

Рязанские городища в 3D

Лектор: Василий Дмитриевич Конов, археолог, директор научно-производственного центра «Рязанская археологическая экспедиция».

Добрый день. Меня зовут Василий Конов, я археолог, директор научно-производственного центра «Рязанская археологическая экспедиция». В прошлом году в Российской академии наук я прочитал доклад, посвящённый современной теме исследования рязанских городищ эпохи раннего железного века и эпохи Средневековья. Получив приглашение прочитать несколько лекций в рамках проекта «Рязань. Вдохновение здесь», я подумал, почему бы не представить вам именно этот доклад, отражающий современные направления в научных исследованиях этих древних памятников. Доклад составлен мной в соавторстве с Татьяной Олеговной Грачёвой, которая занимается, в основном, всей технической стороной нашего исследования, а я осуществляю научное руководство. Совместная работа в рамках этого проекта видится мне очень продуктивной и перспективной.

Доклад называется «Рязанские городища в 3D». Сразу хочу сказать, что это не все памятники, которые мы исследуем. Наиболее интересные объекты мы представим вам сейчас, но ряд объектов ещё находится в стадии обработки и исследования. Большое количество данных требует значительного объема времени на компьютерный рендеринг, обработку и вывод. Эти материалы будут постепенно публиковаться, и мы будем периодически знакомить вас с результатами текущего проекта.

В рамках исследований нами применялся беспилотный летательный аппарат серии «Фантом» с прикрепленной к нему видеокамерой. Камера ведет на карту запись, при этом оператор, как видно на слайде, видит упрощённое изображение получаемой картинки, то есть в онлайн-формате следит за обзором дрона. В результате таких облётов мы получаем трёхмерные модели городищ, выраженных в рельефе памятников археологии, которые до настоящего времени преимущественно исследовались только с земли. Составлялись инструментальные топографические планы, делалась наземная фотофиксация, но практически никто и никогда не исследовал их при помощи беспилотных летательных аппаратов, и, тем более, методами трёхмерного моделирования.

Для Рязанской земли это является инновацией. Трёхмерная модель строится посредством анализа большого количества фотоснимков, которые мы получаем из раскадровки видеозаписи. Их количество насчитывает сотни,

самый большой проект насчитывал около 1 200 снимков. Соответственно, компьютер для получения результата должен быть достаточно мощен.

Вот так выглядит схема расположения отдельных снимков. Она же нам показывает, каким маршрутом летал беспилотник. Мы видим, что основную работу он проводил по окружности памятника, вы видите его границы в рельефе. После этого мы подняли его на несколько сотен метров и сделали ряд фотоснимков. Вы можете на YouTube и других ресурсах встретить видео с камер GoPro и знаете, что эффект рыбьего глаза очень сильно искажает объекты. Он будто закругляет их, в том числе линию горизонта. Вы видите это и на представленном мной снимке. Но используя специальное программное обеспечение, мы можем это выровнять. Это необходимо делать в рамках построения трёхмерных моделей. Вот, что получается после обработки, когда эффект рыбьего глаза компенсируется.

Фотография в дальнейшем обрабатывается в специальных программах, которые позволяют выровнять яркость, контрастность, резкость, то есть увеличить качество снимков. Мы используем Photoshop, Lightroom, Capture One.

Само построение модели происходит в программе, которая разработана российскими программистами из Санкт-Петербурга и называется Agisoft PhotoScan. Программа была открыта мной в 2013–2014 гг., и долгое время я пытался с ней работать самостоятельно. Получались интересные проекты, но вставал вопрос о выводе данных, и необходимо было привлекать специалистов для обработки моделей в сторонних редакторах для того, чтобы их можно было представить широкой публике в виде презентаций и видео. Таким образом мы начали работать с Татьяной Грачёвой.

Рассказываю я это, чтобы показать, что качественный трёхмерный результат доступен каждому, кто захочет поработать не только с объектами археологии и архитектуры (храмами, усадьбами, отдельными элементами). Я демонстрирую, как этот алгоритм осуществляется, и ключевой тезис – это сделать просто.

Трёхмерное культурное наследие доступно практически каждому. Это технология, которая может внедряться среди краеведов, студентов университетов и колледжей и лицеев, даже школьников. Съёмки и алгоритм обработки достаточно просты. На презентации все эти этапы представлены практически детально, поэтому очень хотелось бы видеть расширение применения этой технологии на Рязанской земле.

Далее фотографии загружаются в программу. Ставим высокое или очень высокое качество их выравнивания, и программа на этом этапе сопоставляет каждый отдельный снимок между собой, находит общие точки, и определяет расположение снимков в пространстве. Мы получаем разреженное облако точек, то есть эскиз к визуализации того пространства, которое мы сняли. На этом этапе прямоугольником выделяется кусочек пространства из всего захваченного рельефа: тот участок, который мы будем в дальнейшем обрабатывать.

В настоящем случае строилось очень высокое качество модели (поскольку компьютер позволял это сделать), и задача была максимально детально отобразить рельеф. Для археологов это является архиважным, поскольку все детали микрорельефа отражают не только современные особенности использования территории, но также могут отражать след хозяйственной деятельности первого тысячелетия до нашей эры (того времени, к которому относится демонстрируемого мной городища). Я покажу его более детально позже.

Мы видим, что в результате построения плотного облака точек сформировалась трёхмерная модель выбранного участка рельефа. Пока это только облако, состоящее из огромного количества точек: 300 с лишним тысяч, иногда их количество превышает десятки миллионов, и работать с таким количеством данных, имеющих отдельные координаты, программе достаточно сложно даже на хорошем компьютере.

Поэтому следующий этап обработки – оптимизация этого облака точек в полигональную модель. Дублирующиеся точки устраняются, и на основе точек формируется сплошное пространство трёхмерной модели, которую можно сравнить с единым куском ткани. Такую модель значительно проще использовать в дальнейшем. Для того, чтобы корректно отобразить модель в пространстве (чтобы верх был верхом, а низ – низом) необходимо задать несколько точек координат. Я не буду сейчас акцентировать на этом внимание, этот вопрос требует дополнительного описания необходимых промеров, GPS-координат, применение масштабов – это всё можно обсудить в случае необходимости в рамках отдельной встречи или лекции.

Итак, на примере какого городища я представлял вам работу по трёхмерному моделированию? Вы видите его на экране. Это та съёмка с беспилотного летательного аппарата, которая была в последствии разделена на кадры и использована для построения модели. Вы видите тот самый рельеф, который только что я демонстрировал вам в виде трёхмерной модели местности.

Городище это располагается в Спасском районе и называется Троице-Пеленицким. Оно известно в археологической среде, в среде историков, краеведов. Это одно из городищ, которое исследовал известный советский археолог Василий Алексеевич Городцов. Именно его траншеи раскопок мы с вами видим здесь. Работал он ещё в довоенное время.

Сохранились топографические планы этого городища, но все они имеют некоторые погрешности в изображении его контуров, в расположении траншей ранее проводимых раскопок. Трёхмерное моделирование даёт точную фиксацию объекта в виде куса пространства, которое мы переносим с натурного участка обследования к себе на компьютер.

Если говорить совсем просто, то иногда, используя нашу практику работы, сложные, либо требующие очень долго и тщательного изучения объекты не всегда удастся исследовать в натуре. Мы снимаем необходимые обмеры, делаем фотофиксацию и трёхмерное моделирование и впоследствии (допустим, как в ситуации с некоторыми захоронениями) рассматриваем детально расположение костей, погребального инвентаря, погребальной конструкции склепа (как в Троицком монастыре) не только по фотографиям, но и методом трёхмерной модели. Этот метод позволяет нам целиком переместить этот объект с затопляемого дождём участка траншеи в Троицком монастыре в сухое помещение лаборатории, где стоит компьютер в высоком разрешении. Мы видим ту же самую ситуацию с теми же самыми костями, деталями инвентаря и одежды, деталями деревянного гроба, его обшивки, склепа и детали кладки кирпичей – всё это мы видим единым комплексом, но в более удобных для исследования условиях.

Надо сказать, что трёхмерное моделирование не заменяет натурное изучение полностью, поскольку в процессе разборки и исследования любого комплекса всё равно делается фотофиксация, текстовое описание. Трёхмерное моделирование является очень сильным и качественным дополнением, но не заменяет полностью качественное исследование непосредственно в натуре. Важным моментом является тот факт, что я как археолог, имеющий возможность лично прикасаться, исследовать, держать в руках и видеть своими глазами некоторые объекты истории культуры русского народа, народов РФ, хотел бы поделиться тем, что я вижу, но поделиться этим я могу от первого лица.

Показать фотографии и видео, это, конечно, интересно, но тогда вы увидите объекты только с того ракурса, с которого я вам его покажу. В случае с трёхмерным моделированием мы фиксируем большое историческое

пространство, отдельный комплекс – белокаменный блок средневекового храма, либо целое пространство площадью в несколько км². Мы предлагаем вам исследовать его самостоятельно для удовлетворения исторического интереса. Вы можете почувствовать себя в роли исследователя и изучить этот объект без чьего-либо участия, ведь он предстаёт перед вами таким же, каким его вижу я или наш беспилотник.

Итак, Троице-Пеленицкое городище. Вот как оно расположено в рельефе – текстурированная модель. Вот вид сверху. Мы с вами видим, что в результате получаса полета, затраченных полутора часов на дорогу и примерно полутора дней, затраченных на постобработку данных, мы имеем с вами трёхмерную модель рельефа не только самого городища, но и всего окружающего его исторического пространства в контексте рельефа и ландшафта. Мы можем посмотреть на него с различных ракурсов, оно визуализируется.

Кроме того, очень важный аспект для научных исследований – это возможность проведения точных измерений по этой модели. Нет необходимости перемещать на этот объект дорогостоящее оборудование типа тахеометра или лазерного сканера, можно провести исследование в помещении лаборатории, задав систему координат этой модели, сделав при этом любые измерения и разрезы по этому рельефу, посмотреть какую систему рельефа имеет каждый конкретный памятник, сделать сечение любого характера.

Вот можно посмотреть, как мы разрежали известное ещё по исследованию Василия Алексеевича Городцова Троице-Пеленицкое городище. Таких разрезов ещё не строилось. Те данные, которые я вам предлагаю сейчас для рассмотрения носят только предварительный характер: они показывают, что можно сделать без специальной подготовки с применением простого набора программных продуктов.

Вы спросите, насколько уникально для Рязанской области Троице-Пеленицкое городище? Я бы сказал, что каждый памятник археологии неповторим и имеет свою систему исторической застройки, которую удаётся исследовать археологическими методами, фортификации (если мы говорим об укреплённом поселении), и, конечно, комплекс отдельных археологических находок, которые мы выявляем. Это предметы материальной культуры, которая в совокупности со всеми наблюдениями за фортификацией, устройством жилищ, видом хозяйствования, рассказывает о тех культурах, о которых не осталось никаких письменных свидетельств. Это

огромный пласт истории Рязанской земли, который совершенно не отражен в письменных источниках.

Палеопочвенный анализ, спорово-пыльцевой анализ – всё это в совокупности даёт нам понимание исторического пространства, которое нам, как археологам, удастся исследовать. Троице-Пеленицкое городище для этого периода времени для Рязанской области не единично, оно относится к раннему железному веку (7 век до н.э. – 2 век н.э.). На нём присутствуют археологические материалы культуры рязано-окских могильников (3–7 век н.э.), то есть заселялось оно как минимум в два этапа и существовало достаточно долго. Городище этого же времени есть на территории города Рязани. Ему очень повезло, поскольку от застройки и разрушений его спасает парк, на территории которого оно находится – парк Морской славы (микрорайон Канищево, по наименованию которого городище и получило свое название).

Перед вами трёхмерная модель пространства парка Морской славы с окружающей застройкой, где расположен этот памятник археологии федерального, всероссийского значения. Материалами для построения трёхмерной модели также послужила аэровидеосъёмка всей территории парка и городища в частности. Еще 100 лет назад оно было в два раза больше, но из-за проложенного внизу по пойме коллектора стало интенсивно осыпаться. Городище неоднократно раскапывалось, подвергалось исследованиям ряда археологов – Василия Алексеевича Городцова, Виктора Павловича Челяпова, Алексея Николаевича Сорокина. Значительные коллекции хранятся в рязанском историко-архитектурном музее, мне удалось их осмотреть. И надо сказать, что этот памятник дославянской культуры достоин большего внимания, освещения в рамках экскурсионной деятельности. Трёхмерное моделирование должно способствовать его продвижению и популяризации как объекта истории культуры.

Итак, сделанная модель Канищенского городища кроме визуализации самого пространства позволила нам сделать любопытные исторические выводы. В 1890, когда городище осматривает Василий Алексеевич Городцов, он отмечает, что внешний вал городища практически полностью скрыт, то есть не виден. Это было более ста лет назад. Соответственно, до настоящего времени эта территория претерпела ещё большее воздействие, и выраженные в земле объекты фортификации стали ещё менее заметными. Возможность отображения трёхмерной модели в разном спектре углов освещения позволяет нам видеть очень мелкие, едва заметные участки выраженных в рельефе антропогенных объектов, которые мы можем интерпретировать.

На этом слайде вы видите остатки двух валов, которые при натурном осмотре местности едва видны, а после благоустройства территории парка Морской славы, к сожалению, были совершенно срезаны – осталась только небольшая часть на этом участке близ осыпи. Фактически мы зафиксировали следы оборонительных конструкций городища, которое, видимо, в очень разрушенном виде, видел ещё Василий Алексеевич Городцов.

Сейчас нам удалось их зафиксировать, мы можем определить место их расположения на местности благодаря трёхмерной модели, и при необходимости произвести там археологические изыскания. Очень важно, что наше понимание в системе фортификации этого памятника археологии, укреплённого поселения дославянской эпохи раннего железного века, методом визуального и компьютерного анализа дополняется новыми важными данными. Фактически мы находим новые элементы и конструкции этого памятника. До применения трёхмерных моделей основной формой фиксации рельефа были топографические планы. Они отражают высоты памятника, расположение отдельных разрытий, понижений, возвышенных участков, но всё-таки имеют определённую долю условности. Их качество довольно высокое, и в сопоставлении с трёхмерными моделями эти два источника могут дать дополнительные важные данные.

Я продемонстрировал вам два городища дославянской эпохи, а теперь прошу обратить ваше внимание на остатки древнерусского летописного города, который находится в Кораблинском районе Рязанской области. Это знаменитое Толпинское городище. Его фортификации представлены мощными валами и рвами. На его территории, вероятно, стоял каменный храм ещё в эпоху древней Руси и Рязанского княжества, до ордынского вторжения, поскольку при археологических исследованиях этой территории Виктор Павлович Челяпов, рязанский археолог, выявил такие находки как древнерусский кирпич, характерный для построения храмов. Мы сделали видеофиксацию этого городища, со всех ракурсов зафиксировав его рельеф. Помимо прочего такие съёмки помогают визуализации и популяризации самих памятников вне зависимости от того, строим мы модели или нет.

Мне очень приятно, что сейчас, благодаря проекту «Рязань. Вдохновение здесь» у меня появилась возможность продемонстрировать вам их.

До настоящего времени одним из основных источников информации о рельефе был инструментальный топографический план городища. Он достаточно подробно, схематично отражает всю характеристику рельефа этого древнего памятника, но трёхмерное моделирование даёт возможность

представить в разных видах визуализации все объёмы валов, рвов, площадки городища, допустим, как нынешний облет трёхмерной модели. Мы не стали здесь работать с детализацией деревьев, основным моментом было представление рельефа городища с множественными осыпями и остатками фортификаций. Всё это может быть посчитано в виде площади и объёмов земляных масс, которые использовались при возведении фортификаций. Постановка любой научной задачи может найти здесь ответ.

Сегодня вам были продемонстрированы некоторые результаты направления работы нашей организации в плане сохранения, изучения и популяризации объектов археологического наследия. Я постарался сделать акцент на том, что работа в данном направлении доступна практически каждому. Очень важным результатом является возможность фиксации любого памятника в том состоянии, в котором он пребывает на данный момент времени, и фиксация эта осуществляется достаточно несложно, но при этом в больших объёмах и очень качественно.

Построение трёхмерной модели практически исключает такой важный фактор погрешности как человеческий – неточно проведённое измерение по рулетке, либо по нивелиру, либо с применением другого инструмента. Здесь анализ выходит на компьютерный уровень и возможность ошибки, конечно, есть, но она последует только из-за нарушения самого алгоритма съёмки. Если его соблюдать (это сделать несложно), то любой может получить трёхмерную модель объекта любого размера и объёма собственными силами. Всё это доступно, и при массовом применении поможет нам зафиксировать состояние тех исторических объектов, которые до сих пор сохраняются в виде объектов археологии и деревянной архитектуры, которая больше, чем археология, подвержена разрушению при изменении облика современных городских пространств.

Именно трёхмерное моделирование методом фотограмметрии может помочь нам создать целый корпус данных в виде сайта и других открытых ресурсов, который может фиксировать пространство размером с улицы, кварталы и даже районы исторического города. Отдельно я обращаю внимание на то, что стоимость проведения этих работ складывается фактически из стоимости бензина на дорогу туда и обратно при наличии фотоаппарата и выхода на технических специалистов, которые могут осуществить обработку массива компьютерных данных. Я бы хотел выразить надежду на то, что на эту лекцию и презентацию будет отклик не только из Рязани, но и из районов Рязанской области, и к нам, как к организации открытой для общения и

сотрудничества, будут поступать инициативы для дальнейшей совместной работы по интересным объектам.

Мы с интересом относимся к инициативам по сохранению, изучению и популяризации тех объектов истории и культуры, которые находятся в районных музеях, на территории райцентров, отдельных исторических поселений. Предлагайте варианты взаимодействия, мы будем рады сотрудничеству! Я благодарю вас за внимание, о дальнейших наших работах мы будем вам регулярно сообщать, всего доброго.