]). Благодаря археологическим экспедициям удается получить информацию хотя бы о части всего объема средневековых жилых и хозяйственных сооружений, сохранить то, что возможно. Поэтому хотелось бы с помощью виртуальной реконструкции архитектурных объектов Водянского городища привлечь внимание к историко-культурному наследию региона. Возможно, благодаря нашему проекту найдутся возможности финансовой поддержки изучения, сохранения, проведения спасательных раскопок на Водянском городище из средств государственных и негосударственных научных фондов.



План прибрежной части Водянского городища.

Рис. 1. План прибрежной части Водянского городища

В данной статье представлены некоторые результаты по проекту «Развитие методики виртуальной 3D реконструкции исторических объектов», выполненные в лаборатории пространственного анализа данных, реконструкции и моделирования. Одной из задач проводимых исследований была выбрана именно просветительская деятельность. Другой задачей, которая связана с техническими аспектами проекта, является разработка приложения для археологов, которое, с одной стороны не требует особой подготовки в области ИТ от пользователя, а с другой, позволяет построить качественную визуализацию по определенному набору типовых моделей и материалов, учитывает некоторый ряд общих архитектурных принципов. Например, при раскопках найден фундамент жилой постройки, по которому специалист может определить размер жилища, материал стен и прочие детали. Обычно в полевых условиях археолог лишь делает записи или фото своих находок. Предполагается, что по набору форм, материалов и текстур, характерных для местности, исторического периода, исследуемой культуры, будет возможно создать трехмерную модель дома. Это помогло бы начинающим исследователям представить примерно объект изучения, возможно, помогло бы при дальнейших раскопках, а их наставникам облегчило бы процесс обучения.

Приведем результат опыта виртуальной реконструкции соборной мечети Водянского городища, который послужил отправной точкой исследования методов работы по детализации ландшафта, построению различных дворовых построек с возможностью изменения материалов их отделки, наработки базы типовых объектов, материалов и текстур.

## **2. Актуальность**

Проекты виртуальных реконструкций, реализованные на основе трехмерных технологий, могут выполнять различные задачи [7]:

- виртуальная реконструкция утраченных памятников культуры на основе исторических документов;
- моделирование существующих памятников культуры с возможностью их виртуального посещения;
- создание картографической местности с соответствующими историческими поселениями;
- виртуальная реконструкция исторических событий с использованием трехмерных персонажей (военные действия, миграции, религиозные ритуалы и т.п.);
- воссоздание утраченных предметов интерьера и оцифровка антиквариата для создания тематических мультимедиа приложений, а также для создания единой электронной библиотеки.

Таким образом, применение виртуальной реконструкции, сочетающей теоретическое значение и прикладные практики, позволяет получить новые научные данные, основанные на достоверных исторических сведениях и представленных с использованием современных информационных технологий.

Цифровое моделирование археологических и архитектурных памятников в их нынешнем состоянии и воссоздание их предполагаемого вида в прошлом находит признание не только как способ наглядного объяснения общественности генезиса исторического места, но и как эффективный инструмент исследования. Поиск исторических источников, их надлежащий анализ и междисциплинарные отношения между технологическими дисциплинами и гуманитарными науками имеют основополагающее значение для получения надежных гипотетических реконструкций [8].

При помощи визуализации археологических памятников и раскопок (существующих, реконструированных или предполагаемых) пользователи могут не

только познакомиться с ними, но и рассмотреть элементы представленных объектов с различных точек зрения. В целом реконструкция позволяет интерпретировать, анализировать и понимать сложность объекта [9]. Так, на примере мечети Водянского городища, при виртуальной реконструкции стали возникать вопросы, которых не было при обычном осмотре макета: какие материалы использовались для окон и крыш, каков был внутренний интерьер жилищ?

Виртуальные реконструкции отображают вещи в трехмерном пространстве, и поэтому создается ощущение, что пользователи переносятся в другой век. Для полноты картины необходимо учитывать множество мелких деталей: элементы декора, количество ступеней, масштаб и ухоженность жилищ, их количество, растительность, животных, предметы быта. Подлинность таких мелочей имеет особое значение в виртуальных реконструкциях. Особого подхода требуют объекты или здания, не сохранившиеся в первозданном виде вовсе, или сохранившиеся частично. В реконструкциях, где нет точной информации о формах недостающих частей объекта, предпринимаются попытки восстановления облика на основании исторических документов и описаний, или на основании принятых архитектурных традиций и приемов. Для таких моделей можно, например, предусмотреть возможность специальной маркировки существующих (или достоверно описанных) частей, вероятных и условных. Так, для большей наглядности в макете мечети были использованы лодки и телеги, двери и крыши. Понятно, что деревянные конструкции не сохранились до наших дней. Но доказательств развитого рыбного промысла в поселении много, поэтому было логично поместить условный образ лодки в виртуальную реконструкцию для большей реалистичности. Кроме того, при наличии нескольких обоснованных гипотез относительно облика объекта, 3D модель позволяет реализовать несколько вариаций.

Такая гибкость опирается на немаловажное преимущество виртуальных реконструкций: они дешевле физических. А также они могут быть выполнены в значительно более короткие сроки. Доступность и мобильность – еще одна важная особенность виртуальных моделей: они могут быть доступны для ознакомления в одном или нескольких местах, как, например, в музее, университете или научном центре, а могут быть опубликованы в интернете. Кроме того, модели могут быть адаптированы для 3D печати. Очевидно, виртуальные пространства, содержащие реконструированные памятники, могут использоваться не только для туристических, научно-просветительских и других публичных презентаций, но они являются отличными материалами для научных исследований и обучения специалистов в этой области.

Примеров использования компьютерных технологий, связанных с трехмерным изображением памятников, можно привести множество. Существуют как отечественные [10], так и зарубежные [11] сборники работ, в которых можно найти интересные подходы к виртуализации и анализ используемых программ на предмет удобства их использования для исторических реконструкций. Один из возможных вариантов визуального представления результатов масштабных историко-теоретических исследований архитектурного наследия региона приведен в [12].

Наиболее масштабными проектами реконструкций в открытом доступе на сегодняшний день являются международный проект-галерея виртуальных реконструкций историко-культурного наследия «Vizerra» (<http://vizerra.com>) и совместный российско-германский проект «Реконструкция Московского Кремля» (<http://www.kreml.ru>) [13].

Существенной особенностью таких проектов можно назвать высокий уровень достоверности. Это означает, что все значимые объекты в виртуальном пространстве выглядят точно также, как и в реальности (в случае несуществующих объектов, как они были). Очевидно, что в случае утраченных объектов часто бывает так, что имеющейся информации недостаточно. Тогда для обеспечения точности моделирования требуется

работа в тесном сотрудничестве с историками, археологами, сотрудниками музеев и другими специалистами предметной области. Благодаря высокому уровню подлинности полученные при визуализации пространства могут служить базой для научных исследований.

Говоря об исследовании текущей работы, можно утверждать, что прецедента компьютерной 3D реконструкции археологических объектов Водянского городища нет. Поэтому проект был начат с самого масштабного и наиболее изученного здания – мечети. Немалую роль в выборе этого объекта сыграл уже имеющийся успешный опыт создания макета, авторами которого являются И. Ю. Лапшина и А. А. Скоробогатов. Экспозиционируется макет мечети в Волгоградском областном краеведческом музее.



Рис. 2. Макет соборной мечети в областном краеведческом музее (фотография предоставлена Кияшко Я.А.)

На рисунке 3 представлен вид Водянского городища в июне 2020 года. Эта территория охраняется, а район является туристической достопримечательностью. Но, как видно по фотографии, этот участок степи ничем не выдает в себе исторический памятник. Все объекты, вернее их фундаменты, залегают на глубине около 0,5 м. Очевидно, есть потребность в виртуальной реконструкции и сохранении исторического наследия. После создания 3D модели мечети ее можно разместить в экспозиции в музее, в информационных буклетах для туристов, например, как показано на рисунке 4. При этом модель представлена на виртуальной карте в ее историческом месте и с условным сохранением ландшафта. Благодаря чему можно живо представлять то, что уже не существует.



Рис. 3. Вид на Водянское городище, 2020г.



Рис. 4. Виртуальная реконструкция мечети Водянского городища

### **3. Описание объекта**

Центральным объектом виртуальной реконструкции Водянского городища выступает соборная мечеть, обнаруженная при раскопках 1971-1973 годов.

Предположительно мечеть была построена во второй половине XIV века и была разрушена во время походов Тимура на Золотую Орду (1391-1395 гг).

Таким образом, объект сохранился лишь частично, и его реконструкция носит вероятностный характер. Для построения модели первоначально собраны достоверные данные. Их основным источником служит статья-отчет о раскопках Егорова В.Л. и Федорова-Давыдова Г.А. [14], а также использованы материалы статьи Носковой Л.М. из того же сборника [15], и экспонаты Волгоградского краеведческого музея.

Согласно археологическим данным можно выделить следующие достоверные особенности объекта моделирования. Приведем в основном те, которые касаются внешнего вида мечети или служат основанием для выводов о внешних особенностях.

1. Расположение и размеры. Мечеть представляла собой прямоугольную базилику с основанием 26 на 35 метров, вытянутую с севера на юг, ориентированную михрабом на юго-юго-восток. Имеется план здания.

2. Материалы стен. Основная часть стен была сложена из мелкого рваного камня на глинястом растворе. Изнутри мечеть была покрыта белой штукатуркой, снаружи оштукатурены были северная и восточная стены (по крайней мере, следы штукатурки и глиняной обмазки по другим стенам не регистрируются в источниках). В восточной стене, ближе к северо-восточному углу часть каменной кладки сменяется кирпичной.

3. Внутреннее устройство. В южной стене находился михраб, сложенный из половинок кирпича и облицованный белой штукатуркой. На плане отчетливо выделяется прямоугольный участок перед михрабом, который был отделен от остального пространства баллюстрадой с колоннами, опиравшимися на каменные базы.

4. Портал. Вход, располагавшийся с северной стороны, был оформлен двумя пилонами по 100 см шириной (с запада на восток), пространство между ними – 300 см. Общая ширина портала – 500 см. Ширина дверного проема – 132 см. В дверном проеме порог из трех отесанных камней. Расположение не центральное, что отчетливо читается на плане.

5. Минарет. У северо-восточного угла здания сохранилась прямоугольная кладка (500 на 420 см.) цоколя минарета из больших каменных плит. Выше цоколя, очевидно, находился круглый ствол минарета, сложенный из обожжённых кирпичей, имевших дуговидное ребро. Поскольку при раскопках были найдены кирпичи двух радиусов кривизны, то, вероятно, нижняя часть была шире верхней. Поверхность минарета украшали плитки с бирюзовой поливой, чередовавшиеся с ганчевыми вставками с оттиснутыми на них надписями и узорами. Оттиски делятся на четыре вида (рис. 5, нижний ряд слева направо):

- a. символ, похожий на арабскую букву,
- b. имена Аллах и Мухаммед, написанные куфийским почерком,
- c. непонятная надпись на арабском языке,
- d. точка в квадрате.

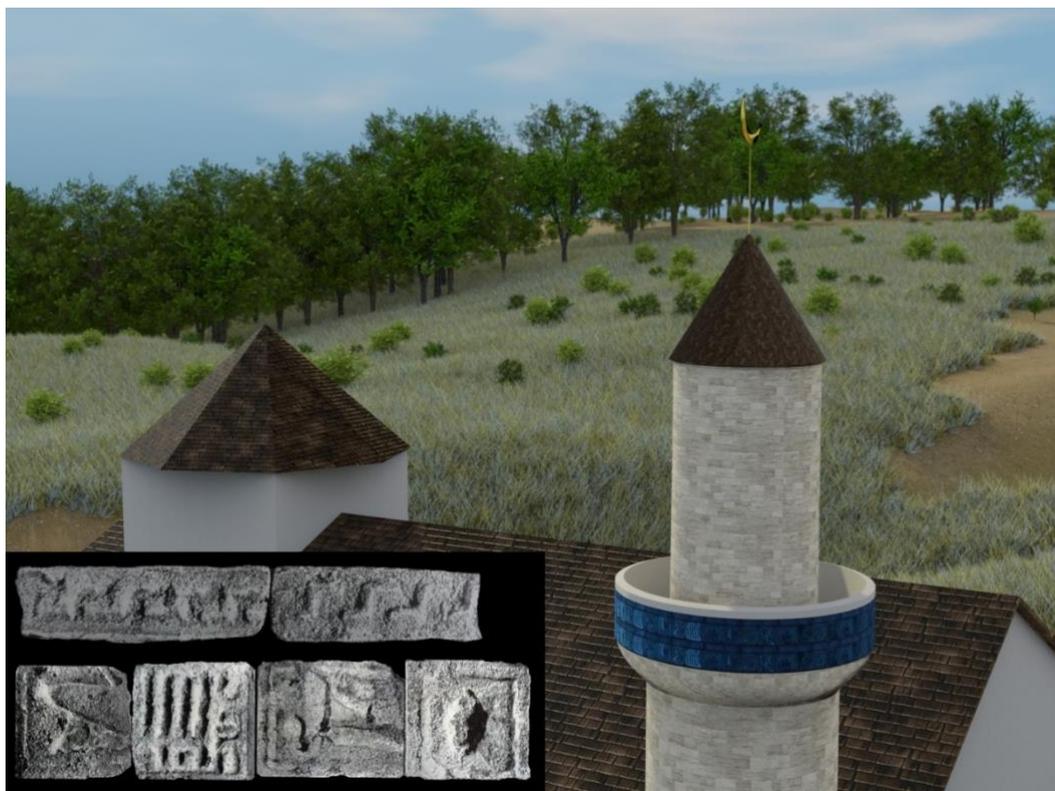


Рис. 5. Оттиски на ганчевых плитках и вид полученной на их основе текстуры для декора балкона минарета

Таким образом, поскольку на момент раскопок сохранился лишь фундамент и стены на высоту в пределах метра от материка, то воссоздание полного облика мечети носит вероятностный характер и опирается на общие принципы монументального культового зодчества Золотой Орды XIV в.

Как отмечает Зиливинская Э.Д. [16, 17], большое влияние на архитектурные традиции Орды оказали каноны малоазийских мечетей сельджукского периода. Это повлекло широкую распространённость помещений базиликального типа, что легко проследить в большинстве найденных фундаментов. Также следует предположить заимствование и других элементов – таких как плоская или двускатная крыши, возможное наличие над предмхрабной частью небольшого купола, строение портала. Эту гипотезу вполне подтверждает, например, мечеть хана Узбека в Старом Крыму (Солхат).

#### 4. Моделирование мечети

Основой для построения модели мечети на Водянском городище послужил план раскопок 1971-1973 годов [14]. Как отмечается в указанной работе, и что отчетливо видно на плане, при закладке фундамента были допущены определенные просчеты, касающиеся, в основном, положения и длины западной стены. Тем не менее, при построении модели эти особенности не принимались в расчет, поскольку ошибки при строительстве были исправлены и не повлияли на внешний вид мечети. Другой момент, касающихся достоверных данных, относится к portalу. В отчете [14] говорится о двух этапах функционирования портала. На первом он имел два пилон и, по-видимому, выглядел так, как это характерно для сельджукских мечетей того периода: имел конструкцию айвана и был богато украшен. Фрагменты декора найдены и представляют собой каменные плитки с синей поливой, с белыми подглазурными растительными узорами и надписями, элементами надглазурной росписи [15]. Фрагменты облицовки хранятся в волгоградском краеведческом музее [18]. На втором этапе функционирования портала восточный пилон был разрушен (или

демонтирован), а западный продолжал стоять. Поскольку авторами настоящей статьи не обнаружено упоминаний о других порталах с одним пилоном, то для моделирования выбран симметричный вариант первого этапа.

Прочие допущения касаются несохранившейся части мечети, апеллируют к традиционным формам монументального зодчества того периода и описаны выше в предыдущем разделе.

В процессе создания виртуальной реконструкции мечети построен контур стен согласно плану раскопа. В качестве ориентиров высот основного здания мечети и минарета выступают мечеть Хана Узбека в старом Крыму и минареты Болгара (например, [19–21]). Стены мечети снабжены оконными проемами. Расположение проемов выбрано условно таким образом, чтобы окно приходилось в просвет между колоннами и обеспечивало беспрепятственное проникновение света внутрь. Поскольку нет упоминания об обнаружении на месте раскопок следов использования глиняной черепицы или какого-либо долговечного укрывного материала для крыши, то, как правило, предполагают, что использовался древесный аналог.

Для текстурирования основной части комплекса были использованы сканированные трехмерные PBR-материалы из открытых источников. Декоративная облицовка минарета создана на основании фотографий четырех видов ганчевых отливок и разделительных узоров (см. рис. 5). Поскольку минарет был разрушен полностью, то не установлено достоверно в каком порядке следовали эти узоры друг за другом и образовывали ли они один широкий пояс или несколько.



Рис. 6. Расположение ганчевых вставок на нижнем ярусе минарета, вид портала.

Таким образом, проделанная работа по виртуальной реконструкции мечети и окружающих ее построек дала определенный задел, который будет можно применять в дальнейшем для разработки приложения. На данный момент предполагается, что оно будет функционировать как аддон к пакету 3D графики Blender. Это позволит археологу уже в процессе проведения раскопок размещать на имеющемся плане объекты из набора стандартных моделей построек (домов простых людей, колодцев, печей, прочих хозяйственных построек) и задавать текстуры (виды штукатурки, кладки и

различные цветовые решения плитки). Основная застройка небогатых кварталов была достаточно однотипной, поэтому модели строений можно добавлять в полевых условиях, при этом уточняя только параметры размеров и текстур. А усадьбы, мечеть и баня – это уникальные сооружения, поэтому для них и построек такого уровня можно будет добавить контур, а остальное оставить на доработку в условиях лаборатории ПАДИРМ. В итоге по результатам работ экспедиции будет составлена 3D модель ландшафта с размещенными на ней готовыми «типовыми» застройками и контурами «уникальных» зданий, что значительно упростит работу над общим образом Водянского городища. Также приложение может быть применено для моделирования близких по времени существования и месту расположения поселений Золотой Орды.

## 5. Моделирование ландшафта

Для выполнения задачи создания универсального подхода по моделированию любого квадрата местности, который подошел бы для археологов в походных условиях, применили «быстрое моделирование земли». Для этого использовали бесплатный аддон blender-osm для Blender, Благодаря ему возможно быстро перенести местность с карты OSM (Проект «OpenStreetMap» — это совместное создание и свободное распространение детальных карт всего мира [22]) на плоскость в редакторе Blender. Эта плоскость будет выступать в роли земли выбранного квадрата местности, которую необходимо сделать более детальной с помощью стандартных инструментов Blender. Для импорта территории понадобятся координаты импортируемой области. Чтобы процесс моделирования был более точным, потребуется фотография со спутника с какой-либо карты, например, скриншот с Google Earth.

Это не единственный подход к моделированию ландшафта. Так, например, в работе [23] с помощью программ ландшафтного дизайна (L3DT, Terragen) строится 3D-модель ландшафта на основе имеющихся топографических данных (карты, планы, схемы, снимки из космоса).

Приведем описание воссоздания ландшафта в редакторе Blender. Импортируем изображение в том же выплывающем меню во вкладке osm, выбираем тип импорта — image overlay и нажимаем на кнопку import. Начнётся загрузка изображения, после чего оно автоматически наложится на ландшафт с помощью материала. Получаем следующий результат (см. рис.7).

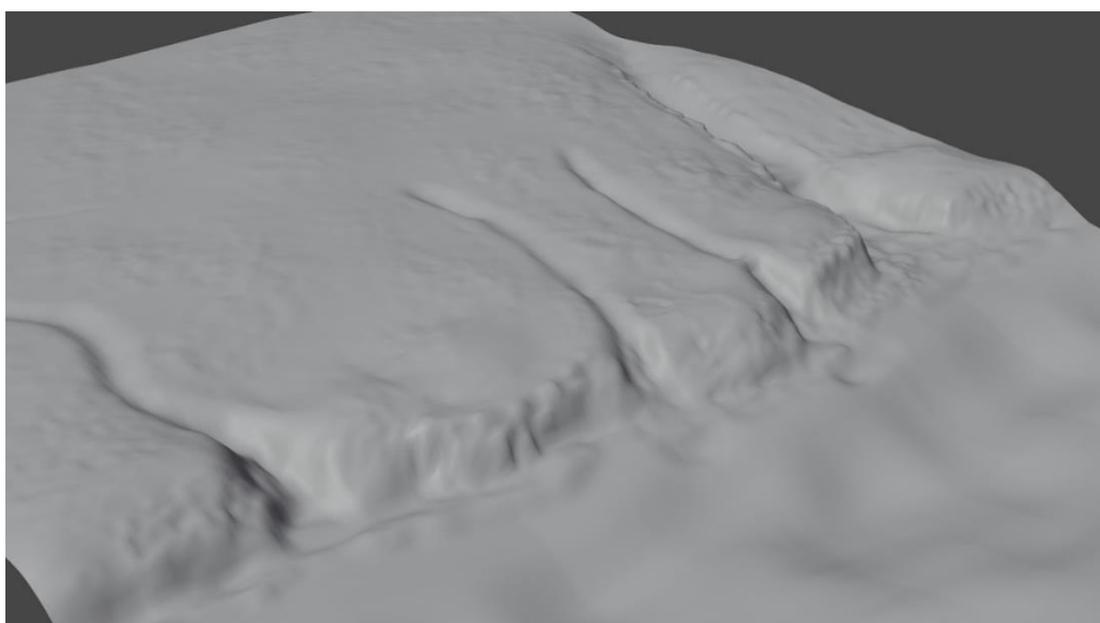


Рис. 6. Модель ландшафта

Далее стратегии может быть две. Если необходимо быстро показать вероятные ситуации при раскопках, то можно на уже полученный рельеф разместить заготовленные объекты (дом, колодец, часть стены и т.п.). Если идет подготовка окончательного варианта виртуальной реконструкции, то тогда потребуется еще несколько действий для «раскрашивания» полученного рельефа. Под этим подразумевается более четкое оформление обрывистой местности, добавление воды, нанесение текстур и элементов окружения (трава, почва). На данном этапе процесс еще не автоматизирован, продолжают работы в этом направлении. В результате автоматизации археологу останется освоить механизм разметки (рис. 8), добавление текстур, которые по данному участку подготовлены заранее и нужно выбрать лишь необходимые из списка (примерно такой результат показан на рисунке 8), и добавление элементов окружения (также из списка заготовленных, результат на рисунке 10). Автоматизацию планируем осуществлять по тому же принципу, как в программе Blender реализовали функцию «быстрый мех».

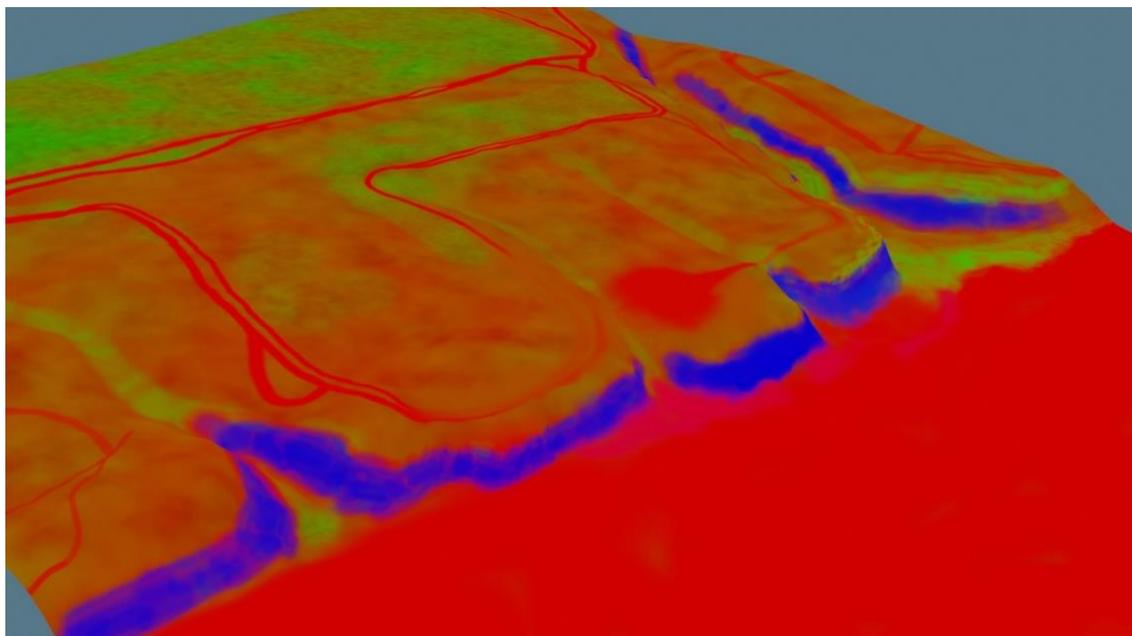


Рис. 7. Выделение групп вершин с помощью маски



Рис. 8. Текстуры

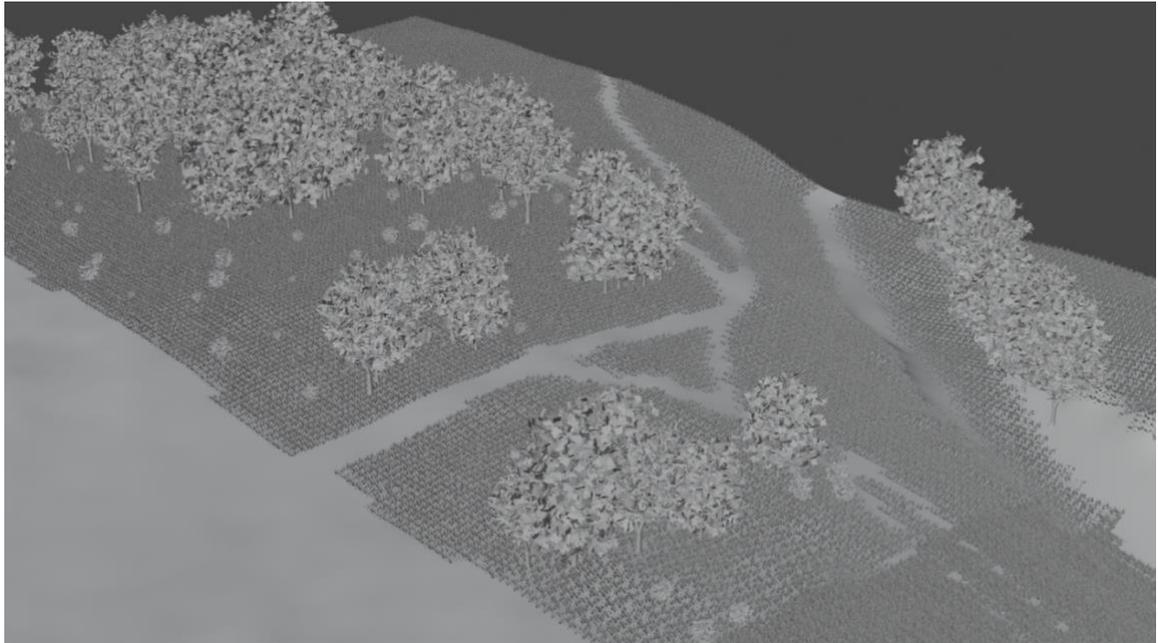


Рис. 9. Растительность на одном из секторов

## 6. Заключение

Представленный пример по работе с OSM-картами демонстрирует широкое применение технологий трехмерного моделирования в реконструкции нужного ландшафта для исторической визуализации, характеризуется разнообразными подходами и средствами, с разными сложностями технологического характера. В комплексе с моделированием архитектурных объектов, построенном на археологических данных, такой подход позволяет получить наглядную визуализацию исторического памятника и его окружения. Достоверность результата определена уровнем исследованности не только самого объекта, но и в целом культурной и технологической специфики региона в данном периоде времени. Как показала практика, наиболее успешными становятся проекты, созданные междисциплинарными коллективами, состоящими из историков, археологов и специалистов, связанных с компьютерными технологиями. В настоящее время виртуальная трехмерная реконструкция может быть не только зрелищным и наглядным способом визуализации, но и должна выступать как метод гуманитарного исследования. Поэтому должны появиться возможности для трехмерного моделирования специалистами гуманитарной сферы, а для этого необходимо создать некоторые стандарты и методики виртуальной трехмерной реконструкции.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках научного проекта № 0633-2020-0004 «Развитие методики виртуальной 3D реконструкции исторических объектов»

## Список литературы

1. Егоров, В. Л. Историческая география Золотой Орды XIII-XIV веков / В. Л. Егоров. — М.: Наука, 1985. — 243 с
2. Ильина, О. А. Водяное городище — Золотоордынский Бельджамен — русский Бездеж? / О. А. Ильина // Современные проблемы науки и образования. — 2009. — Т. 6—3. — С. 39—43. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=1426> (дата обращения: 14.03.2021).

3. История изучения Водянского городища / Е. П. Сухорукова, А. В. Кияшко, А. С. Лапшин, Е. П. Мыськов // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. — 2010. — № 8 (52). — С. 57–61.
4. Лапшин, А. С. Проблемы сохранения и изучения Водянского городища — памятника истории, археологии и культуры XIV в. в Нижнем Поволжье / А. С. Лапшин // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. — 2017. — № 9 (122). — С. 168–172.
5. Лапшин, А. С. Исследования на Водянском городище в 2011–2012 гг / А. С. Лапшин, Е. П. Мыськов. — Волгоград; М.: Изд-во «Перо», 2013. — 216 с.
6. Мыськов, Е. П. Локализация русских комплексов XIV в. На Водянском городище / Е. П. Мыськов, О. А. Ильина // Вестник ВолГУ. Серия 4, История. Регионоведение. Международные отношения. — 2018. — Т. 23, № 3. — С. 220–221
7. Виртуальная реконструкция объектов историко-культурного наследия / М. В. Румянцев, А. А. Смолин, Р. А. Барышев, И. Н. Рудов, Н. О. Пиков // Прикладная информатика. — 2011. — № 6 (36). — С. 62–77.
8. The CHT2 Project: Diachronic 3D Reconstruction of Historic Sites / G. Guidi, L. Micoli, S. Gonizzi Barsanti, U. Malik // ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. — 2017. — № 08. — P. 309–316. — DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-309-2017 URL [https://www.researchgate.net/publication/319283600\\_THE\\_CHT2\\_PROJECT\\_DIACHRONIC\\_3D\\_RECONSTRUCTION\\_OF\\_HISTORIC\\_SITES](https://www.researchgate.net/publication/319283600_THE_CHT2_PROJECT_DIACHRONIC_3D_RECONSTRUCTION_OF_HISTORIC_SITES)
9. H. Schumann, W. Müller Visualisierung: Grundlagen und allgemeine methoden / Springer-Verlag, 2013. P.370.
10. Виртуальная реконструкция историко-культурного наследия в форматах научного исследования и образовательного процесса/ под ред. Л.И. Бородкина, М.В. Румянцева, Р.А. Барышева. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. — 196 с.
11. Mixed Reality and Gamification for Cultural Heritage/ Springer International Publishing, 2017, P. XVII+594, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49607-8>, URL <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-49607-8>
12. Иевлева, О. Т. Визуализация результатов историко-теоретических исследований архитектурного наследия / О. Т. Иевлева, Т. А. Карпюк, А. И. Кошевой // Научная визуализация. — 2014. — Т. 6, № 4. — С. 11–21.
13. Хапаев В.В., Бацура И.В. — Компьютерная 3D реконструкция античного и средневекового города Херсонес Таврический: опыт, проблемы и перспективы // Историческая информатика. — 2018. — № 4. — С. 39 - 56. DOI: 10.7256/2585-7797.2018.4.28489 URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=28489](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=28489)
14. Егоров, В. Л. Исследование мечети на Водянском городище / В. Л. Егоров, Г. А. Федоров-Давыдов // Средневековые памятники Поволжья. — М.: Наука, 1976. — С. 108–167
15. Носкова, Л. М. Мозаики и майолики средневековых городов Поволжья / Л. М. Носкова // Средневековые памятники Поволжья. — М.: Наука, 1976. — С. 7–37.
16. Зиливинская Э.Д. Культовая архитектура Золотой Орды: происхождение и традиции / Э.Д. Зиливинская // Поволжская археология — 2016. — №2 (16). — С. 44–67.
17. Зиливинская Э.Д. Культовая архитектура Золотой Орды: происхождение и традиции / Э.Д. Зиливинская // Поволжская археология — 2019. — №2 (28). — С. 78–97.
18. Золотая Орда [Электронный ресурс] / Волгоградский областной краеведческий музей, URL: <https://vokm134.ru/arheologija/zolotaja-orda> (дата обращения: 05.03.2020)

19. Мечеть хана Узбека в Старом Крыму [Электронный ресурс] / Проект «Открытая археология», URL: <https://открытаяархеология.рф/monuments/мечеть-хана-узбека-в-старом-крыму> (дата обращения: 12.02.2020)
20. Малый минарет / Великий Болгар. Болгарский государственный историко-архитектурный музей-заповедник, URL: [http://www.bolgar.info/m\\_minaret.php](http://www.bolgar.info/m_minaret.php) (дата обращения: 14.02.2020)
21. Соборная мечеть и Большой минарет / Великий Болгар. Болгарский государственный историко-архитектурный музей-заповедник, URL: [http://www.bolgar.info/s\\_mechet.php](http://www.bolgar.info/s_mechet.php) (дата обращения: 14.02.2020)
22. OpenStreetMap.ru [Электронный ресурс] URL: <https://openstreetmap.ru> (дата обращения: 05.03.2020)
23. Nemtinov V.A., Borisenko A.B., Nemtinova Y.V., Gorelov A.A., Tryufilkin S.V. Implementation of Technology for Creating Virtual Spatial-Temporal Models of Urban Development History. Scientific Visualization, 2018, vol. 10, no. 3, pp. 99-107. DOI: 10.26583/sv.10.3.07.

# The Virtual Reconstruction of Historical and Cultural Heritage Monuments of the Vodyansky Settlement

I.A. Romanova<sup>1</sup>, N.M. Poluboyarova<sup>2</sup>

Volgograd State University

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-5718-7414, [irina.romanova@volsu.ru](mailto:irina.romanova@volsu.ru)

<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-3973-7574, [natasha\\_medvedeva@volsu.ru](mailto:natasha_medvedeva@volsu.ru)

## **Abstract**

The preservation and restoration of historical memorials play very important roles in the formation of a holistic view of material culture and technology level in different society development periods. But material reconstruction of some memorials cannot be realized due to different reasons. In such cases, modern 3D technologies provide a wide range of modeling tools.

In this paper we give an example of virtual reconstruction of the cathedral mosque of the Vodyanskoe gorodishche (Vodyansky settlement) using terrain map for building a landscape. We also use the materials of archaeological excavations to create plausible textures for minaret and portal decoration. The modeling is based on reliable data from archaeological reports and on probabilistic data based on the architectural traditions of the region in the same period.

The virtual reconstruction was implemented via Blender, an open-source 3D computer graphics software

This work was supported by the Ministry of Education and Science of Russia (the project “Development of Virtual 3D Reconstruction of Historical Objects Technique”, scientific theme code 2019-0920, project number in the research management system FZUU-0633-2020-0004).

**Keywords:** 3D visualization, reconstruction of historical objects, virtual reconstruction, osm maps, landscape detailing, Vodyansky settlement, Blender.

## **References**

1. Egorov V.L. Historical geography of the Golden Horde of the XIII-XIV centuries. Moscow, Nauka Publ, 1985. 243 p.
2. Ilina O.A. Vodyanskoe Gorodishche — Beldzhamen of Golden Horde — Russian Bezdezh. Modern Problems of Science and Education. Surgery, 2009, vol. 6–3, pp. 39-43.
3. Sukhorukova E.P., Kiyashko A.V., Lapshin A.S., Myskov E.P. History of Vodyansky Settlement Study. Izvestia of the Volgograd State Pedagogical University, 2010, no. 8 (52), pp. 57-61.
4. Lapshin A.S. Issues of preservation and study of the Vodyansky settlement — the monument of history, archeology and culture of the XIV century in the Lower Volga region. Izvestia of the Volgograd State Pedagogical University, 2017, no. 9 (122), pp. 168-172.
5. Lapshin A.S., Myskov E.P. Research on the Vodyansky settlement in 2011–2012. Volgograd; Moscow, “Pero” Publ, 2013. 216 p.
6. Myskov E.P., Ilina O.A. Research on the Vodyansky settlement in 2011–2012. Vestnik VolGU. Seriya 4, Istoriya. Regionovedenie. Mezhdunarodnye otnosheniya, 2018, vol. 23, no. 3, pp. 220-221.

7. Rumyantsev M.V., Smolin A.A., Baryshev R.A., Rudov I.N., Pikov N.O. Virtual reconstruction of historical and cultural heritage objects. *Journal of Applied Informatics*, 2011, no. 6 (36), pp. 62-77.
8. Guidi G., Micoli L., Gonizzi Barsanti S, Malik U. The CHT2 Project: Diachronic 3D Reconstruction of Historic Sites. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2017, no. 08, pp. 309-316. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-309-2017.
9. H. Schumann, W. Müller *Visualisierung: Grundlagen und allgemeine methoden / Springer-Verlag*, 2013. P.370.
10. *Virtual Reconstruction of Historical and Cultural Heritage in the Formats of Scientific Research and Educational Process*. Krasnoyarsk, Siberian Federal University, 2012. 196 p.
11. *Mixed Reality and Gamification for Cultural Heritage/ Springer International Publishing*, 2017, P. XVII+594, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49607-8>, URL <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-49607-8>
12. Ievleva O.T., Karpyuk T.A., Koshevoy A.I. The Visualization of Historical and Theoretical Researches Architectural Heritage. *Scientific Visualization*, 2014, vol. 6, no. 4, pp. 11-21.
13. Khapaev V.V., Batsura I.V. 3D computer reconstruction of the ancient and medieval city of Tauric Chersonesos: experience, problems and prospects. *Historical Information Science*, 2018, no. 4, pp. 39-56. DOI: 10.7256/2585-7797.2018.4.28489. URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=28489](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=28489)
14. Yegorov V.L., Fedorov-Davydov G.A. Study of the mosque on the Vodyansky settlement. *Medieval monuments of the Volga region*. Moscow, Nauka Publ, 1976, pp. 108-167.
15. Noskova L.M. Mosaics and majolica of medieval cities of the Volga region. *Medieval monuments of the Volga region*. Moscow, Nauka Publ, 1976, pp. 7-37.
16. Zelevinskaya E.D. Cult architecture of the Golden Horde: Origins and traditions. *The Volga River Region Archaeology*, 2016, no. 2 (16), pp. 44-67.
17. Zelevinskaya E.D. Cult architecture of the Golden Horde: Origins and traditions. *The Volga River Region Archaeology*, 2019, no. 2 (28), pp. 78-97.
18. Golden Horde. Volgograd Regional Museum of Local Lore. URL: <https://vokm134.ru/arheologija/zolotaja-orda>.
19. Mechet khana Uzbeka v Starom Krymu [Khan Uzbek Mosque in the Old Crimea]. Proekt «Otkrytaya arkheologiya». URL: <https://открытаяархеология.рф/monuments/мечеть-хана-узбека-в-старом-крыму>.
20. Small Minaret. The great Bulgarian. Bulgarian State Historical and Architectural Museum-Reserve. URL: [http://www.bolgar.info/m\\_minaret.php](http://www.bolgar.info/m_minaret.php).
21. Cathedral Mosque and Grand Minaret. The great Bulgarian. Bulgarian State Historical and Architectural Museum-Reserve. URL: [http://www.bolgar.info/s\\_mechet.php](http://www.bolgar.info/s_mechet.php).
22. OpenStreetMap.ru URL: <https://openstreetmap.ru>
23. Nemtinov V.A., Borisenko A.B., Nemtinova Y.V., Gorelov A.A., Tryufilkin S.V. Implementation of technology for creating virtual spatial-temporal models of urban development history. *Scientific Visualization*, 2018, vol. 10, no. 3, pp. 99-107. DOI: 10.26583/sv.10.3.07.