

DOI 10.34926/geo.2023.41.49.009

УДК 902(47)(082)

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КУРГАННОГО НЕКРОПОЛЯ СЕЛЬЦО^{1, 2}

В.А. Шевченко^{1, 3}, А.М. Красникова², И.Н. Модин¹, С.А. Ерохин³, А.Д. Скобелев⁴

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова. 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д. 1

² ГИМ. 109012, Россия, г. Москва, Красная пл., д. 1

³ ИА РАН. 117292, Россия, г. Москва, ул. Дмитрия Ульянова, д. 19.

⁴ ООО НПЦ «Геоскан». 119313, Россия, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 95

Аннотация. Геофизические методы изучения невыраженных на поверхности курганных некрополей Суздальского Ополя позволили впервые увидеть планографическую структуру этих памятников. Настоящая работа посвящена результатам исследований некрополя Сельцо-8 от обнаружения до определения его структуры и создания 3D-реконструкции. Построенная геофизическая интерпретация данных съемки некрополя Сельцо-8 может быть использована для планирования археологических раскопок и археологической интерпретации в комплексе с результатами раскопок. Сельцо-8 – третий некрополь в ряду покрытых геофизической съемкой, что дало возможность провести сравнительную интерпретацию геофизических данных. Структура некрополей различается, изучение выявленных закономерностей обладает потенциалом для повышения информативности геофизической и археологической интерпретации.

Ключевые слова. Геофизика в археологии, электротомография, Суздальское Ополе, геоархеология.

GEOPHYSICAL STUDIES OF SELTZO KURGAN NECROPOLIS

V.A. Shevchenko^{1, 3}, A.M. Krasnikova², I.N. Modin¹, S.A. Erokhin³, A.D. Skobelev⁴

¹ Moscow State University named after. M.V. Lomonosova. 1, Leninskie Gory, Moscow, Russia, 119991

² State Historical Museum. 1, Krasnaya sq., Moscow, Russia, 109012

³ IA RAS. 19, Dmitry Ulyanov str., Moscow, Russia, 117292

⁴ NPC Geoscan LLC. 95, Leninsky prospekt, Moscow, Russia, 119313

Abstract. Using geophysical methods, we've been able to uncover the structure of burial mounds in the Suzdal Opolye region that aren't visible on the surface. This study focuses on the Sel'tso-8 necropolis, tracing its discovery, understanding its structure, and culminating in a 3D reconstruction. The geophysical data interpretation from the Sel'tso-8 site can guide future archaeological excavations and provide context when combined with excavation findings. Sel'tso-8 is the third necropolis we've examined using geophysical surveys, allowing us to compare and interpret data across sites. While each necropolis has its unique structure, identifying common patterns can enhance our understanding and interpretation, both geophysically and archaeologically.

Key words. Geophysics in archaeology, electrical tomography, Suzdal Opolie region, geoarchaeology.

Введение

Раскопки «Владимирских курганов» 1851–1854 гг. охватили около 7700 насыпей на 180 памятниках. Их поиск не вызывал трудностей, курганы частично были видны на местности. Для современных археологов задача усложнилась: распахка уничтожила следы раскопок XIX в. и сохранившиеся после них курганы. Сейчас большинство памятников визуально не определяются, их местонахождение неизвестно.

Несмотря на лаконичность, полевая документация раскопок XIX в. [9] позволяет выбрать памятники для современного изучения. Возникает задача определения их местоположения и изучения внутренней структуры для рационального планирования археологических раскопок.

Для решения задачи был разработан комплексный подход, основанный на геофизических методах – электроразведке и магниторазведке [2, 5, 6]. Подход показал свою результативность при исследовании двух памятников Суздальского Ополя – Шекшово-9 и Гнездилово-12, позволив впервые для средней поло-

сы России восстановить структуру невыраженных на поверхности курганных некрополей.

В работе мы рассматриваем опыт обнаружения и исследования внутренней структуры третьего памятника – некрополя Сельцо-8. Первые результаты исследований, описанные ранее [3], охватывали только часть памятника.

В настоящем исследовании мы поставили перед собой две задачи. Первая задача – определение границ и внутренней структуры невыраженного на поверхности некрополя Сельцо-8 для планирования его дальнейшего археологического изучения. Вторая задача – определение возможностей сравнительной интерпретации геофизических данных по исследованным некрополям Суздальского Ополя.

Методика электроразведки и магнитной разведки

Выбор методики исследований основан на результатах опытно-методических геофизических работ [10]. Эффективность методики подтверждена опытом ис-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта «Средневековые некрополи в изменяющихся ландшафтах: исследование древнерусских могильников с утраченными курганными насыпями» (РНФ № 19-18-00538).

² Исследование выполнялось с использованием приборной базы центра коллективного пользования при ИА РАН (г. Москва).

следований некрополей Шекшово-9 и Гнездилово-12. Значительный объем сопоставления геофизических данных с данными археологических раскопок дает количественную априорную информацию о достоверности исследований [7].

Геофизическое изучение невыраженных на поверхности курганных некрополей состоит из двух задач – поиска памятника и определения его внутренней структуры. Обнаружение памятника требует съемки большой площади и достигается с помощью магниторазведки. Задача определения границ и внутренней структуры погребальных памятников решается преимущественно электротомографией.

Основу применяемого комплекса методов составляет псевдо-3D-электротомография [8, 12]. Параметры измерений идентичны использованным в исследованиях [5, 6]. Измерения проводились по серии параллельных профилей с шагом по профилю и расстоянием между электродами 1 м в одной поляризации с помощью комбинированной трехэлектродной установки AMN + MNB. Диапазон разностей АО – от 1,5 до 7,5 м (7 разностей), что соответствует глубинности от 0,15–0,30 до 2,5 м. Для проведения измерений использовалась электротомографическая станция «Омега-48М» («ЛогиС», Раменское).

Профили ориентировались меридионально³. Площадь участка электротомографии составила 3,2 га, что соответствует 69 275 точкам зондирования (745 профилей суммарной длиной более 33 км).

Двумерная инверсия данных проводилась с помощью программы ZondRes2D [1]. Результатом обработки геофизических данных являлось распределение удельного электрического сопротивления (УЭС) в приповерхностном слое по результатам инверсии.

Магниторазведка выполнялась в варианте измерения модуля полного вектора индукции магнитного поля. Рядовая съемка для поиска памятника проводилась с расстоянием между профилями 1 м и частотой измерений 10 Гц, что обеспечивает плотность измерений $0,2 \times 1$ м. Высота датчика над землей – 0,5 м. При детальных исследованиях памятника шаг между профилями составлял 0,5 м.

Использованная аппаратура – квантовый магнитометр Quantummag (Geodevice, Санкт-Петербург). Топографо-геодезическое обеспечение работ выполнялось при помощи комплекта RTK GNSS ForaSmart («Геоприбор», Санкт-Петербург). Приемник устанавливался на штанге в рюкзаке за спиной оператора.

Обработка данных магниторазведки включала в себя:

- учет вариаций магнитного поля;
- введение поправки за смещение датчика магнитометра относительно антенны GNSS (смещение в направлении профиля и перпендикулярно профилю измерялись рулеткой перед началом работы для каждого оператора);
- ввод курсовых поправок методом псевдосекунных (измерения проводились «змейкой»): курсовая поправка определяется как разность низкочастотной

компоненты и наблюдаемого поля в точке пересечения профиля рядовой съемки и синтетического увязочного маршрута.

Профили ориентировались меридионально. Общий объем рядовой съемки составил 8,5 га. Объем контрольных измерений – 17 403 (5%), стандартное отклонение контрольных измерений – 0,5 нТл.

Методика интерпретации

В применяемой методике интерпретация геофизических исследований невыраженных на поверхности некрополей сводится к двум задачам – выделению курганных ровиков [5] и картированию прочих объектов некрополя [2]. Подходы и результативность их решения различаются.

Курганные объекты

По строению ровиков курганы некрополей Суздальского Ополья можно разделить на два основных типа: курганы, окруженные цельными кольцевыми ровиками, и курганы с фрагментарно сохранившимися ровиками, в том числе состоящими из отдельных ям (следствие эрозии или особенностей обряда). Для обоих типов характерен высокий контраст сопротивления (УЭС превышает фон до пяти раз).

Благодаря характерной кольцевидной форме в данных электротомографии хорошо видны цельные курганные ровики (рис. 1). Сопоставление результатов интерпретации геофизических данных и археологических раскопок Шекшово-9 и Гнездилово-12 показало [7], что в благоприятной ситуации точность выявления ровиков составляет около 90%. Это делает результаты электротомографии эталоном для картирования курганных объектов.

Сравнение результатов магниторазведки с результатами электротомографии по предшествующим исследованиям показывает: в целом в магнитном поле

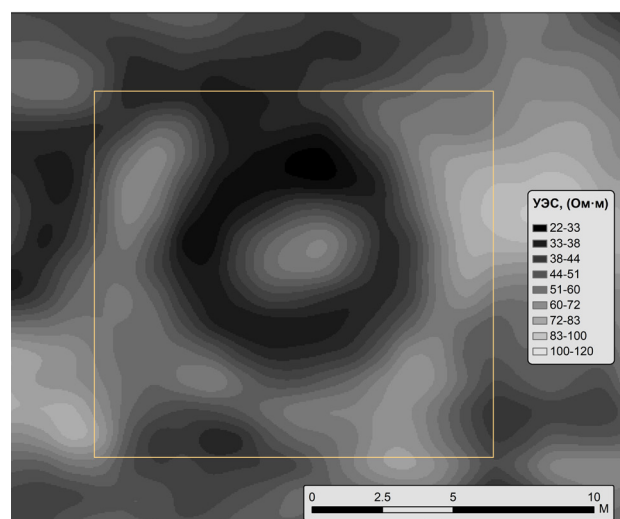


Рис. 1
Фрагмент карты удельного электрического сопротивления верхнего слоя по результатам инверсии в пределах курганного некрополя Сельцо-8

³ Большая часть одиночных захоронений имеет ориентацию 3-В.

выделяется меньше курганных объектов, чем в удельном сопротивлении. Благодаря высокой производительности магниторазведку целесообразно использовать для поиска памятников. В областях повышенного сопротивления (фоновые почвы и заполнения полигональных структур) ровики иногда лучше выделяются в магнитном поле [7], что определяет необходимость проведения детальной магнитной съемки памятников и комплексной интерпретации.

Изучение бескурганных погребений и ям

Для некрополей Суздальского Ополя X–XII вв. характерно сочетание обрядов: курганные погребения соседствуют с бескурганными. Бескурганные погребения и ямы выделяются по данным геофизики сложнее, чем ровики. Они обладают меньшим контрастом свойств и часто меньшими размерами. Мы используем два подхода к их изучению, индивидуальный и статистический.

При индивидуальном подходе мы выделяем отдельные крупные локальные аномалии повышенного сопротивления, которые интерпретируем как ямы сравнительно большой глубины. Это оправдано при анализе погребений на площадках кургана (рис. 1). На фрагменте карты удельного электрического сопротивления верхнего слоя по результатам инверсии уверенно выделяется круглый курганный ровик (аномалия повышенного сопротивления шириной 2–3 м и диаметром 11 м), центральная часть кургана (аномалия пониженных сопротивлений диаметром с юга на север 7 м, с запада на восток 8 м) и погребение в центре площадки (аномалия высокого сопротивления слегка вытянутая в широтном направлении длиной до 5 м).

При статистическом подходе [2] на основании высокочастотной пространственной компоненты сопротивления мы определяем распределение пространственной плотности локальных объектов и на ее основании – границу памятника.

Большое влияние на результативность изучения бескурганных погребений и ям оказывают свойства вмещающей среды [7].

Результаты интерпретации геофизических данных

Обнаружение некрополя по данным магниторазведки

Первоначально территория поиска была ограничена контуром площадью 4 га. Контур был определен на основании нескольких вариантов привязки картографических материалов раскопок памятника в 1851 г. От центра контура, как от точки с наибольшим приоритетом, мы стали развивать магнитную съемку в северном направлении, так как на начальном этапе съемки южная часть контура была под посевами. На южном планшете, отснятом после сбора урожая, были обнаружены следы курганных насыпей (рис. 2).

Наиболее яркие природные объекты на карте магнитного поля – типичные для Суздальского Ополя элементы сети палеомерзлотных полигональных

структур. Фоновое почвенно-геологическое строение однородно. В южной части площади обращают на себя внимание несколько кольцевых положительных аномалий модуля полного вектора магнитной индукции T амплитудой до 5 нТл – курганных ровиков. Наиболее крупный курган содержит следы раскопок 1851 г. – согласно дневниковым описаниям, некоторые курганы раскапывали перпендикулярными «траншеями». Этот объект уверенно выделяется с помощью магниторазведки и электроразведки.

Исследование границ и внутренней структуры памятника

С помощью описанной выше методики интерпретации на основании распределения удельного электрического сопротивления (УЭС) верхнего слоя (рис. 3) нам удалось выявить структуру невыраженного на поверхности курганного некрополя Сельцо-8. Археологические объекты некрополя по значению УЭС заметно отличаются от фона, что позволяет определить границу памятника и установить его площадь, которая по нашим оценкам, составляет 1,8 га.

Яркие элементы полученной картины – более 80 кольцевых аномалий, интерпретируемые как курганные ровики, и локальные повышения УЭС в их центрах, интерпретируемые как курганные погребения по обряду ингумации (погребение тела в грунт).

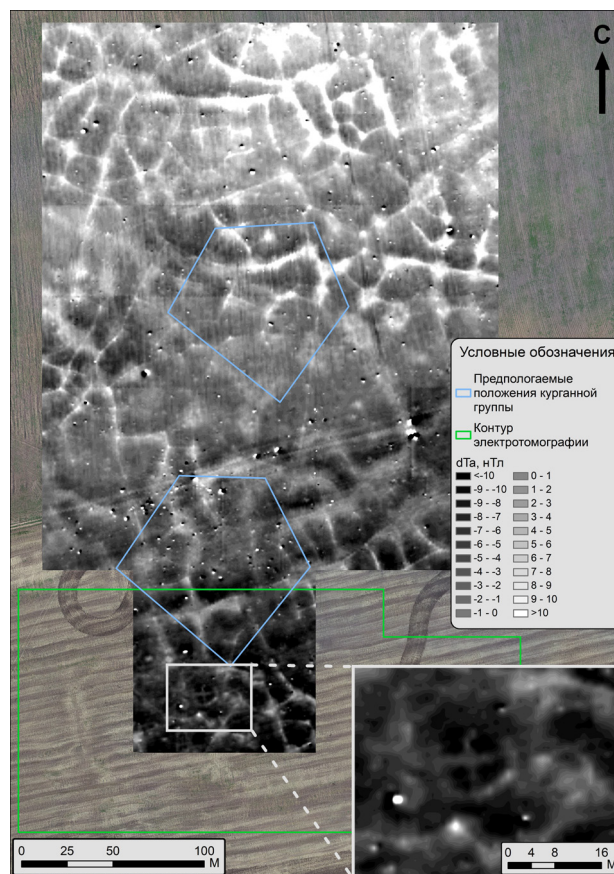


Рис. 2
Карта аномалий модуля полного вектора магнитного поля T

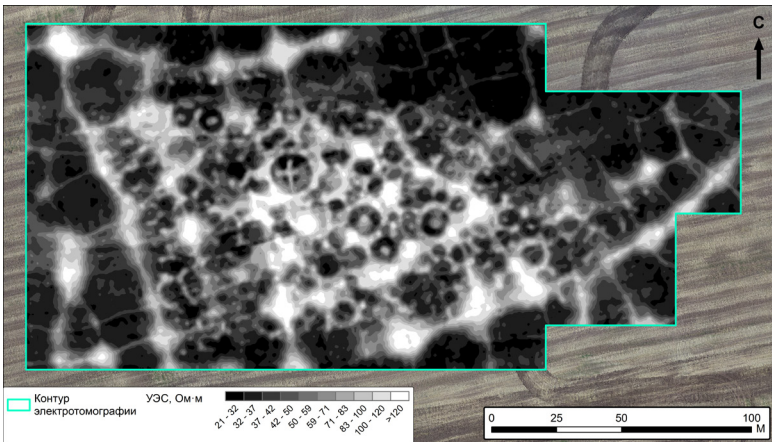


Рис. 3
УЭС верхнего слоя (до 50 см) курганного некрополя
Сельцо-8 по результатам инверсии

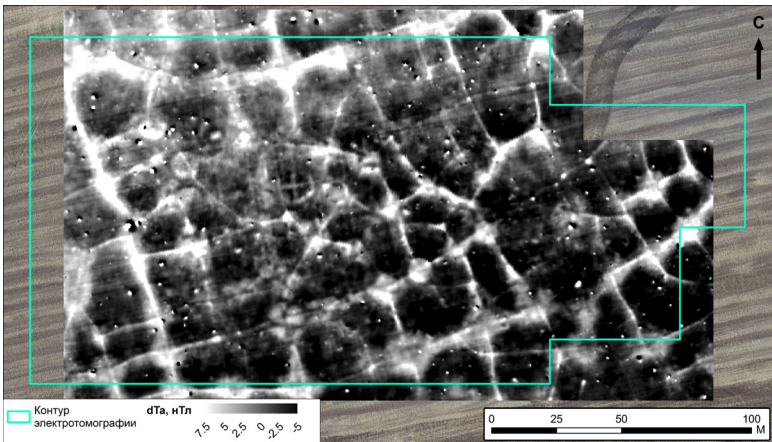


Рис. 4
Карта аномалий модуля полного вектора магнитного
поля Т курганного некрополя Сельцо-8

В западной части памятника характер геофизической картины ровиков меняется, здесь мы видим преимущественно их фрагменты. Это возможно объяснить почвенной эрозией, но нельзя исключать различия в изначальном строении курганных объектов в этой части и в остальном памятнике.

Необходимо отметить, что достоверность интерпретации снижается внутри серии крупных палеомерзлотных трещин, пересекающих памятник [7]. В этих областях курганные ровики лучше видны в данных детальной магниторазведки (рис. 4).

Четкие границы некрополя по геофизике и однозначная интерпретация раскопанного в XIX в. «крестом» кургана позволили, как и в случае археологического объекта Гнездилово-12 [4], сопоставить план строения курганной группы с геофизической картиной. На основании фактических диаметров курганных насыпей по данным электротомографии и приблизительного соотношения высоты и диаметра насыпей по сохранившимся курганам мы построили обоснованную реконструкцию эволюции курганного ландшафта памятника (рис. 5). Ее можно использовать для дальнейшего археологического анализа [11] или научно-популярных реконструкций (при создании на основе полученных поверхностей реалистичных моделей методами компьютерной графики).

Поверхностные сборы подъемного материала и фрагментарные археологические раскопки памятника подтвердили правильность принятой концепции интерпретации полученных данных. Как и в случае ранее исследованных памятников, значения повышен-

ного УЭС соответствуют контурам археологических объектов.

Интересно отметить, что план курганной группы, составленный при раскопках 1851 г., содержит только девять насыпей. План курганной группы «Шекшово-9» не сохранился; в Гнездилово-12 с помощью геофизических методов надежно выделяются 84 насыпи, а при раскопках XIX в. – только 28. Это говорит о значительной степени разрушения курганного ландшафта к середине XIX в.

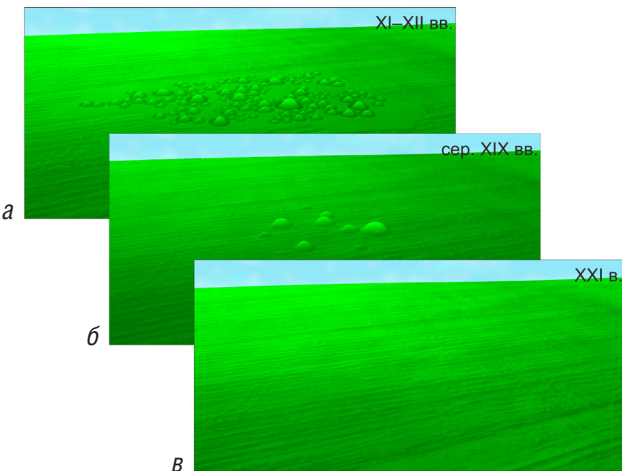


Рис. 5
Принципиальная реконструкция курганного ландшафта Сельцо-8
по результатам проведенных исследований:
а – конец XII в., б – середина XIX в., в – современная топография

Сравнительная геофизическая интерпретация некрополей

Результаты геофизических исследований некрополей Сельцо-8, Шекшово-9 [5] и «Гнездилово-12» [6] открывают возможность сравнительной интерпретации полученных материалов. Основным результатом сравнительной интерпретации является определение пространственной структуры памятников. Под пространственной структурой мы понимаем характеристики взаимного расположения курганных насыпей, субординацию мелких и крупных курганов, распределение пространственной плотности бескурганных погребений и ям. Основной вопрос – может ли сравнительная интерпретация геофизических данных по некрополям принести новую археологическую информацию о памятниках?

В настоящее время априорные данные о структуре погребальных памятников изучаемого периода в регионе недостаточны по разным причинам:

- абсолютное большинство курганных некрополей не видны на поверхности;
- археологические раскопки ограничены по площади и могут покрыть лишь небольшую часть памятника;
- архивные материалы не отражают реальной картины памятника: даже при начале их изучения в 1851 г. бо́льшая часть насыпей уже была уничтожена распашкой.

Таким образом, анализ данных геофизических исследований нескольких памятников является первой практической возможностью наиболее полного описания их структуры, выделения общих черт и различий.

Сопоставление карт УЭС верхнего слоя трех памятников (рис. 6) позволяет описать структуру курганной части некрополей. Для Гнездилово-12 характерно линейное расположение курганных насыпей: большинство курганов образуют одну линию, являющуюся «стержнем» всего памятника. Выделяются зоны, которые можно интерпретировать как участки, где расположены бескурганные ингумации и ямы, связанные со средневековой погребальной обрядностью.

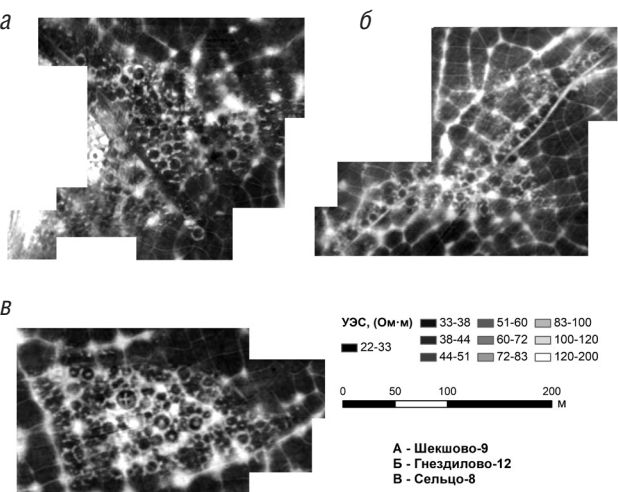


Рис. 6
 Карты удельного электрического сопротивления верхнего слоя исследованных памятников по результатам инверсии

Другой характер имеет некрополь Сельцо-8. Здесь курганы расположены более плотно, не выделяются участки развития бескурганных объектов. Курганы заполняют всю площадь некрополя и не вытянуты вдоль одной линии. Важной особенностью памятника является развитие участков радиально-централизованной структуры – группировка мелких курганов вокруг одного более крупного. На объекте Гнездилово-12 такой картины мы не наблюдаем.

Более крупный некрополь Шекшово-9 демонстрирует наличие разных типов структур. Курганы в восточной части выстроены ровными параллельными рядами. В западной части выделяется наиболее крупный курган № 1, вокруг которого концентрируются более мелкие насыпи. На значительной части памятника можно говорить о наличии бескурганных погребений и/или сильно разрушенных распашкой курганов. Интересно сравнение памятников по другим общим показателям, приведенным в таблице.

Таблица 1

Формальные сравнительные характеристики исследованных некрополей

	Шекшово-9 ⁴	Гнездилово-12	Сельцо-8
Площадь некрополя (га)	> 6	2,0	1,8
Число курганных ровиков	248	84	116
Доля курганов со слаборазрушенным ровиком	83%	68%	65%
Процент крупных погребений (по геофизике)	5%	13%	20%
Плотность насыпей (1/га)	63	41	64
Тип структуры	Рядный, «радиально-централизованный» (малые курганы вокруг главного кургана)	Линейный	«Радиально-централизованный» (малые курганы вокруг главного кургана)

⁴ Не вся площадь памятника Шекшово-9 покрыта геофизической съемкой. Число курганов приведено с учетом выявленных по магниторазведке и не попавших в контур электротомографической съемки.

Один из основных – процент крупных погребений: отношение курганных ровиков с аномалией в центре площадки к общему числу курганных ровиков. Оно растет в ряду от Шекшово-9, где их практически нет, к некрополю Сельцо-8, где их больше и они характеризуются крупными размерами.

Проведенные исследования позволяют предложить две гипотезы, требующие проверки. Первая – археологическая, сводящаяся к предположениям о разнице в характерном объеме погребений или разной степени разрушения этих погребений распахкой. Вторая – различие в контрасте физических свойств материала погребения и площадки для разных памятников.

Выводы

Некрополь Сельцо-8 был охвачен геофизическими исследованиями в соответствии с апробированной авторами методикой [2, 7]. За небольшое время (9 полевых дней – магниторазведка, 9 полевых дней – электротомография) получены данные, интерпретация которых позволила решить следующие археологические задачи: 1) обнаружение памятника; 2) картирование границ и отдельных насыпей; 3) определение объектов, затронутых раскопками 1851 г.; 4) выявление наиболее крупных погребений; 5) создание 3D-реконструкции облика курганного некрополя в XII в. и середине XIX в.

Надежность проведенной интерпретации высока: методика сбора и интерпретации данных полностью

соответствует успешно примененным в Шекшово-9 [5] и Гнездилово-12 [4, 6], результаты исследования памятников демонстрируют общность их строения, правомерность интерпретации подтверждена результатами фрагментарных археологических раскопок.

Таким образом, полученные на некрополе Сельцо-8 геофизические данные и результаты их интерпретации могут быть использованы как источник достоверной археологической информации при планировании раскопок и дальнейшей историко-археологической интерпретации результатов исследования памятника.

Сравнение результатов геофизических исследований Сельцо-8 с ранее изученными памятниками Шекшово-9 и Гнездилово-12 позволило сделать новые наблюдения методического и интерпретационного характера. Проведенные исследования – первая возможность выявить структуру погребальных памятников изучаемого региона. Полученная информация говорит о существенных различиях в структуре погребальных памятников.

Возможность формулирования археологических выводов на основании этих различий – предмет дальнейших археологических исследований. Сейчас представляется, что изучение выявленных закономерностей обладает потенциалом для повышения информативности геофизической и археологической интерпретации. Это определяет научный интерес к продолжению программы геофизических исследований курганных некрополей Суздальского Ополя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каминский А.Е. ZondRes2D. Программа двумерной интерпретации данных метода сопротивлений и вызванной поляризации. 2014. <http://zond-geo.com/software/resistivity-imaging-ves/zondres2d/>.
2. Красникова А.М., Ерохин С.А., Модин И.Н., Макаров Н.А., Угулава Н.Д., Пелевин А.А. Проблема поиска грунтовых погребений в Суздальском Ополе // Краткие сообщения института археологии. 2020. № 259. С. 30–48.
3. Макаров Н.А., Красникова А.М., Шевченко В.А. Могильник Сельцо: потерянный некрополь X–XI вв. под Суздаlem // Краткие сообщения Института археологии. 2022. Т. 269. С. 162–179.
4. Макаров Н.А., Красникова А.М., Ерохин С.А. Первые результаты новых исследований могильника Гнездилово под Суздаlem // Краткие сообщения Института археологии. 2021. № 264. С. 7–29.
5. Модин И.Н., Ерохин С.А., Красникова А.М., Шоркунов И.Г., Шевченко В.А., Скобелев А.Д. Геофизические исследования не выраженного на поверхности курганного некрополя Шекшово-9 (Суздальское Ополе) // Вестник Московского университета. 2020. Серия 4. Геология. С. 3–15.
6. Модин И.Н., Шевченко В.А., Ерохин С.А., Красникова А.М. Геофизические исследования курганного некрополя Гнездилово-12 (Суздальское Ополе) // Вестник МГУ. 2023. Серия 4. Геология, №5. С. 3–12.
7. Модин И.Н., Ерохин С.А., Шевченко В.А., Красникова А.М. Влияние фонового почвенно-геологического разреза на эффективность геофизических исследований в археологии (Суздальское Ополе) // Геофизика. 2022. № 6. С. 111–119.
8. Павлова А.М., Шевнин В.А. 3D-электротомография при исследовании ледниковых отложений // Геофизика. 2013. С. 32–37.
9. Уваров А.С. Меряне и их быт по курганным раскопкам: исслед. тр. А.С. Уварова. М.: Синодальная тип., 1872.

10. Erokhin S.A., Modin I.N., Pavlova A.M. 3D electrical resistivity imaging and GPR to re-explore ancient mounds near Suzdal in Russia // Archaeologia Polona. Warsaw: The institute of archaeology and ethnology Polish academy of sciences. 2015. Vol. 53. P. 448–452.
11. Gillings M., Hacıguzeller P., Lock G. Archaeological Spatial Analysis: A Methodological Guide, Routledge, 2020.
12. Papadopoulos N.G., Tsourlos P., Tsokas G.N., Sarris A. Two-dimensional and three-dimensional resistivity imaging in archaeological site investigation,» Archaeological Prospection. 2006. № 3.

REFERENCES

1. Kaminsky AE. ZondRes2D. A program for two-dimensional interpretation of data from the method of resistivity and induced polarization. 2014. <http://zond-geo.com/software/resistivity-imaging-ves/zondres2d/> (in Russian).
2. Krasnikova AM, Erokhin SA, Modin IN, Makarov NA, Ugulava ND, Pelevin AA. The problem of searching for ground burials in Suzdal Opolye. *Brief communications Institute of Archeology*. 2020; (259):30–48 (in Russian).
3. Makarov NA, Krasnikova AM, Shevchenko VA. Seltso burial ground: a lost necropolis of the 10th–11th centuries near Suzdal. *Brief communications of the Institute of Archeology*. 2022; (269):162–179 (in Russian).
4. Makarov NA, Krasnikova AM, Erokhin SA. First results of new studies of the Gnezdilovo burial ground near Suzdal. *Brief communications of the Institute of Archeology*. 2021; (264):7–29 (in Russian).
5. Modin IN, Erokhin SA, Krasnikova AM, Shorkunov IG, Shevchenko VA, Skobelev AD. Geophysical studies of the mound necropolis Shekshovo-9, not expressed on the surface (Suzdal Opolye). *Bulletin of Moscow University*. 2020; (4):3–15 (in Russian).
6. Modin IN, Shevchenko VA, Erokhin SA, Krasnikova AM. Geophysical studies of the burial mound necropolis Gnezdilovo-12

(Suzdal Opolye). *Bulletin of Moscow State University*. 2023; Series 4(5):3–12 (in Russian).

7. Modin IN, Erokhin SA, Shevchenko VA, Krasnikova AM. The influence of the background soil-geological section on the efficiency of geophysical research in archeology (Suzdal Opolye). *Geophysics*. 2022; (6):111–119 (in Russian).

8. Pavlova AM, Shevchin VA. 3D electrical tomography in the study of glacial deposits. *Geophysics*. 2013. P. 32–37 (in Russian).

9. Uvarov AS. Meryans and their life according to burial mound excavations: research. gr. A.S. Uvarova. Moscow: Synodal typ., 1872 (in Russian).

10. Erokhin SA, Modin IN, Pavlova AM. 3D electrical resistivity imaging and GPR to re-explore ancient mounds near Suzdal in Russia in *Archaeologia Polona*. Warsaw: The institute of archaeology and ethnology Polish academy of sciences. 2015; (53):448–452.

12. Papadopoulos NG, Tsourlos P, Tsokas GN, Sarris A. Two-dimensional and three-dimensional resistivity imaging in archaeological site investigation. *Archaeological Prospection*, 2006; (3).

11. Gillings M, Hacıguzeller P, Lock G. *Archaeological Spatial Analysis: A Methodological Guide*, Routledge. 2020.

Положительная рецензия 13.09.2023

ОБ АВТОРАХ



ШЕВЧЕНКО
Владимир Анатольевич

Специалист Института археологии РАН. В 2019 г. окончил геофизический факультет МГРИ-РГГРУ. Область научных интересов – археологическая геофизика, комплексирование геофизических методов. Автор и соавтор 4 научных публикаций.



КРАСНИКОВА
Анна Михайловна

Научный сотрудник отдела археологических памятников Исторического музея (ГИМ). Основные научные интересы – русское средневековье, погребальный обряд, естественно-научные методы в археологии. Автор и соавтор 40 статей.



МОДИН
Игорь Николаевич

В 1976 г. окончил геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «геолог-геофизик». Профессор кафедры геофизических методов исследования земной коры, доктор технических наук. Область научных интересов – анализ и интерпретация комплексных геофизических данных при изучении верхней части разреза с использованием данных наземных, акваторных и аэрометрических наблюдений; решение задач двумерного и трехмерного моделирования электрического поля; развитие математического аппарата для моделирования и интерпретации результатов измерения электрического поля. Автор и соавтор более 300 научных публикаций, в том числе более 23 монографий и учебников для вузов.



ЕРОХИН
Сергей Анатольевич

Геофизик, окончил геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова в 2009 г. И.о. младшего научного сотрудника Института археологии РАН, кандидат геолого-минералогических наук. Область научных интересов – интерпретация данных электроразведки и магниторазведки. Автор и соавтор 29 научных публикаций.



СКОБЕЛЕВ
Алексей Денисович

Ведущий геофизик ООО «НПЦ Гео-скан», инженер кафедры геофизических методов исследования земной коры МГУ им. М.В. Ломоносова. Область научных интересов – мало-глубинная электроразведка, геофизические методы поиска. Автор и соавтор 10 статей и 25 тезисов.