

Д. Г. Бугров, И. И. Гайнуллин, А. В. Касимов, А. Г. Ситдииков
Институт археологии им. А. Х. Халикова Академии Наук Республики Татарстан, Россия

А. В. Старовойтов, Б. М. Усманов, И. Ю. Чернова
Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Россия

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ПРИ СБОРЕ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ОСТРОВА-ГРАДА СВИЯЖСК

С 2011 года в рамках реализации программы по возрождению и развитию Болгарского историко-архитектурного музея-заповедника, Государственного историко-архитектурного и художественного музея «Остров-град Свияжск», иных памятников истории и культуры, расположенных на территории Республики Татарстан, ведутся широкомасштабные работы, включающие реставрацию и реконструкцию исторических достопримечательностей и строительство новых центров культуры и инфраструктуры. Одним из ключевых объектов является Остров-град Свияжск.

Уникальный объект историко-культурного наследия – Свияжск (55°47' с. ш., 48°40' в. д.), ныне село в Зеленодольском районе Республики Татарстан, расположен при впадении реки Свияги в Волгу на вершине горы Круглой. После создания Куйбышевского водохранилища в 1955 – 1957 годах Свияжск оказался на острове овальной формы (около 900 метров в поперечнике), вытянутом с юго-запада на северо-восток (рис. 1).

Свияжск основан в 1551 году как форпост войск Ивана IV Грозного. Со второй половины XVI века до 1926 года Свияжск был уездным монастырским городом, затем селом. До наших дней на острове сохранилось шесть из одиннадцати церквей.

В 1962 году 21 здание на территории Свияжска поставлено под государственную охрану как памятники федерального значения. В 2009 году Свияжск отнесён к объектам культурного наследия республиканского значения в виде достопримечательного места (в границах Свияжского сельского поселения).

Одной из задач проекта является создание виртуального города Свияжска, с отображением всех представленных в историческом поселении ансамблей, памятников и археологических раскопов, с последующим созданием web-ресурса.

Комплекс мероприятий по визуализации историко-культурного наследия Свияжска можно разделить на несколько этапов.

Первый этап включает создание общей ГИС и обработку архивных данных, отчётов о проведённых археологических раскопках на территории Свияжска. Авторами осуществляется обработка материалов отчётов об исследованиях 2010-2012 годов в программе ArcGIS с геопривязкой пространственных данных – местонахождение раскопа, сооружения, выявленные в ходе работ, находки и пр. При этом для каждого раскопа создаётся соответствующая база геоданных (Старовойтов, Лунёва 2012. С. 88). Каждый элемент раскопа представляет собой класс пространственных объектов, которые представляют:



Рис. 1.
Карта местоположения с. Свияжск и космоснимок поселения

- ситуационный план (полигоны), характеризующий положение раскопа на местности, его форму и включающий основные данные о порядке раскопа, времени заложения, отработки и автора исследований и т. д.
- общий план на уровне материкового слоя (полигоны), предоставляющий информацию о форме, номере вскрытого культурного слоя, глубине залегания, составе, включениях.
- находки (точки), показывающие место обнаружения, фотографию находки, её описание (рис. 2).

Источником информации о местоположении раскопов служат схемы расположения раскопов на территории Свияжска. Схемы и описания не определяют точное положение раскопов, но дают информацию о местонахождении раскопов в первом приближении. Данные о местонахождении отдельных находок также определяются по картопланам и описям находок. План раскопа – это прямоугольная сетка, которую легко сгенерировать, используя инструмент CreateFishnet, так как в археологических отчётах обычно приводятся данные об ориентации раскопа по сторонам света и о размерах сетки планов.

На втором этапе, в 2013-2014 годах, проведены работы по съёмке археологических раскопов методом фотограмметрии. В археологических исследованиях методы фотограмметрической съёмки используются сравнительно недавно, тем не менее они получили широкое распространение в России (Сингатуллин 2013. С. 148). Результатами фотограмметрического обмера являются ортофотоплан, цифровая модель рельефа, трёхмерная геометрия с текстурой поверхности.

В ходе съёмки применялись три основных метода фиксации археологических объектов, разработанных в Институте геологии Казанского университета (Чернова и др. 2012. С. 5):

1. Метод центральной оси;
2. Метод перспективной маршрутной съёмки;
3. Метод фиксации углов.

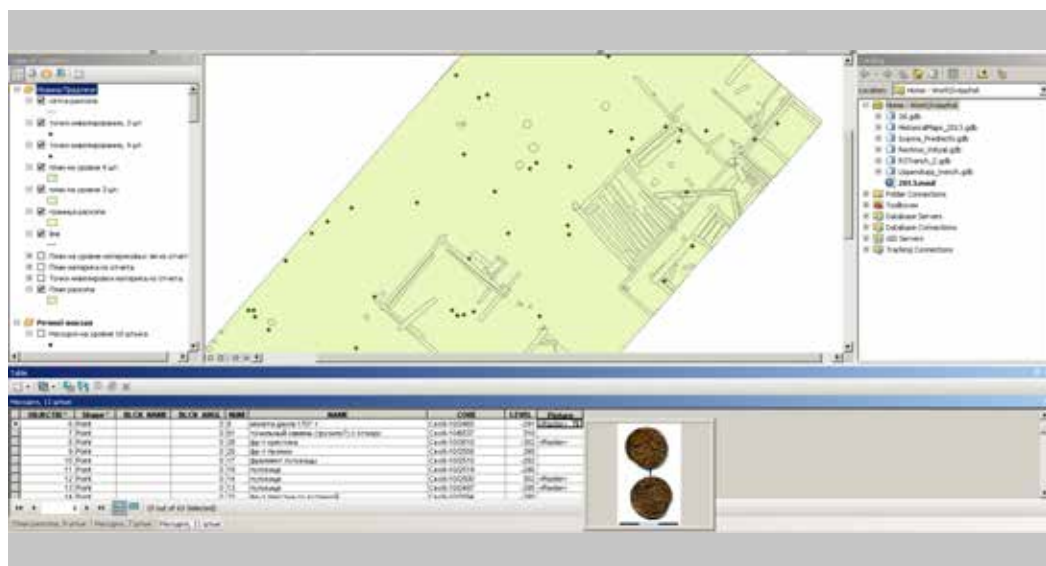


Рис. 2.
План раскопа с сооружениями и находками. Отображение данных

По ходу съёмки все три метода использовались как по отдельности, так и в комбинации. Наилучшие результаты при съёмке больших по площади раскопов показал метод перспективной маршрутной съёмки. Отдельные объекты раскопа, в частности сооружения, фиксировались методом центральной оси. В случае небольших по площади раскопов или съёмки отдельных секторов, с определением положения только угловых узлов сетки, оптимально использование метода фиксации углов.

По результатам фотограмметрии были получены модели раскопов 2013–2014 годов, представленные в виде ортофото- и OBJ-файлов (рис. 3–5).

При создании 3D-моделей методом фотограмметрии также применялась низко-высотная аэрофотосъёмка объектов истории и культуры, а также археологических раскопов беспилотным летательным аппаратом вертолётного типа. Преимущество данного вида съёмки заключается в том, что аппарат аэрофотосъёмки с высоты 100–200 м может облететь большую территорию и снять даже такие большие по площади и высоте объекты как Собор Всех Скорбящих Радости, чего нельзя добиться с помощью наземных методов – фотограмметрии и лазерного сканирования.

Третий этап в создании виртуальной модели Свяжска заключается в съёмке зданий и сооружений наземным лазерным сканером Trimble GX™ для последующей обработки и создания 3D-моделей зданий и панорамных изображений.

При помощи лазерного сканера можно в кратчайшие сроки определить объёмы объектов неправильной формы, а также геометрические параметры зданий и сооружений и выдать результат в виде полученного при измерениях «облака точек», 3D-модели или 2D-топоплана в зависимости от поставленной задачи.

Следует отметить, что трёхмерное проектирование стало современным стандартом, предъявляющим новые требования к исходной документации. Основными преимуществами данной технологии являются актуальность документации, трёхмерный вид и получение результата в сжатые сроки. Авторами была разработана методика по



Рис. 3.
Ортофотография раскопа на территории Успенского богородицкого монастыря на промежуточном этапе

съёмке зданий и сооружений с использованием технологии наземного лазерного сканирования, включающая в себя следующие этапы:

1. Составление технического проекта.
2. Рекогносцировка местности.
3. Подготовка планово-высотного обоснования сканерной съёмки.
4. Трёхмерное наземное лазерное сканирование.
5. Камеральные работы.
6. Оформление и сдача продукции.

Технология съёмки с применением лазерного сканера зависит от геометрии и типа снимаемого объекта (Yermolaev et al. 2013. С. 1106). Для достижения результата иногда приходится многократно переставлять сканер с точки на точку, выполняя съёмку отдельных деталей и фрагментов. Причина заключается в наличии мёртвых зон, возникающих в силу различных обстоятельств. Поэтому нередко возникает необходимость привести отснятый материал к единой системе координат. Для этого во время съёмки на объекте или рядом с ним устанавливаются марки, с помощью которых производится объединение облаков точек, полученных с различных точек сканирования.



Рис. 4.
3D-модель раскопа после выхода на уровень материка



Рис. 5.
3D-модель бывшей Никольской церкви после проведения раскопок



Рис. 6. П
строение и регулярное обновление 3D-модели на основе данных аэрофотосъёмки

Для пространственной трансформации облаков требуется, как минимум, три марки на каждую точку установки сканера. Эти три точки с марками должны быть видны со смежных точек. Точность лазерного сканирования в единой системе координат обеспечивается обоснованием координат марок путём проложения тахеометрического хода от геодезического репера. В результате погрешность съёмки составляет 2 мм. Сам процесс объединения облаков точек выполняется в специализированном программном обеспечении.

После предварительной обработки результатов сканирования данные обрабатываются с использованием программы Trimble™ RealWorks для получения 3D-моделей и создания планов зданий.

В результате проведённых обследований были получены материалы, включающие результаты съёмки объектов на участке набережной р. Шуки, ул. Московская и ул. Константиновская, Успенского собора и Никольской церкви на территории Успенского богородицкого монастыря (рис. 7–8).

На заключительном этапе при подготовке виртуальной модели Свяжска происходит обработка исторических карт города конца XVIII-нач. XIX веков, а также карты Свяжского уезда. Этот этап особенно актуален при визуализации историко-культурного наследия Свяжска в том числе по причине радикального изменения ландшафта после разлива Куйбышевского водохранилища. Карты, хранящиеся в различных российских архивах, сканируются, затем растровые изображения привязываются к единой координатной системе, и каждый элемент карты векторизуется в программе ArcGIS с созданием соответствующих слоёв и элементов базы геоданных. В результате определяется местоположение разрушенных или затопленных объектов, населённых пунктов и пр.

К примеру, база геоданных *HistoricalMaps2013*, содержащая данные карты Свяжского уезда конца XVIII века, содержит 16 элементов: 2 растровых набора данных и 14



Рис. 7.
Результаты сканирования объектов на территории Успенского богородицкого монастыря. Вариант с текстурами

Рис. 8.
Результаты сканирования церкви Константина и Елены. Вариант с текстурами

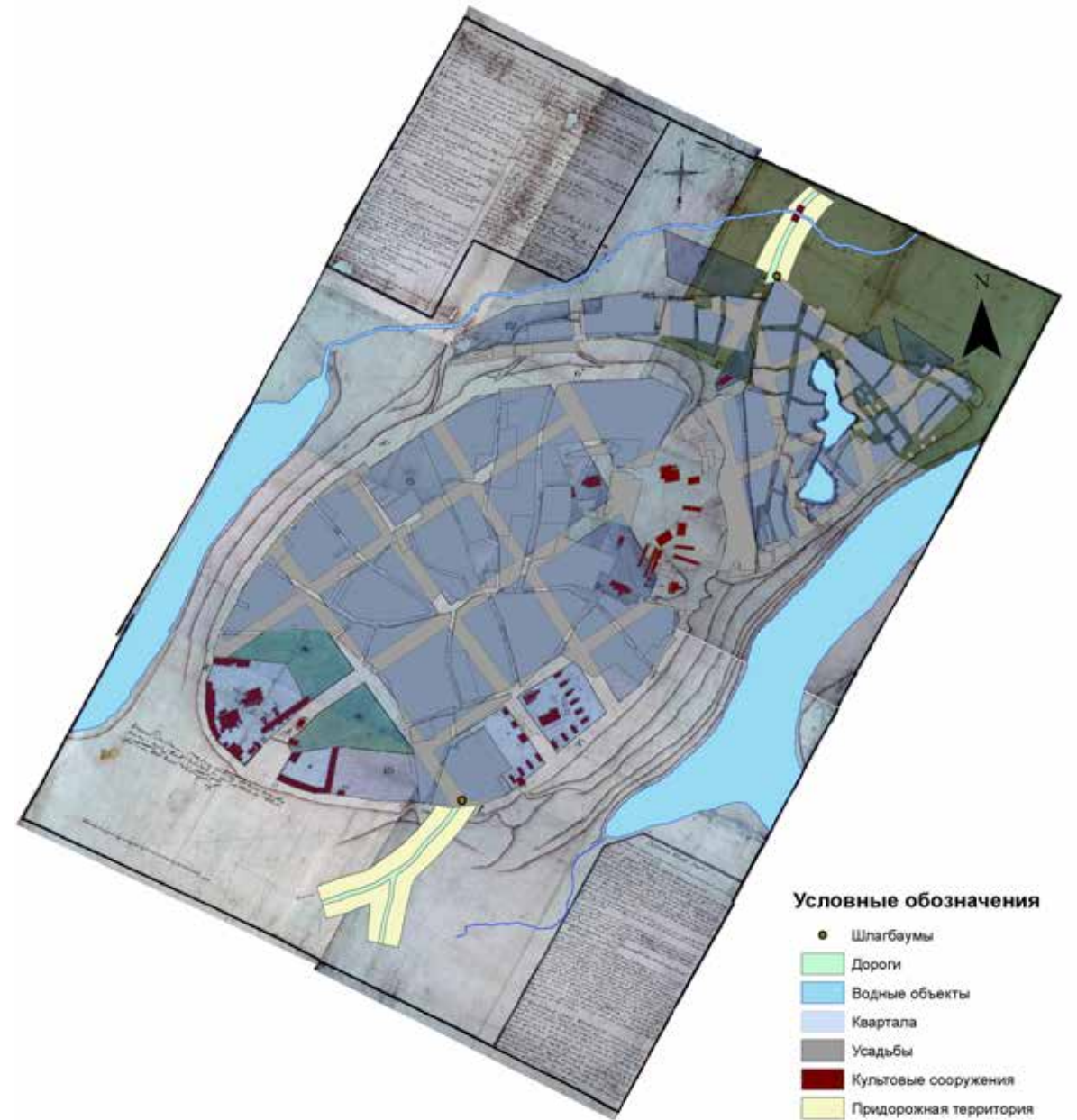


Рис. 9.
Карта г. Свияжска, начало XIX века

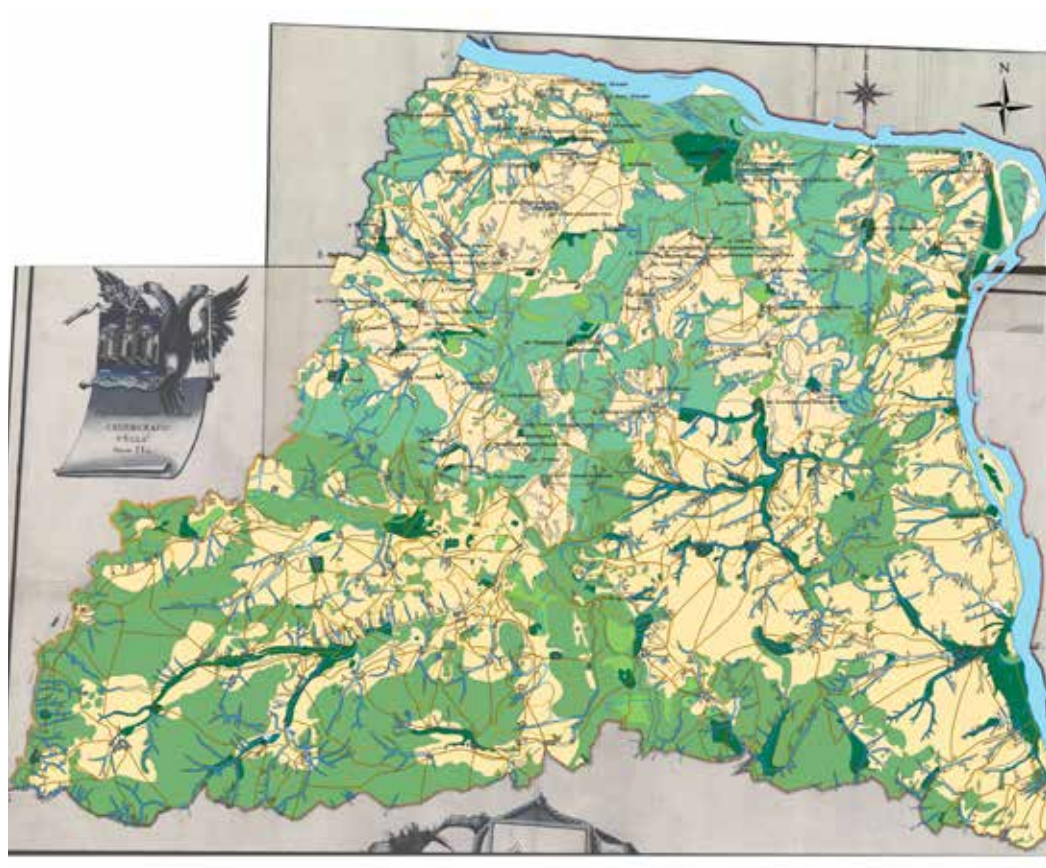


Рис. 10.
Карта Свияжского уезда конца XVIII века

классов пространственных объектов, которые представляют собой 2 исторические карты, относящиеся предположительно к концу XVIII – началу XIX веков (рис. 9–10).

Применение различных методов фотограмметрии и лазерного сканирования, организация геопространственных данных в ГИС и 3D-графики при создании виртуального образа Свияжска – это возможность использовать реконструкции для публикации различных материалов по истории, археологии и иных объектах культурного наследия, введение их в научный оборот.

При применении комплексного подхода при визуализации историко-культурного наследия возможно создание качественной виртуальной модели Свияжска. При использовании различных техник – фотограмметрии и лазерного сканирования – съёмка раскопов и объектов архитектуры значительно упрощается и ускоряется, а качество её повышается.

Презентация данных – основная проблема при визуализации наследия, решить её можно созданием web-ресурса. Таким образом, сведения о Свияжске, данные в геоинформационной системе и 3D-модели объектов архитектуры и археологии могут быть представлены различным группам пользователей с соответствующим уровнем доступа.

Литература

Сингатулин 2013

Сингатулин Р. А. Фотограмметрические технологии в археологии (краткий исторический очерк) // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики: в 2-х ч. Тамбов: Грамота, 2013. № 3 (29). Ч. I. С. 148-152.

Старовойтов 2012

Старовойтов А. В., Лунёва О. В. Проблематика создания геоинформационного проекта для ведения археологических исследований // Сборник научных трудов Sworld: Материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2012» (Одесса, 20 по 31 марта 2012 г.) / ред. С. В. Куприенко. Одесса: Изд-во Куприенко, 2012. Вып. 1. Т. 23. С. 87-90.

Чернова и др. 2012

Чернова И. Ю., Старовойтов А. В., Лунёва О. В. Создание историко-культурной геоинформационной системы Болгарского городища // ArcReview. Современные геоинформационные системы. М.: ООО ДАТА+, 2012. № 3 (62). С. 5-6.

Yermolaev et al. 2013

Yermolaev O. P., Usmanov B. M. Terrestrial laser scanning methods as instrument of landslide and erosion processes study // Scientific Committee of the 8th IAG International Conference on Geomorphology, «Geomorphology and Sustainability». Paris, 2013. Abs. Nr 1086. P. 1106.