

С.А.Ерохин (Геологический факультет МГУ им.М.В.Ломоносова/ООО «НПЦ Геоскан»),
 М.Я.Кац (ЗАО «НПЦ Геотехнология», г.Москва)
 Модин И.Н. (Геологический факультет МГУ им.М.В.Ломоносова/ООО «НПЦ Геоскан»),
 Павлова А.М. (Геологический факультет МГУ им.М.В.Ломоносова/ООО «НПЦ Геоскан»)

Проведение геофизических исследований на территории Семикаракорского городища

Аннотация

Были проведены комплексные геофизические исследования на территории Семикаракорского городища (г. Семикаракорск, Ростовская обл.). Основной целью геофизических работ было изучение культурного слоя на исследуемой площади и выявление и описание в нем аномалий антропогенного происхождения, позволяющих уточнить структуру всего объекта. Некоторая часть проводимых геофизических работ имела методический характер: работы проводились на заверенных раскопках и описанных археологических объектах с целью последующего обоснования археологической природы тех или иных геофизических аномалий, полученных на остальной площади. Полученные результаты описаны в статье.

Введение

Комплексные геофизические исследования на территории Семикаракорского городища проводились с целью изучения культурного слоя на исследуемой площади и выявления и описания в нем аномалий антропогенного происхождения, позволяющих уточнить структуру всего объекта. Геофизика во всем мире зарекомендовали себя как технология предварительного обследования в археологии (Франтов Г.С., Пинкевич А.А., 1966; Станюкович А.К., 1994; Arzhantseva I. et al., 2009).

В комплекс работ входили электроразведка и магниторазведка.

Электроразведочные работы проводились методом электротомографии по параллельным профилям на трех прямоугольных планшетах и по нескольким отдельным профилям (Рисунок 1), электроразведочные работы были выполнены сотрудниками, аспирантами и студентами кафедры геофизики геологического факультета МГУ, являющимися сотрудниками ООО «НПЦ Геоскан». Участок магниторазведочных работ преимущественно занимал восточную часть фортификационного сооружения, полностью включал в себя внутреннее оборонительное сооружение, и, соответственно, частично покрывал площадь электроразведочных работ (Рисунок 2). Магниторазведочные работы были выполнены фирмой «Геотехнология».

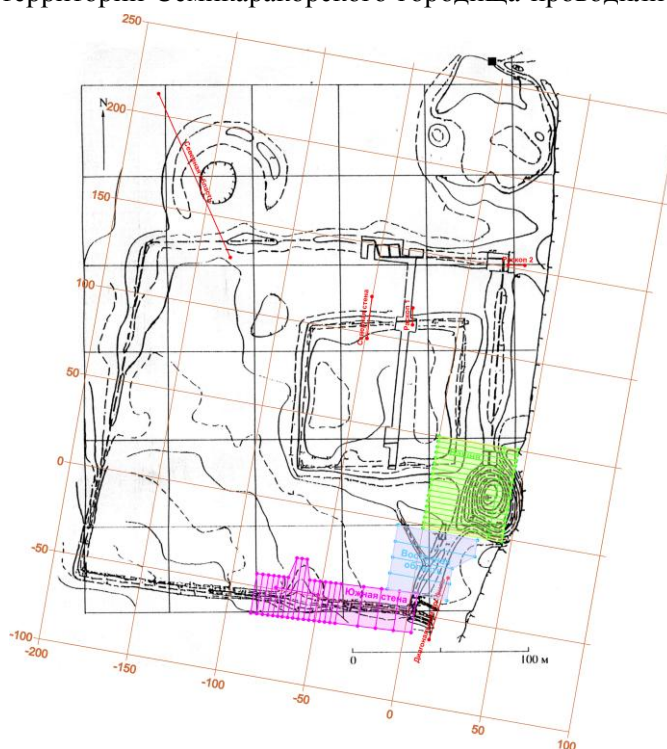


Рисунок 1. Карта фактического материала электротомографических и топографических работ. **Зеленым цветом** показан участок «Баишня». **Фиолетовым цветом** – участок «Южная стена». **Синим цветом** – «Восточная стена». **Красным цветом** – отдельные профили ЭТ – в юго-восточной части участка «Диагональный профиль»; в северо-западной части участка «Северная область»; в северной части цитадели, слева – «Северная стена»; в центре, справа «Раскоп 1»; в северо-восточной части участка – «Раскоп 2».

Кроме того, некоторая часть проводимых геофизических работ имела методический характер: работы проводились на заверенных раскопках и описанных археологических объектах с целью последующего обоснования археологической природы тех или иных геофизических аномалий, полученных на остальной площади (профили электротомографии «Раскоп 1» и «Раскоп 2»). В рамках методических исследований для определения электрических свойств грунтов проводились лабораторные измерения на образцах, для определения магнитных свойств на площади раскопов (также «Раскоп 1» и «Раскоп 2») проводилась каппаметрия.

Как видно на топографическом плане (Рисунок 1, Рисунок 2), расположение основных сооружений городища – основных стен, стен цитадели, башни (холм в юго-восточном углу) – явно выделяется в рельефе.

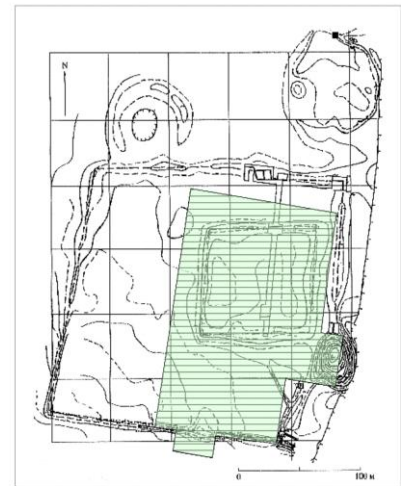


Рисунок 2. Карта фактического материала магниторазведочных работ.

Методы исследования и результаты

Электротомография (ЭТ). В настоящее время электротомография прочно вошла в список методов геофизической разведки археологических памятников. И у нас в стране, и за рубежом множество исследователей применяют этот метод как модификацию электрического зондирования с высокой детальностью исследования (Журбин И.В., 2007; Tsourlos P., Tsokas G.N., 2009).

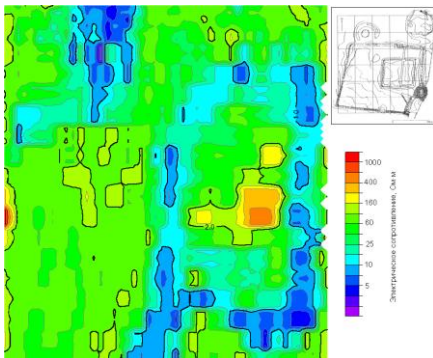


Рисунок 3. Карта удельного электрического сопротивления по результатам электротомографии на участке «Башня» (глубина среза 1 м).

Наблюдения выполнены с помощью аппаратуры Омега-48. В задачу геофизического отряда входило выполнение электротомографии по одному или нескольким профилям с глубиной исследования не более 4-5 м. Шаг по профилю 1 м. Для привязки результатов геофизики выполнялась тахеометрическая съемка, в задачу которой входила горизонтальная привязка концов профилей, определение относительной высоты положения каждого электрода на профиле электротомографии для корректного введения поправок за рельеф местности при выполнении автоматической двумерной инверсии. Кроме этого для определения удельного электрического сопротивления воды применялась резистивиметрия с помощью промышленного измерителя СОМ-100.

Высокая производительность электротомографических работ позволяла выполнять не только профильные работы, но и площадные электротомографические исследования по системе параллельных профилей. Всего было исследовано 3 участка (участок «Башня», участок «Южная стена», «Восточный участок»), 3 единичных профиля (профиль через «Северную стену», профиль «Северная область», профиль «Диагональный») и 2 методических профиля (профиль через «Раскоп 1» и профиль через «Раскоп 2»).

Высокая производительность электротомографических работ позволяла выполнять не только профильные работы, но и

площадные электротомографические исследования по системе параллельных профилей. Всего было исследовано 3 участка (участок «Башня», участок «Южная стена», «Восточный участок»), 3 единичных профиля (профиль через «Северную стену», профиль «Северная область», профиль «Диагональный») и 2 методических профиля (профиль через «Раскоп 1» и профиль через «Раскоп 2»).

Обработка данных заключалась в построении карт и разрезов удельного электрического сопротивления (Рисунок 3, Рисунок 4). На рисунке 3 обращают на себя внимание правильные прямоугольные формы очертаний внешних контуров башни. Топография и отдельные профили электрической томографии

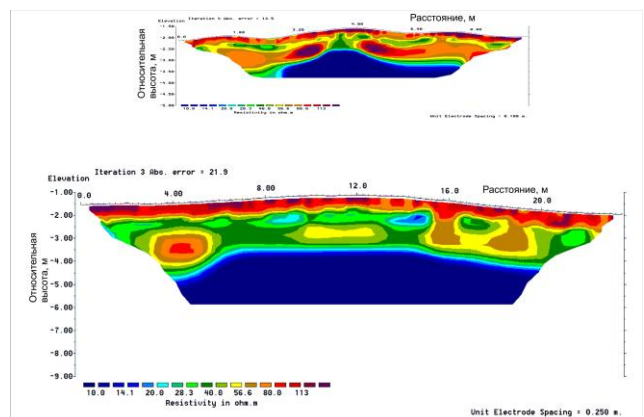


Рисунок 4. Сравнение результатов электротомографии по профилю «Северная стена» и методическому профилю «Раскоп 1».

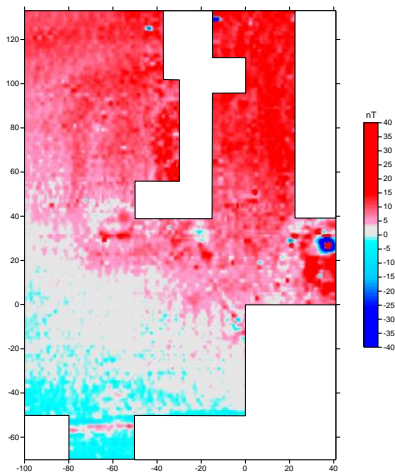


Рисунок 5. Карта аномалий магнитной индукции на основном плане.

такой плановой картины дать не могут. На Рисунке 4 изображены результаты сравнения результатов по методическому профилю через стену, выявленную раскопками, и профилем, проходящем предположительно через ту же стену в 25 м от методического в месте, ненарушенному раскопками. На обоих разрезах в целом общие структурные особенности являются схожими. Однако, если на коротком профиле положение и конструкция стены выделяются явно, на длинном профиле выделяется аномальная центральная часть, которая, возможно, соответствует остаткам разрушенной стены из сырцового кирпича: она схожа по удельному сопротивлению с результатами по методическому профилю, но не сохраняет форму какой-то конструкции.

Магниторазведка. Магниторазведка является основным геофизическим методом, который применяется в археологии. Причиной массового применения магнитометрии является высокая информативность и производительность метода (Глазунов В.В., 1996; Aitken M.J., 1960). Съёмка выполнялась магнитометром POS-2 с использованием 2-х каналов (то есть в режиме градиентометра). Датчики магнитометра располагались на одном уровне на штанге длиной 1 м. Интервал автоматических измерений индукции магнитного поля составил 1 с. Таким образом, с учетом разбивки планшета расстояние между профилями составило 1 м, а расстояние между точками измерений по профилю определялось скоростью движения оператора по профилю наблюдений и в среднем на участке составило 0,92 м. Учет суточных вариаций магнитного поля осуществлялся с использованием вариационной станции. В качестве вариационной станции использовался аналогичный магнитометр с интервалом записи 10 сек. Такая методика позволила получить точность съёмки не хуже $\pm 0,3$ нТл. Цель магниторазведочных работ состояла в локализации археологических объектов в пределах крепости и изучение ее внутренней архитектурной планировки. Топографическая привязка участков работ к местности выполнялась с помощью кодового GPS-приемник с возможностью приема дифференциальной поправки со спутника.

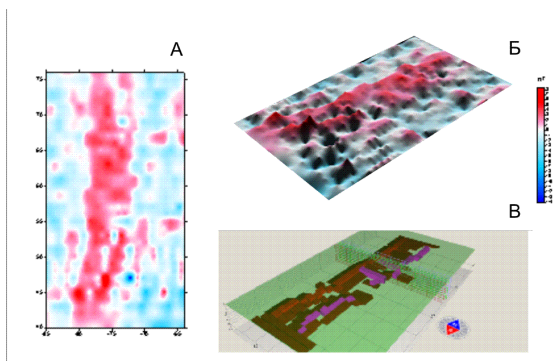


Рисунок 6. Реконструкция части Западной стены цитадели по данным магниторазведки. А – карта локальных аномалий магнитной индукции, Б – изображение карты локальных аномалий в 3D – виде, В – 3D – модель руинированных остатков стены.

Результаты представлены в виде карт аномалий магнитного поля (Рисунок 5), по аномалиям на участках с детальной съёмкой проведена реконструкция конструкций (Рисунок 6). Наиболее четко в магнитном поле выражены внешние стены цитадели, особенно западная, представленная на Рисунке 6. Ширина аномальной зоны слишком велика и не соответствует модели стены. Подробный анализ показывает, что вдоль внешней стены цитадели внутри нее существовала еще одна стена. Пространство между двумя этими стенами было разбито перегородками на отдельные помещения. По результатам трехмерного моделирования руинированных остатков западной стены видно, что в создании аномального эффекта принимают участие две стены: внешняя и внутренняя, а также продукты их разрушения.

Кроме того, в рамках магниторазведки была проведена каппаметрия для определения магнитных свойств пород. Измерения выполнены с помощью каппаметра КР-5. На каждом образце измерения проводились два – три раза, поэтому, когда результаты быстро начинали сходиться к определенной средней величине, измерения прекращались. Обожженная керамика имеет магнитную восприимчивость примерно на порядок выше, что позволяет надеяться на успешные поиски очагов.

Топографическая съёмка. Топографические работы производились с использованием тахеометра SET 530 RK по сети 3×1 м. Целью съёмки было картирование форм рельефа и построение

топографической карты участка работ. Топографические работы позволили связать в единую архитектурно-планировочную систему юго-восточную часть городища (Рисунок 7).

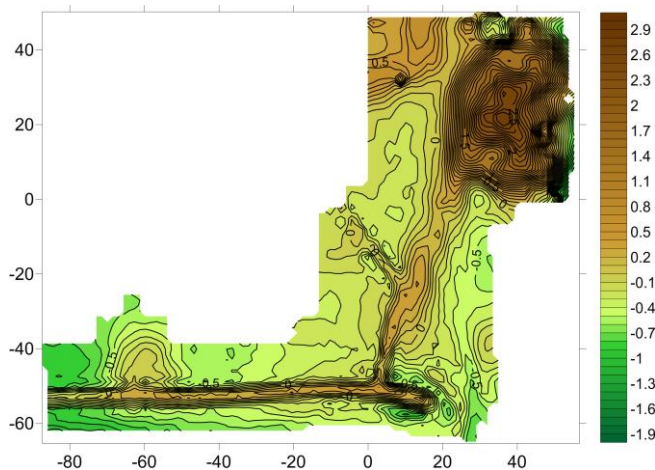


Рисунок 7. Карта рельефа участка работ.

Выводы

В результате выполненных исследований можно сделать вывод о высокой информативности применения геофизических методов на территории Семикаракорского городища. Было установлено, что верхняя часть разреза Семикаракорской крепости до глубины 4 м состоит из четырех слоев. Исходя из параметрических наблюдений, выполненных возле археологических раскопов, основания стен, сложенные сырцовым кирпичом выделяются аномально низким сопротивлением. Холм в восточной части участка (башня донжон) и кольцевые структуры,

расположенные на севере участка работ, вне крепостной стены, по-видимому, имеют искусственное происхождение. Судя по высоте весенних паводков реки Дон до сооружения Цимлянского водохранилища, по результатам тахеометрической съемки можно сделать вывод о том, что крепостные стены Семикаракорского городища выполняли роль дамбы; крепостная стена цитадели дублировалась, возможно, еще одной стеной.

Благодарность

Мы благодарим руководство Русского Географического общества, которое предоставило нам возможность провести эти исследования в рамках проекта «Тонущие крепости».

Ссылки

1. Франтов Г.С., Пинкевич А.А.. Геофизика в археологии/ Л., 1966, 212 с.
2. Глазунов В.В.. Принципы моделирования и интерпретации потенциальных геофизических полей скрытых археологических объектов/ Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора техн.наук. С.-П., 1996 г.
3. Журбин И.В.. Геофизика в археологии: методы, технология и результаты применения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени докт. истор.наук. М., 2007 г.
4. Станюкович А.К. Скрытые объекты историко-культурного наследия. Принципы выявления и изучения методами археологической геофизики.- Научный доклад на соискание ученой степени доктора исторических наук, М., 1994 г.
5. Aitken M.J. The magnetic survey. Appendix to S.S.Frere: Excavations at Verulamium 1959, 5th Interim. Report.-Antiquaries Journal, 1960, 40, p.21-24.
6. Arzhantseva I., Andreyev M., Akulenko S., Modin I., Kats M. Geophysical Investigations on Por-Bajin Island in Tuva Region, Russia. 8-th Intern. Conf. on Archaeological Propection. 8-12 Sept., Paris, 2009, 4 p.
7. Tsourlos P., Tsokas G.N. Tomographic Imaging of Ancient Wall Foundations in Thessaloniki, North Greece. ArcheoSciences, revue d'archeometrie. The 8th international conference on archaeological prospection, suppl. 33, 2009. P. 371-373.

Контактная информация

Модин Игорь Николаевич, imodin@yandex.ru, (495) 939-49-63, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, Геологический факультет, кафедра геофизики.