

ЦИФРОВОЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В статье рассматриваются особенности применения современного цифрового оборудования в ходе полевых археологических исследований. Его использование является важным способом получения исходных данных для последующих исследований методами геоинформационных систем. Приводятся примеры практического применения результатов масштабной тахеометрической съемки территории и создания трехмерной цифровой модели рельефа – одного из важных этапов ГИС-анализа.

Ключевые слова: археология, методы исследований, информационные системы, компьютеризация.

Геоинформационная система (ГИС) по существу является детальной и достоверной моделью территории с интегрированным описанием пространственных объектов. Моделирование исторических процессов происходит на основе пространственного анализа в ГИС и основывается на выявлении взаимосвязи между расположением археологических памятников, участков производственной и хозяйственной деятельности древнего населения и окружающим их ландшафтом [Журбин, 2005]. Существуют и другие определения термина «геоинформационная система», но общим для них выступает подчеркивание того, что специфической чертой ГИС является наличие инструментов для анализа информации, в отличие от компьютерного картографирования, таковых возможностей не имеющего [Афанасьев, 2004].

Археологические исследования с применением геоинформационных систем являются довольно молодым направлением в археологии и получили наиболее активное развитие на протяжении последних 15–20 лет. С начала 90-х гг. сформировались и два основных направления применения археологических ГИС. Первое из них может быть обозначено как «управление культурными ресурсами», или CRM (Cultural resource

management), второе – как археология ландшафта (landscape archaeology) [Гарбузов, 2007]. Если в первом случае ГИС-технологии выступают скорее как административный инструмент, способный оперировать большими объемами разнородных данных, то во втором ГИС выступает как мощное средство для научного исследования.

В рамках археологии ландшафта использование ГИС-технологий нашло свое применение на разных пространственных уровнях – от создания масштабных геоинформационных систем для исследований целых регионов с десятками и сотнями археологических памятников, до попыток создания ГИС отдельного археологического памятника. В качестве примера первого можно упомянуть проект археологической ГИС «Кисловодск», реализуемый с середины 90-х гг. под руководством Г. Е. Афанасьева при участии Д. С. Коробова и др. Проект объединяет сведения о более чем 800 памятниках археологии от эпохи энеолита до позднего средневековья и Нового времени на территории площадью, приблизительно, 100 тыс. га [Коробов, 2008]. Вопросы применения ГИС для археологических исследований регионального уровня широко освещены в отечественной и зарубежной

литературе. В российской науке имеются ГИС-исследования, по результатам которых авторами были успешно защищены диссертации на соискание ученой степени кандидата наук [Треблева, 2005; Гарбузов, 2007].

Однако использование геоинформационных систем для изучения отдельных памятников и небольших микрорайонов с компактно-расположенными комплексами памятников представляются нам недостаточно разработанными. На наш взгляд, это связано со спецификой каждого из этих двух видов исследования. В первом случае исследователь оперирует крупными объектами, «единицей измерения» служит целый памятник. В качестве пространственной основы используются топографические карты достаточно крупного масштаба, спутниковые и авиаснимки, к настоящему времени имеющиеся в свободном доступе с пространственным разрешением от 15 м. В контексте таких исследований точность фиксации отдельных предметов теряет свое значение и использование для указанных целей обычных туристических GPS-приемников с паспортной точностью измерения 3–5 м становится вполне достаточной.

Однако при попытках применения аналитических инструментов ГИС к изучению отдельного памятника или компактной группы памятников одного микрорайона исследователь неизбежно сталкивается с необходимостью проведения гораздо более точных измерений. Очевидно, что пространственная основа для подобных исследований должна создаваться с учетом микрорельефа, на основании планов памятника с построением трехмерных цифровых моделей рельефа (Digital elevation model, DEM), (далее ЦМР) прилегающей местности. На этой модели могут размещаться реконструкции отдельных археологических объектов, исследоваться пространственные отношения между ними. Полученная визуализация позволяет рассматривать археологический памятник как единое целое, функционирующее образование, наглядно проследить отдельные объекты в их взаимодействии. Несомненно, что для проведения подобных исследований требуется значительное количество точных измерений на местности. При этом все указанные фиксации должны быть выполнены с минимальными погрешностями, поскольку от этого будет зависеть корректность результатов исследования.

Получение исходных данных для построения ЦМР способом традиционной инструментальной съемки с помощью теодолита требует значительных временных и трудовых затрат. Не меньшие затраты времени приходится на преобразование полученных данных в электронный вид, что является необходимым условием для дальнейшей работы с ГИС. Очевидно, что традиционный метод съемки не оправдывает себя в том случае, когда требуется создание модели рельефа значительной по площади местности. К тому же в процессе оцифровки результатов практически неизбежны ошибки, связанные с человеческим фактором, погрешностями при измерении и преобразовании данных.

Выходом из данного положения является применение нового цифрового геодезического оборудования для трехмерной фиксации археологических объектов и современной дневной поверхности. Использование на полевом этапе исследований указанного оборудования и соответствующих компьютерных программ для обработки и отображения полученных данных является эффективным решением вопроса полевой фиксации необходимого материала и подготовки информации к последующему анализу методами геоинформационных систем. К данному оборудованию относятся такие приборы для фиксации пространственного положения, как тахеометр и профессиональный GPS-приемник. На взгляд автора, самым универсальным прибором, позволяющим сопровождать процесс археологических изысканий на памятнике, является тахеометр.

Тахеометр представляет собой оптико-электронный прибор, совмещающий в себе электронный теодолит, лазерный дальномер и бортовой компьютер. Тахеометр используют при вычислении координат и высот точек местности, при топографической съемке, при разбивочных работах, переносе на местность высот и координат проектных точек. Принцип съемки с помощью тахеометра заключается в быстром замере полярных координат пикета (точки) без вычерчивания чертежа в масштабе в полевых условиях. В современных моделях прибора пересчет координат из полярной системы в декартову автоматически производит встроенный компьютер [Зайцева, Пушкарев, 2009. С. 4–5]. Тахеометры находят свое

применение в отечественной археологии с середины 2000-х гг.¹ С тех пор был накоплен значительный опыт работы с прибором при полевых и городских археологических работах на различных памятниках археологии – городищах, поселениях, курганных и грунтовых могильниках, святилищах и др. В ходе работ были подтверждены неоспоримые преимущества использования тахеометрической съемки при археологических разведках и при стационарных работах, в условиях краткосрочных новостроечных работ, обследований больших площадей, а также многолетних стационарных раскопок [Дарган и др., 2008].

Преимуществом этого цифрового геодезического прибора по сравнению с традиционными средствами инструментальной фиксации является то, что вся информация сохраняется и отображается в электронном виде, что позволяет значительно автоматизировать и ускорить операции при последующих действиях по построению ЦМР и 3D реконструкций. Современные тахеометры сохраняют результаты съемки в виде координат измеренной точки в текстовом формате txt. Существенным его достоинством является универсальность и легкая конвертируемость в любой другой формат при экспортировании в разнообразные ГИС и САПР приложения (IndorCAD, AutoCAD, MapInfo, Surfer, Credo, Pythagoras и многие другие программы для геодезических расчетов и построений) [Барабанов, 2007]. Даже масштабные съемки археологических планов, обширная фиксация многих тысяч и десятков тысяч точек, артефактов и объектов займут на ПК исследователя немного места. Еще одним важным преимуществом этого прибора является то, что первичную обработку полученных в результате съемки результатов и построение 3D моделей рельефа при наличии соответствующего программного обеспечения возможно начать

создавать уже в ходе полевых исследований, используя ноутбук. Последнее позволяет экономить время и устранять возможные ошибки, возникшие в процессе работы, что называется «на месте».

Основной недостаток тахеометра – это зависимость от электроэнергии, как и у любого цифрового прибора. В среднем емкости батареи (для моделей Topcon и Trimble, с которыми довелось работать автору) хватает на день-полтора интенсивной работы на памятнике, что, в целом, соответствует 10 ч работы или 12 000 измерений точек, заявленным в технических характеристиках данных моделей. Однако этот недостаток компенсируется использованием комплекта из нескольких батарей, высокой скоростью зарядки (порядка 2 ч) и в целом не является неразрешимым препятствием для использования тахеометра в ходе полевых работ. Со временем, с большим распространением в среде археологов портативных и экономичных электрогенераторов, названный недостаток и вовсе потеряет свое значение.

Тахеометр является не единственным электронным прибором, который возможно применять для полевой фиксации археологических объектов и подготовки исходных данных для построения ЦМР. Некоторые исследователи для данных целей применяют профессиональные GPS-приемники. На наш взгляд, использование в полевых исследованиях профессиональных многополосных GPS-приемников для полевой фиксации объектов и нивелирования уровня современной дневной поверхности имеет существенные недостатки по сравнению с тахеометром. По точности измерения системы глобального позиционирования соответствуют высоким археологическим стандартам [Винокуров и др., 2009]. Однако GPS-приемник чувствителен к ландшафтным и метеоусловиям, которые зачастую не позволяют использовать его для точной фиксации в условиях серьезной облачности и сильной залесенности территории, либо она требует значительного времени для повторных, проверочных измерений. Таким образом, во многих природных районах, особенно в таежных зонах Западной Сибири, использование прибора в качестве инструмента точной полевой фиксации представляется малооправданным.

Хорошим решением при наличии соответствующего оборудования будет измере-

¹ В настоящее время на рынке геодезического оборудования представлен широкий спектр моделей тахеометра от разных производителей в обширном ценовом диапазоне – от относительно недорогих моделей технических тахеометров до многофункциональных роботизированных устройств. Даже самый недорогой прибор полностью удовлетворяет высоким археологическим требованиям по точности и скорости фиксации. Так, время съемки пикета для бюджетных моделей марки Topcon с точностью 1 мм составляет 1,2 с. По данным http://www.geodeziya.com/bsp_details.php?id=98 (дата обращения 20.04.2011).

ние координат геодезическими GPS-приборами с низкой погрешностью в двух-трех реперных точках местности. Перед началом археологических раскопок на памятнике эти точки надлежит с помощью тахеометра привязать к относительной системе координат раскопочной сетки, используемой на памятнике. В отдельных случаях, когда местные жители, туристы, «охотники» за металлом и грабители реперные точки ломают, выкорчевывают или даже перемещают, применение GPS становится просто необходимым. Благодаря использованию систем глобального позиционирования есть возможность восстановления уничтоженных реперов и координатной сети квадратов, которые могут быть в любой момент воссозданы в прежнем виде [Винокуров и др., 2009]. Еще одним перспективным способом совместного использования тахеометра и геодезического GPS-приемника представляется сведение в единую систему координат разных объектов на памятниках одного микрорайона в едином ГИС-проекте при тех случаях, когда по какой-либо причине нет возможности провести между ними тахеометрический ход.

Несмотря на сравнительно длительное использование тахеометра в археологии, исследователи ограничиваются использованием данного прибора для следующих операций: сопровождения процесса археологических раскопок, построения планов и трехмерной реконструкции на основе тахеометрической съемки единичных «наиболее представительных» объектов. Последнее является отдельным, активно развивающимся направлением археологических исследований.

Попыткой реализации обозначенного в статье подхода комплексного изучения целой группы памятников с применением масштабной тахеометрической съемки являются исследования, проводящиеся учеными Томского государственного университета на территории Шайтанского археологического микрорайона Томской области. Шайтанский археологический микрорайон (далее ШАМР) находится в Кожевниковском районе на юге Томской области. К текущему времени на территории урочища Шайтан открыто 19 разнотипных памятников археологии. Большинство памятников – однослойные и датируются X–XV вв. на основании керамического комплекса и радио-

углеродного датирования. Необходимо также заметить, что на сегодняшний день ШАМР является крупнейшим в Томском Приобье комплексом поселенческих памятников эпохи развитого средневековья с мощной, не имеющей аналогов в соседних регионах, системой обороны [Зайцева и др., 2010]. Особенностью исследования данного комплекса является то, что для всей территории микрорайона с 2004 г. создается единая топооснова, на которой строится ЦМР [Зайцева и др., 2004]. С помощью тахеометра фиксируется не только положение отдельных объектов на памятниках, но и уровень современной поверхности на пространстве между ними, связывая все археологические памятники в единый комплекс (рис. 1). В этой же единой системе фиксируются все шурфы и раскопы на памятниках и местоположение находок и артефактов, что формирует основу для создания ГИС ШАМР. Единая топооснова включает в себя и данные геофизических исследований, полученные с помощью магнитометра (рис. 2). Имеющийся к настоящему времени отснятый тахеометром материал позволяет наглядно представить себе весь комплекс памятников, таким образом реализуя одну из функций геоинформационной системы – визуализацию имеющихся пространственных данных. Хотя еще преждевременно говорить о конечных результатах данной работы ввиду незавершенности проекта и малой общей вскрытой площади. Но перспективность подобного подхода к исследованиям с применением современных цифровых средств фиксации очевидна. Более того, только благодаря им становится возможным выход на новый уровень полевых исследований с применением методов анализа, предоставляемыми ГИС.

Подводя итог, можно заключить, что применение тахеометра в сочетании с GPS-приемником в процессе полевых археологических работ является оптимальным решением проблемы соотношения между скоростью, точностью и удобством подготовки исходных данных для последующего анализа в различных ГИС-программах. При масштабных исследованиях, требующих фиксации множества точек местности и построения на их основе ЦМР, применение тахеометра является необходимым условием. Широкое внедрение цифрового геодезического оборудования и специального про-



Рис. 1. Построенная на данных тахеометрической съемки цифровая модель рельефа городищ Шайтанского археологического микрорайона

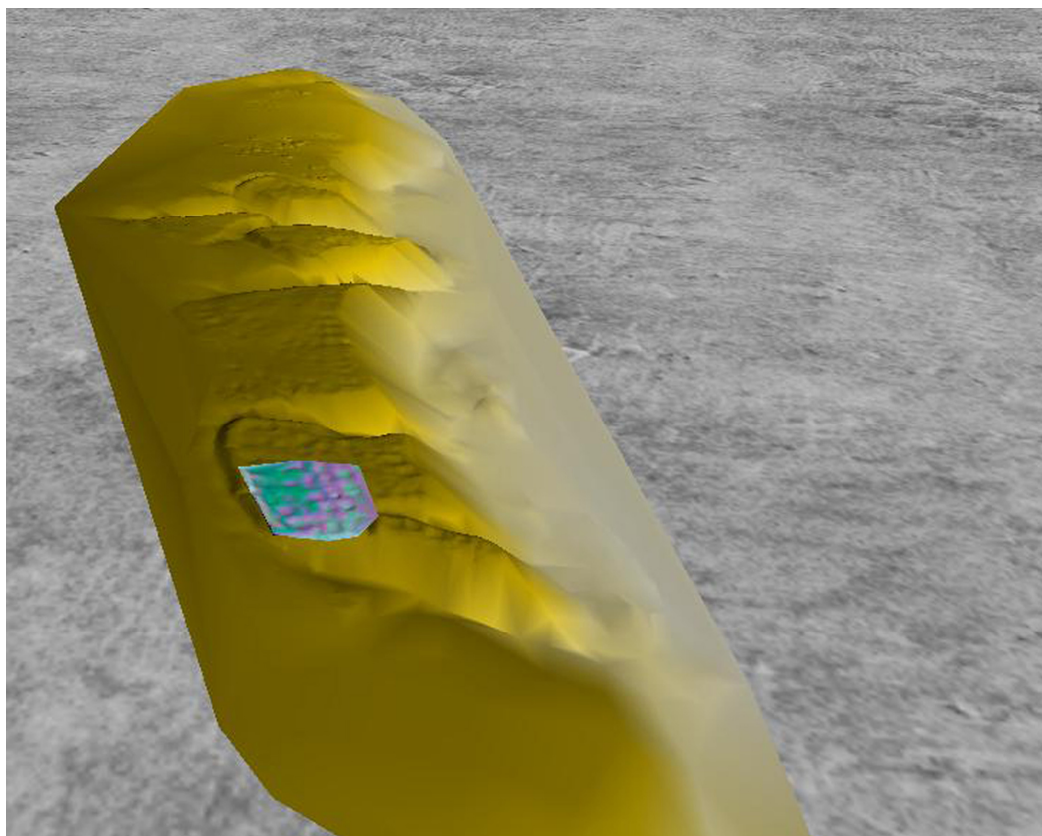


Рис. 2. Цифровая модель рельефа городищ Шайтанского археологического микрорайона с отображенными данными магнитометрической съемки

граммного обеспечения не только значительно ускоряет и упрощает процесс научных исследований, но и позволяет выйти на новые уровни изучения, создавая базу для последующих ГИС-исследований уровня как отдельного археологического памятника, так и компактно расположенных групп памятников одного микрорайона.

Список литературы

Афанасьев Г. Е. Основные направления применения ГИС- и ДЗ-технологий в археологии [Электронный ресурс] // Круглый стол «Геоинформационные технологии в археологических исследованиях» (Москва, 2 апреля 2003 года). М.: АГИС, ИА РАН, 2004. (CD-ROM)

Барабанов П. Ю. Новое геодезическое оборудование в археологии. Опыт и перспективы применения электронного тахеометра при археологических исследованиях [Электронный ресурс] // Археология и геоинформатика. М.: АГИС, ИА РАН, 2007. Вып. 4. (CD-ROM)

Винокуров Н. И., Мызин Д. А., Пархалин И. Н. Опыт использования ГНСС для исследования антропогенных структур в Крымском Приазовье // Геопрофи. 2009. № 3. С. 47–51.

Гарбузов Г. П. Археология ландшафта и геоинформатика: теоретические аспекты взаимоотношений [Электронный ресурс] // Археология и геоинформатика. М.: АГИС, ИА РАН, 2007. Вып. 4. (CD-ROM)

Гарбузов Г. П. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование Земли в археологических исследованиях: на примере Таманского полуострова: Автореф. дис. ... канд. ист. наук. М., 2007. 27 с.

Дараган М. Н., Ёлишин Д. Д., Лукомский Ю. В. Опыт применения тахеометриче-

ской съемки при археологических исследованиях (на примере архитектурно-археологических раскопок Десятинной церкви в Киеве в 2005–2006 гг.) [Электронный ресурс] // Археология и геоинформатика. М.: АГИС, ИА РАН, 2008. Вып. 5. (CD-ROM).

Журбин И. В. Моделирование и реконструкция археологических объектов [Электронный ресурс] // Археология и геоинформатика. М.: АГИС, ИА РАН, 2005. Вып. 2. (CD-ROM)

Зайцева О. В., Барсуков Е. В., Гусев А. В. О выделении Шайтанского археологического микрорайона на юге Томской области // Археологические микрорайоны Западной Сибири. Материалы научной конференции. Омск, 2004. С. 37–40.

Зайцева О. В., Барсуков Е. В., Пушкарев А. А. Культурно-хронологическая характеристика материалов городища Шайтан III // Тр. Том. гос. ун-та. Серия общенаучная: Молодежная научная конференция Томского государственного университета 2009 г. Томск, 2010. Т. 273, вып. 1: Проблемы гуманитарных наук. С. 62–64.

Зайцева О. В., Пушкарев А. А. Тахеометрическая съемка в археологических исследованиях: Учеб.-метод. пособие. Новосибирск, 2009. 48 с.

Коробов Д. С. Применение методов пространственного анализа при изучении системы расселения алан Кисловодской котловины [Электронный ресурс] // Археология и геоинформатика. М.: АГИС, ИА РАН, 2008. Вып. 5. (CD-ROM)

Требелева Г. В. Оборона территории Азиатского Боспора в первые века нашей эры: историческое моделирование на основе ГИС-технологий: Автореф. дис. ... канд. ист. наук. М., 2005. 29 с.

Материал поступил в редколлегию 07.05.2011

V. V. Zolotukhin

DIGITAL GEODESIC EQUIPMENT AS THE PREREQUISITE FOR GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM METHODS ARCHAEOLOGICAL INVESTIGATION

In the article peculiarities of modern digital equipment application in archeological investigation are considered. The article briefly summarizes the main direction in different-levels archaeological GIS systems application, the features of the GPS-receiver and tacheometer have been considered for archeological objects field fixation. The author stated advantages and disadvantages of using of these equipments in different environment conditions. The author is being an example application landscape large-scale tacheometric survey and create digital elevation model – stage of GIS investigation are given.

Keywords: archaeology, research methods, information systems, computerization.