

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 902.2(470.621):004.4

ББК 63.4(235.7)с515

О-62

DOI: 10.53598/2410-3691-2023-2-319-75-82

ОПЫТ 3D-РЕКОНСТРУКЦИИ ДОЛЬМЕНОВ РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ

(Рецензирована)

Зарема Арсеновна ЦЕЕВА

Адыгейский государственный университет, Майкоп, Россия
zarema.tseeva@yandex.ru

Марат Вячеславович АЛИЕВ

Адыгейский государственный университет, Майкоп, Россия
alievmarat@mail.ru

Виктория Романовна СВИСТУНОВА

Адыгейский государственный университет, Майкоп, Россия
kot.25573@gmail.com

Владислав Александрович ЗЮБА

Адыгейский государственный университет, Майкоп, Россия
vzpr604305@mail.ru

Аннотация. В статье характеризуется работа над проектом виртуальной реконструкции частично или полностью разрушенных дольменов Республики Адыгея. Подчеркивается актуальность междисциплинарных подходов в гуманитарных науках, связанных с цифровым поворотом в истории и смежных сферах знания. На примере виртуальной реконструкции дольменов Западного Кавказа демонстрируется один из вариантов использования технологий 3D-моделирования для сохранения объектов историко-культурного наследия региона. Авторы акцентируют внимание на перспективности применения цифровых технологий для реконструкции мегалитических памятников Республики Адыгея. Такой подход открывает новые возможности для репрезентации утраченных древних памятников как в научных, так и в просветительских целях. В данной статье описывается опыт 3D-реконструкции дольменов по различным видам источников. Рассматриваются возможности и ограничения методов 3D-реконструкции для мегалитических памятников Адыгеи. Характеризуется программное обеспечение, применявшееся в работе. Описывается процесс моделирования, состоящий из двух основных этапов: разработки геометрии мегалитических сооружений и создания текстур камня для достижения реалистичности виртуальных изображений. Итогом работы стала разработка мобильного приложения с использованием созданных моделей, с дополненной реальностью, анимацией и аудиоинформацией для туристов.

Ключевые слова: 3D-моделирование, визуализация, дополненная реальность, виртуальная реконструкция, дольмены, мегалитические памятники, Digital humanities.

Для цитирования: Цеева З.А., Алиев М.В., Свистунова В.Р., Зюба В.А. Опыт 3D-реконструкции дольменов Республики Адыгея. // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия «Регионоведение: философия, история, социология, юриспруденция, политология, культурология». 2023. Вып. 2 (319). С. 75-82. DOI: 10.53598/2410-3691-2023-2-319-75-82.

ORIGINAL RESEARCH PAPER

3D-RECONSTRUCTION OF DOLMENS IN THE REPUBLIC OF ADYGHEA

Zarema A. TSEEVA

Adyghe State University, Maikop, Russia
zarema.tseeva@yandex.ru

Marat V. ALIEV

Adyghe State University, Maikop, Russia
alievmarat@mail.ru

Victoria R. SVISTUNOVA

Adyghe State University, Maikop, Russia
kot.25573@gmail.com

Vladislav A. ZYUBA

Adyghe State University, Maikop, Russia
vzpr604305@mail.ru

Abstract. The article describes the work on an interdisciplinary project of virtual reconstruction of partially or completely destroyed dolmens of the Republic of Adyghea. It is emphasized that the use of 3D-modeling technology opens up new possibilities for the conservation of historical and cultural heritage. The authors emphasize the prospects of using these technologies for the reconstruction of megalithic monuments of the Republic of Adyghea. This article describes the experience in 3D-reconstruction of dolmens on various types of sources. We consider the possibilities and limitations of the 3D-reconstruction methods for the megalithic monuments of Adyghea. The paper concludes with the development of a mobile application with augmented reality for tourists using the models created.

Keywords: 3D modelling, visualisation, augmented reality, virtual reconstruction, dolmens, megalithic monuments, Digital humanities

For citation: Tseeva Z.A., Aliev M.V., Svistunova V.R., Zyuba V.A. 3D-reconstruction of dolmens in the Republic of Adyghea // Bulletin of the Adyghe State University. Series «Regional Studies: Philosophy, History, Sociology, Jurisprudence, Political Sciences, Culturology». 2023. Iss. 2 (319). P. 75-82. DOI: 10.53598/2410-3691-2023-2-319-75-82.

Введение. Современные глобальные вызовы, связанные с цифровой трансформацией многих сфер жизни общества, затрагивают и область исторического знания. Цифровой поворот в исторической науке основан на возрастании роли информационных технологий и методов в исторических исследованиях. Этот процесс открывает новые возможности для междисциплинарных подходов, что является настоящей необходимостью не только для историков, но и для специалистов смежной сферы, связанной с сохранением историко-культурного наследия [1; 107-108]. Как результат взаимодействия цифровых технологий и гуманитарного знания на рубеже XX и XXI вв. появляется междисциплинарное направление Digital humanities. Так, в мировой практике уже широко используются технологии 3D-моделирования исторических памятников, ориентированные как на развитие академической науки, так и на практическое использование в музейной и туристско-экскурсионной деятельности [2; 38-40]. Подобные проекты являются продуктами совместных разработок историков, археологов, этнографов, дизайнеров, IT-специалистов и др. Технология 3D-моделирования позволяет воссоздавать не только первоначальный облик перестроенных зданий и сооружений, но и реконструировать частично или полностью утраченные памятники. При этом степень достоверности реконструкции зависит от объема данных источников.

Развивающиеся методы виртуальной реконструкции объектов культурного наследия представляют широкой аудитории инновационный контент посредством развития цифровой среды для учреждений культуры и туристической сферы. Однако в Республике Адыгея, при всем богатстве культурного наследия, нуждающегося в подобном подходе, до сих пор данные технологии не применялись.

На наш взгляд, использование технологий 3D-моделирования является весьма актуальным и перспективным направлением для реконструкции объектов культурного наследия региона, подвергшихся разрушению из-за воздействия различных

природных и антропогенных факторов. Таковыми являются дольмены — мегалитические погребально-культурные сооружения эпохи бронзы, большинство из которых в настоящее время находится в руинированном или же сильно поврежденном состоянии. До сих пор нередко фиксируются новые факты грабительских раскопок и разрушения мегалитов, случайно обнаруженных в ходе строительных и земляных работ.

В этой связи актуализируются задачи образовательной и просветительской деятельности, связанной с необходимостью охраны дольменов Адыгеи — уникальных мегалитических памятников мирового значения. На наш взгляд, одним из важных способов решения этих задач является применение технологии виртуальной реконструкции утраченных или частично разрушенных дольменов. Кроме того, это открывает новые возможности для включения реконструированных памятников в музейные практики и туристические маршруты региона. В целях апробации технологий 3D-моделирования для реконструкции мегалитов в Адыгейском государственном университете инициирован междисциплинарный проект, исполнителями которого являются специалисты в области информационных технологий и историко-культурного наследия региона. В данной статье характеризуется работа над проектом и его промежуточные результаты.

Методы. Существуют различные варианты реконструкций для объектов разной степени сохранности. Так, в процессе 3D-реконструкции для какого-либо реального объекта создается трехмерная модель, передающая с определенной точностью его размеры, форму и внешний вид. Для получения цифровой копии существующего предмета достаточно использовать специальные камеры с датчиками, измеряющими излучение, отраженное от его поверхности. Однако в случае реконструкции памятников, которые были повреждены либо полностью уничтожены, применение подобных методов невозможно. Вместо этого модель объекта строится на основании исторических источников: чертежей, схем, описаний исследователей. Подобным образом, например, осуществлялась виртуальная реконструкция снесенного в 1937 г. Страстного монастыря в Москве [1; 109-110]. Международный и отечественный опыт использования информационных технологий в исследовании археологических памятников представлен в сборнике материалов Второй Международной конференции «Виртуальная археология (эффективность методов)», состоявшейся в 2015 г. в Государственном Эрмитаже [3]. Примеры визуализации объектов культурного наследия с помощью 3D-моделирования приведены в сборнике материалов международной научной конференции «Историко-культурное наследие в цифровом измерении», проходившей в 2021 г. в Пермском государственном национальном исследовательском университете [4].

Результаты и обсуждение. Для 3D-реконструкции шести выбранных дольменов нами использовались описания, зарисовки и чертежи мегалитов из работы И.Ю. Джанхота и Н.Г. Ловпаче «Новые дольменные памятники Западной Черкесии» [5], монографии В.И. Марковина «Дольмены Западного Кавказа» [6], а также из сборника исследований «Мегалитические памятники Республики Адыгея» [7]. Указанные работы опираются на большой массив научных исследований, отчеты об археологических экспедициях разных лет и архив Национального музея Республики Адыгея. Для создания текстур были дополнительно привлечены фотографии мегалитов. На рисунке 1 показана одна из схем, которые использовались для реконструкции дольмена «Гузерибль-1» (взята из книги «Дольмены Западного Кавказа»). На рисунке 2 — дольмен, построенный по данной схеме.

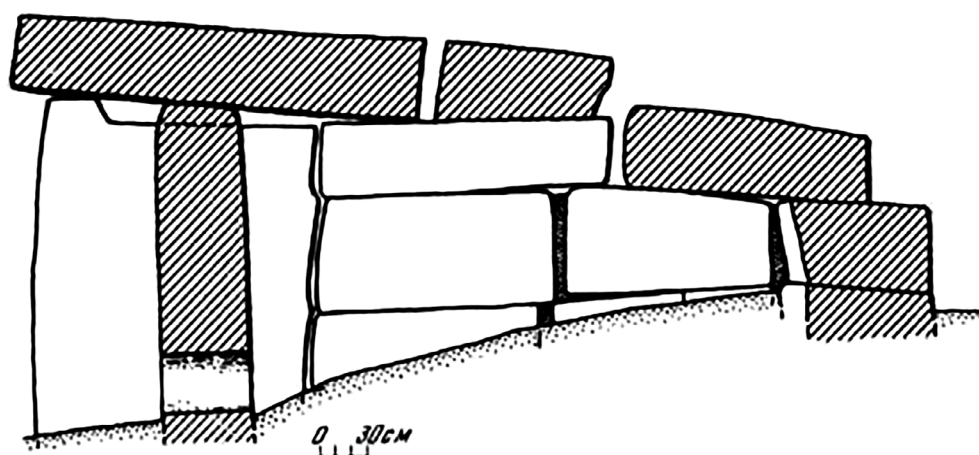


Рис. 1. Схема дольмена «Гузерипл-1», вид сбоку.
Fig. 1. Scheme of the dolmen «Guzeripl-1», side view.

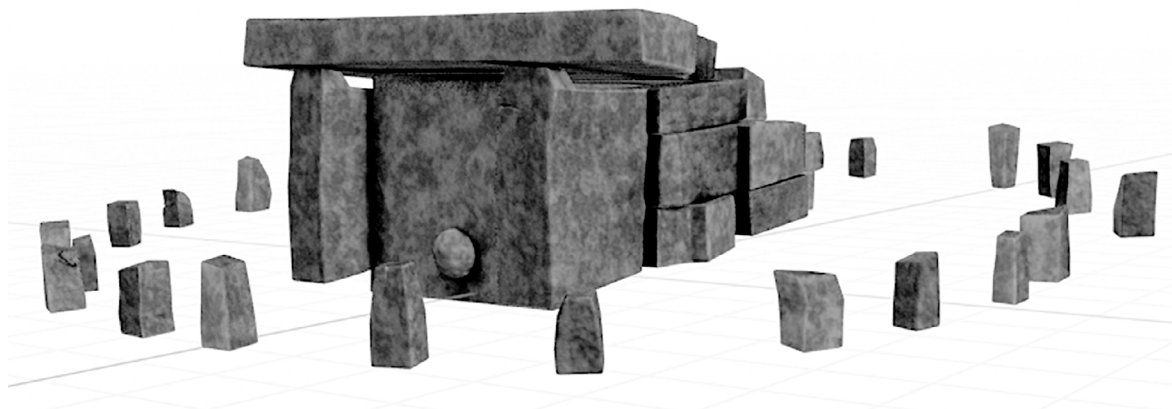


Рис. 2. 3D-модель дольмена «Гузерипл-1».
Fig. 2. 3D-model of the dolmen «Guzeripl-1».

Для некоторых памятников, например, для дольмена «Хаджох-4», не удалось найти схем или чертежей. В таких случаях реконструкция основывалась на текстовых описаниях и изображениях дольменов, близких по строению к искомому. В остальных случаях схема перед началом моделирования проверялась по описанию, сделанному археологами, с целью исправления возможных ошибок и неточностей в рисунке. После того как точно определялись размеры всех составных частей мегалита, по ним создавалась 3D-модель.

Процесс моделирования осуществлялся в программе Blender. Эта программа была выбрана потому, что она полностью бесплатна, а лицензия позволяет использовать ее в любых целях, в том числе для создания образовательного и коммерческого контента. Кроме того, в Blender — простой и удобный интерфейс, а также большой набор инструментов.

Процесс моделирования состоял из двух основных этапов: создание геометрии и текстурирование. На этапе создания геометрии задавалась базовая структура, определялись основные пропорции модели. Blender позволяет точно задавать размеры каждого элемента в нужных единицах измерения. Также в программе есть возможность перенести в среду моделирования изображения, что позволяет добиться полного соответствия создаваемой модели схеме. На данном этапе не требовалась детализация, например, создание неровностей на камне — эти детали

быстрее создаются при помощи процедурных материалов. Были добавлены только отдельные трещины и сглаживание краев, чтобы сделать 3D-реконструкцию более реалистичной. На рисунке 3 представлена модель дольмена «Усть-Сахрайский» после этапа создания геометрии.

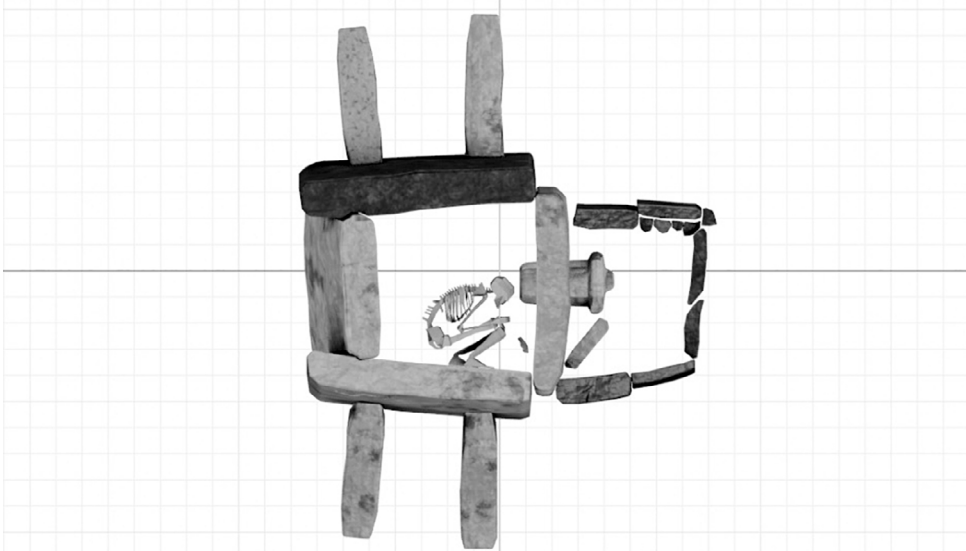


Рис. 3. Модель дольмена «Усть-Сахрайский» без текстур (вид сверху).
Fig. 3. Model of the Ust'-Sakhray dolmen without textures (top view).

Для создания материалов использовался метод процедурного текстурирования. В Blender этот метод реализован при помощи так называемых нодов — блоков, которые, в зависимости от их типа, могут генерировать какие-либо случайные визуальные данные либо преобразовывать и объединять информацию из других нодов. Каждый нод управляется при помощи параметров, которые можно менять для получения нужного результата. На рисунке 4 показан фрагмент структуры нодов, которая использовалась для создания процедурного материала камня в модели дольмена «Гузерибль-1».

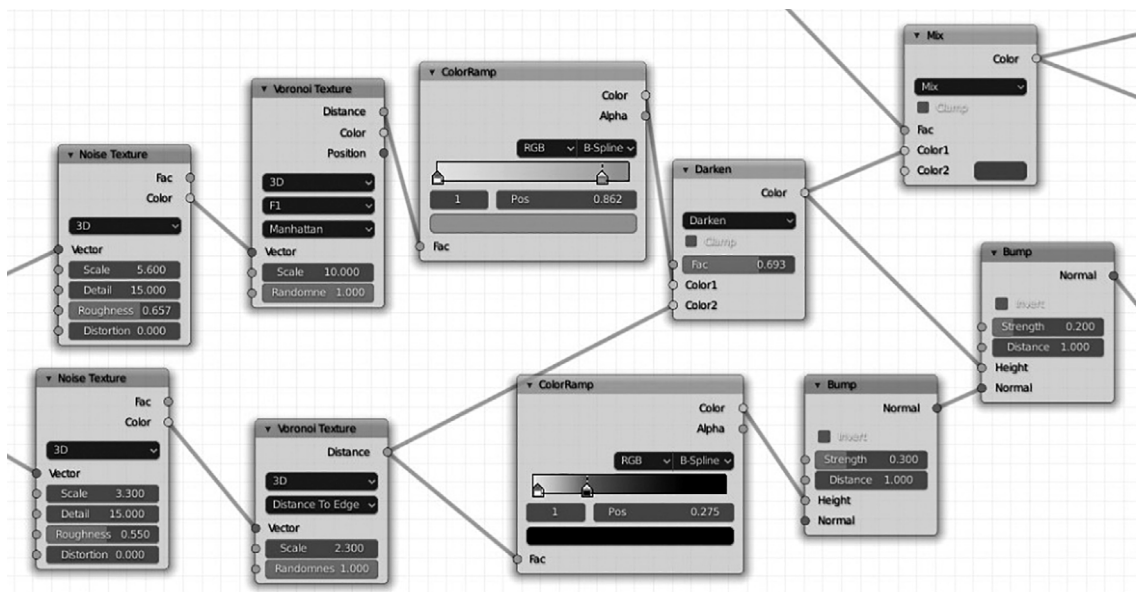


Рис. 4. Процедурный материал камня для модели дольмена «Гузерибль-1».
Fig. 4. Procedural stone material for the «Guzeripl-1» dolmen model.

Процедурные материалы имеют ряд преимуществ: с помощью небольших изменений в нодах можно легко изменить внешний вид всего объекта, благодаря случайной генерации материал выглядит реалистично и может иметь бесконечное множество вариаций. При работе с моделями дольменов использовались ноды типа Normal, которые воссоздают рельеф на поверхности объекта, не меняя его геометрию. Такие ноды позволяют быстро создавать иллюзию объема, имитируя отражение света от деталей, которых на самом деле не существует. При помощи процедурных материалов удалось создать реалистичные текстуры различных видов камня, а также детали в виде мха и неровностей.

После создания 3D-модели ее можно экспортировать из программы Blender для дальнейшего использования. Для демонстрации моделей конечному пользователю мы создали мобильное приложение с дополненной реальностью на движке Unity 3D. С помощью Unity 3D легко создавать приложения для различных типов устройств, в том числе для смартфонов с операционной системой Android [8; 307]. Кроме того, эта программа позволяет подключать сторонние библиотеки для быстрого добавления в приложение различных функций. В нашем проекте использовался плагин для добавления функций дополненной реальности Vuforia. В бесплатной версии плагина возможности ограничены, но их достаточно для создания простого мобильного приложения.

Для того чтобы перенести модели из программы Blender в новый проект, созданный в Unity, их нужно было экспортировать в формате fbx. В этом формате сохраняется только информация о геометрии объекта. Система нодов, используемая для создания текстур в Blender, не поддерживается игровыми движками, поэтому для переноса текстур их необходимо было запекать. Запеканием текстур называется процесс, при котором информация из нодов записывается в статический файл, называемый текстурной картой. В данном случае использовались два типа текстурных карт: тип Diffuse Map, который сохраняет информацию о цвете (его так же часто называют Base Color Map), и Normal Map — содержит информацию о рельефе объекта. На рисунке 5 показаны окончательные варианты текстур Diffuse и Normal, которые можно перенести из приложения Blender в игровой движок.

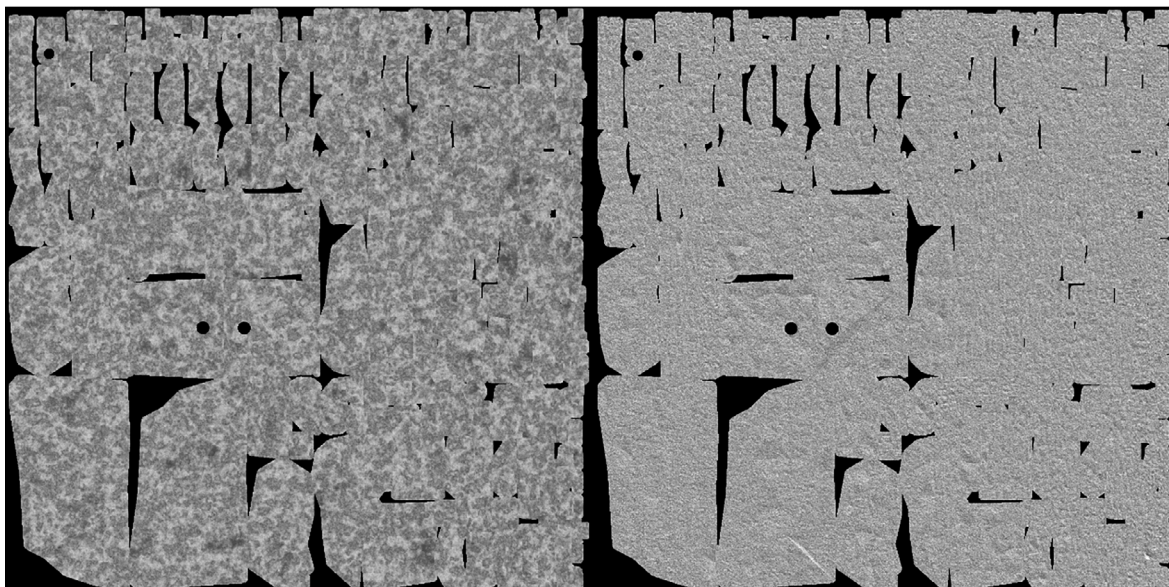


Рис. 5. Текстуры Diffuse Map и Normal Map для дольмена «Гузерипл-1».
Fig. 5. Diffuse Map and Normal Map textures for dolmen «Guzeripl-1».

После запекания текстур и экспорта модели полученные файлы были загружены в проект в Unity 3D. Для каждой реконструкции создавалось по 2 сцены с двумя разными режимами просмотра: AR-режимом и свободным режимом. В AR-режиме модель появляется при наведении камеры на QR-код, сгенерированный специально для этого приложения. Сам код можно найти в разделе с информацией о приложении в меню. AR-камера «запоминает» положение модели относительно QR-кода и окружающего пространства, после чего пользователь может свободно перемещать устройство, чтобы рассмотреть модель с разных ракурсов. В режиме свободного просмотра модель дольмена загружается автоматически на однотонном фоне черного цвета. Для этого пользователю не нужно сканировать QR-код. Кроме того, в этом режиме можно поворачивать и приближать модель при помощи нажатий на экран. Это позволяет пользователю рассмотреть интересующие его детали. Режимы просмотра моделей продемонстрированы на рисунке 6.

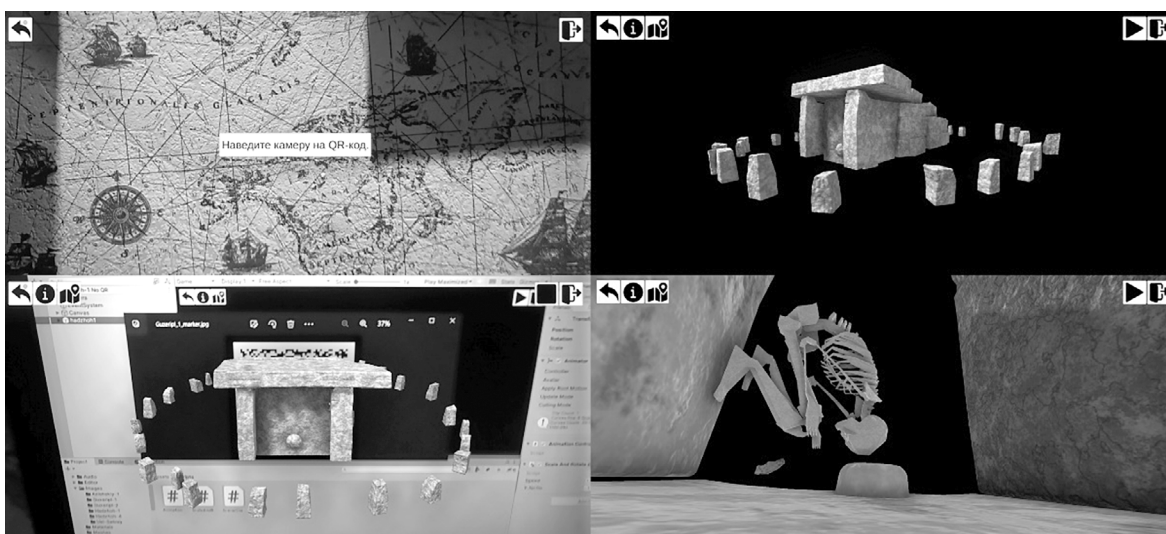


Рис. 6. AR-режим (слева) и свободный режим (справа).
Fig. 6. AR-mode (left) and free view mode (right).

Чтобы сделать модели более интересными для пользователя, каждой из них добавлена анимация, в которой имитируется процесс возведения дольмена с помощью появления и перемещения каменных блоков. На время воспроизведения анимации включается аудиофайл с краткой информацией о мегалитическом памятнике. Для удобства переключения между сценами в приложение добавлено меню со списком сцен и кнопкой, при нажатии на которую выводится информация о приложении. Также сцены дополнены кнопками для совершения различных действий. Есть кнопки для выхода из сцены в меню или из приложения. Одна из кнопок выводит информацию о дольмене в текстовом виде с изображениями, другая — показывает фрагмент карты с его местоположением. Наконец, есть кнопка для управления анимацией: ее остановки и воспроизведения.

Заключение. Таким образом, была проведена 3D-реконструкция 6 дольменов. Полученные модели использованы в мобильном приложении, которое может познакомить туристов и жителей Республики Адыгея с этими древнейшими сооружениями. В настоящее время ведется реконструкция еще 2 дольменов. Эти модели также планируется добавить в приложение, в перспективе доступное для бесплатного использования. В дальнейшем представляется возможным масштабирование проекта с вовлечением большего числа мегалитических памятников с подробной детали-

зацией археологических артефактов, обнаруженных при исследовании дольменов. Кроме того, подобный опыт виртуальной реконструкции может быть применен и к другим памятникам, в том числе полностью утраченным, при наличии источниковой базы для 3D-моделирования.

Примечания:

1. *Бородкин Л.И.* Виртуальная реконструкция монастырских комплексов Москвы: проекты в контексте Digital Humanities // Вестник Пермского университета. Сер.: История. 2014. Вып. 3 (26). С. 107-112.
2. *Бородкин Л.И.* Digital Humanities и виртуальные реконструкции в музейном пространстве // Современные тенденции в развитии музеев и музееведения: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. Новосибирск, 2014. С. 38-49.
3. Виртуальная археология (эффективность методов): материалы Второй Международной конференции, состоявшейся 1–3 июня 2015 года в Государственном Эрмитаже. СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2015.
4. Историко-культурное наследие в цифровом измерении: материалы Междунар. науч. конф. (г. Пермь, 20–22 октября 2021 г.) / Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь, 2021. 210 с. URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/istorikokulturnoe-nasledie-v-cifrovom-izmerenii.pdf>
5. *Джанхот И.Ю., Ловпаче Н.Г.* Новые дольменные памятники Западной Черкесии. Майкоп: Изд-во АГУ, 1999. 59 с.
6. *Марковин В.И.* Дольмены Западного Кавказа. М.: Наука, 1978. 328 с.
7. Мегалитические памятники Республики Адыгея / науч. ред. Н.Г. Ловпаче. Майкоп: Адыгея, 2001. 104 с.
8. *Хокинг Джозеф.* Unity в действии. Мультиплатформенная разработка на C#. СПб.: Питер, 2016. 336 с.

References:

1. *Borodkin L.I.* Virtual reconstruction of Moscow monastery complexes: Projects in the context of Digital Humanities // Bulletin of Perm University. Ser.: History. 2014. Issue. 3(26). P. 107-112.
2. *Borodkin L.I.* Digital Humanities and virtual reconstructions in the museum space // Modern trends in the development of museums and museology: Proceedings of the II All-Russian scient. and pract. conference. Novosibirsk, 2014. P. 38-49.
3. Virtual archaeology (effectiveness of methods): Proceedings of the Second International Conference held on 1-3 June 2015 at the State Hermitage Museum. SPb.: State Hermitage Publishing house, 2015.
4. Historical and cultural heritage in digital dimension: Proceedings of the International scientific conference (Perm, 20-22 October 2021) / Perm State National Research University. Perm, 2021. – 210 pp. URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/istorikokulturnoe-nasledie-v-cifrovom-izmerenii.pdf>.
5. *Dzhankhot I.Yu., Lovpache N.G.* New dolmen monuments of Western Circassia. Maykop: ASU Publishing House, 1999. 59 pp.
6. *Markovin V.I.* Dolmens of the Western Caucasus. M.: Nauka, 1978. 328 pp.
7. Megalithic monuments of the Republic of Adygheya / scient. ed. by N.G. Lovpache. Maykop: Adygheya, 2001. 104 pp.
8. *Hawking Joseph.* Unity in action. Multiplatform game development in C#. SPb.: Piter, 2016. 336 pp.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Статья поступила в редакцию 06.04.2023; одобрена после рецензирования 18.04.2023;
принята к публикации 25.04.2023.
The authors declare no conflicts of interests.
The paper was submitted 06.04.2024; approved after reviewing 18.04.2023;
accepted for publication 25.04.2023.

© З.А. Цеева, М.В. Алиев, В.Р. Свистунова, В.А. Зюба, 2023