УДК 550.837.6

Результаты комплексных геофизических исследований по поиску склепов на территории загородного некрополя Херсонеса Таврического в Карантинной балке

В.В.ГЛАЗУНОВ¹, А.С.АГЕЕВ¹✉, Г.Д.ГОРЕЛИК¹, Т.В.САРАПУЛКИНА²

¹ Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

² Государственный историко-археологический музей-заповедник «Херсонес Таврический», Севастополь, Россия

Как цитировать эту статью: Результаты комплексных геофизических исследований по поиску склепов на территории загородного некрополя Херсонеса Таврического в Карантинной балке / В.В.Глазунов, А.С.Агеев, Г.Д.Горелик, Т.В.Сарапулкина // Записки Горного института. 2021. Т. 247. С. 12-19. DOI: 10.31897/PMI.2021.1.2

Аннотация. В статье приводятся результаты комплексных исследований, выполненных научно-исследовательским коллективом Санкт-Петербургского горного университета в сотрудничестве со специалистами Государственного музея-заповедника «Херсонес Таврический» в 2019 г. Цель работ заключалась в обнаружении и картировании античных и средневековых склепов (древних погребальных сооружений) на территории загородного некрополя Херсонеса Таврического в Карантинной балке. Комплекс геофизических методов включал непрерывное георадиолокационное зондирование на двух центральных частотах 350 и 500 МГц и бесконтактную электротомографию. Для минимизации пространственных ошибок при проведении исследований были проведены топогеодезические работы. Впервые были выявлены волновые электромагнитные эффекты, указывающие положение скрытых под землей склепов. Установлены геологические факторы, благоприятные для вырубки склепов в слоистой толще сарматских известняков. Полученные результаты позволили обосновать целесообразность продолжения геофизических работ на некрополе для изучения внутреннего пространства обнаруженных склепов и определения границ археологического наследия.

Ключевые слова: георадиолокационное зондирование; электротомография; склепы; некрополь Херсонеса Таврического; Севастополь; Карантинная балка; геофизика; археология

Введение. Территория некрополя загородного храма в Карантинной балке Государственного музея-заповедника «Херсонес Таврический» является объектом повышенного интереса со стороны специалистов и ученых целого ряда направлений: археологии, искусствоведения, геофизики и геологии [1, 6, 11, 20]. Причина повышенного внимания к этому месту обусловлена его чрезвычайно богатой историей. Здесь представлена своеобразная летопись жизни и быта людей прошлого. На сегодняшний день большое количество древних памятников скрыто под поверхностью и еще не обследовано [7, 19]. Проведение традиционных археологических раскопок сопряжено с большими затратами средств и времени, а также неизбежно влечет физическое уничтожение большей части исторической информации, которая в дальнейшем продолжается только в виде научных отчетов. Параллельно с этим необходимо решение сложных вопросов по дальнейшей консервации объекта.

В последнее время для получения информации об археологических памятниках с минимальным инвазивным влиянием используются методы археологической геофизики. На уровне рекомендованных Министерством культуры РФ методических разработок в направлении обеспечения сохранности археологического наследия геофизические методы признаны одним из оснований для определения границ территории объектов археологического наследия и последующей музеефикации исследуемой территории. Таким образом, внедрение в общепризнанную практику археологических полевых работ методов геофизики несет ощутимый вклад в определение и обоснование территории таких сложных к фиксации памятников как грунтовые могильники и некрополи.

Основной целью работ является поиск скрытых под дневной поверхностью античных и средневековых склепов, вырубленных в массиве известняков на территории некрополя Карантинной балки (рис.1). Задача исследования заключается в проведении комплексных геофизических исследований методами георадиолокации и электропрофилирования для обнаружения положения склепов и изучения геологического строения территории работ. Выбор именно этих методов исследования обусловлен опытно-методическими работами прошлых лет на Херсонесе [6, 7],

Рис. 1. Схема расположения полигона работ. Красным показан контур работ
Спутниковые снимки предоставлены www.earthexplorer.com

а также результатами российских и зарубежных геофизических исследований культурно-исторических памятников [2, 3, 21, 24-26].

Объект исследований. Некрополь расположен в нижней части устья Карантинной балки, прорезающей выходы сарматских известняков [5, 9]. Он занимает тальвег балки и часть правого и левого ее склонов, оформленных скалистыми отрогами Девичьей горы и правого борта балки. На сегодняшний день значительная площадь некрополя до сих пор остается неисследованной [8, 10, 14, 16].

Площадь работ расположена на северо-западном склоне Карантинной балки. Она представлена четырьмя прямоугольными планшетами, увязанными в одной системе координат друг с другом.

Геоморфология склона в пределах площади исследований представлена двумя террасами. С севера участок ограничен береговыми уступами Карантинной бухты. В пределах участка имеются препятствия для проведения геофизических съемок, к которым относятся ямы, отвалы грунта и строительного мусора, а также кусты и деревья. В этих местах работы не проводились по техническим причинам.

С северо-западной стороны к участку примыкает раскопанная часть некрополя. В пределах исследуемого участка расположен открытый ранее раскопками склеп, указывающий на то, что выбранная площадь является продолжением некрополя. Наличие склепов и геоморфологических предпосылок, согласно которым склепы располагаются вдоль уступов террас, позволяет расценивать выбранный для геофизических исследований участок в качестве перспективного для обнаружения скрытых погребальных сооружений некрополя [12, 18-20, 27].

Подавляющее большинство погребальных сооружений представлено тремя типами конструкций: склепами, подбойными могилами и грунтовыми могилами. Практически все они вырублены в скале. Склепы являются доминирующим типом погребальных сооружений. Типичные склепы имеют входную яму – дромос, в торце которого устраивался вход в погребальную камеру, заложный плитой. На стенах нескольких склепов была найдена уникальная фресковая роспись [13, 15] (рис.2).

Рис.2. Склепы некрополя Карантинной балки: а – вид на вход в склепы с поверхности (фото Г.Д.Горелик); б – план и разрез склепа по данным [5]

Склепы представляют собой полости, близкие к прямоугольной форме, вырубленные в скальном известняковом массиве горных пород. Глубина сводов склепов варьирует 1 до 3 м, а высота не превышает 2 м. Площадь погребальных сооружений колеблется от 6 до 15 м². Встречаются двухкамерные склепы. В стенах склепов вырублены ниши. Дромос вырублен в скале и имеет, как правило, прямоугольную форму размерами примерно 1 × 2 м [4, 17, 18, 20].

Методика исследований. Методика геофизических исследований обеспечила локализацию скрытых склепов и изучение геологического строения скального массива выбранного участка некрополя в Карантинной балке. В комплекс исследований были включены методы георадиолокации и электротомографии. Георадиолокационные исследования применены с целью определения местоположения и глубины сводов склепов, а электротомографические данные – для изучения геологического строения территории. Наряду с этим, проведение топогеодезической съемки обеспечило получение детальной топографической карты местности с геодезической привязкой геофизических профилей.

Геофизические наблюдения в пределах каждого из четырех планшетов на участке выполнялись по системе параллельных профилей, расстояние между которыми в зависимости от вида работ составляло 1-2 м.

Геодезические работы. Для разметки планшетов геофизической съемки использовался способ выноса проектных точек с помощью электронного тахеометра SET530RK3 методом угловой засечки. Для создания карт и планов местности проведены фотограмметрические работы посредством набора снимков квадрокоптером DJI Phantom 4 Pro. Использо-

вание беспилотных летательных аппаратов для решения задач археологии и инженерной геологии особенно популярно в настоящее время [22, 28, 31, 32]. Топографические привязки осуществлялись при помощи геодезических спутниковых приемников Sokkia GRX 2 (в режиме Real Time Kinematic). По результатам измерений получен ортофотоплан, на основании которого размечены необходимые для производства геофизических работ профили с указанием высот точек наблюдений (рис.3).

Георадиолокационные исследования. Георадарная съемка проведена с использованием георадара «Зонд-12 E Advansed» (Radar System Inc.) [29] и экранированных антенных блоков с центральными частотами зондирующих импульсов 300 и 500 МГц. Выполнение съемки на двух центральных частотах связано с тем, что на некоторых участках обследованной территории распространены грунты, характеризующиеся высоким значением коэффициентом поглощения электромагнитных волн. Глубина зондирования в неблагоприятных условиях на частоте 500 МГц не превышала 2 м. Антенна 300 МГц на этих участках обеспечивала глубинность исследований 5 м. Данные съемки на частоте 500 МГц позволили детально изучить верхнюю часть геологического разреза до глубины 3 м, а на частоте 300 МГц более глубокие части разреза до глубины 5,5 м.

Георадиолокационное зондирование (ГРЛЗ) выполнено по сети параллельных профилей с расстоянием 1 м. Шаг зондирования составил 5 см. Методика съемки и обработки данных ГРЛЗ обеспечила получение непрерывных георадиолокационных разрезов.

Рис.4. Георадиолокационный разрез с дифракционно-реверберационными эффектами, наблюдающимися под осью синфазности волнового поля, интерпретируемых как склепы

Процедуры обработки (Geotomo Software, Малайзия) и интерпретации данных электротомографических исследований обеспечили получение 2D геоэлектрических разрезов, характеризующих геологическое строение некрополя на глубину до 7 м.

Результаты комплексных геофизических исследований. Результаты комплексных геофизических исследований представлены в виде георадиолокационных и геоэлектрических разрезов, характеризующих геологическое строение и местоположение археологических объектов (склепов).

На георадиолокационных разрезах отчетливо проявились два типа основных волновых эффектов электромагнитного поля (рис.4). Тип 1 выделяется в виде многофазной протяженной оси синфазности, характеризующей положение геологической границы, разделяющей слои известняка с различным составом и прочностью. Тип 2 проявляется дифракционно-реверберационными эффектами волнового поля различной интенсивности. Вершины обращенных гипербол отражают положение свода полости, которая в случае некрополя является, как правило, склепом.

Таким образом, георадиолокационные разрезы характеризуют геологическое строение и местоположение археологических объектов в пределах некрополя. Эти данные следует расценивать в качестве основной информации, необходимой для построения прогнозных карт и объемной модели, характеризующих размещение скрытых склепов на обследованной территории некрополя.

Информация, полученная с помощью электротомографических исследований, представлена в виде геоэлектрических разрезов (рис.5), характеризующих особенности геологического строения разреза некрополя. На геоэлектрическом разрезе выделяются три слоя. Верхний слой представлен крепкими известняками, характеризуется высокими значениями удельного электрического сопротивления, имеет мощность около 1 м. Предполагается, что он предохраняет склеп от обрушения. Отметим, что в этом слое наблюдаются следы, указывающие на его нарушения, связанные с проведением строительных работ, в частности, с вырубкой дромосов склепов. Средний слой является относительно низкоомным, что косвенно указывает его пониженную прочность. Именно в этом слое размещено наибольшее количество склепов некрополя, так как он наиболее подходил для вырубки склепов благодаря своим относительно низким прочностным свойствам. Наличие этого слоя является необходимым условием для обнаружения скрытых склепов. Третий слой сложен высокоомными породами и представляет собой прочное и устойчивое основание для склепов.

Таким образом, геологическая информация является важным компонентом для понимания общей картины особенностей распределения склепов на территории некрополя.

На основании полученных георадиолокационных разрезов с привлечением данных электротомографии построена предварительная прогнозная схема (рис.6) и 3D модель расположения скрытых склепов (рис.7). В статье приводится только фрагмент этой схемы и модели, публикация всего материала ставит под угрозу дальнейшее сохранение склепов, обнаруженных бесконтактными методами, так как в регионе активно действуют так называемые «черные копатели». Масштаб заведомо не указан и искажен.

Рис.5. Геоэлектрический разрез (а) по данным бесконтактной электротомографии, интерпретационный разрез (б)
1 – трещиноватые известняки с низкой прочностью; 2 – крепкие известняки (кровля и основание для склепов)

Рис.6. Прогнозная схема расположения скрытых склепов на участке некрополя Карантинной балки, построенная по распределению аномальных георадиолокационных зон, с указанием рекомендуемого положения заверочных скважин
1 – уверенно прослеживаемые георадиолокационные аномальные зоны, связанные с локальными неоднородностями скального массива;
2 – предполагаемые; 3 – скважины, рекомендуемые для заверки георадиолокационных аномалий и интроскопии обнаруженных склепов

Рис.7. 3D-модель расположения скрытых склепов в пределах фрагмента прогнозной карты.

Горизонтальный масштаб искажен

1 – перекрывающие прочные известняки; 2 – трещиноватые малопрочные известняки – продуктивный на нахождение склепов слой; 3 – подстилающие прочные известняки; 4 – склепы

На схеме показаны контуры георадиолокационных аномалий, которые характеризуют расположение и размеры склепов. Контуры, показанные пунктирной линией, соответствуют дифракционно-реверберационным возмущениям волнового электро-магнитного поля, которые уверенно коррелируют по нескольким профилям. Пунктирная линия соответствует менее интенсивным аномалиям, которые нечетко прослеживаются на смежных профилях.

В местах, где аномалии соприкасаются, контуры пунктирных линий могут указывать на расположение дромосов склепов, оконтуренных сплошной линией. Глубины, приведенные на карте у аномальных зон, характеризуют положение сводов склепов в разрезе. Погрешность определения глубин в связи с влиянием неучтенных данных об электрофизических свойствах грунтов и горных пород может составлять 10-15 %. На схеме показаны рекомендуемые положения для заверочного бурения источников георадиолокационных аномалий.

Границы и характеристики археологических объектов, показанные на схеме, являются прогнозными, так как не заверены бурением и раскопками. Положение этих границ подлежит уточнению после получения дополнительных данных.

Предполагается, что бурение станет следующим логичным и возможно завершающим этапом всего комплекса работ. Методические особенности такого бурения на данном памятнике требуют тщательной проработки в направлении законодательного оформления самих работ, в решении задач максимального обеспечения физической сохранности предполагаемых археологических объектов и специфики оформления результатов для их дальнейшего использования всеми заинтересованными лицами: учеными, музейными работниками, сотрудниками органов охраны культурного наследия.

Выводы. Результаты комплексных геофизических исследований отражают распределение аномальных областей на территории исследований, которые могут быть интерпретированы как искомые склепы.

На основании геофизической информации, полученной в ходе работ, были отмечены наиболее перспективные места для проведения точечного бурения и заверки обнаруженных аномалий. Необходимо проведение детальных дополнительных геофизических работ перед заложением каждой скважины.

Полученная прогнозная схема является основанием для проведения дальнейших геофизических исследований на близлежащих территориях с целью определения границ археологического наследия некрополя в Карантинной балке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев Д.В. Об одном богатом погребении Херсонесского некрополя (урна 53 из раскопок Р.Х.Лепера 1912 г.) // Д.В.Журавлев, Д.А.Костромичев // Чтения «Культура и искусство античного Причерноморья», 19-20 ноября 2015, Санкт-Петербург, Россия. СПб: Институт истории материальной культуры РАН, 2015.
2. Журбин И.В. Геофизические исследования планировки и оборонительных сооружений Рождественского городища // Труды Камской археолого-этнографической экспедиции. 2012. № 8. С. 306-312.
3. Журбин И.В. Применение геофизических методов для оценки структуры и границ укрепленных поселений // Труды Камской археолого-этнографической экспедиции. 2014. № 9. С. 50-56
4. Завадская И.А. Об интерпретации человеческих фигур в росписи раннехристианских склепов Херсонеса // XXI Боспорские чтения. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Объекты искусства в археологическом контексте, 18-22 мая 2020, Симферополь-Керчь, Россия. СПб: Дементра, 2020. С 110-113.
5. Зубарь В.М. Некрополь Херсонеса Таврического I-IV вв. н.э. Киев: Наукова думка, 1982. 146 с.

6. Инновационные археолого-геофизические исследования Херсонесского некрополя у Карантинной бухты / В.В.Глазунов, И.Н.Модин, Т.В.Топилина и др. // XIX Боспорские чтения. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Традиции и инновации. Материалы международной научной конференции, 21-25 мая 2018, Симферополь-Керчь, Россия. СПб: Деметра, 2018. С. 115-122.
7. Комплексные геофизические исследования для построения 3D модели Херсонесского некрополя / В.В.Глазунов, И.Н.Модин, Т.В.Топилина и др. // Инженерная и рудная геофизика 2019, 22-26 апреля 2019, Геленджик, Россия. EAGE, 2019. С. 1-7. DOI: 10.3997/2214-4609.201901709
8. Костромичев Д.А. Три погребения римских солдат из некрополя Херсонеса // Материалы по археологии, истории и этнографии Таврии. 2005. Вып. XI. С. 94-118.
9. Новые данные о геологическом строении побережья Юго-Западного Крыма / И.Э.Ломакин, В.Е.Иванов, А.С.Тополок, Л.Л.Ефремцева // ГПИМО. 2010. № 4. С. 30-39.
10. Рогов Е.Я. Столетие открытия подстенного склепа 1012 в Херсонесе // Stratum plus. Археология и культурная антропология. 2000. № 3. С. 88-97.
11. Самойленко В.Г. Консервационно-реставрационные работы 1900 г. на склепах № 1013 и 1014 в юго-восточном районе Херсонеса // Материалы по археологии, истории и этнографии Таврии. 2013. № 18. С. 3-13.
12. Силагадзе Н. К вопросу о некоторых памятниках Херсонеса Таврического и средневековой грузинской архитектуры // Материалы по археологии и истории античного и средневекового Причерноморья. 2017. № 9. С. 342-352.
13. Соломоник Э.И. Граффити с хоры Херсонеса. Киев: Наукова думка, 1984. 143 с.
14. Соломоник Э.И. Новые эпиграфические памятники Херсонеса. Киев: Наукова думка, 1973. 283 с.
15. Стоянов Р.В. Две плитовые погребальные конструкции в Херсонесе Таврическом // Северное Причерноморье в античное время: Сборник научных трудов. Киев: Национальная академия наук Украины, 2002. С. 156-161.
16. Стоянов Р.В. Некрополь Херсонеса Таврического V-I в. до н.э. Автореф. дис. ... канд. ист. наук / Институт истории материальной культуры. СПб, 2004. 17 с.
17. Стоянов Р.В. Новый тип погребальных венков из некрополя Херсонеса Таврического // Античный мир и археология. 2002. № 11. С. 187-194.
18. Тункина И.В. Русская наука о классических древностях юга России (XVIII – середина XIX вв.). СПб: Наука, 2002. 676 с.
19. Туровский Е.Я. Боспор и Херсонес: вместе и порознь (IV в. до н.э.) // XIX Боспорские чтения: Международная научная конференция. Керчь: Крымский федеральный университет им. В.И.Вернадского, 2018. С. 505-508.
20. Чубова А.П. Архитектура и искусство Херсонеса Таврического V в. до н.э. – IV в. н.э. / А.П.Чубова, Л.Г.Колесникова, Б.Н.Федоров. М.: Изд-во КМК, 2008. 230 с.
21. Шевнин В.А. Результаты применения методов естественного поля и электротомографии для изучения Александровского городища (Калужская область) / В.А.Шевнин, А.А.Бобачев, С.В.Иванова // Записки Горного института. 2015. Т. 211. С. 35-42.
22. Campana S. Drones in Archaeology. State of the art and Future Perspectives // Archaeological Prospection. 2017. Vol. 24. Iss.4. P. 275-296. DOI: 10.1002/arp.1569
23. Fundamentals of the capacitive resistivity technique / O.Kuras, D.Beamish, P.I.Meldrum, R.D.Ogilvy // Geophysics. 2006. Vol. 71. Iss. 3. P. 135-152. DOI: 10.1190/1.2194892
24. Geophysical anomalies detected by electrical resistivity tomography in the area surrounding Tutankhamun's tomb / F.Fischer, G.Catanzari, C.Comina et al. // Journal of Cultural Heritage. 2019. Vol. 36.P. 63-71. DOI: 10.1016/j.culher.2018.07.011
25. Geophysics and Cultural Heritage: a living field of research for Italian Geophysicists / P.Salvatore, S.Negri, T.Quarta et al. // First Break. 2015. Vol. 33. Iss. 8. P. 43-54. DOI: 10.3997/1365-2397.33.8.82013
26. GPR: Theory and Practice in Archaeological Prospection / M.Manataki, A.Sarris, J.Donati, C.Cuenca-García / Chapter in book: Best Practices of GeoInformatic Technologies for the Mapping of Archaeolands capes. Oxford: Archaeopress Publisher Ltd, 2015. P. 13-25. DOI: 10.13140/RG.2.1.3256.9363
27. Kovalevskaja L. Investigations of 2013 at site 343 in the rural territory of Chersonesos Taurica, Yukharine ravine (Crimea) / L.Kovalevskaja, T.Sarnowski // Archeologia 2013. Vol. XI (LII). P. 173-178.
28. Kuzin A.A. Satellite-based techniques for monitoring of bridge deformations / A.A.Kuzin, V.A.Valkov, A.I.Kazantsev // International Conference Complex equipment of quality control laboratories 17-19 July 2018, St. Petersburg, Russian Federation. Journal of Physics: Conference Series, 2018. Vol. 1118. Iss. 1. P. 012022. DOI: 10.1088/1742-6596/1118/1/012022
29. Nyari Z. Imaging of Buried 3D Objects by using Electrical Profiling Methods with GPR and 3D Geoelectrical Measurements / Z.Nyari, A.I.Kanli // Journal of Geophysics Engineering. 2007. Vol. 4. Iss. 1. P. 83-93. DOI: 10.1088/1742-2132/4/1/010
30. Long M. In situ shear wave velocity from multichannel analysis of surface waves (MASW) tests at eight Norwegian research sites / M.Long, S.Donohue // Canadian Geotechnical Journal. 2007. № 44. P. 533-544. DOI: 10.1139/t07-013
31. Mouget A. Photogrammetric Archaeological Survey with UAV / A.Mouget, G.Lucet // ISPRS Technical Commission V Symposium, 23-25 June 2014, Riva del Garda, Italy. ISPRS, 2014. Vol. II-5. P. 251-258. DOI: 10.5194/isprsannals-II-5-251-2014
32. StekT.D. Drones over Mediterranean landscapes. The potential of small UAV's (drones) for site detection and heritage management in archaeological survey projects: A case study from Le Pianelle in the Tappino Valley, Molise (Italy) // Journal of Cultural Heritage. 2016. Vol. 22. P. 1066-1071. DOI: 10.1016/j.culher.2016.06.006

Авторы: В.В.Глазунов, д-р техн. наук, профессор, Glazunov_VV@pers.spmi.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5816-0507> (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия), А.С.Агеев, канд. геол.-минерал. наук, старший преподаватель, ageev_as@pers.spmi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9265-9771> (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия), Г.Д.Горелик, канд. техн. наук, доцент, gorelik_gd@pers.spmi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9890-5275> (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия), Т.В.Сарапулкина, первый заместитель директора, Sarapulkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0680-5566> (Государственный музей-заповедник «Херсонес Таврический», Севастополь, Россия).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 19.05.2020.

Статья принята к публикации 02.03.2021.