

## Раздел 1. Градостроительство

УДК: 719, 721.021

### ПРИНЦИПЫ 3D РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ АНТИЧНОГО ПЕРИОДА НА ПРИМЕРЕ ГРЕКО-СКИФСКОГО ГОРОДИЩА КАЛОС ЛИМЕН В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ

Живица<sup>1</sup> В.В., Эрайзер<sup>2</sup> А.А.

Институт «Академия строительства и архитектуры», ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»  
295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181  
E-mail: <sup>2</sup>naten.anastasia@gmail.com

**Аннотация.** В статье подобраны и проанализированы научные литературные источники, архивные данные и отчёты о полевых работах археологов, касающихся вопросов изучения, сохранения и 3D реконструкции объектов культурного наследия. Осуществлён анализ истории развития и современного состояния греко-скифского античного городища Калос Лимен в пгт Черноморское в Республике Крым. Проведён анализ мирового опыта 3D реконструкции археологических памятников, на основании которого сформулированы принципы 3D реконструкции и даны практические рекомендации по их применению. Предложена экспериментальная 3D модель части городища Калос Лимен.

**Предмет исследования:** 3D реконструкция объектов культурного наследия (руинированных памятников архитектуры и градостроительства).

**Материалы и методы:** решение задач исследования осуществлялось при помощи анализа научных, литературных и архивных источников; интернет поиска и анализа примеров 3D реконструкции объектов культурного наследия. При осуществлении 3D реконструкции используются экспериментальное моделирование и макетирование.

**Результаты:** На основании анализа научных литературных трудов по теме исследования, а также существующего опыта 3D реконструкции архитектурных памятников, сформулированы принципы и рекомендации для осуществления визуализации руинированного архитектурно-градостроительного памятника Калос Лимен. 3D модель части памятника создана на основании анализа градостроительного развития городища и существующих вариантов 3D реконструкции памятника. В дальнейших исследованиях авторы продолжат разработку данной темы для уточнения модели, а также рассмотрят варианты 3D реконструкции греко-скифского городища Калос Лимен по периодам существования объекта.

**Выводы:** Итогом исследований стал ряд принципов и рекомендаций, направленных на создание с помощью поэтапной работы в профессиональных архитектурных программах 3D моделей объектов культурного наследия. Реализация и использование 3D моделей архитектурных памятников в деятельности музеев, туристических порталах, рекламных видеороликах, TV-программах может способствовать популяризации отдельных объектов культурного наследия и региона в целом, привлечению инвесторов, туристов и всех тех, кто интересуется вопросами сохранения объектов культурного наследия.

**Ключевые слова:** 3D реконструкция, объект культурного наследия, памятник архитектуры, памятник археологии, античное городище, Калос Лимен.

## ВВЕДЕНИЕ

Вопрос о сохранении памятников историко-культурного наследия России и всего мира, всё чаще поднимался в последние 100 лет, а в настоящее время чрезвычайно актуален. Сооружения были подвержены воздействию различного вида природных катаклизмов, страдали от войн и следовавших за ними переделов территорий, смены режимов власти, религий и мировоззрений. В настоящее время памятники по-прежнему находятся под угрозой деформации и разрушения не только из-за внутренних факторов (возраста конструкций, расположения на активном рельефе пр.), но и из-за многих других, индивидуальных для разных регионов или стран внешних факторов – недостаточное финансирование, локальные конфликты, политические и экономические факторы, рост производства, неэффективная градостроительная политика и прочие.

Таким образом с каждым годом количество уникальных объектов культурного наследия

уменьшается, народы и страны теряют ценный невозобновляемый ресурс, который можно было бы использовать не только в туристической отрасли, развивая экономику, но и в первую очередь – в сфере образования и патриотического воспитания.

В этой связи 3D-реконструкции историко-культурных сооружений может рассматриваться как один из приёмов решения проблем музеефикации. Так можно не только зафиксировать современное состояние архитектурных и градостроительных объектов для последующих поколений, но и смоделировать вариации различных этапов существования памятника для научно-исследовательских и образовательных целей [30].

Сегодня осознан высочайший потенциал памятников архитектуры и градостроительства, а также необходимость сохранения, популяризации и современного использования объектов культурного наследия как одного из важнейших ресурсов экономики. Полная или частичная утрата таких объектов приведёт к духовному оскудению и разрывам исторической памяти населения. [31]. Для многих объектов культурного наследия не

разработаны проекты охранных зон, в связи с чем территории вокруг памятников застраиваются, нарушаются визуальные связи, разрушается исторически сформированный ландшафт.

**Цель исследования:** разработать принципы и рекомендации по 3D реконструкции объектов культурного наследия (руинированных памятников архитектуры и градостроительства).

**Задачи исследования:**

- изучить научную литературу, архивные данные, исторические справки, отчёты об археологических исследованиях;
- изучить существующие методики 3D-реконструкции объектов культурного наследия;
- сформулировать принципы и рекомендации 3D-реконструкции объектов культурного наследия прибрежных территорий приморских населенных пунктов на примере историко-археологического музея-заповедника Калос Лимен;
- проследить градостроительное развитие античного греко-скифского поселения Калос-Лимен;
- предложить экспериментальную 3D модель части городища Калос-Лимен.

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Фундаментальными исследованиями греко-скифского городища Калос-Лимен занимались на разных периодах существования поселения: А.И. Шмаков (1837-1838 гг.) [1], Л.А. Моисеев и П.Н. Шульц (кон. 30-х до нач. 40-х гг. XX в.) [2-8], М.А. Наливкина, Г.Д. Смирнов (евпаторийский отряд Тавро-Скифской экспедиции в 1948, 1950 гг.) [9-11], М.Л. Бернар (отряд Советско-Польской экспедиции 1959 г.) [12], А.Н. Шеглов (тарханкутская экспедиция 1962-1966) [13-15], В.А. Кутайсов, В.Б. Уженцев (с 1988 г. по 2015 г.) [16-18].

Итогом этих работ было решение вопросов хронологии, стратиграфии, раскрыты отдельные жилые и хозяйственные постройки, установлен характер планировочной структуры эллинистического Калос Лимена, назначены охранные зоны и другое. В настоящее время значительная часть города изучена не в полной мере. Однако, даже меньшая открытая часть дала ценные материалы по истории Крыма.

Вопросы 3D реконструкции с использованием BIM технологий и иных видов компьютерных программ по воссозданию объектов культурного наследия рассматривают К.Б. Косенкова [19], Л.И. Бородин, Д.И. Жеребятёв [20], В.А. Горончаровского, Ю.А. Виноградова, В.Б. Мартирова, С.В. Швембергер [21], И.Н. Рудов, Н.О. Пиков [22].

Анализ публикаций свидетельствует о том, что вопрос 3D реконструкции объектов культурного наследия в границах прибрежной полосы чрезвычайно актуален и должен быть изучаем и обсуждаем специалистами в разных сферах

деятельности (градостроителями, архитекторами, историками, инженерами, технологами и т.д.).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе проанализированы теоретические и практические материалы, касающиеся темы исследования, сделаны выводы. В процессе подбора материалов по теме публикации и последующего анализа полученных результатов применены методы: дедукции, теоретического анализа и синтеза, метод аналогии. При осуществлении 3D реконструкции греко-скифского городища Калос Лимен используются экспериментальное моделирование и макетирование в программах: ArhiCAD и Lumion.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Объектами культурного наследия всегда дорожили, ими гордились местные жители, изучали специалисты исторического и архитектурного профилей, посещали туристы. Поэтому сохранение архитектурного наследия – важная задача современного государства, народа, общества. Сегодня в стратегических целях развития Российской Федерации, сохранение и популяризация культурного наследия является одним из главных приоритетов социальных и градостроительных программ, как необходимой составляющей устойчивого развития общества [27]. В условиях глобальной урбанизации, градостроительные нормативы зачастую нарушаются. При отсутствии историко-архитектурного опорного плана и утверждённых зон охраны археологических памятников, города могут утратить не только уникальные памятники – материальные свидетельства проживания на крымской территории древних народов, но и потерять архитектурно-градостроительную индивидуальность города, региона, государства в целом [28].

Довольно часто остатки древних сооружений находятся непосредственно на городских территориях, соседствуя с жилыми кварталами и объектами инфраструктуры, или находятся под ними. В этой связи, а также по ряду других внешних и внутренних факторов, музеефикация подобных объектов зачастую затруднительна или невозможна [23].

Поэтому метод 3D макетирования, как средство сохранения и популяризации объектов культурного наследия (прежде всего утраченных или значительно руинированных) приобретает всё большую популярность. Виртуальные и объёмные 3D модели используют в музейных презентациях, при создании документальных исторических фильмов, в качестве визуализации аутентичного вида памятника архитектуры и т.п. Также сохранение объекта культурного наследия в качестве 3D модели часто может быть

единственным способом сохранения информации о памятнике. Изучение археологических объектов влечёт за собой нарушение целостности окружающей памятник ландшафтной среды, сформированной на протяжении столетий. В этой связи объект изучения археологов попадает под негативное влияние разрушающих природных и антропогенных факторов (кислотные дожди, вибрационное воздействие, нарушение структуры почв, в которых находится памятник и пр.). Таким образом, изучение неизбежно влечёт за собой риск ускоренной деформации и разрушения. Виртуальная 3D реконструкция, смоделированная в момент открытия раскопа памятника, сохранит вид памятника в наилучшей сохранности. Впоследствии такая модель может быть применена не только в качестве образовательного и популяционного материала, но и как наглядное пособие для уточнения научных разработок по изучению объекта археологии [29].

В свою очередь виртуальная реконструкция объектов культурного наследия должна базироваться на научно-исследовательской работе, подборе архивных чертежей и аналогов. Все решения по конструктивной системе, архитектурно-художественных приёмах, использованию архитектурных деталей, орнаментов и пр. архитектурных элементов должно быть научно обосновано и подтверждено исследованиями. Поэтому для 3D реконструкции руинированных архитектурно-градостроительных памятников античного периода, по которым не сохранились первоначальные чертежи, фотографические данные, необходима разработка методологии, которая поможет выработать алгоритм действий по 3D моделированию с учётом особенностей и индивидуальных характеристик каждого памятника.

Также при реализации 3D модели, как итогового, завершающего этапа исследования какого-либо объекта, огромное значение имеет качество

визуализации. Ценным инструментом программного обеспечения является возможность выбора подачи графики: элементам реконструируемых объектов могут быть заданы любые текстуры и характеристики. Это дает возможность более детального пошагового построения, например, отображения различных стадий строительства или этапов существования памятника [29].

3D моделирование позволяет разработчику в AutoCAD, ArhiCAD, 3D Max и других программах создать в реальном времени интерактивную реконструкцию памятника архитектуры и градостроительства. Помимо самой 3D модели, можно создать ряд дополнений: смоделировать особенности формирования и развития объекта, разместить дополнительную справочную информацию и т.д. [30].

Попытки графической реконструкции археологических объектов Северного Причерноморья предпринимались с послевоенных времен. Их выполняли, в основном, археологи, историки – С.Д. Крыжицкий, А.Н. Щеглов, И.А. Антонова (с помощью художника А.Ф. Снежкиной). Специалисты, занимающиеся изучением того или иного объекта, использовали виртуальную реконструкцию, как вспомогательный инструмент своего исторического исследования и аналитической работы [31].

Рассмотрим несколько примеров, демонстрирующих возможности 3D моделирования.

Первый пример – один из международных проектов виртуальной лаборатории всемирного наследия (Virtual World Heritage Laboratory, University of Virginia), представляющий собой виртуальную реконструкцию Древнего Рима «Rome Reborn» – Возрожденный Рим (рис. 1). Данная модель представляет собой цифровую карту местности, охватывающую 250 детализированных и 6750 схематических построек древнего города [31].



**Рис. 1.** Римский форум (слева), Ресурс Google Earth. Колизей (справа)  
**Fig. 1.** The Roman Forum (left); Google Earth resource. Colosseum (right)

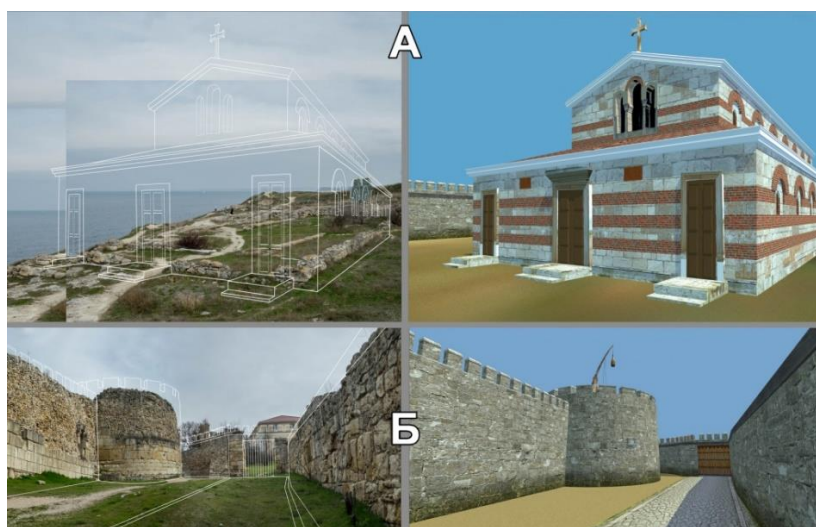
Проект является успешным примером популяризации культурного наследия Италии, так как созданная модель была импортирована в ресурс Google Earth, и является общедоступной для всех пользователей сети «Интернет».

Второй пример – виртуальная 3D реконструкция городища Херсонеса Таврического (г. Севастополь).

Данный проект охватывает все строения музейного комплекса. Создание моделей осуществлялось на основании научных исследований. Также применялся метод аналогий для тех зданий и сооружений, сохранность которых не позволяет восстановить их аутентичный внешний вид по сохранившимся фрагментам. (рис. 3) [29].



**Рис. 2.** «Пещерный храм» в III квартале. Процесс создания 3D реконструкции по чертежу (слева); процесс создания 3D реконструкции одноэтажной базилики, продольный разрез (справа)  
**Fig. 2.** "Cave temple" in the III quarter. The process of creating 3D reconstruction according to the drawing (left); the process of creating a 3D reconstruction of a one-story basilica, longitudinal section (right)



**Рис. 3.** Прорисовка контуров реконструируемого объекта на фотографии (слева); Реконструированный объект в том же ракурсе (справа). А – Восточная базилика на площади Парфенон. Б – въездные ворота в протейхизму у башни XVII  
**Fig. 3.** Drawing the contours of the reconstructed object in the photo (left); A reconstructed object in the same perspective (right).  
 А - The Eastern Basilica on the Parthenon Square. В - entrance gate to proteichism at Tower XVII

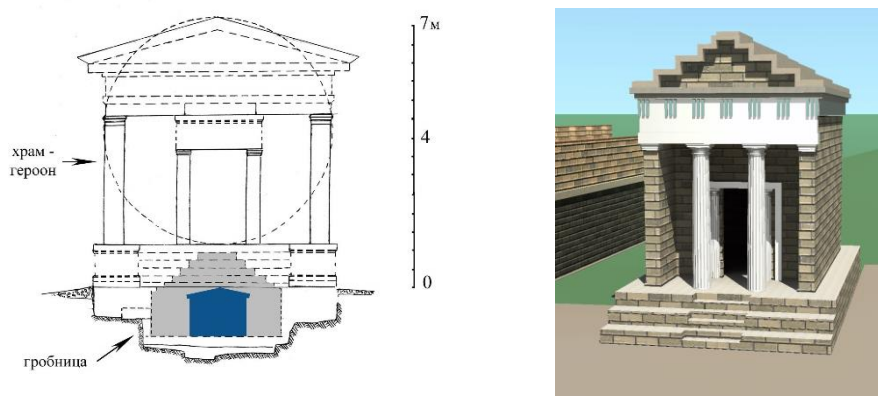
Следующий проект 3D реконструкции был выполнен в рамках телевизионного проекта «Возрождение миров – Скифский дворец» (Автор программы, режиссёр: Симоненко Д.; эксперты: Зайцев Ю.П., директор историко-археологического музея заповедника Неаполь скифский, Нагаева З.С., доктор архитектуры, профессор; 3D-моделирование, архитектурный дизайн: Живица В.В., старший преподаватель кафедры градостроительства, Института «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского»; Телеканал: Первый крымский) [Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=MVGpx1U8RY0> – открытый].

С помощью компьютерной графики была осуществлена визуализация гробницы Аргота – героона, которая была построена на территории города Неаполь скифский, за центральными

воротами перед порталом царского дворца (ориентировочно 135-130 гг. до н. э.).

В качестве основного модуля для воссоздания внешнего вида была взята капитель дорического ордера, найденная возле объекта реконструкции и являющаяся его частью. В настоящее время героон представляет собой выбитый в скальной породе бассейн, в который некогда был помещён саркофаг скифского правителя. Используя параметры капители и зная пропорции дорического ордера, можно приблизительно восстановить высотные габариты объекта, диаметр и высоту колонн, а также пропорции фриза, карниза и фронтона. По методу аналогии возможна 3D реконструкция всего внешнего вида сооружения.

В результате проведённой аналитической работы и консультаций с Зайцевым Ю.П., были уточнены пропорции героона и воссоздан предполагаемый внешний вид сооружения (рис. 4).



**Рис. 4.** Героон Аргота. – чертёж, выполненный Зайцевым Ю.П. (слева); 3D реконструкция Живицы В.В. (справа)  
**Fig. 4.** Heroon Argot. – a drawing made by Zaitsev Yu.P. (left); a 3D reconstruction of Zhivitsa V.V. (right)

Конечно же многие параметры, архитектурные детали и конструктивные особенности не удастся восстановить в первоначальном виде, так как осталось слишком много неизвестных: какова была ширина дверного проёма, толщина стены, конструкция крыши, был ли героон украшен какими-либо архитектурными деталями, какие материалы использовались при его строительстве? Но даже в существующем виде, данную 3D модель можно использовать в воссоздании объёмного образа города. Для представления композиционной организации Неаполя скифского и изучения пространственно-ландшафтного развития населённого пункта.

Таким образом методология создания 3D модели объекта культурного наследия выбирается для каждого проекта индивидуально, учитывая желаемый конечный результат, который необходимо получить: перспективное изображение реконструкции в виде статичной иллюстрации или объёмную 3D модель, с которой можно взаимодействовать (поворачивать, создавать траектории движения посетителей, моделировать определённые процессы, влияющие на объект).

На основании проведённых исследований авторами сформулирован ряд принципов и рекомендаций 3D-реконструкции объектов культурного наследия (табл. 1).

**Таблица 1.** Принципы и рекомендации по 3D-реконструкции объектов культурного наследия  
**Table 1.** Principles and recommendations for 3D reconstruction of cultural heritage sites

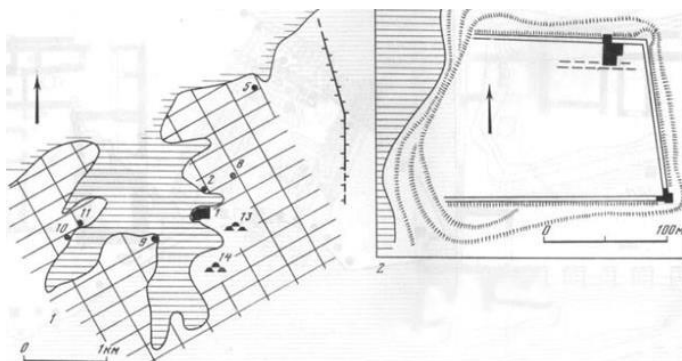
Принципы	Рекомендации
1. Принцип исторической достоверности / Принцип визуальной аутентичности материалов, конструкций, архитектурно-художественных решений	Создание 3D модели памятника архитектуры должно базироваться на научных фактах о внешнем виде, материалах, конструктивных особенностях реконструируемого здания или сооружения.
	При создании 3D модели может использоваться метод аналогии. Для зданий и сооружений одного периода, возведённых в одинаковых условиях возможно научно-обоснованное заимствование архитектурных и конструктивных решений.
	В 3D модели необходимо визуально выделять аутентичные фрагменты от добавляемых реконструктором. Компьютерные средства визуализации позволяют назначать этим фрагментам различные текстуры и цвет или маркировать новые включения с помощью условных обозначений.
2. Принцип создания качественной 3D модели	3D реконструкцию памятника архитектуры необходимо создавать в несколько последовательных этапов:
	1. Формирование модели: - Применение технологий 3D сканирования и дальнейшая обработка и редактирование полученной модели объекта. - Применение современных профессиональных программ, позволяющих создавать на основании плоскостных чертежей объёмную модель. Наиболее популярны и распространены следующие программы: ArchiCAD, AutoCAD, SketchUp, 3D Max и др.  Примечание: метод 3D сканирования наиболее точный в отношении моделирования зданий или сооружений с утратами и деформациями. В перечисленных во втором пункте программах можно создать лишь грубую модель, но визуализация мелких деталей, утрат, трещин, повреждений и пр., требует значительных трудозатрат и времени.
	2. Редактирование 3D модели и рендеринг в программах для архитектурной визуализации: 3ds Max, Artlantis Studio, Twinmotion, Lumion и др. 3. В зависимости от желаемого конечного результата, могут применяться и другие компьютерные программы, нацеленные на создание более сложных моделей или видео, добавления различных эффектов и пр.

3. Принцип создания ландшафтного окружения	Одной из зон охраны объектов культурного наследия является зона охраняемого культурного ландшафта. Однако в условиях сформированной и постоянно развивающейся городской застройки, её выделение и назначение не всегда возможно. Поэтому создание виртуальной 3D модели – единственный шанс смоделировать предполагаемое ландшафтное окружение памятника, не загромождённое современными постройками, рекламными щитами, парковками автомобилей и пр.
4. Принцип отражения этапов развития объекта культурного наследия	В создании виртуальной 3D модели есть весомое преимущество перед созданием материального, вещественного макета: в компьютерных программах можно смоделировать существование объекта на разных этапах его существования, а также визуализировать влияние тех или иных факторов на развитие или деградацию исследуемого объекта. Эти визуализации можно демонстрировать в качестве последовательных статичных 3D видов, взрыв-схем, видеороликов с объёмными, сменяющимися друг друга архитектурными и градостроительными объектами и т.п. Таким образом создаётся наглядная модели развития и видоизменения объекта археологии в течение определённого периода времени. Данные материалы могут быть полезны как для исследователей памятников, так и для людей, интересующихся историей, архитектурой и градостроительством, стремящихся разобраться в процессах зарождения, развития и упадка древних городов.

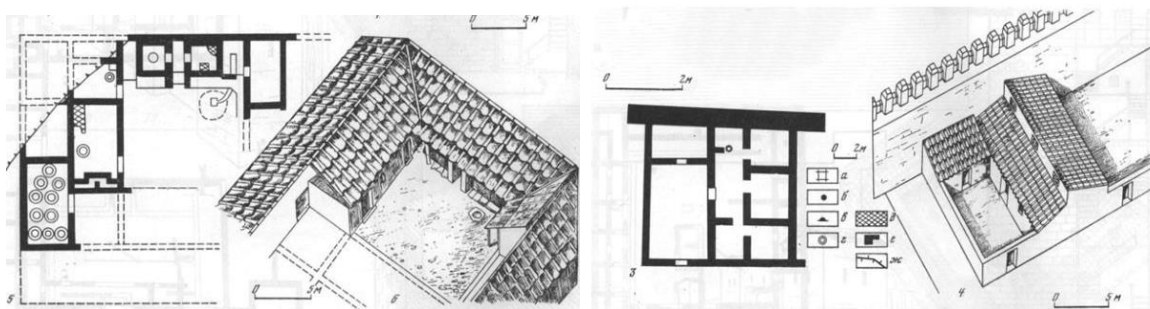
Калос Лимен (с греч. – Прекрасная Гавань) – крупнейший античный город Западного Крыма, основанный в IV в. до н.э. греками-ионийцами и сохранявший важнейшее значение как гавань и торгово-ремесленный центр вплоть до первых веков нашей эры. Это один из ценнейших памятников древнегреческой и скифской культуры, о которых в свое время упоминали многие античные и средневековые авторы: Геродот [30], Страбон [31], Флавий Арриан [32] и другие.

Площадь Калос Лимена составляла около 4 га, а вокруг него в пределах 2 км располагались земли

сельскохозяйственного назначения (хора). Земельные наделы города имели около 8,8 га. (рис. 5). На них располагались усадьбы двух типов – круглые жилые башни и дома замкнутого плана с внутренним двором. Одна из таких усадеб была найдена неподалеку от городища, у бухты Ветреной. Это была прямоугольная в плане постройка с центральным двориком, вокруг которого в один или два ряда шли жилые и хозяйственные помещения (рис.6) [24].



**Рис.5.** Следы древнего размежевания  
**Fig.5.** Traces of ancient demarcation



**Рис.6.** Пример жилого дома в Прекрасной гавани (реконструкция А.Н. Щеглова)  
**Fig.6.** An example of a residential building in a beautiful harbor (reconstruction of A.N. Shcheglov)

Вокруг города в IV веке до н. э. была возведена крепостная стена. Это фортификационное сооружение дополнялось башнями с прямыми

углами. Внутри крепости можно было попасть через ворота (рис. 7).



**Рис.7.** Северные ворота Калос Лимен  
**Fig.7.** The northern gate of Kalos Limen

За время существования город подвергался частым набегам скифских и сарматских кочевых племён, вследствие чего Калос Лимен постоянно

укреплял фортификационные сооружения (рис. 8). Также была возведена многобашенная цитадель, контролирующая вход в бухту. [28]



**Рис.8.** Фундаменты сторожевых башен Калос Лимен  
**Fig.8.** Foundations of the Kalos Limen watchtowers

Греки построили свой город по гипподамовой системе, которая предполагала ровные, расположенные перпендикулярно друг другу дороги. Через весь город проходила центральная улица. Однако, после захвата Калос Лимена скифскими племенами, архитектурно-планировочные принципы застройки города изменились – новые улицы пролагались по рельефу, а стены зданий и сооружений часто были кривыми [25].

Под конец IV в. до н. э. город, обратившись за помощью к Херсонесу Таврическому, попадает под сферу его влияния. В III в. до н. э. после очередных нападений кочевников, жители укрепляют город дополнительными фортификационными строениями. Но несмотря на все усилия, скифы стали хозяевами полиса со II в. до н. э. [25].

Дальнейшая судьба крепости связана с внешнеполитической деятельностью Херсонеса Таврического. После того как жители Херсонеса попросили военной помощи у Понтийских царей, Калос Лимен был отвоеван у скифов армией Диофанта. Однако находясь в составе Херсонеса Таврического, он постепенно приходит в упадок.

Достаточно долго археологам не удавалось обнаружить полис, упоминаемый многочисленными путешественниками того времени. Лишь относительно недавно ученые обратили внимание на явно рукотворный холм, оказавшийся 16-и метровой защитной башней. С 1929 года начались систематичные раскопки и изучение памятника. В 1997 году на базе городища Калос-Лимен был создан Историко-археологический музей-заповедник «Калос-Лимен» (рис. 9) [26].



**Рис. 9.** Рекламный плакат, расположенный на территории Историко-археологического музея-заповедника Калос Лимен. 2D реконструкция возможного внешнего вида фортификационных сооружений (реконструкция А.Н. Щеглова)  
**Fig. 9.** An advertising poster located on the territory of the Historical and Archaeological Museum-Reserve Kalos Limen. 2D reconstruction of the possible appearance of fortifications (reconstruction of A.N. Shcheglov)

Таким образом выделяют несколько этапов существования Калос Лимена:

- 1) в период с IV века до н.э. - конец IV века до н.э. строительство и развитие города греками-ионийцами;
- 2) в период с конца IV века до н.э. II в до н.э. Калос Лимен под влиянием Херсонеса Таврического;
- 3) II век до н.э. Калос Лимен завоёван скифскими племенами и становится одним из стратегически важных портов Скифского государства;
- 4) конец II века до н.э. – начало I века до н. э. Калос Лимен отвоёван греками под руководством полководца Диофанта;
- 5) середина I века до н. э. – конец I века до н. э. Калос Лимен вновь попадает под власть скифов;
- 6) в конце I века до н. э. Калос Лимен уничтожен сарматскими племенами [25].

На основании проведённого в статье анализа, а также руководствуясь приведёнными выше 2D реконструкциями, была разработана экспериментальная 3D модель части городища Калос Лимена. С помощью компьютерной графики воссоздан предполагаемый внешний вид крепостных стен и башен (рис. 10).

Визуализация выполнена таким образом, чтобы показать существующие фрагменты стен максимально отобразив аутентичный материал и конструкцию каменной кладки. Все восстанавливаемые фрагменты зданий и сооружений выполнены в виде полупрозрачных проволочных конструкций. Таким образом зритель может видеть внешний вид восстановленной крепости, но в то же время визуальнo отделять реально существующую кладку стен от предлагаемой экспериментальной 3D модели.



**Рис. 10.** Экспериментальная виртуальная 3D реконструкция части историко-археологического музея-заповедника Калос Лимен  
**Fig. 10.** Experimental virtual 3D reconstruction of a part of the Historical and Archaeological museum-reserve Kalos Limen

Данная модель создана по существующим архитектурно-градостроительным фрагментам без учёта строительной периодизации. Однако, возможности компьютерной визуализации предполагают моделирование объекта реконструкции по отдельно взятым периодам существования городища. Такая модель может наглядно показать все этапы существования памятника: последовательные периоды развития и деградации архитектурно-градостроительной культуры, а также упадок Калос Лимена.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании анализа научных литературных трудов по теме исследования, а также существующего опыта 3D реконструкции архитектурных памятников, сформулированы принципы и рекомендации для осуществления визуализации руинированного архитектурно-градостроительного памятника Калос Лимен.

3D модель части памятника создана на основании анализа градостроительного развития городища и существующих вариантов 3D реконструкции памятника.

В дальнейших исследованиях авторы продолжают разработку данной темы для уточнения модели, а также рассмотрят варианты 3D реконструкции греко-скифского городища Калос Лимен по периодам существования объекта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шамаков, А.И. История исследования античных памятников Северо-Западного Крыма (начало, ч.1) Историко-археологический музей-заповедник Калос Лимен [Электронный ресурс] / А.И. Шамаков // Режим доступа: <http://kaloslimen.org/ru/arheologicheskie-ekspeditsii/istorija-issledovaniya-antichnyh-pamjatnikov-severo-zapadnogo-kryma.html> - открытый.
2. Моисеев, Л.А. Отчет о раскопках в Евпатории 1929 г. [Текст] // Л.А. Моисеев / НА ИИМК РАН. Ф. 2. Оп. 1, 1930. Д. 130.
3. Моисеев, Л.А. Херсонес Таврический и раскопки в Евпатории в 1917 г. [Текст] // Л.А. Моисеев / ИТУАК. 1918. № 54.
4. Шульц, П.Н. О работах Евпаторийской экспедиции [Текст] // П.Н. Шульц / СА. 1937. № 3.
5. Шульц, П.Н. Евпаторийский район [Текст] // П.Н. Шульц / Археологические исследования в РСФСР. 1934-1936 гг. М.-Л. – 1941.
6. Шульц, П.Н. Дневник полевых исследований 1933 г. [Текст] // П.Н. Шульц / Материалы к археологической карте Крыма. Вып. III. Симферополь, – 2010.
7. Шульц, П.Н. Дневник археологических разведок в Евпаторийском и Акмечетском районах Крымской АССР в 1933 г. [Текст] // П.Н. Шульц / НА ИИМК РАН. Ф. 2. Оп. 1, – 1933. – 139 с.
8. Шульц П.Н. Евпаторийская экспедиция 1933-1934 гг. [Текст] // П.Н. Шульц / НА ИИМК РАН. Ф. 2. Оп. 1, – 1934. – 202 с.
9. Смирнов, Г.Д. Раскопки скифского кургана близ городища Калос Лимен [Текст] // Г.Д. Смирнов / ВДИ. – 1952. № 4.
10. Наливкина, М.А. Северо-западное побережье Крыма в эпоху античной колонизации [Текст] // М.А. Наливкина / Проблемы истории докапиталистических обществ. 1934. № 9-10.
11. Наливкина М.А. О некоторых памятниках античной эпохи Северо-Западного Крыма [Текст] // М.А. Наливкина / СА. 1940. № 6.
12. Bernhard M.-L. Kalos Limen: Fouilles Polonaises en Cremie, URSS 1959 // Bulletin du Musee de Varsovie. – 1961. – № 2. – С. 3-10.
13. Щеглов А.Н. Отчет о разведках 1959 г. на территории Западного Крыма [Текст] // А.Н. Щеглов / НА НЗХТ. – 838 с.
14. Кутайсов, В.А. Уженцев В.Б. Некоторые итоги изучения Калос Лимена [Текст] // В.А. Кутайсов / Проблемы археологии Северного Причерноморья. – Херсон, 1991. – С. 86-92.
15. Кутайсов В.А. Уженцев В.Б. Восточные ворота Калос Лимена. [Текст] // В.А. Кутайсов / СЗКАЭ. – Киев: Наук. думка, 1994. – С. 40-44.
16. Уженцев В.Б. Калос Лимен в I в. до н.э. – начале II в. н.э. (общий обзор) [Текст] // В.Б. Уженцев / Поздние скифы в Крыму // Поздние скифы Крыма. – Труды ГИМ. – Вып. 118. – М., 2001. – С. 156-166.
17. Уженцев В.Б. Фортификация цитадели Калос Лимена эллинистического периода [Текст] // В.Б. Уженцев / ХС. – 2004. – Вып. XIII. – С. 250-264.
18. Уженцев В.Б. Калос Лимен по материалам раскопок 1988 – 1994 гг. [Текст] // В.Б. Уженцев, В.А. Кутайсов / АПМНП. – Севастополь, 1995. – С. 157-163.
19. Косенкова, К.Б. Современные тенденции использования 3D-реконструкций памятников историко-культурного наследия // Вестник ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина. 2014. №2. – С. 218-225
20. Бородин, Л.И. Современные тенденции в разработке виртуальных реконструкций объектов историко-культурного наследия: международный опыт [Текст] // Л.И. Бородин, Д.И. Жеребятьев // Виртуальная реконструкция историко-культурного наследия в форматах научного исследования и образовательного процесса. – Издательство: Сибирский федеральный университет (Красноярск). 2012. – С.10-30.
21. Горончаровский, В.А. Опыт виртуальной реконструкции архитектурных памятников античного Боспора [Текст] // В.А. Горончаровский, Ю.А. Виноградов, В.Б. Мартиров и С.В. Швемберггер / сборник научных статей Сибирский федеральный университет, Ассоциация "История и компьютер". – 2012. – С. 109-134.
22. Рудов, И.Н. Особенности построения трехмерной сцены виртуальной реконструкции; технологии и методы визуализации в реальном

времени [Текст] / И.Н. Рудов, Н.О. Пиков // Виртуальная реконструкция историко-культурного наследия в форматах научного исследования и образовательного процесса. – Издательство: Сибирский федеральный университет (Красноярск). 2012. – С. 135-152

23. Живица, В.В. Музеефикация археологических памятников в черте города [Текст] / В. Живица // Строительство и техногенная безопасность. – 2019. №15. – С. 37-50

24. Античные государства Северного Причерноморья [Электронный ресурс] // Серия: Археология СССР. Т. 9. – М.: 1984. – 392 с. – Режим доступа: URL: <http://www.evpatori.ru/antichnyegosudarstva-severnogo-prichernomor'ya.html> (дата обращения 12.01.2022).

25. Крымкрымкрым.ru. Калос Лимен: процветающий город с трагической историей [Электронный ресурс] // Статья / Режим доступа: URL: <https://krymkrymkrym.ru/kalos-limen-protsvetauyushchiy-gorod-s-tragicheskoy-istoriyey> (дата обращения 12.01.2022).

26. zen.yandex.ru. Древний город Калос-Лимен [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5d612af02f4ad700ac2e5e3436dc10e48f03b9e2b9ba> (дата обращения 12.01.2022).

27. Меметова, Т.Д. Исторический ареал города – путь к возрождению [Текст] / Т. Д. Меметова, А.В. Кучер. // Строительство и техногенная безопасность. 2017. №6. – С. 21-25.

28. Сидорова, В.В. Исторические города России: вопросы сохранения, развития и творческого планирования [Текст] / В.В. Сидорова // Строительство и техногенная безопасность. 2018. – №10. – С. 7-20.

29. Хапаев, В.В. Компьютерная 3D реконструкция античного и средневекового города Херсонес Таврический: опыт, проблемы и перспективы [Текст] / Хапаев В.В., Бацура И.В. // Историческая информатика. – 2018. – № 4. – С. 39-56.

30. Мищенко, Ф. Г. Геродот. История в девяти книгах. [Текст] / Ф. Г. Мищенко // Т. I-IX Перевод Г. А. Стратановского, – Л.: 1972. – 600 с.

31. Страбон (ок. 63 до н.э.- ок. 24 н.э.). География: В 17 кн. / Пер. [с греч.], С. 775-790] и коммент. Г. А. Стратановского; Под общ. ред. С. Л. Утченко; Ред. пер. О. О. Крюгер; [Рос. АН]. – Репринт. воспроизведение текста изд. 1964 г. – М.: Науч.-изд. центр "Ладомир", 1994. – 940 с.

32. Флавий Арриан Тактическое искусство [Текст] / пер., коммент., вступ. статьи А.К. Нефёдкина. – СПб.: Факультет филологии и искусств СПбГУ; Нестор История, 2010. – 286 с.

## REFERENCES

1. SHmakov, A.I. Istoriya issledovaniya antichnyh pamyatnikov Severo-Zapadnogo Kryma (nachalo, ch.1) Istoriko-arheologicheskij muzej-zapovednik Kalos

Limen [Elektronnyj resurs] / A.I. SHmakov // Rezhim dostupa: <http://kaloslimen.org/ru/arheologicheskie-ekspeditsii/istorija-issledovaniya-antichnyh-pamyatnikov-severo-zapadnogo-kryma.html> - otkrytyj

2. Moiseev, L.A. Otchet o raskopkah v Evpatorii 1929 g. [Tekst] // L.A. Moiseev / NA IIMK RAN. F. 2. Op. 1, 1930. D. 130.

3. Moiseev, L.A. Hersones Tavricheskij i raskopki v Evpatorii v 1917. [Tekst] // L.A. Moiseev / ITUAK. 1918. № 54.

4. SHul'c, P.N. O rabotah Evpatorijskoj ekspedicii [Tekst] // P.N. SHul'c / SA. 1937. № 3.

5. SHul'c, P.N. Evpatorijskij rajon [Tekst] // P.N. SHul'c / Arheologicheskie issledovaniya v RSFSR. 1934-1936 gg. M.; L., 1941.

6. SHul'c, P.N. Dnevnik polevyh issledovanij 1933 g. [Tekst] // P.N. SHul'c / Materialy k arheologicheskoy karte Kryma. Vyp. III. Simferopol', 2010.

7. SHul'c, P.N. Dnevnik arheologicheskikh razvedok v Evpatorijskom i Akmechetskom rajonah Krymskoj ASSR v 1933 g. [Tekst] // P.N. SHul'c / NA IIMK RAN. F. 2. Op. 1, 1933. D. 139.

8. SHul'c P.N. Evpatorijskaya ekspediciya 1933-1934 gg. [Tekst] // P.N. SHul'c / NA IIMK RAN. F. 2. Op. 1, 1934. D. 202.

9. Smirnov, G.D. Raskopki skifskogo kurgana bliz gorodishcha Kalos Limen [Tekst] // G.D. Smirnov / VDI. 1952. № 4.

10. Nalivkina, M.A. Severo-zapadnoe poberezh'e Kryma v epohu antichnoj kolonizacii [Tekst] // M.A. Nalivkina / Problemy istorii dokapitalisticheskikh obshchestv. 1934. № 9-10.

11. Nalivkina M.A. O nekotoryh pamyatnikah antichnoj epohi Severo-Zapadnogo Kryma [Tekst] // M.A. Nalivkina / SA. 1940. № 6.

12. Bernhard M.-L. Kalos Limen: Fouilles Polonaises en Cremie, URSS 1959 // Bulletin du Musee de Varsovie. – 1961. – N 2. – Pp. 3-10.

13. SHCHeglov A.N. Otchet o razvedkah 1959 g. na territorii Zapadnogo Kryma [Tekst] // A.N. SHCHeglov / NA NZKHT. D. 838.

14. Kutajsov, V.A. Uzhencev V.B. Nekotorye itogi izucheniya Kalos Limena [Tekst] // V.A. Kutajsov / Problemy arheologii Severnogo Prichernomor'ya. – Herson, 1991. – Pp. 86- 92.

15. Kutajsov V.A. Uzhencev V.B. Vostochnye vorota Kalos Limena. [Tekst] // V.A. Kutajsov / SZKAE. – Kiev: Nauk. dumka, 1994. – Pp. 40-44.

16. Uzhencev V.B. Kalos Limen v I v. do n.e. – nachale II v. n.e. (obshchij obzor) [Tekst] // V.B. Uzhencev / Pozdnie skify v Krymu // Pozdnie skify Kryma. – Trudy GIM. – 18. – M., 2001. – Pp. 156-166.

17. Uzhencev V.B. Fortifikaciya citadeli Kalos Limena ellinisticheskogo perioda [Tekst] // V.B. Uzhencev / HS. – 2004. – XIII. – Pp. 250-264.

18. Uzhencev V.B. Kalos Limen po materialam raskopok 1988 – 1994 gg. [Tekst] // V.B. Uzhencev, V.A. Kutajsov / APMNP. – Sevastopol', 1995. – Pp. 157-163.

19. Kosenkova, K.B. Sovremennye tendencii ispol'zovaniya 3D-rekonstrukcij pamyatnikov istoriko-kul'turnogo naslediya // Vestnik leningradskogo

- gosudarstvennogo universiteta im. A.S. Pushkina. – 2014. – №2. – Pp. 218-225.
20. Borodkin, L.I. Sovremennye tendencii v razrabotke virtual'nyh rekonstrukcij ob"ektov istoriko-kul'turnogo naslediya: mezhdunarodnyj opyt [Tekst] // L.I. Borodkin, D.I. ZHerebyat'ev // Virtual'naya rekonstrukciya istoriko-kul'turnogo naslediya v formatah nauchnogo issledovaniya i obrazovatel'nogo processa. – Izdatel'stvo: Sibirskij federal'nyj universitet (Krasnoyarsk). 2012. – Pp.10-30.
21. Goroncharovskij, V.A. Opyt virtual'noj rekonstrukcii arhitekturnyh pamyatnikov antichnogo Bospora [Tekst] // V.A. Goroncharovskij, Yu.A. Vinogradov, V.B. Martirov, S.V. SHvemberger / sbornik nauchnyh statej Sibirskij federal'nyj universitet, Associaciya "Istoriya i komp'yuter". – 2012. – Pp. 109-134.
22. Rudov, I.N. Osobennosti postroeniya trekhmernoj sceny virtual'noj rekonstrukcii; tekhnologii i metody vizualizacii v real'nom vremeni [Tekst] / I.N. Rudov, N.O. Pikov // Virtual'naya rekonstrukciya istoriko-kul'turnogo naslediya v formatah nauchnogo issledovaniya i obrazovatel'nogo processa. – Izdatel'stvo: Sibirskij federal'nyj universitet (Krasnoyarsk). 2012. – Pp. 135-152.
23. Zhivica, V.V. Muzeefikaciya arheologicheskikh pamyatnikov v cherte goroda [Tekst] / V.V. Zhivica // Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'. 2019. – №15. – Pp. 37-50.
24. Antichnye gosudarstva Severnogo Prichernomor'ya [Elektronnyj resurs] // Seriya: Arheologiya SSSR. T. 9. – M.: 1984. – 392 s. – Rezhim dostupa: URL: <http://www.evpatori.ru/antichnye-gosudarstva-severnogo-prichernomor'ya.html> (data obrashcheniya 12.01.2022).
25. Krymkrymkrym.ru. Kalos Limen: procvetayushchij gorod s tragicheskoy istoriej [Elektronnyj resurs] // Stat'ya / Rezhim dostupa: URL: <https://krymkrymkrym.ru/kalos-limen-prosvetayushchij-gorod-s-tragicheskoy-istoriyey> (data obrashcheniya 12.01.2022).
26. zen.yandex.ru. Drevnij gorod Kalos-Limen [Elektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5d612af02f4ad700ac2ecd7e/drevnii-gorod-kaloslimen-5e3436dc10e48f03b9e2b9ba> (data obrashcheniya 12.01.2022).
27. Memetova, T.D. Istoricheskij areal goroda – put' k vrozozhdeniyu [Tekst] / T. D. Memetova, A.V. Kucher. // Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'. 2017. №6. – Pp. 21-25.
28. Sidorova, V.V. Istoricheskie goroda Rossii: voprosy sohraneniya, razvitiya i tvorcheskogo planirovaniya [Tekst] / V.V. Sidorova // Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'. 2018. №10. – Pp. 7-20
29. Hapaev, V.V. Komp'yuternaya 3D rekonstrukciya antichnogo i srednevekovogo goroda Hersones Tavricheskij: opyt, problemy i perspektivy [Tekst] / Hapaev V.V., Bacura I.V. // Istoricheskaya informatika. – 2018. – № 4. – Pp. 39-56.
30. Mishchenko, F. G. Gerodot. Istoriya v devyati knigah. [Tekst] / F. G. Mishchenko // T. I-IX Perevod G. A. Stratanovskogo, – L.: 1972. – 600 p.
31. Strabon (ok. 63 do n.e.- ok. 24 n.e.). Geografiya: V 17 kn. / Per. [s grech.], Pp. 775-790 i komment. G. A. Stratanovskogo; Pod obshch. red. S. L. Utchenko; Red. per. O. O. Kryuger; [Ros. AN]. – Reprint. vosproizvedenie teksta izd. 1964. – M.: Nauch.-izd. centr "Ladomir", 1994. – 940 p.
32. Flavij Arrian Takticheskoe iskusstvo [Tekst] / per., komment., vstup. stat'i A. K. Nefyodkina. – SPb.: Fakul'tet filologii i iskusstv SPbGU; NestorIstoriya, 2010. – 286 p.

PRINCIPLES OF 3D RECONSTRUCTION OF OBJECTS OF CULTURAL HERITAGE OF THE ANCIENT PERIOD ON THE EXAMPLE OF THE GREEK-SCYTHIAN CITY OF KALOS LIMEN OF THE REPUBLIC OF CRIMEA

Zhivisa V.V., Arizer A.A.

Academy of Construction and Architecture of the «V.I. Vernadsky Crimean Federal University»  
295493, Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya Street, 181

**Abstract.** The article selects and analyzes scientific literary sources, archival data and reports on the field work of archaeologists related to the study, preservation and 3D reconstruction of cultural heritage objects. The analysis of the history of development and the current state of the Greek-Scythian ancient settlement Kalos Limen in the village of Chernomorskoye in the Republic of Crimea was carried out. The analysis of the world experience of 3D reconstruction of archaeological sites was carried out, on the basis of which the principles of 3D reconstruction were formulated and practical recommendations for their application were given. An experimental 3D model of a part of the Kalos Limen settlement has been proposed.

**Subject of research:** 3D reconstruction of cultural heritage objects (ruined monuments of architecture and urban planning).

**Materials and methods:** the solution of research problems was carried out by means of the analysis of scientific, literary and archival sources; Internet search and analysis of examples of 3D reconstruction of cultural heritage sites. In the implementation of 3D reconstruction, experimental modeling and prototyping are used.

**Results:** Based on the analysis of scientific literature on the topic of the study, as well as the existing experience of 3D reconstruction of architectural monuments, the principles and recommendations for visualization of the ruined architectural and urban monument Kalos Limen are formulated. A 3D model of a part of the monument was created on the basis of an analysis of the urban development of the settlement and the existing options for 3D reconstruction of the monument. In further research, the authors will continue to develop this topic to refine the model, and also consider options for 3D reconstruction of the Greek-Scythian settlement of Kalos Limen according to the periods of the object's existence.

**Conclusions:** The result of the research was a number of principles and recommendations aimed at creating 3D models of cultural heritage objects with the help of phased work in professional architectural programs. The implementation and use of 3D models of architectural monuments in the activities of museums, travel portals, advertising videos, TV programs can help popularize individual cultural heritage sites and the region as a whole, attract investors, tourists and all those who are interested in preserving cultural heritage sites.

**Key words:** 3D reconstruction, cultural heritage site, architectural monument, archeological monument, ancient settlement, Kalos Limen.