

АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ ПОЛУОСТРОВА АБРАУ: ЭТАПЫ, МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ 3D-РЕКОНСТРУКЦИИ*

ARCHEOLOGICAL MONUMENTS OF THE PENINSULA ABRAU: STAGE, METHODS AND TECHNOLOGIES OF 3D-RECONSTRUCTION

Малышев Алексей Александрович,
кандидат исторических наук, старший научный
сотрудник Института археологии РАН
E-mail: maa64@mail.ru

Alexey A. Malyshev

Моор Вячеслав Витальевич,
архитектор (Севастополь)
E-mail: moor_v@mail.ru

Vyacheslav V. Moor

Жеребятьев Денис Игоревич,
кандидат исторических наук, ассистент кафе-
дры исторической информатики историческо-
го факультета МГУ им. М. В. Ломоносова
E-mail: dzher@inbox.ru

Denis I. Zherebyatyev

Рассматриваются основные аспекты воссозда-
ния виртуальной 3D-реконструкции антропогенно-
го ландшафта полуострова Абрау в античную эпоху
по данным археологии. Накопленный объем дан-
ных позволяет создать виртуальную модель антро-
погенного ландшафта для нескольких временных
эпох одного из регионов северного Причерномо-
рья на базе современных технологий, используе-
мых в археологических исследованиях, таких как
технологии фотограмметрии, виртуальных пано-
рам, 3D-моделирования и т.д.

Ключевые слова: археология, полуостров Аб-
рау, Причерноморье, Раевское городище, поселе-
ние Дубки, виртуальная реконструкция, техноло-
гии фотограмметрии, виртуальные панорамы.

In this article the authors analyze the main as-
pects of the development of 3D-virtual reconstruction
of the peninsula Abrau landscape in ancient times ac-
cording to archeological data. The available data al-
lows to create a virtual model of a multi-level land-
scape of this region of the northern Black Sea on the
basis of advanced technologies such as photogramme-
try, virtual panoramas, 3D-modeling, 3D-engine, etc.

Keywords: digital archaeology, peninsula Abrau,
Rayevskoe settlement, settlement Dubki, virtual recon-
struction, photogrammetry, virtual panoramas, 3D-en-
gine.

* Проект проводится при финансовой поддержке гранта РФНФ, № 13-01-12017 (2013–2015 гг.).

Известно, что основные владения Боспорского государства (V в. до н.э. — IV в. н.э.) располагались на двух полуостровах: Крым и Таманском. В юго-восточной части азиатского Боспора находится еще один полуостров, названный в специальной литературе Абрау (название введено в научный оборот А. Коншиным в конце XIX в.). Полуостров Абрау в силу своего географического положения располагался, с одной стороны, на черноморском побережье Кавказа, с другой, в предгорной зоне Северо-Западного Кавказа: на северо-западных отрогах Большого Кавказского хребта, с севера он ограничен долиной реки Котламы, с востока — Маркотхским хребтом, с юга и запада — Черным морем.

Современные очертания полуострова образовались на границе киммерия и куяльника (около 4 млн лет назад) в результате мощного, около 12 баллов, землетрясения, которое привело к опусканию значительной части суши западнее полуострова Абрау, образованию Цемесской бухты и формированию близкой к современной береговой линии моря. На полуострове выделяется юго-западная часть со среднегорным рельефом, переходящим в глубь континента в низкогорный и слабохолмистый.

Издавна этот регион находился, с одной стороны, на стыке культурных традиций и на перепутье этнических передвижений, с другой, был надежно укрыт природой от внезапных вторжений. Таким образом, природно-географические условия способствовали изоляции населения этого региона со стороны как моря, так и суши.

Письменная история этого региона достаточно немногословна. По сведениям древних авторов, в VI–I вв. до н.э. на территории от Горгииппии (Анапа) до Торики (Геленджик), юго-западнее синдов, обитали племена керкетов и торетов (Ps. — Skyl. 72–75; Strabo. XI 2, 1; Plin. NH. VI. 17). Согласно Псевдо-Скилаку (IV в. до н.э.), керкеты живут ближе к Синдской гавани, далее — тореты и эллинский город Торик с гаванью. Большая часть известных нам археологических памятников догреческого населения предгорий — могильники, которые датируются в пределах VI–IV вв. до н.э., их многочисленность косвенно свидетельствует о довольно высокой плотности местного населения в этот период.

Основным источником их доходов было обслуживание достаточно оживленной навигации, осуществлявшейся вдоль побережья. Не менее традиционной «отраслью» хозяйства было пиратство и связанное с ним «береговое» право, согласно которому вещи севших на мель или разбиравшихся на прибрежных скалах кораблей, вплоть до стальных гвоздей, становились собственностью обитателей побережья.

Колонизация этого региона греками начинается с основания на берегах Анапской бухты античного поселения, которое постепенно вырастает в крупный античный центр азиатского Боспора, получивший название Горгииппия (Горгииппа) по имени Горгииппа — сына боспорского царя Сатира. В IV в. до н.э. Горгиипп был первым наместником боспорского царя в Синдике, а его дочь, судя по одной из надписей, была женой боспорского царя Перисада I (КБН, 1015 — Корпус боспорских надписей. М.; Л., 1965). Именно в этот период, в начале IV в. до н.э., набирает оборот боспорская колонизация приграничных территорий. Судя по упоминаниям в титулатурах боспорских правителей Левкона I (389/8–349/8 до н.э.) и Перисада I (344/3–311/0 до н.э.) торетов, как о подвластном народе (КБН 6, ба, 39, 40, 1014, 1037, 1038, 1042), население предгорий было вовлечено в орбиту боспорского влияния в конце V–IV в. до н.э. Однако данные археологических источников (в этом регионе учтено около 400 поселений и могильников) свидетельствуют, что этот процесс затянулся до рубежа эр.

На полуострове Абрау географически выделяются два региона — северный и южный. Естественной границей между ними являются отроги главного Кавказского хребта: Навагир и Маркотх. Анапская равнина — северный микрорегион (площадь 217 км²). Ее отличает в целом относительно «спокойный» рельеф в пределах 20–150 м, который формируется в бассейне реки Котламы с крупным левым притоком Маскагой, впадающим в море в районе Анапы (Анапские плавни). Это наиболее значимое для античной Горгииппии в экономическом и политическом смысле пространство (*хора*) располагалось к югу и востоку от городских стен. Важно, что от внезапного проникновения его оберегали отроги главного Кавказского хребта и обширные лиманы. Интенсивное освоение восточного региона, бассейнов, образующих Анапскую равнину рек Котлама и Маскага, начинается в эпоху эллинизма. Своего апогея этот процесс достигает в раннеримское время, он озаглавлен возведением сигнально-сторожевой системы на всем полуострове Абрау — пространстве между Анапской и Цемесской бухтами.

Задачей рассматриваемого в статье проекта «Реконструкция антропогенного ландшафта полуострова Абрау в античную эпоху», поддержанного грантом РГНФ № 13–01–12017 (2013–2015 гг.), является не только визуализация вышеописанных процессов, но и углубленное изучение полученных в ходе археологических исследований объектов. В ходе ведения исследовательской работы были учтены все имеющиеся картографиче-

ские материалы по полуострову и данные палеоэкологии.

Отбор объектов для реконструкции велся с учетом ряда важности (типичности или уникальности) его в системе археологических памятников этого периода. Не менее существенным является обеспеченность объекта источниковой базой. Одни, к сожалению, были обеспечены только чертежами, составленными в конце в XIX–XX вв., другие, исследованные в последние годы, были лучше зафиксированы, в том числе с помощью современных технологий фотограмметрии и аэрофотосъемки.

Размеры реконструируемых объектов различны, от нескольких квадратных метров до нескольких гектаров, что потребовало привлечения материалов аэросъемки и топографических данных, полученных при помощи лазерного тахеометра.

Рассмотрим кратко программное обеспечение и используемые методы и технологии синтеза научной документации в рассмотренном программном обеспечении, а также этапы работы.

Для решения задачи реконструкции авторами использовалось программное обеспечение, которое условно можно разделить на несколько групп:

— *Программы фотограмметрии* (Agisoft Photoskan). Данный вид программ используется для фиксации состояния памятника на конкретный момент или этап. В отдельных случаях, когда речь идет о раскопе, фиксация состояния памятника с помощью технологий фотограмметрии возможна на разные периоды его раскрытия. Созданная посредством технологии фотограмметрии трехмерная модель на основе фотографий служит двум задачам, одной из которых является основа для построения трехмерной модели, вторая — исходник, прилагаемый к документации для дальнейшего анализа и работы с ним. Отличительной их особенностью является возможность передавать сложные геометрические формы объекта, которые проблематично начертить вручную, в программах автоматизированного проектирования CAD (computer-aided design).

Фотограмметрические модели позволяют наиболее точно передать геометрию объекта. В нашем случае отметим, что предел необходимой точности получаемой 3D-модели зависел непосредственно от свойств фиксируемого объекта и возможностей используемого аппаратного обеспечения. Для археологических артефактов, найденных в ходе экспедиции (сосуды, оружие, украшения), точность определялась в пределах 1–0,1 мм. Для объектов размером в нескольких десятков метров, таких как Анапский заповедник или Раевское городище, для удобства работы в программном обеспечении автоматизированного проектирования CAD (ArchiCAD) фотограмметрическую модель приходилось не-

сколько адаптировать, уменьшая предел точности в разных случаях от 0,5–1 см и до 5–10 см. Факт недостатка производительности компьютеров немного усложнил построение 3D-модели по фотограмметрии в программе ArchiCAD и потребовал разбивать фундаменты зданий Анапского заповедника на отдельные участки и после собирать фрагменты в единое полотно внутри оболочки ArchiCAD. Касательно других фотограмметрической фиксации территории Раевского городища применялась аналогичная методика фиксации и обработки информации.

— *Программы информационного моделирования и автоматизированного проектирования CAD (ArchiCAD)*. В данных программах производится синтез графической документации: планов раскопов, других чертежей, стратиграфических схем, ортофотопланов, данных лазерной тахеометрической съемки (в формате 3D-модели с расширением DWG) и фотограмметрических 3D-моделей с последующим этапом проектирования. Отметим одну из особенностей рабочего процесса, характерную для данного проекта.

При достижении эффекта наложения чертежей и прочей графической документации на фотограмметрическую модель строительных объектов или иных объектов исследования, реконструкция утраченных фрагментов осуществляется с учетом множества факторов, влияющих на объект: строительной механики, материаловедения, сопромата, механики движения грунтов, климатологических, геологических и иных данных. Далее, поверх существующих остатков сооружения на фотограмметрической модели по контурам восстанавливаются несущие стены здания с воссозданием конструктивной схемы, задается его высота и прочие параметры конструктивных элементов и узлов.

Наличие системы информационного проектирования позволило авторам при реконструкции использовать математические алгоритмы для проведения сметных расчетов по количеству применяемых материалов и видам используемых работ.

Работа над реконструкцией объектов данного проекта дала возможность сформулировать ряд вопросов, ранее не поднимавшихся в ходе исследования: о конструктивных особенностях отдельных фортификационных сооружений Раевской крепости и влиянии их на общую оборонительную функцию комплекса в целом; о типологических особенностях и функциональном назначении помещений городских построек Горгииппии, а также структурное соподчинение фрагмента городской среды, участвовавшего в реконструкции общей градостроительной системы полиса Горгииппии; особенностях эксплуатации башен сигнально-сторожевой системы, их внутреннем устройстве, зонировании

помещений и т. п. Ряд отдельных показателей, необходимых для дальнейшего анализа строительной истории Раевского городища, на данный этап времени находится в процессе уточнения информации, но представляются достаточно интересными с научной точки зрения для дальнейшего анализа. К этим показателям относится в том числе информация о нормах выработки в технологиях античного строительного производства, благодаря которой возможно оценить количество человек, участвовавших в строительстве крепости, время, затраченное на возведение объектов, трудозатраты на добычу и изготовление стройматериалов. Данная методика представляется интересной в контексте анализа этапов строительства одной из цитаделей полуострова — Раевского городища. Учет большого количества факторов, которыми апеллируют авторы в процессе работы, и использование информационной системы проектирования является отличительной чертой ведения рабочего процесса реконструкции облика археологических памятников и отличает обычную систему визуального моделирования от информационного проектирования.

— *Инструменты работы с 3D-моделью, упрощения геометрии и конвертации в различные 3D-форматы* (Autodesk 3Ds Max, Deep Exploration). Особенности работы и решаемые задачи в данном программном обеспечении изложены выше в разделе о фотограмметрии.

— *Инструменты работы с растровой графикой* (Adobe Photoshop, PixPlant). Использование растровой графики при работе с археологическим материалом в рабочем процессе имеет ряд характерных особенностей на различных этапах ведения работы. При обработке исходных данных фотограмметрии, аэрофотосъемки, прочих материалов фотофиксации Adobe Photoshop используется: для приведения исходников фотограмметрических данных к общим позициям в световой и колористической шкале, для рабочей корректировки в исследовании и анализе материалов фиксации состояния объекта. В программном пакете осуществляется обработка, создание и редактирование рабочих текстур на основе фотографий и существующих библиотек текстур для программ автоматизированного проектирования, а также создание и завершающее редактирование растрового экспозиционного материала.

— *Инструменты для презентации экспозиционного материала контента*. Создание интерактивной визуализации и рендера (Lumion, Unity3D); демонстрации результатов в покадровой динамике изменения процессов (интернет-сервис построения GIF-файлов); инструменты для демонстрации фотограмметрических 3D-моделей — Технологии флеш (Object 2VR), программа Adobe Acrobat X (по-

строение PDF-файлов с 3D-моделями), программный пакет JavaScript модуль для интерактивной 3D-визуализации фотограмметрических моделей с послойным наложением (модуль написан членом коллектива, ведущим инженером МГУ С. В. Королевой).

Рассмотрев программное обеспечение и кратко особенности его использования в рассматриваемых задачах, перейдем к описанию основных археологических комплексов, которые вошли в состав виртуальной реконструкции, и краткому описанию процесса их реконструкции. Более подробному описанию технических шагов и этапа синтеза источников будет посвящена отдельная публикация.

Археологические материалы об аборигенном населении полуострова Абрау — это прежде всего *погребальные сооружения*. Захоронения в этих могильниках совершались на древнем горизонте в каменных ящиках из больших песчаных плит и были окружены башнеобразными конструкциями из крупных необработанных камней или морских валунов. Эта традиция существует на полуострове Абрау с эпохи поздней бронзы. Так же, как и в «синдских» могильниках побережья (окрестности Горгипсии — Анапы), «классической» формой являются либо парные (по-видимому, семейные), либо асинхронные коллективные захоронения (очевидно, родственников, с ориентировкой тела в восточном секторе).

Для топографии могильников аборигенного населения характерно плотное, упорядоченное (как правило, рядами) расположение погребальных сооружений, что свидетельствует о традиционности и предельно регламентированной жизни этого населения. Формы погребальных сооружений населения предгорий Северо-Западного Кавказа имеют явные параллели в могильниках автохтонного населения гор, южного берега Крыма (крымская мегалитическая культура (тавры) и предгорий, части степи и побережья, в частности, Керченского полуострова (кизил-кобинская культура)), что позволяет некоторым ученым высказать мнение об их кавказском происхождении. Реконструкция погребальных сооружений была выполнена в программе ArchiCAD по данным фотограмметрической модели (см. рис. 1).

Результат реконструкции представлен на сайте проекта в покадровой демонстрации закрытия захоронения и возведения курганообразной мемориальной каменной выкладки.

Свидетельства о значительной социальной дифференциации для VI–IV вв. до н. э. довольно немногочисленны. Они выражаются в присутствии

в погребальных комплексах большего разнообразия престижных и дорогостоящих привозных предметов: элементов защитного вооружения (пластинчатые панцири) и уздечных наборов, украшенных скифской зооморфной пластикой. В эллинистическое время, по-видимому, по образцу античных *склеповых сооружений*, появляется практика захоронения через торцевую часть каменного ящика.

Подобный некрополь был открыт в 2013 г. экспедицией ИА РАН; для исследованных здесь погребальных сооружений удалось провести фотограмметрическую фиксацию, на основе которой была проведена реконструкция сооружений (см. рис. 2).

Реконструкция также представлена на сайте проекта в покadroвом виде, с демонстрацией процесса закрытия захоронения.

Вдоль основных сухопутных трасс, которые вели из Горгииппии, как и в других центрах античной ойкумены, располагались некрополи. Захоронения городской знати — склепы — перекрывали высокие земляные курганообразные насыпи. К сожалению, большая часть этих склепов разрушена и дошла до нас только в зарисовках в археологических отчетах Императорской Археологической комиссии. Несколько подобных объектов, известных как склепы Тарасовских курганов эпохи эллинизма, были реконструированы (см. рис. 3).

Особое значение в системе памятников на Анапской равнине эллинистического времени имеет монументальное здание на территории Раевского городища. Исследования этого комплекса в 2002–2005 гг. показали, что общая площадь эллинистической каменной застройки составляла не менее 2000 м². Обнаруженные строительные остатки свидетельствуют о том, что комплекс имел регулярную планировку.

Центром комплекса являлось здание с перистильным двором. По мнению Н. А. Онайко, мощность и усиленные фундаменты стен помещений «А» и «Б» позволяют предположить, что в северной части здание имело два этажа. Внутренние фасы стен помещения «Б» были покрыты двуслойной штукатуркой, на которой выявлены фрагменты полихромной фресковой росписи. Стены двора, судя по обломкам расписной штукатурки, также были расписаны. В 2002–2005 гг. в западной части эллинистической застройки было открыто два сооружения: помещение «В», размером около 4,5×7,5 м, и двухкамерное помещение «Г» — около 4×6,5 м.

Судя по нивелировочным отметкам, постройки располагались на небольшой естественной возвышенности. Вокруг этих сооружений концентрировалось максимальное количество обломков античной кровельной черепицы горгииппийского (?) производства с клеймом «ΕΥΜΗΛΟΥ». Находки

угольков хвойных пород в заполнении помещений свидетельствуют об использовании древесины этих пород при сооружении перекрытий. Очаги не обнаружены, поэтому создается впечатление, что эти помещения не отапливались.

Это обстоятельство, видимо, объясняется сезонным характером использования и бытовым характером комплекса в целом. Отсюда относительно невысокая насыщенность культурного слоя бытовым мусором и низкое содержание в слое соединений фосфора — независимого индикатора интенсивности жизнедеятельности. В бытовом мусоре отмечен небольшой удельный вес амфорного материала, совсем немногочисленны находки светильников и терракотовых статуэток. Показательно, что на поселении, как, впрочем, и во всем регионе в целом, не найдено ни одного лапидарного памятника; крайне немногочисленны и находки граффити. Таким образом, достоверные данные, позволяющие определить статус этого центра, отсутствуют. Н. А. Онайко не случайно оставила открытым вопрос о назначении этого здания, но позднее С. Д. Крыжицкий отнес его к «жилым комплексам дворцового типа». Имеющиеся в нашем распоряжении нумизматические материалы позволяют отнести возведение комплекса к первой половине III в. до н. э. Количественное распределение монетных находок свидетельствует о наиболее интенсивном его использовании в пределах III в. до н. э. Тем не менее не вызывает сомнения, что потребность и возможность сооружения подобного комплекса могли быть у представителя высокого административного ранга, например, боспорского наместника в Горгииппии, а его появление свидетельствует о подчинении боспорянам всего пространства Анапской равнины.

Эта реконструкция представляет отдельный интерес, так как была проведена по данным материалов раскрытия одного объекта не конкретной, а нескольких археологических экспедиций, проходивших в разное время с промежутком около 40 лет.

У объекта выделена «представительская» парадная часть с внутренним двориком, который ограничивал портик, стены которого были оштукатурены и расписаны, и бытовая, с более узкими, видимо, сырцовыми стенами (см. рис. 4).

Существенные изменения на юго-востоке азиатского Боспора происходят на рубеже нашей эры: они фиксируются и в прибрежной, и в континентальной части. Наиболее значительными центрами античного влияния становятся поселения, расположенные в континентальной части полуострова Абрау — на Раевском городище. В результате интенсивного каменного строительства в разных уголках полуострова Абрау культурный ландшафт претерпевает заметные изменения. Возводятся

чаще двух-, реже одно- или трехкамерные постройки с каменным цокольным этажом, сложенным из мощных каменных блоков; в случае необходимости под кладками устраивались субструкции. Верхний один или два уровня (этажа) возводились из сырцовых кирпичей. На этой территории было сооружено около двух десятков укрепленных башен-усадеб.

Показательно, что система укрепленных пунктов была лишь частично скоординирована с более древней системой расселения (Раевское городище, Цемдолинское, Владимировское, Натухаевское (?), Широкая Балка и др.), а в основном базировалась в пунктах, имевших чисто стратегическое значение (Гудзева гора, Дубки, Сапун, Лиманчик, Козлятник, Пивни и др.). Учитывая низкий экономический потенциал региона и довольно малую плотность населения, можно предположить, что интенсификация строительной деятельности могла произойти лишь при целенаправленной поддержке центральной власти, по всей видимости, при царе Асандре, который стремился обезопасить основные стратегические трассы, — подступы к городским центрам азиатского Боспора (прежде всего к Горгиппии) и навигацию вдоль побережья. Эти пункты являлись составными частями единой сигнально-сторожевой системы, объединявшей территории азиатского Боспора и сопредельные с ним районы.

Процесс реконструкции облика одной из сигнально-сторожевых башен этой единой системы, расположенной в поселении Дубки, проводился по аналогичной методике, описанной авторами выше. В ходе реконструкции нами было проработано около семи вариантов облика сторожевой башни. Часть гипотез о внешнем облике башни и построении отдельных ее элементов была отвергнута из-за их конструктивной или функциональной несостоятельности, что явно прослеживалось в процессе построения 3D-модели.

Собранная аналитическая база позволила авторам восстановить наиболее достоверный облик сигнально-сторожевой башни в Дубках, являющейся характерным для подобных построек сигнально-сторожевых башен этого региона.

Созданный итоговый вариант виртуальной реконструкции Раевского городища и поселения Дубки был сохранен программой Unity3D в web-формат на базе html-страницы. Благодаря данной технологии есть возможность демонстрировать созданную виртуальную реконструкцию в режиме онлайн прямо на сайте и встраивать на страницу необходимые модули анализа источниковой информации.

На рисунке 5 приведена фотография фундамента и реконструкция башнеобразного многоуровневого сооружения на поселении Дубки, исследованном экспедицией ИА РАН в 2005–2009 гг.

О возрастании военно-стратегического значения Раевского городища в позднеэллинистическое-раннеримское время свидетельствуют серьезные изменения в планировке. В результате часть эллинистической застройки осталась вне укреплений, была разобрана и засыпана. Границу городища теперь определяла возведенная по его периметру валообразная насыпь; именно в эту эпоху городище приобретает конфигурацию, близкую к параллелограмму. По гребню вала были сооружены стены шириной 1,4 м, к основанию для обеспечения большей устойчивости кладка расширялась до 1,6 м.

На мысу, в наиболее возвышенной части городища, была размещена своеобразная цитадель, на которой располагалось башнеобразное здание, состоящее из трех помещений с апсидообразной пристройкой. Цокольное сооружение с юга было укреплено контрфорсом из вертикально установленных блоков. С напольной стороны здание было защищено стеной, толщина которой у основания 1,8 м.

Ландшафтная реконструкция городища была совершена на основе топосъемки с использованием лазерного тахеометра. Для реконструкции отдельных сооружений наряду с чертежами были использованы материалы фотограмметрической фиксации. Восточная башня с участком оборонительной стены — протейхизмы (см. рис. 6).

Наиболее сложным для реконструкции оказался античный центр — Горгиппия. Источниковой базой стали чертежи, аэро- и фотограмметрическая съемка, выполненная в 2014–2015 гг. на территории Анапского археологического музея.

Работа по реконструкции типовой застройки Горгиппии была начата с анализа материалов Анапской археологической экспедиции 1983 г. и других документальных источников по памятнику. Рассматриваемый этап работы был необходим для ознакомления со всем комплексом выявленных в ходе раскрытия археологических артефактов, а также для знакомства с процессом последующей реставрации и музеефикации заповедника. Последующий этап работы заключался в фиксации состояния памятника в его современном состоянии с помощью технологий фотограмметрии и аэрофотосъемки. Сначала производилась наземная детальная съемка на зеркальный фотоаппарат, для того чтобы зафиксировать каждый фрагмент фундамента зданий заповедника. Таким образом, были отсняты труднодоступные места, которые беспилотный летательный аппарат просто не мог зафиксировать с воздуха: лестничные пролеты, подвальные помещения с перекрытиями, колодцы и т. п. Съемка производилась в течение нескольких дней в утреннее и вечернее время на фотоаппарат Canon 60D с линзами 10 мм и 25 мм и Canon 400D с линзой 18–55 мм во время, когда тени ровно ложатся на поверхность

памятника. В результате детальной съемки и последующей обработки в программе Agisoft Photoskan была получена 3D-модель всего комплекса заповедника. Стоит отметить, что в ходе работы по детальной съемке возникал ряд сложностей, связанных с соотношением фотографий в пространстве друг относительно друга, ряд участков территории улицы с ровной поверхностью были не так детально отсняты, как фундаменты зданий, в результате чего отдельные фотографии участка улицы достаточно проблематично соотносились с 3D-моделью. Исправить данную ситуацию и полностью зафиксировать все участки заповедника на разной высоте удалось с помощью беспилотного летательного аппарата на базе модуля управления DJI с камерой GoPro3. Наличие аэрофотосъемки заповедника упростило процесс соотношения фотографий между собой в программе Agisoft Photoskan и позволило добиться лучшего качества материала (текстуры) на всех участках заповедника (см. рис. 7–8).

Полученная в ходе работы в программном обеспечении 3D-модель в последующем легла в основу реконструкции зданий квартала в программе ArchiCAD, где производилось сопоставление всех имеющихся графических источников (планов чертежей археологических экспедиций и материалов реставрации фундаментов зданий Анапского заповедника) и наложение полученных фотограмметрических 3D-моделей, после чего с учетом всех факторов производилось построение виртуальной реконструкции фрагмента улицы. Таким образом, удалось восстановить комплекс одной из усадеб и «типовую» застройку вдоль улицы (см. рис. 9). Созданные 3D-модели были перенесены в программу Lumion. Рельеф местности был получен и воссоздан по данным топосъемки территории Анапской бухты середины XX в. и данных STRM (Shuttle Radar Topography Mission).

Археологические материалы показывают, что экономика и транспортная сеть территории были тесно связаны с морем и побережьем. Основной транспортной артерией в этих условиях становится море, являющееся катализатором этнополитических процессов. С другой стороны, природно-ландшафтные условия региона (пересеченная местность, обилие осадков, вызывающее бурный рост растительности) существенно осложняют прокладку и поддержание в надлежащем состоянии системы сухопутных коммуникаций, которые представляли собой конно-пешеходные тропы и тропы, связанные с перегоном скота, локальные, не образующие единую сеть. Широкое применение колесного транспорта в регионе было связано с раннеримской эпохой.

Данные о расположении археологических памятников друг относительно друга, в частности, сети сигнально-сторожевых башен, городской за-

стройки (Горгиппия), поставили перед исследовательским коллективом задачу реконструкции водных и транспортных путей. Работа производилась в несколько этапов. Вначале с помощью программы Unity3D и компонента Real World Terrain были получены данные STRM (Shuttle Radar Topography Mission) по территории полуострова вместе с нанесенной на участки рельефа текстурой спутниковой съемки ArcGIS. Программный алгоритм разбил всю территорию рельефа на отдельные участки (около 50) для достижения максимального качества геометрии рельефа. После чего через программу SAS.Планета в рассматриваемых масштабах была выкачана лучшая по качеству спутниковая карта (Яндекс). Далее, в программу Adobe Photoshop были загружены топографические карты полуострова Абрау конца XIX — начала XX в., на которых были обозначены старинные дороги, карты фрагментов территории полуострова, топографические карты середины XX в. В местах расположения населенных пунктов и современной инфраструктуры в Adobe Photoshop была произведена первоначальная ретушь и с учетом данных топографических карт и материалов археологических экспедиций нанесены основные водные артерии. Нанесение дорожных путей между центрами производилось в двух видах программного обеспечения: MapInfo и Adobe Photoshop. Использование двух видов программного обеспечения позволило не дублировать рабочий процесс, но уточнить этап работы по реконструкции дорожных путей и водных артерий полуострова в античное время.

Поскольку процесс фиксации фотограмметрических моделей археологических раскопов и ведение более ранних раскопок производились с использованием профессионального GPS-навигатора в программе MapInfo, все раскопы были точно размещены в пространстве. После чего, по данным топографических карт, с учетом анализа склонов рельефа, высот между основными административными центрами — Раевским городищем и Горгиппией — и башнями сигнально-сторожевой системы была воссоздана сеть дорог, пролегающая по более допустимым для движения людей и транспорта склонам. Аналогичная работа производилась по данным, полученным в программе MapInfo в программе Adobe Photoshop, производились все правки искажений изобразительных источников и выстраивалась дорожная сеть.

Получив в итоге ретушь всей территории полуострова, файл был разбит на 50 участков для нанесения на STRM 3D модели рельефа в Unity3D. Предел точности STRM модели рельефа в отдельных участках достигает ± 20 м (см. Описание и получение данных SRTM [Электронный ресурс]. URL: <http://gis-lab.info/qa/srtm.html>), что для задачи ре-

конструкции территории всего полуострова допустимо, но в идеале требует корректировки по данным топографии. Для этого в программу Unity3D на участок рельефа первоначально наносилась топографическая карта в масштабе 1:10000 середины XX в. и после производилась корректировка участка рельефа, затем в качестве текстуры наносились слои с сетью дорог и водных артерий.

Для работы в программном обеспечении Unity 3D по данным палеоантропологических исследований полуострова был составлен перечень наиболее распространенных видов растений и ареалы их произрастания. После для программы Unity 3D подбирались модели растительного покрова, адекватно соответствующие заявленному списку, на рельеф по отдельным секторам (равнины, низины, холмы и склоны гор и т.п.) наносились элементы растительного покрова. Следующим этапом стало перенесение всех реконструированных объектов и размещение их в пространстве в оболочке Unity3D по данным топографических карт GPS.

Хотя программное обеспечение Unity3D и позволяет реконструировать большие пространства и работает с большим форматом файлов, все же имеет ряд значительных недостатков, среди которых

основным является недостаточная фотореалистичность качества визуализации при построении больших сцен. Для решения данной проблемы авторами было привлечено дополнительное программное обеспечение Lumion, которое позволило добиться более высоких результатов аутентичной визуализации археологических объектов, а также проверить ряд научных гипотез о взаимовидимости строений сигнально-сторожевой системы в разное время суток (день/ночь) и при разной погоде, в том числе, оценить возможность утери отдельных составных элементов сигнально-сторожевой системы и предположить потенциальное их место расположения. В программе Lumion было выстроено две сцены: территория Раевского городища в пределах видимости двух сторожевых башен и Анапская бухта с городом Горгииппия. В результате проделанной работы в двух программных оболочках Lumion и Unity3D был восстановлен водный путь (итинерарий) по стратегически важной сухопутной артерии, соединяющий указанные выше упомянутые бухты по суше вместе с ключевыми инфраструктурными объектами. Реконструируемые объекты привязаны к двум слоям (эпоха эллинизма и раннеримское время) реконструированного антропогенного ландшафта.

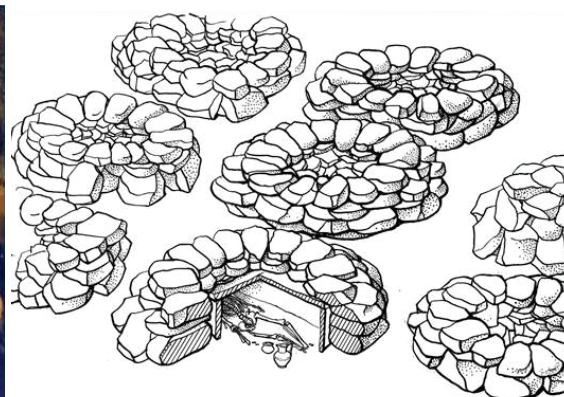


Рис. 1. 3D-реконструкция погребальных сооружений раннего железного века по чертежам и данным фотограмметрии



Рис. 2. 3D-реконструкция погребальных сооружений эпохи эллинизма по данным фотограмметрии



Рис. 3.
3D-реконструкция
погребальных
сооружений эпохи
эллинизма по данным
фотограмметрии

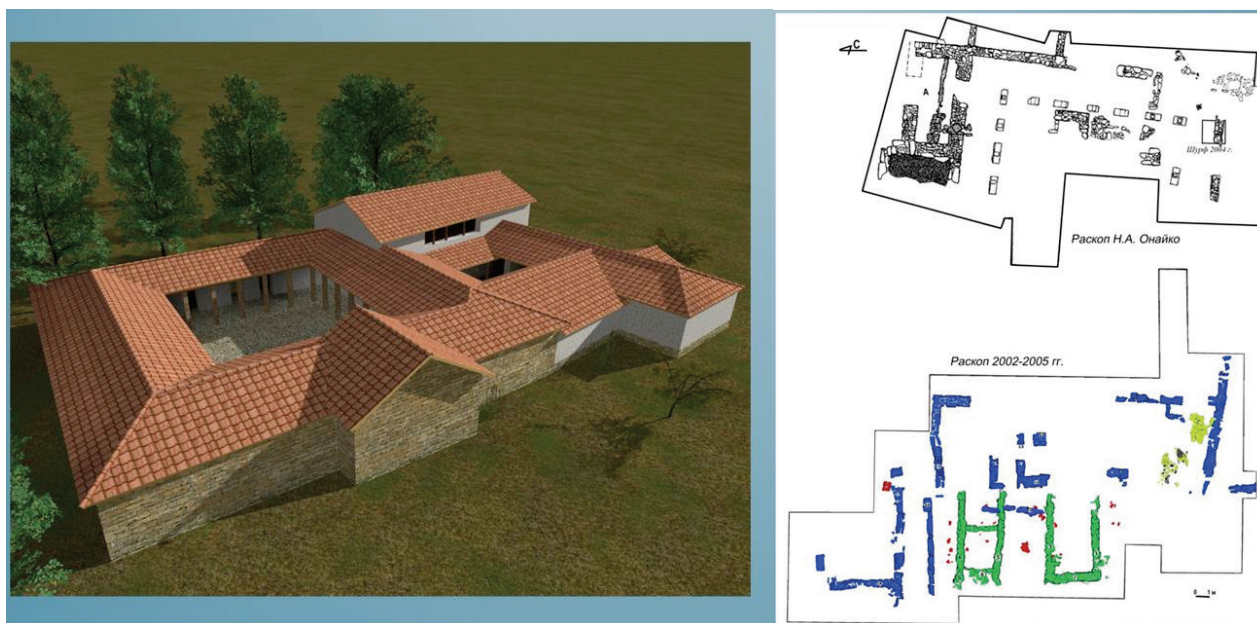


Рис. 4. Виртуальная реконструкция комплекса (слева) и чертежи раскопа жилого комплекса дворцового типа экспедиции Н. А. Онайко и экспедиций 2002–2005 гг. (справа)



Рис. 5. Реконструкция башнеобразного многоуровневого сооружения поселения Дубки

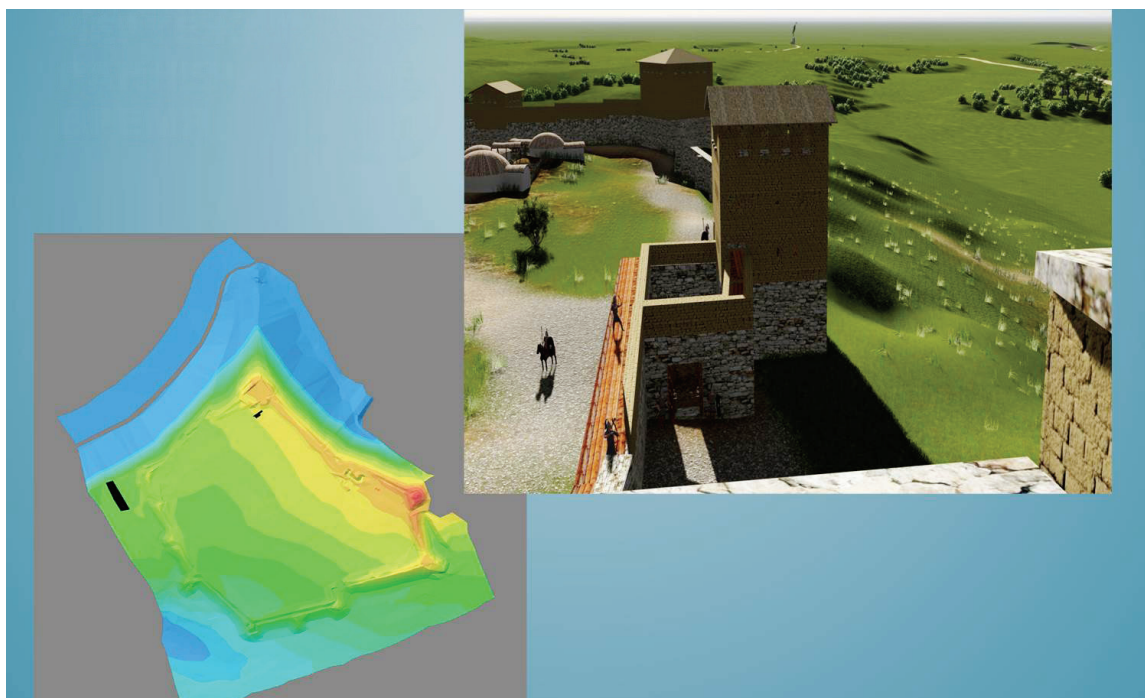


Рис. 6. 3D-модель Раевского городища (слева). Вид с цитадели Раевского городища на проезжие ворота в программе Lumion (справа)



Рис. 7. Ортофотоплан территории Анапского заповедника (авторы Д. О. Дрыга, С. В. Королева) и фрагмент материалов Анапской археологической экспедиции 1983 г. (сообщение о проведении фотограмметрической съемки)



Рис. 8. 3D-модель участка Анапского заповедника, полученная с помощью технологий фотограмметрии (программа Agisoft Photoskan)



Рис. 9. Реконструкция Анапской бухты и жилого квартала в программе Lumion