

Применение электротомографии при изучении курганов центральной курганной группы гнездовского археологического комплекса

- Рыжков В.И. , Белоусов А.В. , Сергеев К.С., Горин А.Д. , РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г.Москва
- Новиков В.В. , Историко-археологический центр «Гардарика», г.Москва
- Каинов С. Ю., Государственный исторический музей, г.Москва

Введение

Гнездовский археологический комплекс – крупнейший памятник эпохи образования древнерусского государства X века, расположенный на обоих берегах реки Днепр в 12 км от современного г. Смоленска на трансъевропейском торговом пути «из варяг в греки». Памятник состоит из двух городищ, двух известных селищ и крупнейшего могильника X в. в Европе, который насчитывал около 4500 курганов [2].

С 2013 года лаборатория инженерной геофизики кафедры разведочной геофизики и компьютерных систем РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина совместно с Государственным Историческим Музеем проводит исследования на территории гнездовского комплекса методами малоглубинной геофизики. В состав методов входит сейсморазведка, электроразведка, магниторазведка и геодезия. Результаты исследований передаются археологам перед проведением раскопок для выбора наиболее интересных и перспективных участков и оптимизации полевых работ.

В ходе полевого сезона 2015 года были исследованы курганы, относящиеся к северной части Центральной курганной группы – одной из 8 курганных групп памятника. Вначале была создана цифровая модель рельефа местности, а затем проводились электротомографические исследования по сетке радиальных профилей.

В сумме были детально изучены три курганные насыпи, две из которых (Ц-352,

Ц-353) стали впоследствии объектом комплексных археологических исследований [1]. Результаты раскопок позволяют провести прямое сопоставление косвенных геофизических данных с фактическим состоянием объектов исследований. Таким образом, возможно «откалибровать» результаты электротомографии (ЭТ) по археологическим разрезам для дальнейших исследований на подобных курганных группах древнего Смоленска.

Методика работ

Изучение структуры курганных насыпей основывалось на данных ЭТ [4] и топогеодезических работ. Изначально предполагалось провести также магнитометрическую съемку, которая по информативности для археологии занимает первое место среди всех геофизических методов [5], но практически это оказалось невозможным из-за большого числа металлических конструкций и современного мусора вблизи насыпей и непосредственно на их поверхности.

Геодезические работы. Непосредственно перед проведением полевых работ площадка расположения курганов была полностью очищена от мелких деревьев и кустарника. Каждый курган имеет кольцевой ровик и просадку верхней кромки (это связано с обрядом захоронения), которые со временем «заплывают» молодыми породами и растительностью. Поэтому в первую очередь были сняты их границы при помощи спутниковой геодезической

GNSS-системы. Далее на участке проведения работ была создана регулярная сеть радиальных профилей, по которым шагом 0.25 метра выполнена съемка рельефа тахеометром. Таким образом, была воссоздана цифровая модель дневной поверхности. Дополнительно было сделано несколько аэрофотоснимков при помощи беспилотного летательного аппарата (БПЛА) (рис. 1).

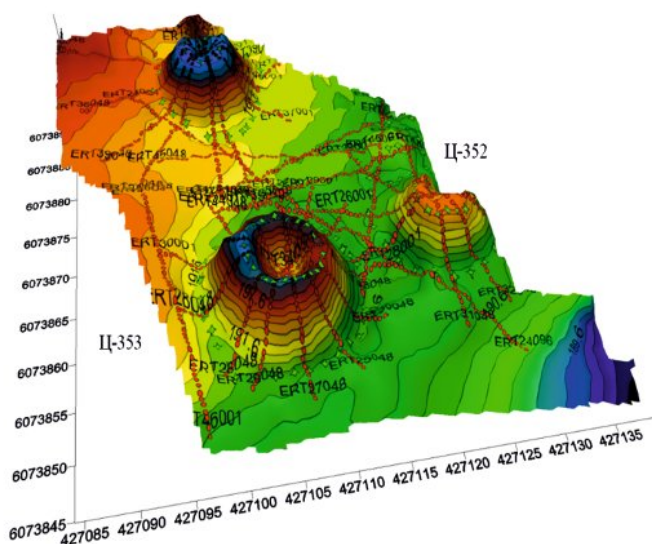
Результатом геодезических работ стала

цифровая модель рельефа местности, которая изображена на рис. 2.

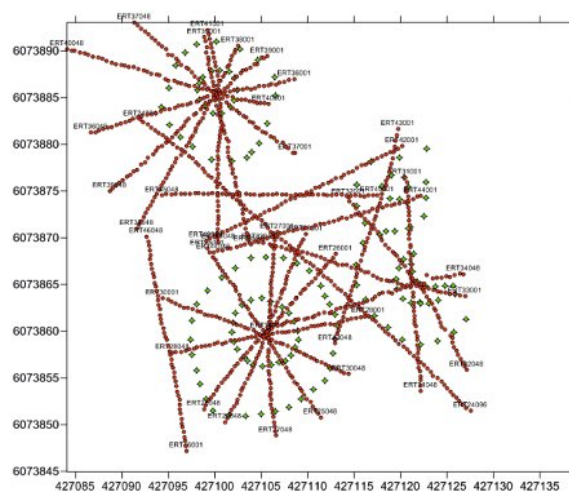
Геофизические работы. Для изучения строения вмещающего разреза между курганными насыпями были размечены дополнительные ЭТ-профили. Схема расположения профилей и курганных насыпей приведена на рис. 3. С помощью такой системы наблюдений возможно выделение археологических аномалий на фоне вмещающего разреза.



▲ Рис. 1. Аэрофотоснимок курганный группы.



▲ Рис. 2. 3D модель рельефа. Точками показаны пункты геофизических наблюдений.



▲ Рис. 3. Схема расположения профилей (красные точки – пункты геофизических наблюдений; зеленые точки – границы курганных насыпей и зон провалов рельефа).

При проведении работ применялась многоканальная многоэлектродная аппаратура SYSCAL Pro Switch-72.

Шаг между электродами был выбран от 0.25 до 0.5 метра, в активно расстановке применялось от 48 до 96 электродов. Расстановка с данными параметрами обеспечивала детальное изучение строения самих курганов и изучение пространства между ними.

Для измерений использовались два типа установок: 4-х электродная Шлюмберже (AMNB) и комбинированная 3-х электродная (AMN+MNB). Это позволяет детально изучить как приповерхностные аномалии, так и глубинные.

Результатом электроразведочных работ стала 3D-модель удельных электрических сопротивлений (УЭС) по профилям (рис. 4). Пример разреза УЭС представлен на рис. 5.

Итоги работ и интерпретация

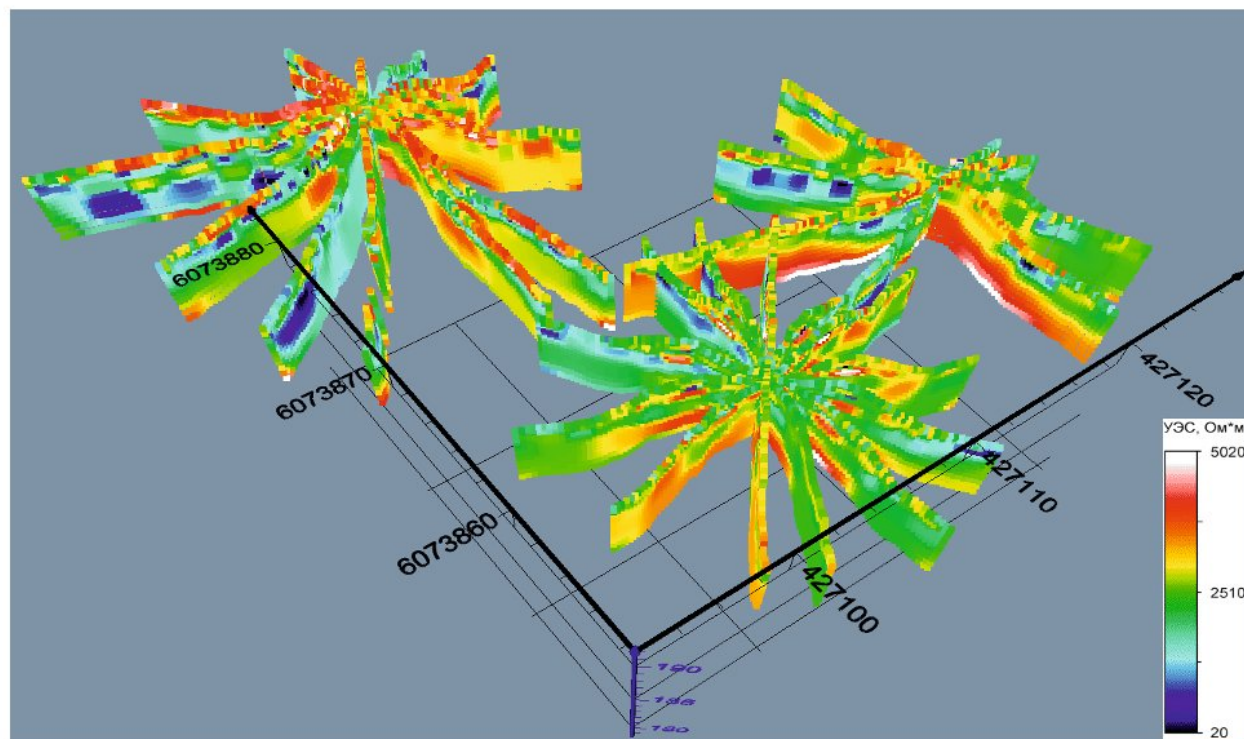
Как следует из модели УЭС, вмещающий разрез представлен, главным обра-

зом, переслаиванием пород с сопротивлениями от 100 до 2000 Ом*м, что соответствует супесями и песками. Такое строение первых метров верхней части разреза (ВЧР) характерно для пойменной части реки Днепр в Смоленской области.

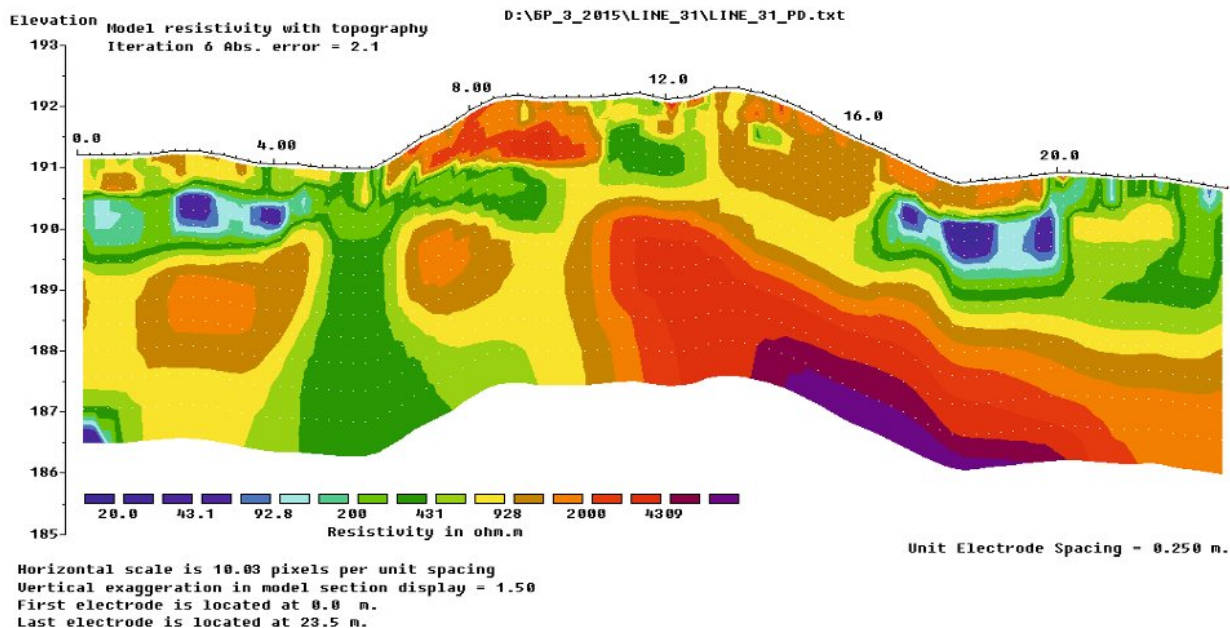
Проанализируем в качестве примера один из разрезов УЭС по профилю, проходящему через курган Ц-352 (рис. 5).

Данные топогеодезических работ, анализ аэрофотосъемки 1940-х гг. и внешний осмотр курганной насыпи указывал на то, что курганы Ц-352 и Ц-353, вероятно, были исследованы в XIX – начале XX вв. Курганы имеют следы раскопок в виде колодца в центральной части насыпи. Кроме того, северо-восточный сектор кургана Ц-352 был полностью уничтожен в ходе современной антропогенной деятельности (поврежден современным кладбищем). Высота кургана около 1.5 – 2 метров, диаметр 12 – 15 м.

На разрезе выделяются зоны пониженного сопротивления в районе пикетов 2–4



▲ Рис. 4. 3D-модель УЭС.



▲ Рис. 5. Разрез удельных сопротивлений по профилю, проходящему через курган Ц-352.

и 16–20 метров (около 100 Ом*м, отмечены красным пунктиром), которые относятся к кольцевому ровику, окаймляющему курган и заполненному оплывшей курганной насыпью. Как правило, понижение УЭС на археологических объектах является одним из признаков нарушения естественного залегания горных пород, что в свою очередь приводит к уменьшению уплотнения породы и способствует скоплению излишней влаги.

В теле насыпи на пикетах 10–13 метров видна аномалия с сопротивлениями порядка 300 – 400 Ом*м (отмечена голубым пунктиром), которая связана с археологическими раскопками «колодцем» в XIX – начале XX вв.[3]. Поскольку данный раскоп заполнен переотложенными песками и супесями, его сопротивление выше, чем у ровика.

Северная часть профиля кургана имеет высокое сопротивление (отмечено зеленым пунктиром), что обусловлено появлением в разрезе камней и крупной гальки (мергель), которые, среди прочего, являлись основной для формирования насыпи кургана. Преимущественно крупнообломочный материал имеет магматический генезис.

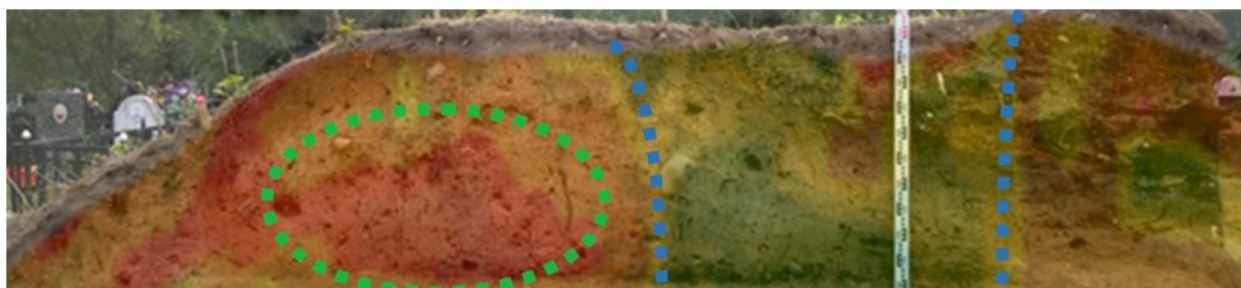
Глубина от дневной поверхности до «материка» – площадки, на которой была возведена курганная насыпь, по данным ЭТ, составляет около 1 метра. В момент сооружения высота курганной насыпи могла достигать около 1,3 м. За долгое время насыпь кургана подверглась естественному разрушению формы под действием выветривания и суффозии. А вершина насыпи была срезана в процессе раскопок в XIX – XX вв.

На рис. 6 представлена фотография северной части археологического профиля С-Ю, проходящего через курган Ц-352, который соответствует пикетам 7–12 на разрезе УЭС.

Совмещенное изображение разреза УЭС и раскопа приведено на рис. 7. В центральной части голубым пунктиром выделена зона нарушения XIX – XX вв. виде колодца, которые дошли до уровня площадки, где сооружалась насыпь. Темно-синим пунктиром выделена зона, где в теле насыпи кургана присутствует значительное количество камней. Зоны ровика кургана, перекрытого оплывшей со временем курганной насыпью, выделены красным пунктиром.



▲ Рис. 6. Фото северной части профиля С-Ю кургана Ц-352.



▲ Рис. 7. Совмещенное изображение фотографии раскопа и профиля УЭС.

Выводы

Методы малоглубинной геофизики и геодезии способны дать общее представление о строении кургана, дать информацию о типе погребального обряда (трупосожжение или трупоположение в яме или камере), определить месторасположение отдельных аномалий (археологических объектов), а также определить возможные повреждения.

Глубинность метода ЭТ (3–7 метра при коротких расстановках в 12–24 метра с 48 электродами), в целом, больше области археологических интересов. Картирование мелких объектов с помощью ЭТ, представляющих археологическую ценность, затруднено. Порог выделения аномалий – их размеры, сопоставимые с шагом электродов по профилю – 0.25–0.5

м. Для индивидуальных находок небольшого размера выполненных из металла (монеты, мелкая пластика, бытовые предметы и т.д.) наиболее подходящим является магниторазведка.

Для проведения более однозначной и детальной интерпретации результатов необходимо комплексировать данные ЭТ с результатами иных методов разведочной геофизики.

Основным применением метода ЭТ в археологии, как показывают наши исследования, может являться возможность до начала этапа земляных работ определить наиболее перспективные участки для исследования, выявить зоны нарушений, связанные с современным техногенным и антропогенным воздействием. Например, применение ЭТ может позволить

зафиксировать динамику изменения русла реки Днепр и определить границы культурного слоя непо потревоженного современной хозяйственной деятельностью в пойменной части Центрального поселения.

Литература

1. Новиков В.В. Дневник занятого археолога [Электронный ресурс]. URL: <http://gnezdovo.blogspot.ru/> (дата обращения: 01.03.2017).

2. Пушкина Т.А., Мурашева В.В., Ениосова Н.В. Гнездовский археологический комплекс // Русь в IX - X вв. Археологическая панорама / отв. ред. Н. А. Макаров. Ин-т археологии РАН. Москва; Вологда: Древности Севера. 2012. С. 242–274.

3. Сизов В.И. Курганы Смоленской губернии // Материалы по археологии России, издаваемые археологической комиссией. №28. Выпуск 1-й. Гнездовский могильник близ Смоленска. Санкт-Петербург. 1902. URL: http://www.library.chersonesos.org/showtome.php?tome_code=247§ion_code=7 (дата обращения: 01.03.2017).

4. Бобачев А.А., Горбунов А.А., Модин И.Н., Шевнин В.А. Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации // Приборы и системы разведочной геофизики. 2006. №2. С.14-17.

5. Смекалова Т.Н., Восс О., Мельников А.В. Магнитная разведка в археологии. 12 лет применения Оверхаузеровского градиентометра GSM-19WG. СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. политехн. ун-та. 2007.

Подробнее об авторах



Рыжков
Валерий Иванович

заведующий кафедрой разведочной геофизики РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д.т.н.



Белоусов
Александр Валерьевич

доцент кафедры разведочной геофизики РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, к.т.н.



Сергеев
Константин Сергеевич

ведущий инженер кафедры разведочной геофизики РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина



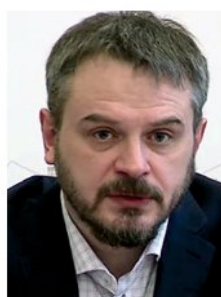
Горин
Алексей Дмитриевич

инженер кафедры разведочной геофизики РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина



Новиков
Василий Васильевич

председатель правления АНО "Историко-археологический центр "Гардарика", к.и.н.



Каинов
Сергей Юрьевич

старший научный сотрудник отдела археологии Государственного исторического музея