

УДК 004.82+004.9

АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ БОЛГАРСКОГО ГОРОДИЩА X–XV ВВ., КАК МАТЕРИАЛ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

А.Р. Хафизов¹, В.С. Баранов², А.С. Сергеев³, В.В. Кугуракова⁴, А.Г. Ситдиков⁵

^{1,2,3}Институт международных отношений, истории и востоковедения;

⁴Высшая школа информационных технологий и информационных систем
Казанского (Приволжского) федерального университета;

⁵Институт археологии им. А.Х. Халикова АН РТ

¹azat.khafizov@gmail.com, ²sl.baranov@mail.ru, ³9ampjm@gmail.com,

⁴vlada.kugurakova@gmail.com, ⁵sitdikov_a@mail.ru

Аннотация

Описаны общий алгоритм и классификация этапов создания виртуальных культурно-исторических реконструкций. На примере проекта «Болгар XIV» разобраны основные стадии реализации реконструкции, рассмотрены архитектура, бытовое окружение и планировка города; дано общее описание той эпохи. Приведены общие соображения о подходах к созданию виртуальных реконструкций, в том числе правила процедурной генерации территорий.

Ключевые слова: *процедурная генерация уровней, генерация контента, виртуальные реконструкции, Великий Болгар, level design*

ВВЕДЕНИЕ

Процесс создания виртуальных культурно-исторических реконструкций состоит из двух основных этапов: достоверного воссоздания уникальных и типичных (повторяемых) объектов, а также размещения данных объектов по пространству виртуального мира. Для выполнения каждого из этапов существует несколько подходов, выбор которых зависит от целей проекта, объема доступных исторических и археологических данных, а также ряда других факторов, таких, как степень динамичности игрового процесса, уровень эстетичности визуального восприятия виртуального мира, качество оптимизации трехмерных моделей, производительность конечного приложения.

При воссоздании единичных объектов исторической ценности удобно использовать трехмерное сканирование в случае относительно небольших сохранившихся объектов, фотограмметрию раскопок для определения общих габаритов зданий в случае разрушенных строений, а также гипотетическое восстановление объектов по описаниям и изображениям, созданным современниками изучаемой эпохи, в случае отсутствия иных сохранившихся данных.

После воссоздания одним из вышеперечисленных способов или их комбинацией единичных и типовых объектов, включающих в себя памятники архитектуры, рядовые постройки и предметы быта, необходимо перейти к следующему этапу – размещению данных объектов в виртуальном пространстве. Всё содержимое виртуального пространства принято называть контентом.

Существует два основных подхода к реализации данной задачи: ручная расстановка и процедурная генерация объектов, когда объекты размещаются согласно набору автоматически для выполнения правил. Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки.

В целом первый подход часто применяется при детализированном воссоздании условно небольшого виртуального пространства, когда в силу наличия запаса времени дизайнеру уровня можно посвятить больше времени нюансам и разнообразию композиции объектов. Вторым подход в основном используется для формирования больших пространств виртуальной реконструкции в тех случаях, когда мы не можем с археологической точностью описать детали этих пространств, но можем определить типичные закономерности их наполнения, а также при ограниченном количестве времени на посвящение внимания подробной проработке элементов контента.

В целом и ручное создание, и процедурная генерация контента широко распространены в мире видеоигр, виртуальных реконструкций и сфере Serious Games. При помощи специальных алгоритмов в игровом мире генерируются модели, текстуры, спрайты, модели искусственного интеллекта, звуки.

При должной настройке алгоритмов процедурно сгенерированный контент позволяет обеспечить имитацию вариативности игрового мира, сделать каждую его часть непохожей на другие. Однако в силу того, что компьютерное восприятие действительности отличается от человеческого, итоговый процедурно сгенериро-

ванный мир, каким бы разнообразным и продуманным он ни был, будет отличаться от, пусть и несовершенного, но персонального видения мира настоящего человека и соответствующих нюансов, которые может уловить лишь человеческая душа.

При создании виртуальной реконструкции самым разумным можно считать использование обоих методов, при применении каждого метода лишь по назначению, для узконаправленных задач, не пытаясь однозначно выбирать единственный подход между двумя альтернативами и стремясь к синергии различий между ними.

Далее рассматривается применение комбинированного подхода (процедурная генерация и ручная расстановка объектов) при создании виртуальной реконструкции древнего города Болгар четырнадцатого века. В данном конкретном случае под процедурной генерацией понимается размещение растительности, мусора и заборов в типичных дворах с последующим формированием города общими массами этих дворов вокруг ключевых архитектурных объектов в полуавтоматическом режиме, который реализован с помощью специальных инструментов-генераторов, написанных разработчиками, ускоряющих реализацию задач по дизайну и наполнению игрового уровня. Под ручным созданием виртуальной реконструкции понимается создание типичных дворов посредством размещения домов, хозяйственных построек и предметов быта на соответствующих сепарированных элементах ландшафта, а также работы по детализации дворов, формированию их уникального, неповторимого характера и работы по приданию локальным композициям объектов эстетичной и живописной динамики для акцентирования внимания пользователя на главных объектах виртуального мира.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРАВИЛА РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ВИРТУАЛЬНЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЯХ

Благодаря многолетним исследованиям Болгарского городища, в результате которых были получены сведения об исторической топографии, стратиграфии культурного слоя, застройке и внутригородском районировании города Болгара, а также в контексте общего уровня изучения городов Волжской Болгарии, появилась возможность создания масштабных реконструкций городского пространства на различных этапах городской жизни памятника.

Наиболее перспективным и репрезентативным для популяризации объекта представляется период наивысшего расцвета его материальной и духовной культуры, который связан с первой половиной – серединой XIV в. В это время территория города достигает максимального размера, складывается его структура, завершается строительство наиболее значимых городских объектов, определяющих его облик. Многие из них сохранились в руинированном состоянии до наших дней и были музеефицированы (Соборная мечеть, Северный мавзолей, Восточный мавзолей, Черная палата, Белая палата и др.). В процессе археологических исследований изучена и рядовая застройка, которая достаточно разнообразна по конструкции и назначению. Это наземные и полуназемные деревянные постройки, характерные для лесной зоны Восточной Европы (срубные дома на подклетах, полуземлянки, каркасно-столбовые конструкции, сделанные в закладной технике), постройки на кирпичных и каменных цоколях и кирпичные здания с подпольной системой отопления, аналогии которым можно увидеть в домостроительстве золотоордынских городов Нижней Волги.

В застройке наблюдается сочетание квартального и усадебного принципов. Изучены районы с доминированием ремесленных производств (керамические, металлургические и кузнечные мастерские, стеклодельное, кожевенное, косторезное производство и др.).

Не вызывает сомнения наличие в Болгаре площадей, расположенных рядом с наиболее значимыми постройками, разветвленной сети улиц и переулков, тесно связанных с проездами в системе городских укреплений, которые были построены в первой половине XIV в. Среди объектов городской среды: рынки, кладбища с мавзолеями, городские водоемы и колодцы, комплексы общественных бань. Все они с одной стороны были вписаны в природный ландшафт, с другой – своим появлением вызывали в нем антропогенные изменения.

Представляя данные объекты как материал для реконструкционных построений виртуальной реальности, целью которых является создание максимально достоверной модели городской среды, попробуем рассмотреть их как совокупность связанных между собой элементов, являющихся соподчиненными в рамках единой системы городского пространства. Условный набор характеристик, которые необходимы для описания тех или иных объектов в планируемой модели

(местонахождение, размеры, материал, назначение, конструктивные и эстетические особенности и др.) обладает неравномерной информационной наполненностью, находящейся в прямой зависимости от степени изученности объектов городской среды (о чем-то мы знаем больше, о чем-то – меньше). От этого зависят критерии размещения объектов в предполагаемой модели и, соответственно, достоверность самой модели.

Неравномерность информационного обеспечения предполагает создание иерархии объектов, выстроенной согласно степени их достоверности. В данной парадигме объекты можно разделить на четыре категории: 1 – достоверные, 2 – средне-достоверные, 3 – слабо-достоверные, 4 – условно-достоверные (или фантазийные).

Достоверные. Объекты обладают всеми необходимыми информационными возможностями для размещения в модели (достоверность места, материала, конструкции, внешнего вида). К ним можно отнести большинство известных каменных архитектурных построек городища, систему визуально определяемых земляных укреплений с проездами (валы и рвы), объекты городского ландшафта (овраги, природные водоемы и т. п.). Данные сооружения имеют устойчивое местонахождение, достоверно реконструируемую форму, в силу своей морфологической определенности могут служить базисными точками для построения модели. Многие из них в виду социальной и практической значимости для властной верхушки и городского хозяйства являлись градообразующими объектами. Вокруг них происходило формирование застройки, их местоположение влияло на формирование городской инфраструктуры.

Средне-достоверные. Объекты обладают значительной частью информации для размещения в модели. К этим объектам можно отнести сооружения, визуально не различимые, но исследованные методами археологических раскопок (часть каменных и кирпичных построек, остатки жилищ, хозяйственных сооружений, производственных комплексов, колодцы и другие инженерные сооружения городского хозяйства и фортификации). Как и объекты категории 1, они обладают многими информационными возможностями, однако в силу своей фрагментарности и значительной археологизации требуют привлечения дополнительных сведений для уточнения характеристик (конструкции, материала, размеров и т. п.). Эти объекты формируют облик рядовой застройки, составляющей основную

ткань городского пространства Болгара. Их использование в качестве материала для построения модели требует сопоставления с другими объектами данной модели на уровне внутригородского районирования (на уровне кварталов, усадеб, отдельных районов города).

Слабо-достоверные. Объекты обладают малой частью информации для размещения в модели. К данным объектам можно причислить исследованные частично или намеченные в процессе археологических работ объекты городской инфраструктуры и коммуникаций (улицы, трубопроводы, изгороди), которые имеют значительную протяженность. Эти объекты могут обладать достаточным информационным обеспечением на отдельном участке, однако их интерпретация в силу особенностей (неизвестное направление, исходный и конечный пункты трассировки) носит во многом гипотетический характер. Могут служить основанием для построения объектов подобного рода внутри модели. Сюда же можно отнести границы усадеб, кварталов, некрополей, для выстраивания которых могут служить отправные сведения о наличии данных объектов на предполагаемом участке.

Условно-достоверные (фантазийные). Введение этой категории необходимо, так как в силу масштабов самого памятника (3 800 000 кв. м) и степени его археологического изучения на современном этапе затруднительно построение аутентичной структуры, в деталях воспроизводящей все особенности описываемого объекта. Поэтому необходимое заполнение участков модели, недостаточно исследованных в археологическом отношении, может производиться путем комбинации элементов, известных по другим участкам городища, опираясь, в том числе, и на общие сведения о городской культуре Болгара золотоордынской эпохи, учитывая предлагаемый для моделирования период. В частности, такой подход возможен для создания внутреннего построения усадебных и квартальных комплексов, для чего можно использовать принцип комбинирования известных элементов (например, жилище, хозяйственная постройка, изгородь, овин, хозяйственная яма, погреб-хранилище). Изменяя их количество (или, что касается жилых строений – материал), добавляя дополнительные элементы (надворная печь для приготовления пищи, загон для домашних животных, производственные объекты и др.), можно добиться получения модульных комплексов, разных по

внешнему облику, имущественному и социальному положению, профессиональному назначению, которые можно затем использовать для наполнения модели. К объектам данной категории можно отнести ряд объектов, допускаемых для иллюстрирования некоторых объектов первых трех категорий (например, склады дров рядом с банными комплексами и товаров рядом с торговыми площадями, зеленые насаждения, огороды в комплексах городских усадеб, надгробные камни в оформлении кладбищ).

Также на основе особенностей каждой группы объектов для них нами были разработаны правила размещения при процедурной генерации и ручной расстановке объектов древнего городища Болгар в виртуальной реконструкции:

Достоверные объекты (Чёрная палата, Соборная мечеть и пр.) размещаются в первую очередь, потому что, как уже было сказано выше, имеют реконструируемую форму, а также являются базисными точками построения нашей виртуальной реконструкции. Местоположение и размеры этих объектов доподлинно известны, и предельно важно, чтобы их расположение и размеры в виртуальной реконструкции соответствовали действительности. Размещаются вручную.

Следующим шагом является создание разнообразных «ярдов» («ярд» – название небольшого двора из 1–6 домов, огороженных высоким забором). На данном этапе важным является создание и распределение средне-достоверных моделей так, как это было в Болгаре XIV века. Основа «ярда» разрабатывается ручной расстановкой объектов, массовые объекты, как трава или заборы, генерируются с помощью специальных инструментов.

На последнем этапе происходит «персонализация» дворов, усадеб, кварталов города при помощи специальных моделей, построенных на основе слабо-достоверных и условно-достоверных объектов. Это объекты, которые позволят показать в виртуальной реконструкции ремесленные производства, быт жителей Болгара, флору древнего города, а также уникальность района. Данная работа проводится вручную, выражая дизайнерские способности авторов реконструкции.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В процессе разработки виртуальной реконструкции были созданы достоверные постройки древнего городища Болгар, такие, как Чёрная палата, Соборная мечеть, городской базар и некоторые другие; проведена предварительная работа для создания инструментов процедурной генерации заборов и растительности, созданы уникальные дворы, дома и внутреннее обустройство которых максимально возможным образом повторяет стилистику Болгара XIV века.



Рис. 1. Чёрная Палата – достоверный объект, реализованный в виртуальной реконструкции «Великий Болгар XIV», в окружении средне-достоверных и условно-достоверных аксессуаров



Рис. 2. Вид Болгар с высоты птичьего полёта – на заднем фоне достоверные объекты Соборная мечеть, Восточный мавзолей; а основное пространство города заполнено слабо-достоверными объектами – это деревянные постройки, заборы, ворота, хозяйственные постройки

Также была создана модель виртуального города, основанная на имеющихся данных о местоположении и распределении объектов в древнем городе.



Рис. 3. Внутреннее устройство двора, состоит из слабо-достоверных объектов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье дано описание применения процедурной генерации и ручной расстановки объектов в исторических виртуальных реконструкциях на примере виртуальной реконструкции древнего городища Болгар, включающее в себя определение иерархии объектов древнего городища, а также правила размещения данных объектов.

Благодарности

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдаров С.С. Исследование и реставрация памятников монументального зодчества Болгара. *Город Болгар. Монументальное строительство, архитектура, благоустройство*. М., 2001. С. 5-149.
2. Валиев Р.Р., Ситдилов А.Г., Шакиров З.Г. Археологические исследования в 2010 г.: Болгар и Свияжск. Казань, 2011. С. 6-21.
3. Валиев Р.Р., Ситдилов А.Г., Старков А.С. Археологические исследования в 2012 г.: Болгар и Свияжск. Казань, 2013. С. 7-20.
4. Валиев Р.Р., Ситдилов А.Г., Старков А.С. Археологические исследования в 2013 г.: Болгар и Свияжск. Казань, 2014. С. 8-24.
5. Свод памятников археологии Республики Татарстан: в 3 т. Казань, 2007. Т. 3. С. 321. № 2767.
6. Ситдилов А.Г., Валиев Р.Р., Старков А.С. Археологические исследования в 2011 г.: Болгар и Свияжск. Казань, 2012. С. 6-21.
7. Ситдилов А.Г., Бочаров С.Г. Изучение Археологического наследия города Болгар. Соборная мечеть (XIV в.). *Восхождение к вершинам археологии*. Алматы, 2014. С. 532-547.
8. Хлебникова Т.А. История археологического изучения Болгарского городища. Стратиграфия. Топография. *Город Болгар. Очерки истории и культуры*. М., 1987. С. 32-88.

9. Шарифуллин Р.Ф. Болгарская археологическая экспедиция. *Великий Болгар*. М., 2013. С. 352-355.

10. Шарифуллин Р.Ф. Бани Болгар и их изучение. *Город Болгар. Монументальное строительство, архитектура, благоустройство*. М., 2001. С. 217-260.

11. Ziatdinov M.T., Khafizov M.R. New automata definition language for game development. Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Tatarstan, Russia, 2015.

ARCHEOLOGICAL OBJECTS OF BOLGAR X–XV AS CONTENT FOR CREATION VIRTUAL HISTORICAL RECONSTRUCTION

A.S. Sergeev¹, V.S. Baranov², M.R. Khafizov³, V.V. Kugurakova⁴, A.G. Sitdikov⁵

^{1,2,3}*Institute of International Relations, History and Oriental Studies. Kazan Federal University;* ⁴*Higher School of Information Technologies and Information Systems. Kazan Federal University;* ⁵*Khalikov Institute for Archaeology, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan*

¹9ampjm@gmail.com, ²sl.baranov@mail.ru, ³azat.khafizov@gmail.com, ⁴vlada.kugurakova@gmail.com, ⁵sitdikov_a@mail.ru

Abstract

In this paper we describe the general algorithm and classify the common steps of creating authentic historical and cultural reconstructions. Using «Bolgar XIV» as an example, we reviewed the main stages of reconstruction, including three-dimensional modeling of architecture, household items and citizens of ancient city. As a result, we made some valuable conclusions about the general track of creating virtual reconstructions and described technologies that can be used for it, such as procedural generation of terrain.

Keywords: *procedural generation, Bolgar, content generation, virtual reconstruction, historical heritage, level design*

REFERENCES

1. *Aydarov S.S.* Issledovanie i restavratsiya pamyatnikov monumental'nogo zodchestva Bolgara. Gorod Bolgar. Monumental'noe stroitel'stvo, arkhitektura, blagoustroystvo. M., 2001. S. 5-149.
2. *Valiev R.R., Sitdikov A.G., Shakirov Z.G.* Arkheologicheskie issledovaniya v 2010 g.: Bolgar i Sviyazhsk. Kazan', 2011. S. 6-21.
3. *Valiev R.R., Sitdikov A.G., Starkov A.S.* Arkheologicheskie issledovaniya v 2012 g.: Bolgar i Sviyazhsk. Kazan', 2013. S. 7-20.
4. *Valiev R.R., Sitdikov A.G., Starkov A.S.* Arkheologicheskie issledovaniya v 2013 g.: Bolgar i Sviyazhsk. Kazan', 2014. S. 8-24.
5. Svod pamyatnikov arkheologii Respubliki Tatarstan: v 3 t. Kazan', 2007. T. 3, S. 321. № 2767.
6. *Sitdikov A.G., Valiev R.R., Starkov A.S.* Arkheologicheskie issledovaniya v 2011 g.: Bolgar i Sviyazhsk. Kazan', 2012. S. 6-21.
7. *Sitdikov A.G., Bocharov S.G.* Izuchenie arkheologicheskogo naslediya goroda Bolgar. Sobornaya mechet' (XIV v.). Voskhogdenie k vershinam arkheologii. Almaty, 2014. S. 532-547.
8. *Khlebnikova T.A.* Istoriya arkheologicheskogo izucheniya Bolgarskogo Gorodischa. Stratigrafiya. Topografiya. Gorod Bolgar. *Ocherki istorii i kultury*. M., 1987. S. 32-88.
9. *Sharifullin R.F.* Bolgarskaya arkheologicheskaya ekspeditsiya. Velikiy Bolgar. M., 2013. S. 352-355.
10. *Sharifullin R.F.* Bani Bolgar i ikh izuchenie. Gorod Bolgar. Monumental'noe stroitel'stvo, arkhitektura, blagoustroystvo. M., 2001. S. 217-260.
11. *Ziatdinov M.T., Khafizov M.R.* New automata definition language for game development. Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Tatarstan, Russia, 2015.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



БАРАНОВ Вячеслав Сергеевич – российский археолог, кандидат исторических наук, специалист по средневековой, золотоордынской археологии. Диссертация «Благоустройство городов Волжской Болгарии: по археологическим материалам Болгарского городища X–XV вв.», (2001). Научный консультант виртуальной реконструкции «Великий Болгар XIV» (2014–2016).

Vyacheslav Sergeevich BARANOV, russian archaeologist, Ph.D., a specialist in medieval, the Golden Horde archeology. Scientific consultant of virtual reconstruction the "Great Bolgar XIV".

email: sl.baranov@mail.ru



СЕРГЕЕВ Александр Сергеевич – бакалавр Высшей школы Информационных технологий и информационных систем (ВШ ИТИС) Казанского (Приволжского) федерального университета (КФУ), лаборант-исследователь лаборатории «ИТ и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия» КФУ. Сфера интересов: процедурная генерация, дизайн уровней, методы и морфологические правила размещения объектов в виртуальных реализациях масштабных территорий.

Alexandr Sergeevich SERGEEV, bachelor of Higher School ITIS, researcher in the Laboratory "IT and non-destructive methods of investigation of cultural heritage". Sphere of interests: morphological rules of connected objects placing for procedural generation in big virtual historical reconstructions, general procedural generation, game and level design.

email: 9ampjm@gmail.com



ХАФИЗОВ Азат Ринатович – исследователь лаборатории «ИТ и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия» КФУ. Сфера интересов: разработка игр, тренажеров, культурно-исторических реконструкций. Супервайзер проекта «Великий Болгар XIV».

Azat Rinatovich KHAFIZOV, supervisor of virtual reconstruction the "Great Bolgar XIV", researcher in the Laboratory "IT and non-destructive methods of investigation of cultural heritage". Sphere of interests: game and historical reconstruction development.

email: azat.khafizov@gmail.com



КУГУРАКОВА Влада Владимировна – старший преподаватель ВШ ИТИС КФУ, руководитель лаборатории «ИТ и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия».

Vlada Vladimirovna KUGURAKOVA, Senior Lecturer of Higher School of Information Technology and Information Systems, Head of Laboratory "IT and non-destructive methods of investigation of cultural heritage".

email: vlada.kugurakova@gmail.com



СИТДИКОВ Айрат Габитович – директор Института археологии им. А.Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан, российский, татарстанский археолог, доктор исторических наук, специалист по средневековой археологии Поволжья, археологии Казани.

Ayrat Gabitovich SITDIKOV, Director of the Khalikov Institute of Archaeology, Doctor of Sciences in History. Research interests: Volga region medieval archaeology; archaeology of Kazan.

email: sitdikov_a@mail.ru

Материал поступил в редакцию 12 октября 2015 года