

## **Литература:**

1. Московский университет – Воробьевы горы [2004] Взгляд из космоса, с воздуха, с земли. Аэрокосмический атлас / Автор-составитель Е.Р. Чалова (при участии О.В. Вахниной); Под ред. В.И. Кравцовой. – М.: Научный мир.
2. Ушаков Д.Г., Валькова М.В. [2011] Мониторинг вариаций поля силы тяжести на территории Главного здания МГУ // Материалы докладов XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» / Отв. ред. А.И. Андреев, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, М.В. Чистякова. М.: МАКС Пресс.
3. Фадеев А.А., Лыгин И.В., Соколова Т.Б. [2014] Естественные и аппаратурные микрогальные эффекты прецизионных съемок с гравиметрами Scintrex // 41-я сессия Международного семинара им. Д.Г. Успенского "Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей". Екатеринбург.
4. Фадеев А.А. [2012] Применение высокоточной гравиметрии для поиска подземных сооружений // Материалы докладов XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» / Отв. ред. А.И. Андреев, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, М.В. Чистякова. М.: МАКС Пресс.
5. Фролов В.И. [2011] Возможности высокоточной гравиметрии при поиске инженерных объектов на примере подземных сооружений территории МГУ // Материалы докладов XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» / Отв. ред. А.И. Андреев, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, М.В. Чистякова. М.: МАКСПресс.
6. Sokolova T.B., Lygin I.V., Fadeev A.A. Precision gravimetric survey at the conditions of urban agglomerations EGU General Assembly (Vienna, Austria, 27 April – 02 May 2014), Vienna, Austria
7. И.В. Лыгин, А.А. Фадеев, Т.Б. Соколова, В.Р. Мелихов (Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова) Инженерно-геологические особенности основания Главного здания МГУ, выявленные высокоточными гравиметрическими наблюдениями// Тез. докладов «Инженерная геофизика 2014» – Геленджик, Россия, 21-25 апреля 2014 г.
8. И.Н. Модин, И.В. Лыгин, А.А. Фадеев, Т.Б. Соколова Повышение эффективности обнаружения карста использованием комплекса электротомографии и гравиразведки // Тез. докладов «Инженерная геофизика 2014» – Геленджик, Россия, 21-25 апреля 2014 г.

**Сергеев К.С.<sup>1</sup>, Горин А.Д.<sup>1</sup>, Новиков В.В.<sup>2</sup>, Каинов С.Ю.<sup>3</sup>**

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОФИЗИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГНЕЗДОВСКОГО АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

*(1 - РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2- ИАЦ «Гардарика»,  
3- Государственный Исторический музей)*

### **Введение**

Гнездовский археологический комплекс – крупнейший памятник эпохи образования древнерусского государства X в, расположенный на обоих берегах реки Днепр в 12 км от современного г. Смоленска. Памятник состоит из двух городищ, двух известных селищ и крупнейшего могильника X в. в Европе, который насчитывал около 4500 курганов[1].

В ходе полевого сезона 2015 года мы исследовали курганы, расположенные в северной части Центральной курганной группы, методами разведочной геофизики. Вначале создавалась цифровая модель рельефа местности; затем проводились электротомографические исследования.

Были изучены три курганные насыпи, две из которых (Ц-351, Ц-352) стали впоследствии объектом комплексных археологических исследований. Результаты раскопок позволяют провести прямое сопоставление косвенных геофизических данных с фактическим состоянием объектов исследований.

### **Методика работ**

Изучение структуры курганных насыпей основывалось на данных электротомографии (ЭТ) [3] и топогеодезических работ. Изначально предполагалось провести также магнитометрическую съемку, которая по информативности для археологии занимает первое место среди всех геофизических методов[4], но практически это оказалось невозможным из-за большого числа металлических конструкций и современного мусора вблизи насыпей и непосредственно на их поверхности.

*Геодезические работы.* Объект исследований был оконтурен при помощи спутниковой геодезической GNSS-системы. Далее на участке проведения работ была создана регулярная сеть профилей, по которым с малым (0.25 – 1.0 м) шагом выполнена съемка рельефа тахеометром.



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 получения сведений о вмещающем разрезе.

Для измерений использовались два типа установок: 4-х электродная Шлюмберже (AMNB) и комбинированная 3-х электродная (AMN+MNB).

Результатом электроразведочных работ стала модель удельных электрических сопротивлений (УЭС) по профилям. Пример разреза УЭС представлен на рисунке 3.

#### Итоги работ и интерпретация

Как следует из модели УЭС, вмещающий разрез представлен, главным образом, переслаиванием пород с сопротивлениями от 100 до 2000 Ом\*м, что соответствует супесями и песками.

Проанализируем в качестве примера один из разрезов УЭС по профилю, проходящему через курган Ц-351 (рисунок 3). Отметим только, что общее состояние курганов свидетельствует о том, что они в центральной части были повреждены более ранними раскопками в XIX веке. Кроме того, северо-восточный сектор кургана Ц-351 был полностью уничтожен в ходе современной хозяйственной деятельности (поврежден современным кладбищем). Высота изучаемых курганов около 1.5 – 2 метров, диаметр 12 – 15 м.

На разрезе (рисунок 3) выделяются зоны пониженного сопротивления в районе пикетов 2–4 и 16–20 метров (около 100 Ом\*м, отмечены красным пунктиром), которые относятся к кольцевому рову, окаймляющему курган.

В теле насыпи на пикетах 10–13 метров видна аномалия с сопротивлениями порядка 300 – 400 Ом\*м (отмечена синим пунктиром), которая соответствует раскопкам «колодцем», проведенным в XIX в[2].

Левая бровка кургана имеет высокое сопротивление (отмечено зеленым пунктиром), что обусловлено появлением в разрезе камней и крупной гальки, которые, среди прочего, являлись основной для формирования насыпи кургана.

Глубина от дневной поверхности до «материка» – площадки, на которой была возведена курганная насыпь, – по данным ЭТ, составляет около 1.5 метров.

На рисунке 4 представлена фотография северной части археологического профиля С-Ю, проходящего через курган Ц-351, который соответствует пикетам 7–12 на разрезе УЭС.

Совмещенное изображение разреза УЭС и раскопа приведено на рисунке 5. Отметим, что раскопки не дошли до центральной части, поэтому в разрезе не проявляется эффект «колодца». На данном рисунке зеленым пунктиром выделена высокоомная часть бровки кургана и синим пунктиром – границы раскопа «колодцем».

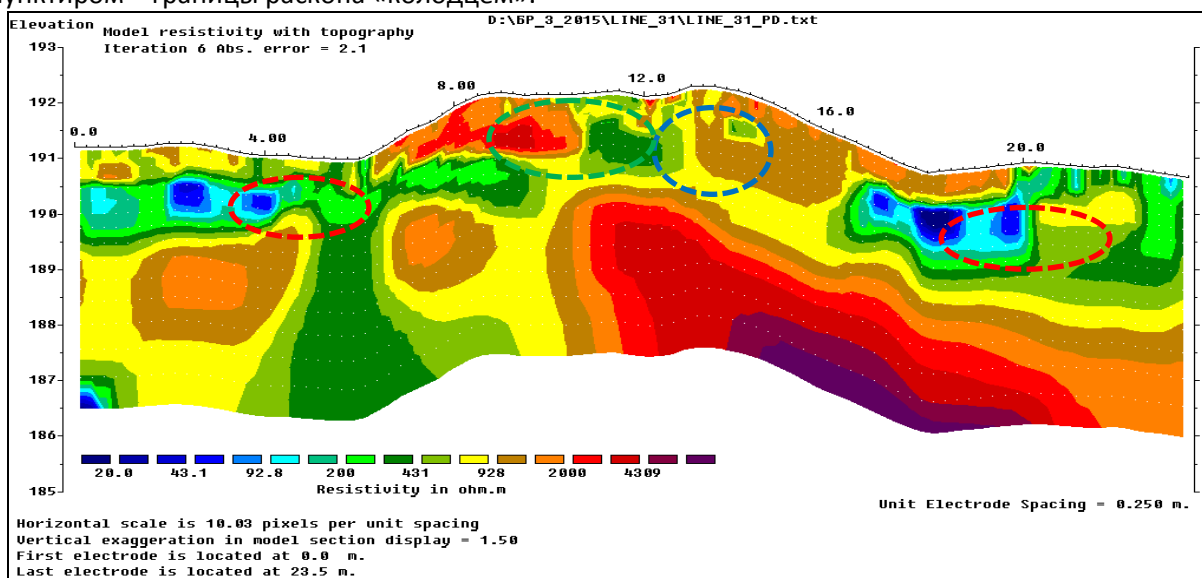


Рис. 3. Разрез удельных сопротивлений по профилю, проходящему через курган Ц-351



Рис. 4 Фото северной части профиля С-Ю кургана Ц-351.



Рис. 5. Совмещенное изображение фотографии раскопа и профиля УЭС.

### Выводы

Методы ЭТ способны дать общее представление о строении кургана, его возможных повреждениях предыдущими раскопками. Кроме того, возможно выделение в курганной насыпи различных аномалий, возможно, связанных с останками обряда захоронения и артефактами.

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, представляющих археологическую ценность, затруднено. Порог выделения аномалий – их размеры, сопоставимые с шагом электродов по профилю – 0.25 – 0.5 м.

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

Основным применением метода ЭТ в археологии, как показывают наши исследования, может являться возможность до начала археологических работ прогнозировать наиболее перспективные в плане раскопки участки, а также планировать сам процесс раскопок.

### Литература

1. Т. А. Пушкина, В. В. Мурашева, Н. В. Ениосова Русь в IX - X вв. Гнёздовский археологический комплекс // Археологическая панорама. Москва - Вологда, 2012.
2. Сизов, В.И. Курганы смоленской губернии // Выпуск 1-й. Гнездовский могильник близ Смоленска. С 14 таблицами и 101 рис. в тексте. Санкт-Петербург, 1902.
3. А. А. Бобачев, А. Горбунов, И. Н. Модин, В. А. Шевнин Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации // Приборы и системы разведочной геофизики. Москва, 2006.
4. Т. Н. Смекалова, О. Восс, А. В. Мельников // Магнитная разведка в археологии. 12 лет применения Оверхаузеровского градиентометра GSM-19WG. СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. политехн. ун-та, 2007.