

30 ЛЕТ АРТЕЗИАНСКОЙ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ. ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ТОПОГРАФО- ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

Н.И. Винокуров (Московский педагогический государственный университет)

В 1985 г. окончил исторический факультет Московского государственного педагогического института (в настоящее время Московский педагогический государственный университет — МПГУ). После окончания института работал в Центре детского и юношеского творчества молодежи им. А. Косарева. С 2001 г. работает в МПГУ, в настоящее время — заведующий кафедрой истории древнего мира и средних веков им. В.Ф. Семенова. Доктор исторических наук, профессор. С 1994 г. — начальник международной российско-крымской Артезианской археологической экспедиции. Президент фонда «Археология».

А.П. Пигин («Кредо-Диалог», Республика Беларусь)

С 1962 г. работал в изыскательской партии института «Гипросталь» (Керчь), с 1965 г. проходил службу в ВС СССР, с 1968 г. работал в строительных организациях Минска. В 1970 г. начал работу в ГПИ «Минскинжпроект», где без отрыва от производства в 1974 г. окончил Ленинградский топографический техникум, а в 1981 г. — геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». С 1992 г. работает в компании «Кредо-Диалог», в настоящее время — научно-технический консультант. Кандидат технических наук.

И.Е. Рак (Белорусский национальный технический университет)

В 1996 г. окончила геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». После окончания университета работает в Белорусском национальном техническом университете, в настоящее время — доцент. Одновременно с 2011 г. работает в компании «Кредо-Диалог», в настоящее время — ведущий геодезист, координатор программы CREDO_BY3. Кандидат технических наук.

В 1987 г. Крымским филиалом Института археологии АН СССР, Центром творчества детей и молодежи им. А. Косарева и лицеем № 1502 при Московском энергетическом институте была образована Артезианская археологическая экспедиция (ААЭ) на базе молодежного археологического отряда Восточно-крымской археологической экспедиции Института археологии АН СССР [1].

На протяжении многих лет ААЭ проводит исследования урочища Артезиан в Крымском Приазовье, центральными объектами которых являются городище и некрополь «Артезиан» (рис. 1) [2].

Городище «Артезиан» — это уникальный многослойный па-

мятник с очень сложной стратиграфией. Мощность слоев энеолитического, античного и средневекового времени достигает пяти метров. Специалисты полагают, что на месте городища располагалась древняя Пароста (Parosta), упоминавшаяся Плинием в I в. н. э. и Клавдием Птолемеем во II в. н. э.

Городище занимает естественную возвышенность в центре урочища Артезиан (Салын), на месте бывшей деревни Паша-Салын, в 2,5 км севернее поселка Чистополье Ленинского района Республики Крым. Оно расположено на мысе, между северной и южной балками. Опывшие балки в древности имели большую глубину и более обрывистые склоны.

Растительность травяная степная, характеризуется многолетними засухоустойчивыми травами с преобладанием полыни, ковылей и типчака, летом плотно покрывающая поверхность. Вокруг городища простираются обширные пространства со спокойным рельефом, плодородной черноземной почвой.

В южной части имеется недействующая система водозаборов, включающая заброшенные артезианские скважины и траншеи демонтированных водоводов.

Дорожная сеть представлена только грунтовыми дорогами. Ближайший поселок Чистополье связан с основными поселениями Керченского полуост-

рова автомобильным шоссе и железной дорогой.

Одним из ключевых элементов при исследованиях археологического памятника является качественная локализация его элементов — точное пространственное определение их местоположения с помощью топографо-геодезических методов и технологий. Учитывая становление археологической школы исследователей, развитие методов и технологий пространственной локализации объектов и их элементов, корректировки требований нормативных документов, для крупных объектов, изучаемых в течение нескольких десятков лет, в общем случае необходимо следующее [3]:

1. Объединение и сохранение в единой пространственной системе координат (СК) материалов исследований (топографических планов) разных лет.

2. Точная пространственная локализация элементов исследований — раскопов, строительных остатков (СО), артефактов.

3. Создание топографо-геодезических материалов, обеспечивающих анализ, планирование и проведение дальнейших перспективных исследований территории памятника и ближайших окрестностей, включающее:

— актуализацию существующей и создание новой топографической основы;

— включение в работы данных дистанционного зондирования Земли;

— развитие плано-высотной опорной сети.

4. Создание топографических материалов в цифровой форме, являющихся основой пространственной компьютерной реконструкции памятников.

5. Сбор материалов, обеспечивающих постановку на учет объектов культурного наследия, установление статуса землепользования.

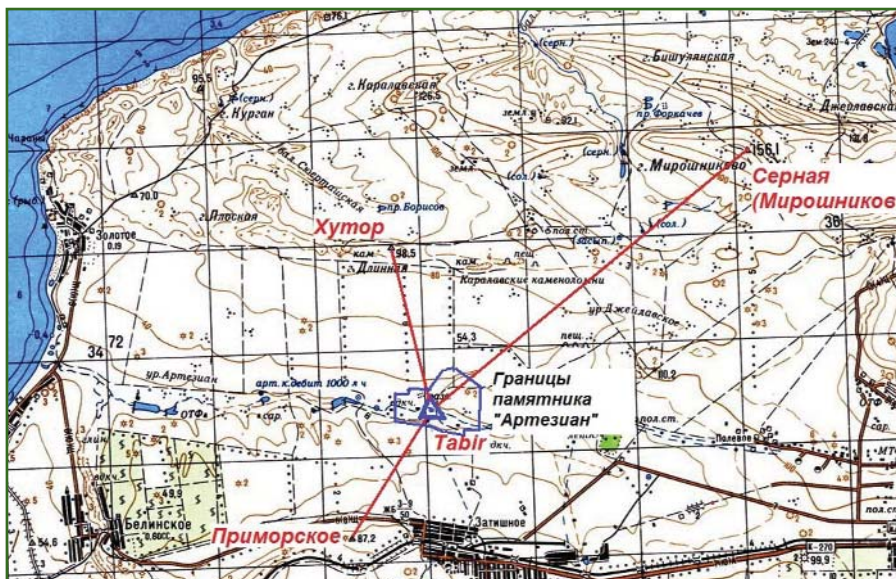


Рис. 1

Расположение археологического памятника Артезиан на топографической карте масштаба 1:100 000

6. Подготовка топографической основы для разработки концепции и проектирования музеефикации археологических памятников.

Все материалы создаются в единой системе координат, связанной с государственной СК, для однозначного определения цифровой модели местности (ЦММ), являющейся пространственно-информационной моделью памятника.

Представляет интерес 30-летний опыт Артезианской археологической экспедиции поэтапного подхода к решению перечисленных задач, становления технологий пространствен-

ной фиксации элементов раскопов. Методы и технологии развивались: от простейших (с произвольной привязкой и ориентированием по компасу) до современных (с жесткой координатной привязкой с помощью электронных тахеометров, спутниковых приемников и беспилотных летательных аппаратов (БЛА)), обеспечивших формирование пространственно-информационной цифровой модели археологических исследований.

▼ **Первый этап (1988–2001 гг.)**

Археологические исследования памятника начались на се-

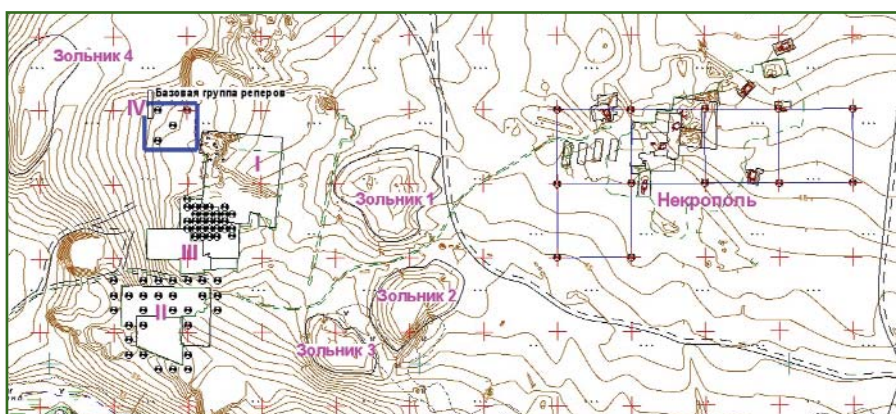


Рис. 2

Схема расположения участков археологических исследований

веро-западном участке раскопа I, затем — на южном участке раскопа II (рис. 2).

Вначале была выполнена мензурная съемка в условной системе координат и высот, в масштабе 1:1000, небольшого участка, включающего глинище, зольники 1, 2, 3 и 4, вскрытый северо-западный участок будущего раскопа I и предполагаемую территорию городища (см. рис. 2). Результаты съемки были представлены в бумажном виде.

Ориентирование сетки квадратов для разбивки раскопов проводилось по компасу, без учета поправок за магнитное склонение и сближение меридианов, отображаемых в те годы на листах топографических карт с грифом «секретно». Применение компаса, не учитывая годовых и локальных изменений магнитного склонения, привели к тому, что ежегодно, от сезона к сезону, приходилось корректировать сетку квадратов плано-высотной основы, из-за чего снижалась точность определения местоположения элементов раскопов, накапливались нестыковки расположения строительных остатков на планах.

▼ Второй этап (2001–2006 гг.)

Расширение площади исследований к концу 1990-х гг. (начало работ на некрополе, увеличение площади раскопов I и II, раскоп цитадели) потребовало коренного изменения топографо-геодезического обеспечения работ.

В 2001–2002 гг. был проведен комплекс работ, включающих создание плано-высотной опорной сети и топографическую съемку района археологических исследований.

Выбрана и закреплена точка начала счета условной системы координат. Откорректирована ориентировка осей СК по Полярной, без учета часового угла Полярной и звездного времени наблюдений. Проведена новая

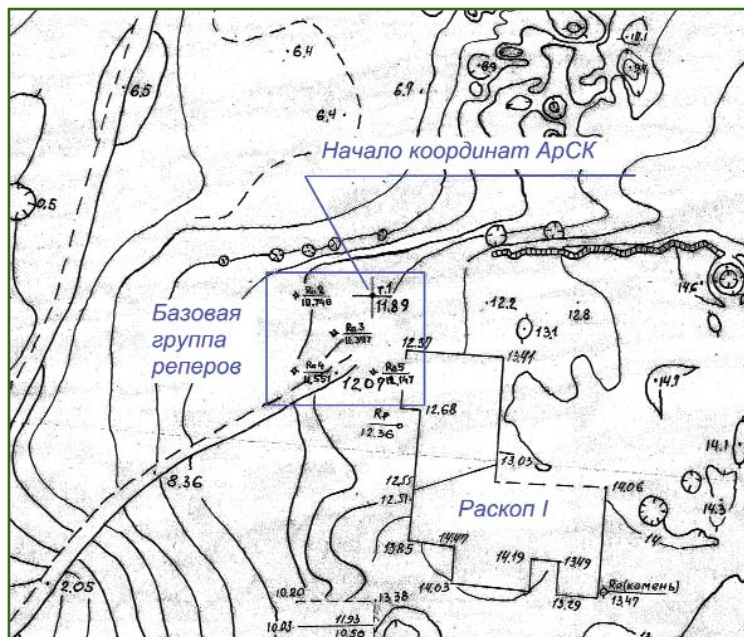


Рис. 3

Фрагмент топографического плана района археологических исследований, 2002 г.

ориентировка сетки квадратов, поскольку дальнейшее развитие сети пунктов, закрепляющих сетку квадратов, проводилось в созданной СК. По результатам оценки, выполненной в 2016 г., погрешность истинного азимута ориентирования сети пунктов составила 18,5'.

Созданная условная система координат позднее была названа Артезианской системой координат (АрСК). Физически АрСК была закреплена базовой группой из пяти реперов, расположенных по углам квадрата 20x20 м и в его центре (рис. 3). В качестве пункта с координатами в АрСК 0,0 м был принят репер 1, закрепляющий начало счета системы координат АрСК. Все опорные пункты базовой группы представляют собой металлические трубы, забетонированные на глубину до 1,5 м, ниже уровня почвенного слоя. Ежегодно, после завершения работ, они заваливаются бутовыми камнями в виде туров, чтобы исключить возможность их повреждения мародерами. Как оказалось впоследствии, туры хорошо просматриваются на космических снимках, что в

дальнейшем позволило легко проводить их геометрическую калибровку и пространственную привязку для использования в археологических исследованиях.

От базовой группы реперов в 2002 г. была развита плано-высотная сеть в виде сетки квадратов, углы которой закреплялись опорными пунктами. Местоположение опорных пунктов фиксировалось двумя створами, перпендикулярными друг другу, ориентированными на запад-восток и север-юг. По створам через каждые 100 м устанавливались долговременные скрытые реперы. Каждый репер дублировался забетонированными контрольными пунктами, вынесенными на расстояние 20 м от репера.

Развитие плано-высотной сети проводилось от реперов базовой группы с короткими расстояниями между ними, т. е. с базиса 20 м. Последующее распространение на 420 м к востоку (некрополь) и 180 м к югу (городище) привело к неизбежным погрешностям в установке реперов. Как показали последние результаты оценки



Рис. 4

Граница тахеометрической съемки 2002 г.

точности, имеют место погрешности во взаимном положении створов, перпендикулярных друг другу (до 45"), а также в расстояниях между параллельными створами.

Опорные пункты плано-высотной сети закреплялись бетонными монолитами, устанавливаемыми на глубине до 0,7 м с фиксацией центра пластиковыми трубами (для защиты от мародеров). Все пункты имели высотную отметку в условной системе высот. За 0,0 м была принята высота основной скважины недействующей водозаборной системы, расположенной к югу от городища.

В центральной части археологического памятника «Артезиан» (городище и некрополь) была выполнена тахеометрическая съемка (рис. 4) и составлен топографический план в масштабе 1:1000 в системе координат АрСК и в условной системе высот с сечения рельефа 1 м. При составлении плана использовался небольшой фрагмент мензульной съемки 1988 г.

Плотность пикетов на плане соответствует требованиям масштаба 1:1000. На участке плана, составленного по результатам мензульной съемки, пикете-

ты показаны частично, их отметки округлены до дециметров. План был составлен в бумажном виде. Векторизация плана не проводилась, поэтому вплоть до 2016 г. использовался только отсканированный топографический план в растровом виде.

▼ Третий этап (2006–2016 гг.)

Накопившийся значительный объем пространственной информации, требующей упорядочения и уточнения, а также расширение работ на некрополе привели к необходимости организации топографо-геодезического сопровождения археологических исследований на качественно новом уровне. Дополнительным толчком к этому послужило развитие технологий геодезических работ, предоставивших новые возможности для более точного определения пространственного местоположения элементов раскопов.

В 2006–2008 гг. специалистами компаний «НАВГЕОКОМ» и «КМС» (Украина) был выполнен комплекс работ, в который входило решение следующих основных задач: пространственная привязка территории археологических исследований, развитие плано-высотной сети и

съемка строительных остатков [4].

Рассмотрим их подробнее.

Пространственная привязка территории археологических исследований. Результативная интерпретация археологических данных отдельного памятника невозможна без анализа ландшафтно-исторического состояния территории, что, в свою очередь, требует представления пространственных данных археологического памятника не в условной, а в государственной или местной системе координат и высот. Это позволяет ввести в пространственно-исторический анализ весь комплекс доступных картографических и аэросъемочных материалов, а также космических снимков.

В 2006 г. для пункта Tabir, расположенного непосредственно в лагере ААЭ, были определены координаты в СК–63 и высота в Балтийской системе высот 1977 г. по результатам спутниковых измерений в статическом режиме от пунктов триангуляции (см. рис. 1), в 2007 г. — определены координаты базовой группы реперов в СК–63 и высот в Балтийской системе высот 1977 г. от пункта Tabir.

Развитие плано-высотной сети. Определены координаты в СК–63 и высоты в Балтийской системе высот 1977 г. ранее установленных пунктов плано-высотной сети и имеющих значения координат и высот в условной системе координат АрСК. Кроме того, сеть дополнена рабочими пунктами для ведения последующих исследований на территории городища и некрополя.

Съемка строительных остатков. Целью съемки было установление точного местоположения предметов в месте раскопок относительно друг друга и определение их точных координат. Полевое кодирование не проводилось, характеристики точек приведены в их названи-

ях, например, название точки «stena 23–12» включает принадлежность объекту — «stena 23» и порядковый номер точки съемки объекта — «12».

Эта съемка носила в определенной степени опытный характер. В процессе работ выбирались, уточнялись и «притирались» возможности геодезических технологий, исходя из требований археологов. Следует отметить, что геодезисты в качестве абрисов не достаточно полно использовали планы СО и архитектурные планы. Как результат — на архитектурных планах остались некоторые нестыковки отдельных участков (в частности, на стыке раскопов I и III). Тем не менее, общие результаты съемки позволили упорядочить значительный массив пространственной информации.

Как описано авторами в [4], определение пространственных координат элементов строительных остатков городища и некрополя выполнялось с помощью двухчастотных геодезических ГНСС-приемников. Использовалась методика псевдокинематики (на опорных пунктах и реперах) и непрерывная съемка контуров СО. Результаты представлялись в виде наименования точки съемки и значений трех координат.

В 2016 г. была проанализирована точность спутниковых определений координат и высот точек по результатам работ 2007–2008 гг. Средние квадратические погрешности координат (при однократном определении) составили: 0,026 м по оси X, 0,024 м по оси Y и 0,018 м по высоте. Таким образом, точность определения координат и высот строительных остатков вполне достаточна для создания топографических планов требуемого масштабного ряда [5].

С освоением и внедрением электронной тахеометрии существенно увеличились возможности качественного определения местоположения СО при ар-

хеологических исследованиях. В 2014–2015 гг. была проведена съемка небольших участков (прирезов) раскопа III в северо-восточной части и раскопа I в южной части. Оценка полученных результатов показала, что точность определения планового положения строительных остатков этим методом удовлетворяет требованиям археологических исследования, а высот нет. Поэтому высоты СО определялись по данным геометрического нивелирования.

▼ Четвертый этап (2016–2017 гг.)

В 2016 г. в связи с активным строительством на Керченском полуострове, а также значительным объемом уже выполненных и планируемых археологических исследований потребовалось проведение масштабных топографо-геодезических работ в районе раскопок. Было необходимо создать топографические материалы на всю площадь археологического памятника «Артезиан» для определения и юридического закрепления его границ как объекта культурного наследия, а также уточнить пространственное местоположение результатов раскопок. Появилась возможность включить в общие материалы исследований космические снимки и результаты аэросъемки с БЛА.

Эти данные предполагалось использовать для создания пространственно-информационной цифровой модели археологического памятника «Артезиан» и на ее основе подготовить комплект топографо-геодезических документов для юридического оформления объекта культурного наследия, текущего и перспективного проведения археологических исследований и музеефикации памятника.

По инициативе ААЭ и компании «Кредо-Диалог» было принято решение в 2016–2017 гг. провести комплекс топографо-

геодезических работ на памятнике в рамках проекта «Экспедиция CREDO» с привлечением специалистов компаний «Эффективные технологии» (Санкт-Петербург) и «ПРИН» (Краснодарский филиал). В проект включились волонтеры — студенты различных геодезических вузов России.

Эти работы включали:

- предварительную подготовку — сбор и приведение в единое координатное пространство имеющихся данных прошлых лет, космических снимков, находящихся в открытом доступе, и картографических материалов;

- топографическую съемку археологического памятника с включением приведенных в единую СК планов строительных остатков из археологических отчетов и публикаций;

- восстановление и развитие опорной сети;

- обработку данных в ПК CREDO и создание ЦММ;

- формирование пространственно-информационной модели археологического памятника «Артезиан».

Все ранее созданные материалы в разнообразных системах координат, в том числе космические снимки, загруженные с картографических сервисов Google и Yandex с помощью программы SAS.Планета (<http://sasgis.ru>), были трансформированы в СК–63 и включены в набор проектов ЦММ CREDO. Так, например, параметры связи АрСК и СК–63 были определены методом наименьших квадратов в простом преобразовании Хельмерта с необходимой отбраковкой. Подробно особенности и проблемы трансформирования топографических материалов в различных системах координат, геометрической коррекции и привязки космических снимков приведены в [6].

Следует отметить эффективность применения трансформированных в СК–63 космических



Рис. 5
Полевые работы в 2016 г.

снимков при археологических исследованиях памятника «Артезиан». Благодаря тому, что на космических снимках хорошо дешифрируются реперы (в первую очередь, базовой опорной группы), точнее, туры из камней на реперах, а также отдельные элементы строительных остатков, по снимкам, сделанным весной и поздней осенью, достаточно точно можно выделять аномалии растительности, рельефа, элементы человеческой деятельности (дороги, следы траншей, окопов, нелегальных раскопов) и определить местоположение контуров, требования к положению которых невысоки.

Кроме того, для уточнения деталей и исторического анализа территории урочища использовались дополнительные картографические материалы — верстовые карты Бетева и Шуберта (XIX век), аэрофотосъемка 1974 г., топографические карты масштаба 1:25 000 Генштаба РККА 1933 г., топо-

графические карты ГУГК СССР 1970-х гг. [6].

В ходе этих работ в двух системах координат АрСК и в СК-63 был составлен каталог координат реперов, заложенных в 2001–2002 гг., и включен в отчет ААЭ за 2016 г.

Топографическая съемка на участке городища и зольников выполнялась в соответствии с требованиями к топографическим планам масштаба 1:500 [5], с высотой сечения рельефа 0,25 м, на остальных участках высота сечения рельефа принималась равной 0,5 м.

Для уточнения и приведения в единую СК планов строительных остатков был проведен дополнительный набор пикетов на раскопах I, II, III и IV с тщательным выбором места постановки вехи, которые использовались при трансформации планов СО в единое координатное пространство модели. План раскопа I, большая часть строительных остатков которого скрыта, создавался в программе CREDO

ТРАНСФОРМ путем сбора из нескольких фрагментов. Положение СО уточнялось как по измеренным координатам пикетов, так и путем взаимного согласования элементов на фрагментах планов.

Топографическая съемка проводилась с использованием спутниковых геодезических приемников и электронных тахеометров различных производителей, предоставленных компаниями «Эффективные технологии» и «ПРИН», а также Уральским государственным горным университетом (Екатеринбург) (рис. 5). Применявшееся оборудование и технологии описаны в [7, 8].

Для качественной локализации строительных остатков и артефактов были восстановлены (после грабительских налетов) пункты планово-высотной сети и в узлах сетки квадратов установлены новые пункты в виде бетонных монолитов с пластиковыми вставками (дюбелями), фиксирующими центр. Вы-

нос пунктов и последующее определение их координат выполнялось ГНСС-приемниками в режиме RTK. На участках, где велись текущие работы, пункты располагались в узлах сетки квадратов с шагом 5 м, а на участках перспективных работ — от 10 до 50 м.

Обработка собранных пространственных данных, объединение их в единый цифровой массив и создание пространственно-информационной цифровой модели археологического памятника выполнялось с помощью ПК CREDO [9]. Цифровая модель местности формировалась на основе результатов наземных и спутниковых измерений, растровых файлов археологических планов строительных остатков, космических снимков высокого пространственного разрешения, аэрофотоснимков и снимков с квадрокоптера, а также данных топографических карт более мелкого масштаба изданных в XIX–XX вв.

Основным результатом работ этого этапа является пространственно-информационная цифровая модель археологического памятника «Артезиан». Она включает: ЦММ в формате CREDO (рис. 6), планы строительных остатков раскопов, космические снимки, данные БЛА,

сведения о плано-высотной сети, границы объекта культурного наследия, растровые топографические карты мелких масштабов, сведения об археологических объектах на прилегающих территориях и другие дополнительные данные.

На основе пространственно-информационной цифровой модели созданы чертежи и схемы в масштабах 1:100, 1:500, 1:2000, 1:5000 для проведения различных археологических исследований и их планирования, учета юридических аспектов памятника как объекта культурного наследия.

Значение проведенных работ в настоящее время резко возросло, так как в связи с грандиозным строительством Керченского транспортного перехода, реконструкцией автомобильных и железнодорожных магистралей в Восточном Крыму ожидается еще больший объем и интенсивность археологических исследований.

Важным является и то, что ЦММ и топографический анализ археологического памятника «Артезиан» служат вкладом в воссоздание общей картины развития локальных природно-географических зон Артезианского (Салынского) урочища и примыкающих к нему территорий Крымского Приазовья. Соб-

ранная в цифровом виде пространственная территориально-распределенная информация будет способствовать реконструкции антропогенного воздействия на окружающий природный ландшафт на протяжении всего четвертичного периода, включая последние столетия и даже десятилетия.

Кроме того, на наш взгляд, актуальной задачей, которая пока решается на отдельных археологических памятниках Восточного Крыма, является создание единой археологической геоинформационной системы (ГИС) Европейского Боспора. Результаты проведенных работ могут стать одной из составных частей такой ГИС.

▼ Список литературы

1. Артезианская археологическая экспедиция. — <http://artezian.info>.
2. Винокуров Н.И. Археологические памятники урочища Артезиан в Крымском Приазовье. — М.: Институт археологии РАН, 1998. — 241 с.
3. Пигин А.П., Бейлин Д.В., Рак И.Е. Топографические работы на объектах археологических исследований (на примере работ сезона 2013 г. на территории крепости Илурат) // Таврические студии. — 2014. — № 6.
4. 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.
5. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 (ГКИНП-02-033-82). — М.: Недра, 1982.
6. Пигин А.П., Винокуров Н.И. Топографические работы на археологическом памятнике «Багерово-Северное» // Геопрофи. — 2016. — № 3. — С. 50–54.
7. Погодин А. Артезианская археологическая экспедиция 2016. — <http://geodesist.ru>.
8. Седьмое лето вместе с Экспедицией CREDO. — <http://terracredo.ru>.
9. Программные продукты и технологии CREDO. — www.credo-dialogue.ru.



Рис. 6
Пространственно-информационная модель памятника в ПК CREDO