

Е.В. Балков<sup>1</sup>, О.А. Позднякова<sup>2</sup>✉, Д.А. Ненахов<sup>2</sup>,  
Л.Н. Мыльникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН  
Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Институт археологии и этнографии СО РАН  
Новосибирск, Россия

E-mail: olka.pozdnyakova@gmail.com

## Результаты комплексных археолого-геофизических исследований на памятнике Усть-Тартасские курганы. Отработка новых методов и технологий

Представлены результаты сопоставления археолого-геофизических данных, полученных в ходе работ на кург. 51 памятника Усть-Тартасские курганы (Барабинская лесостепь). До начала раскопок он был исследован комплексом дистанционных методов. Магнитная съемка выполнена методами вертикального и горизонтального градиента. Оценка структуры погребальной площадки осложняется аномалиями, связанными с наличием в грунте железных предметов, колеями полевых дорог и следами распахивки. По итогам магнитных съемок курган представлялся как объект с центральным захоронением, окруженным рвом. В ходе раскопок выявлены 22 погребения, из которых девять впущены в насыпь. По данным магнитометрии удалось определить только расположение рва. Обосновано, что причиной этого является гумусированная насыпь кургана высотой 1,5 м. Она создает «экран», что не позволяет дистанционно распознать устройство погребальной площадки. Показано, что аномалия, принятая за центральное погребение, связана с ритуальной конструкцией над центральным погребением, которая длительно горела в процессе ритуальных действий. Цифровая модель рельефа, построенная по данным аэрофотосъемки, отчетливо выделила курганную насыпь, что подтверждает высокую эффективность этого метода при невысоких затратах. Результаты электромагнитного профилирования, как и аэрофотосъемки, позволяют обнаружить и локализовать курганную насыпь. Доказано, что результаты электромагнитного профилирования хорошо коррелируют со слоем сопротивления на глубине около 0,5 м. По всей видимости, высокие значения удельного электрического сопротивления в районе исследования и недостаточный их контраст не позволили выделить захоронения на подкурганной площадке. По итогам 3D инверсии данных электротомографии, выполненной с шагом 0,5 м между электродами и 1,0 м между профилями, получены наиболее представительные результаты. Показано, что такая детальная съемка позволяет выявить отдельные захоронения, оценить их параметры и различия в заполнении. Проведенные работы подтверждают эффективность использованного комплекса дистанционных методов.

Ключевые слова: курган, саргатская культура, магнитная съемка, аэрофотосъемка, малоглубинное частотное профилирование, электротомография.

E.V. Balkov<sup>1</sup>, O.A. Pozdnyakova<sup>2</sup>✉, D.A. Nenakhov<sup>2</sup>,  
L.N. Mylnikova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Petroleum Geology and Geophysics of the SB RAS  
Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Institute of Archaeology and Ethnography of the SB RAS  
Novosibirsk, Russia

E-mail: olka.pozdnyakova@gmail.com

## Integrated Archaeological and Geophysical Studies at the Ust-Tartasskie Kurgany Site: New Methods and Techniques

This article compares archaeological and geophysical data from archaeological works at burial mound No. 51 of the Ust-Tartasskie Kurgany site (south of Western Siberia). Prior to excavation, it was explored using a number of remote methods,

*including ground-based magnetic survey, aerial photography, electromagnetic profiling, and electrical tomography. The magnetic survey employed vertical and horizontal gradient methods. Comparison of results has revealed a good correlation of data. Structural assessment of the burial site according to magnetic data was significantly complicated by anomalies associated with presence of iron objects in the soil, ruts of field roads, and traces of plowing. According to magnetic surveys, burial mound consisted of the central burial object surrounded by a moat. During the excavation, 22 burials have been discovered, nine of which were secondary. Comparison of archaeological and geophysical data has revealed that only the location of the moat could be established from magnetometric data, most likely because of the humus layer of the mound reaching 1.5 m in height. In such cases, it creates a kind of "screen" which hampers remote recognition of the mound structure. The anomaly which was identified as the central burial is most likely associated with ritual structure above the central burial, which burned for a long time during ritual activities. The digital elevation model which was built using aerial photography, clearly showed the mound, which confirms high efficiency of this method at low cost. Electromagnetic profiling and aerial photography have made it possible to detect and locate the mound. Comparison with data of electrical tomography has shown that results of electromagnetic profiling well correlated with the resistance layer at a depth of about 0.5 m. Apparently, high values of electrical resistivity in the area under study and their insufficient contrast did not make it possible to identify the burials in the mound. The best results were obtained from 3D inversion of electrotomography data, performed with a step of 0.5 m between the electrodes and 1 m between the profiles. Comparison of the data indicates that such detailed survey makes it possible to identify individual burials, and evaluate their parameters and differences in filling. The study confirms the effectiveness of our set of remote methods and establishes the parameters of the measuring setup, which should be used in studying similar objects in the future.*

Keywords: *burial mound, Sargat culture, magnetic survey, aerial photography, shallow frequency profiling, electrotomography.*

## **Введение**

В 2016 г. в рамках совместных российско-германских работ по изучению периферии больших курганов саргатской культуры на участке могильника «Усть-Тартасские курганы», выходящем на надпойменную террасу займища р. Тартас (урочище Таи), была выполнена магнитная съемка методом горизонтального градиента (руководитель – доктор наук Й.В.Е. Фассбиндер) [Парцингер и др., 2016]. Характер и особенности расположения выявленных магнитных аномалий позволили предположить наличие в межкурганном пространстве более раннего грунтового могильника, что было подтверждено в ходе последующих раскопок (см., напр.: [Молодин и др., 2017]). В восточной части участка хорошо фиксировался распаханый кург. 51, который, судя по геомагнитным данным, представлял собой объект с центральным погребением, окруженным рвом, диаметром 14,5 м [Парцингер и др., 2016, с. 403]. В 2017 г. сотрудниками ИНГГ СО РАН под руководством канд. геол.-мин. наук П.Г. Дядькова этот же участок был картирован повторно методом вертикального градиента, при этом была отмечена высокая степень корреляции данных [Дядьков и др., 2017, с. 308].

В полевом сезоне 2022 г. для решения задач научного проекта РНФ № 22-18-00012 были проведены раскопки кург. 51. В результате курган изучен полностью, выявлено 22 погребения и сопутствующие ритуальные комплексы (см. статью: Л.Н. Мыльниковой и др. «Элитный курган № 51 Усть-Тартасского могильника...» в этом сборни-

ке). До начала археологических работ сотрудниками ИНГГ СО РАН под руководством доктора техн. наук Е.В. Балкова площадка будущего раскопа была исследована комплексом дистанционных методов, включающим аэрофотосъемку, малоглубинное электромагнитное профилирование и электротомографию. Данная статья посвящена оценке результатов сопоставления итогов археологических и геофизических исследований, что имеет существенное значение для развития методики археогеофизических работ.

## **Результаты сравнения данных магнитометрии и археологических раскопок**

Магнитная съемка, как уже упоминалось выше, была проведена двумя различными методами. Сеть наблюдений была идентичной, с шагом 1 м. Сравнение построенных карт участка, где расположен курган, демонстрирует высокую степень совпадения данных. На карте горизонтального градиента выделяются характерные биполярные аномалии, которые связаны с залеганием в грунте современных железных предметов. Одна из них расположена непосредственно в центре кургана, что создает помеху для оценки его устройства (рис. 1, 1). К моменту съемки 2017 г. железные предметы были удалены из грунта, что положительно сказалось на ее результате (рис. 1, 2). Однако в данном случае существенной помехой для выявления полезных аномалий являются колеи полевых дорог и следы распахивания (аномалии в виде полос).

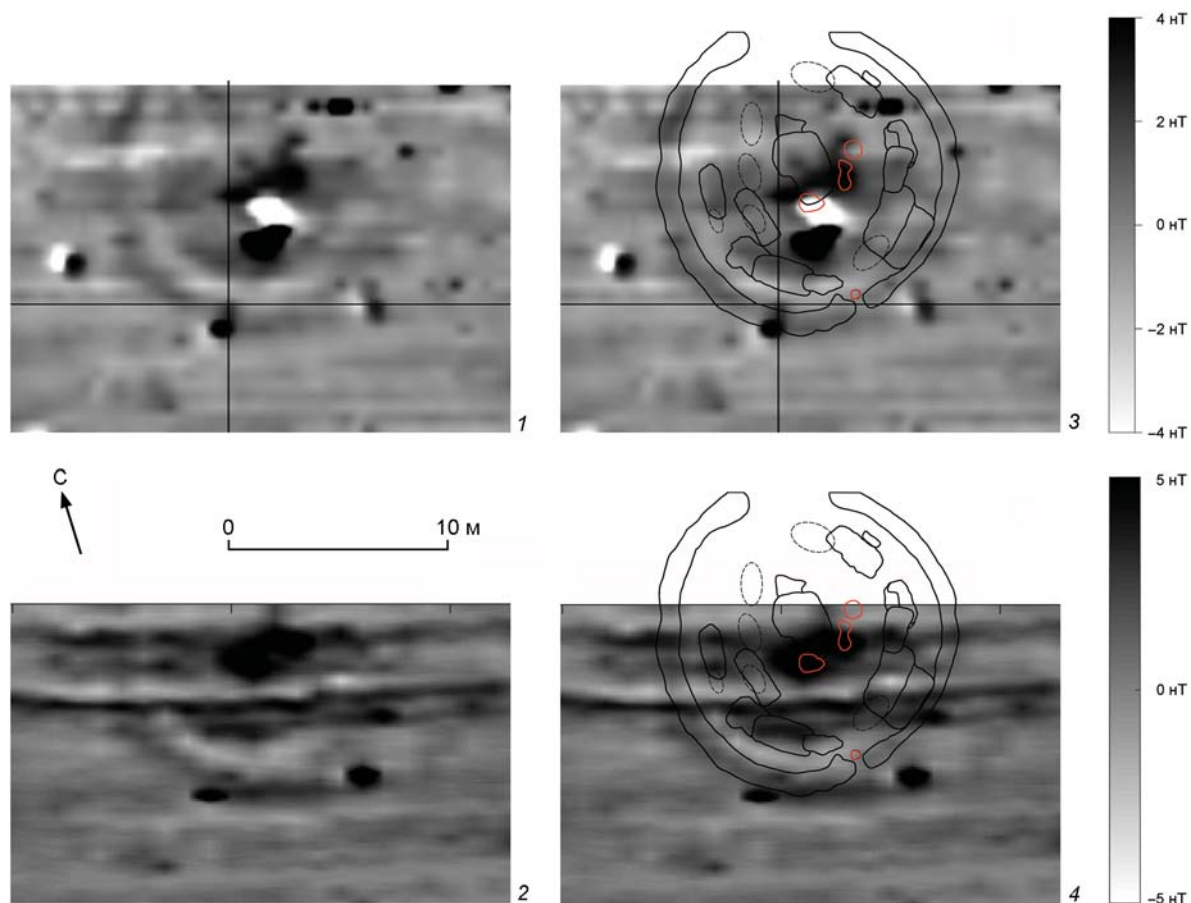


Рис. 1. Результаты магнитной съемки кург. 51 памятника Усть-Тартасские курганы.

1 – магнитограмма кургана по данным измерений горизонтального градиента; 2 – магнитограмма кургана по данным измерений вертикального градиента; 3 – границы вскрытых в раскопе археологических объектов на карте горизонтального градиента; 4 – границы вскрытых в раскопе археологических объектов на карте вертикального градиента.

Корреляция археолого-геофизических данных показывает, что из всех выявленных в раскопе археологических объектов достаточно отчетливо выделяется только ров (рис. 1, 3, 4). Его ширина ок. 1 м, глубина в материке – 0,6–0,7 м. Несмотря на то, что ров был заполнен более магнитным (по сравнению с материком) гумусированным грунтом, он формирует очень слабую положительную аномалию, чуть выше фоновых значений. Вероятнее всего, это связано с тем, что стенки рва очень резко и наклонно сужаются ко дну. В результате, общий объем магнитного материала в его заполнении оказался недостаточным для формирования четкой аномалии в магнитном поле.

Еще одним фактором, влияющим на степень выраженности аномалии от рва, может быть распашанная насыпь. Ее размеры, зафиксированные до раскопок, составляли ок. 20 × 30 м, в то время как диаметр кургана по внешнему краю рва – 14–15 м. Таким образом, ров оказался перекрыт грунтом из насыпи, которая содержала большое количество магнитного почвенного вещества. Известно, что даже сравнительно небольшой (0,2–0,3 м) слой почвы над археологическим объектом существенно

уменьшает амплитуду фиксируемой от него аномалии. Это очень хорошо показано на примере методических работ в траншее № 135 памятника Тартас-1 [Молодин и др., 2015]. В случае с курганами, гумусированная насыпь может работать как «экран», который не позволяет посредством магнитной съемки определить устройство подкурганной площадки. Так, в ходе раскопок саргатского кург. 8 на памятнике Погорелка-2 под насыпью высотой 0,7 м было выявлено шесть погребений, которые на магнитной карте не проявились. Авторы работ связали это обстоятельство со строением кургана из дерновых кирпичей и предположили, что концентрация более магнитного почвенного вещества в теле насыпи могла помешать их распознаванию [Молодин и др., 2009]. Если насыпь кургана разобрана или сильно распашана, можно получить достаточно подробные сведения об особенностях его устройства. Применительно к курганам той же саргатской культуры в качестве примера можно привести памятники Венгерова-6 [Молодин и др., 2011], Яшкино-1 [Кобелева и др., 2013] и Преображенка-6 [Дядьков и др., 2005]. На кург. 51 памятни-

ка Усть-Тартасские курганы высота сохранившейся насыпи от уровня современной дневной поверхности составляла 1,5 м. На наш взгляд, это является наиболее вероятной причиной того, что выявленные в ходе раскопок захоронения на магнитных картах не проявились, хотя некоторые из них имеют существенную глубину.

Что касается положительной аномалии в центре кургана, первоначально интерпретированной как центральное погребение, то результаты сопоставления показывают, что с центральным погр. 9 она не совпадает. Наиболее вероятно, что ее источником являются достаточно мощные прокалы (до 0,2 м). В ходе раскопок над центральной погребальной камерой удалось проследить остатки подпрямоугольной конструкции из дерева и бересты, которая была подожжена в процессе ритуальных действий. При этом огонь, судя по мощности прокалов, поддерживался длительное время. Интересно отметить, что эта аномалия (более 5 нТл) также имеет подчетырехугольную форму, что особенно хорошо видно на карте вертикального градиента. Известно, что воздействие высоких температур увеличивает степень намагниченности грунта, поэтому прокалы всегда очень отчетливо фиксируются магнитной съемкой. Можно также предположить, что определенный вклад в эту аномалию внесли куски железной руды, найденные при раскопках. На сегодняшний день известно, что один из них характеризуется повышенным содержанием магнетита. Подобные случаи в практике наших предыдущих исследований зафиксированы не были, поэтому данный вопрос требует дополнительной проработки.

### **Результаты сравнения данных геоэлектрики и археологических раскопок**

На размеченном под будущий раскоп участке, размером 36 × 33 м проведены исследования с помощью аэрофотосъемки, электромагнитного профилирования и электротомографии.

*Аэрофотосъемка* проводилась с использованием малогабаритного дрона DJI Mavic Air (Китай, <https://www.dji.com>). Для планирования полетов использована программа DroneHarmony Plus (<https://droneharmony.com>), для обработки данных фотограмметрии применено программное обеспечение Metashape (Agisoft, Россия, <https://www.agisoft.com/>). Обработка, оформление и визуализация цифровых моделей рельефа проведена в программе Surfer (Golden Software, США, <https://www.goldensoftware.com>). Съемка производилась с высоты 30 м, перекрытие снимков составляло 85 % в двух направлениях.

В результате обработки данных аэрофотосъемки построены ортофотоплан и цифровая модель рельефа. При построении карты высот за ноль была принята точка, находящаяся на краю склона, таким образом, курганная насыпь отражена превышением высот до 1,5 м относительно периферии (рис. 2, 1). Курганная насыпь очень ярко выделяется в цифровой модели рельефа, подтверждая наряду с другими примерами [Балков и др., 2021] высокую эффективность аэрофотосъемки при невысоких затратах.

*Электромагнитное профилирование* проводилось с помощью прототипа аппаратуры малоглубинного электромагнитного профилирования Геовизер [Huang, Won, 2003; Карин и др., 2018], оснащенного дифференциальной системой спутниковой RTK привязки Emlid Reach M2 OEM (<https://emlid.com/reachrs/>). Профилирование выполнялось в непрерывном режиме измерений по проектной системе профилей, расположенных на расстоянии 1 м, с привязкой по GPS (погрешность не превышала 10 см). Плотность наблюдений вдоль линии съемки составила не более 0,5 м.

Результаты, полученные по реальной компоненте сигнала на частоте 100 кГц в виде карты распределения сигнала, пропорционального проводимости, приведены на рис. 2. Участок съемки по сопротивлению разбивается на несколько горизонтальных сегментов (зон). Верхняя часть, примыкающая к лесополосе (с 25 по 33 м), характеризуется повышенным сопротивлением, в центральной части имеет округлую форму, обусловленную наличием курганной насыпи. Средняя часть (с 10 по 25 м) имеет пониженные значения, наименьшие в районе горизонтали на 15-м метре. И нижняя часть (от 0 до 10 м) имеет, как и верхняя, повышенные значения сопротивления, с переходом на высокие значения, обусловленные резким склоном на краю террасы. Причины описанной зональности исследованного участка по сопротивлению не ясны. Предположительно это может быть связано с наличием старой дороги, проходившей по краю террасы и уплотнившей грунт. Непосредственно на курганной насыпи имеется ряд локальных аномалий повышенного сопротивления, которые, однако, смещены к лесополосе и сосредоточены на участке, где при расчистке площадки были выкорчеваны кусты. Других локальных аномалий, которые могли бы соответствовать археологическим объектам, не выделяется. По результатам предыдущих работ и сопоставления данных с методом электротомографии данные электромагнитного профилирования хорошо коррелируют со слоем сопротивления на глубине около 0,5 м [Балков, Фадеев, Карин, 2021]. По всей видимости, высокие значения удельного электрического сопротивления в районе исследо-

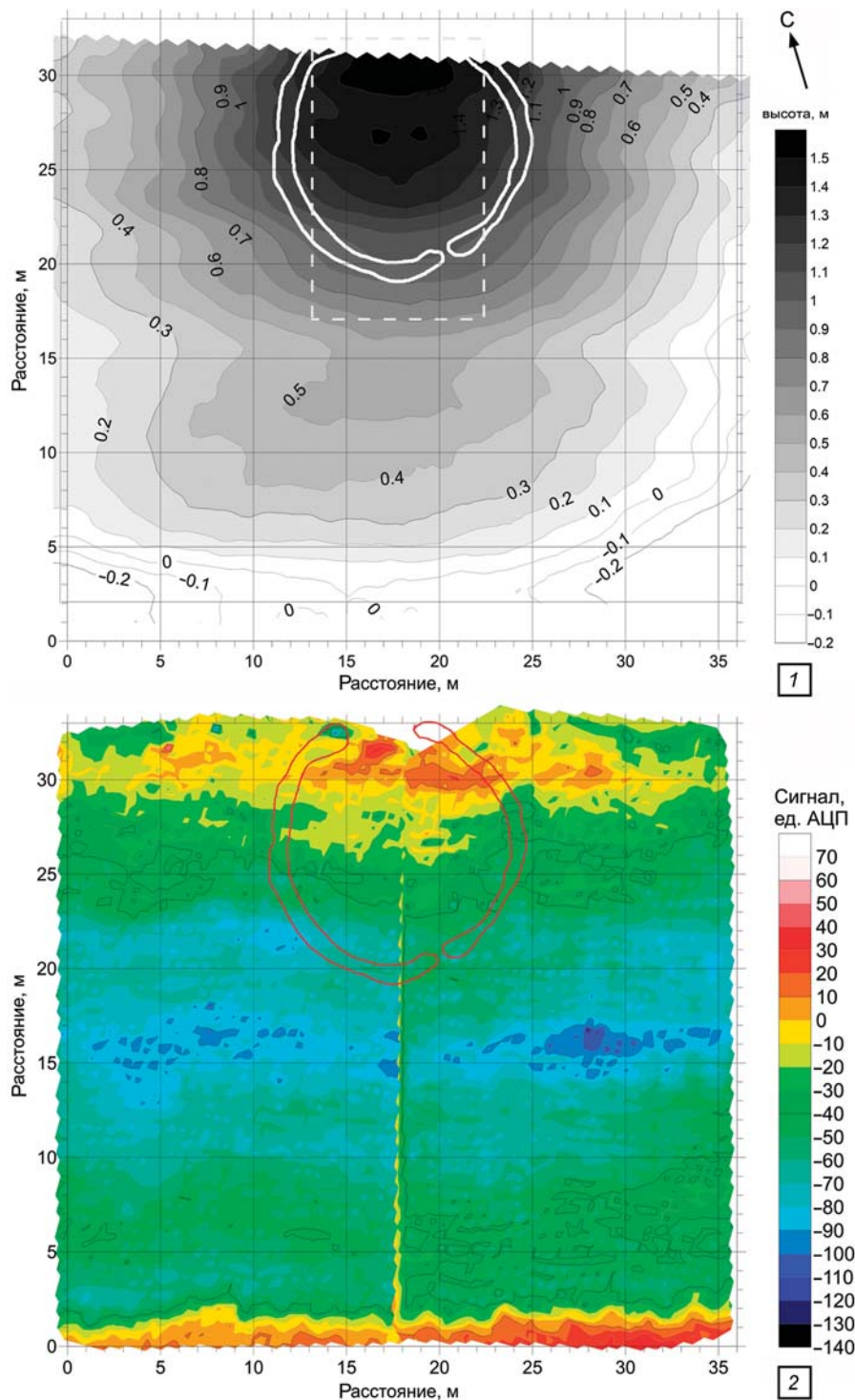


Рис. 2. Результаты аэрофотосъемки и электромагнитного профилирования.

1 – карта относительных высот (белыми линиями показаны контуры рва кургана, белыми пунктирными линиями – площадка детальной съемки методом электротомографии); 2 – карта распределения реальной компоненты сигнала на частоте 110 кГц по данным электромагнитного профилирования (красными линиями показаны контуры рва).

вания и недостаточный их контраст не позволили выделить захоронения.

Трехмерные исследования объекта методом электротомографии [Dahlin, 2001; Бобачев и др., 2006] выполнены с помощью компактной аппаратуры Скала 32К4 (КБ Электротометрии, Новосибирск).

Инверсия выполнена с использованием программного обеспечения Res3DInv (Малайзия, <https://www.geotomosoft.com/>).

Работы выполнены на площади  $36 \times 31$  м с шагом 1 м между электродами и 2 м между профилями, а также по уплотненной сетке на курганной насыпи

9,0 × 15,5 м с шагом 0,5 м между электродами и 1 м между профилями (пунктирная линия на рис. 2).

Распределение сопротивления по результатам обработки всей площадки электротомографии согласуется с данными электромагнитного профилирования. Насыпь и прилегающая к лесополосе среда сложены менее проводящим грунтом, так же как и часть среды на краю террасы. В центральной части насыпи наблюдаются локальные аномалии повышенного сопротивления. Среда на глубину до 4 м

представлена четырехслойным разрезом с высокоомным изолирующим первым слоем и далее слоями попеременно пониженного и повышенного сопротивления, мощностью около 1 м. При этом на отметке около 15 м подстилающий проводящий слой вклинивается в вышележащие. Этим может быть обусловлена проводящая горизонтальная полоса на карте электромагнитного профилирования. Сопоставление с результатами раскопок показывает, что величина шага в 1 м между электродами и 2 м между профилями не позволяет выделить объекты, горизонтальные размеры которых существенно меньше, чем ячейка измерительной системы.

Достаточно представительные результаты получены по итогам 3D инверсии данных электротомографии на площадке детализации курганный насыпи. На рисунке 3 представлены пять горизонтальных срезов на различных глубинах (от 0,5 до 1,7 м). Карты на глубине меньше 0,5 м оказываются неинформативны и отображают достаточно хаотичное распределение сопротивления вблизи поверхности, что может быть обусловлено распашкой. По всей видимости, это же не позволяет объектам, перекрытым таким слоем, проявляться в данных электромагнитного профилирования. На карте, соответствующей глубине 0,5 м, может быть выделена только аномалия, связанная с центральным захоронением. Это, возможно, объясняется тем, что оно было разграблено. Анализ всех карт показывает, что по сопротивлению отчетливо выделяются только три погребения: № 9, 11 и 15 (см. рис. 1 в статье Л.Н. Мыльниковой и др. «Элитный курган № 51 Усть-Тартасского могильника...» в этом сборнике). Захоронения № 9, 11 отнесены к сооружениям т.н. первой очереди. Их основное заполнение представлено плотной темно-серой супесью и геоэлектрические характеристики сходны. Погребение № 15, сооруженное позд-

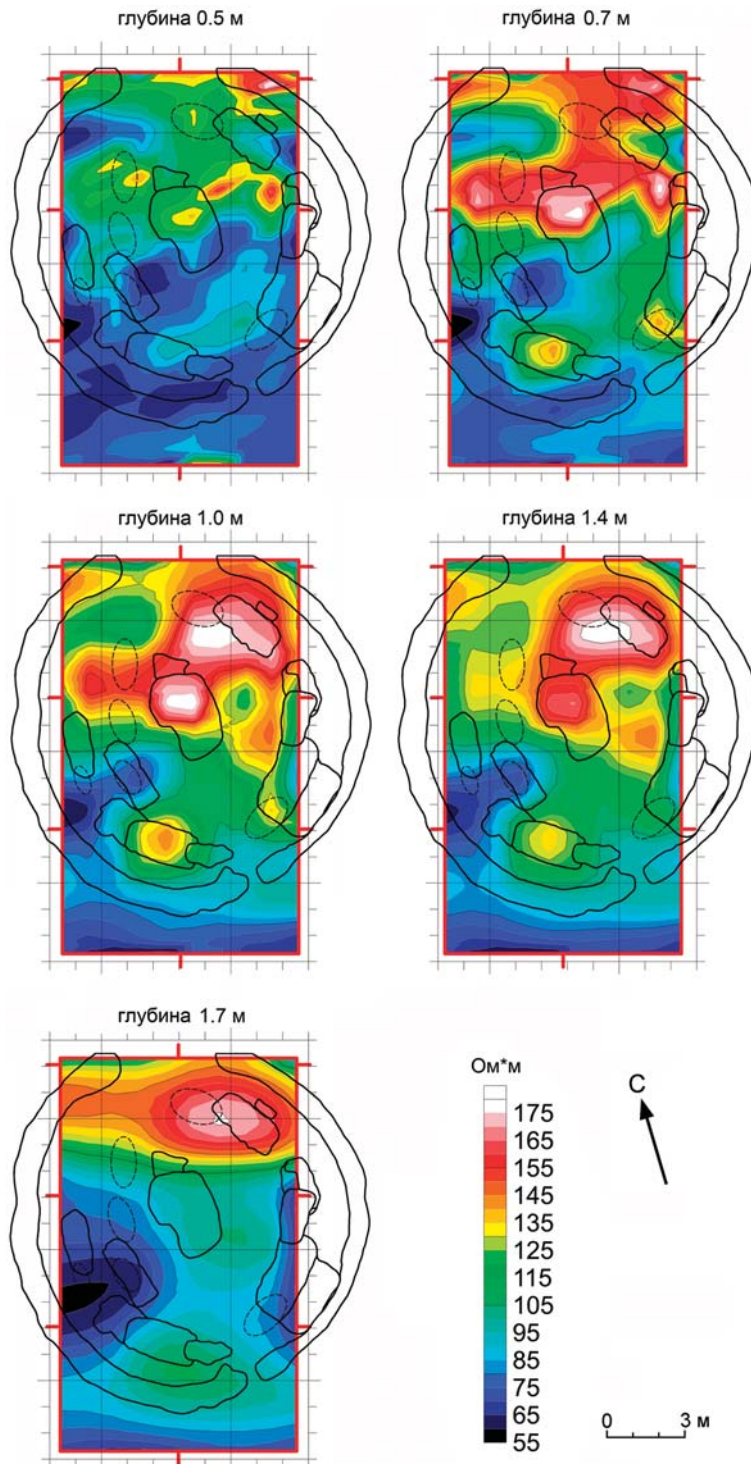


Рис. 3. Карты распределения удельного электрического сопротивления (горизонтальные срезы) по результатам трехмерной инверсии данных электротомографии (черными линиями показаны контуры вскрытых в раскопе объектов).

нее, отличается от предыдущих, в т.ч. и по сопротивлению. Его заполнение представляло собой более рыхлый, влажный грунт с чередованием слоев желтого суглинка и темно-серой супеси. Установленные по данным электротомографии глубины этих объектов в целом хорошо соотносятся с реальными.

### Выводы

По итогам проведенных исследований можно заключить, что использованный комплекс дистанционных методов эффективен для изучения курганных могильников. Аэрофотосъемка и, в меньшей степени, электромагнитное профилирование могут быть успешно использованы для обнаружения насыпей курганов. Магнитометрия позволяет получить более детальную информацию, однако наличие даже частично сохранившейся насыпи очень осложняет или делает невозможным распознавание устройства подкурганной площадки. В этих условиях информацию о расположении и глубине захоронений можно получить с помощью метода электротомографии, при очень плотной сети наблюдения. Шаг между электродами не должен превышать 0,5 м как вдоль профиля, так и между профилями. Площадь съемки должна перекрывать площадь кургана с небольшим запасом на периферийную среду. Перспективными в таких исследованиях являются трехмерные установки метода электротомографии, повышающие разрешающую способность.

### Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 22-18-00012 «Элитные курганы саргатской культуры раннего железного века в Обь-Иртышской лесостепи (Новосибирская область)».

### Список литературы

**Балков Е.В., Карин Ю.Г., Позднякова О.А., Шапаренко И.О., Гоглев Д.А.** Аэрофотосъемка с БПЛА в поисковых задачах археологии: обзор и практические примеры // Геофизические технологии. – 2021. – № 3. – С. 38–47. – doi: 10.18303/2619-1563-2020-3-38

**Балков Е.В., Фадеев Д.И., Карин Ю.Г.** Комплексное применение и сопоставление результатов электромагнитного профилирования и электротомографии при исследовании археологических памятников // Геофизика. – 2021. – № 6. – С. 68–75. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_47926021\\_62897469.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_47926021_62897469.pdf)

**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. – URL: <http://93.180.18.107/shevnin/publ/189.pdf>

**Дядьков П.Г., Молодин В.И., Сумин В.А., Позднякова О.А., Евменов Н.Д., Цибилов Л.В.** Результаты геофизических и геодезических работ на территории памятника «Усть-Тартасские курганы» // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2017. – Т. 23. – С. 307–310.

**Дядьков П.Г., Молодин В.И., Чемякина М.А., Михеев О.А.** Магнитометрические исследования археологических памятников Тартас-1 и Преображенка-6 в Барабинской лесостепи // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2005. – Т. 11, ч. I. – С. 304–309.

**Карин Ю.Г., Балков Е.В., Фадеев Д.И., Манштейн А.К., Панин Г.Л., Алымов А.О., Романов Д.Б.** Электромагнитное профилирование компактной аппаратурой: новый подход и результаты применения // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Сер.: Информационные технологии. – 2018. – Т. 16, № 4. – С. 68–78. – doi: 10.25205/1818-7900-2018-16-4-68-78

**Кобелева Л.С., Наглер А., Дураков И.А., Демахина М.С., Хансен С., Молодин В.И.** Саргатский могильник Яшкино-1 (продолжение исследований) // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2013. – Т. 19. – С. 216–220.

**Молодин В.И., Ефремова Н.С., Дураков И.А., Мыльникова Л.Н., Сальникова И.В., Борзых К.А.** Аварийные раскопки могильника саргатской культуры Венгерovo-6 // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2011. – Т. 17. – С. 188–194.

**Молодин В.И., Кобелева Л.С., Дураков И.А., Райнхольд С., Ненахова Ю.Н., Борзых К.А., Швецова Е.С.** Могильник Усть-Тартас-2 – новый погребальный комплекс эпохи неолита, ранней и развитой бронзы в Барабинской лесостепи // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2017. – Т. 23. – С. 363–367.

**Молодин В.И., Мыльникова Л.Н., Марченко Ж.В., Васильев С.К., Ефремова Н.С., Кобелева Л.С., Кулик Н.А., Нестерова М.С., Позднякова О.А.** Традиции и инновации культур эпохи неолита – раннего железного века Обь-Иртышского междуречья в контексте использования методов естественных наук // Естественнонаучные методы исследований и парадигма современной археологии. – М.: Языки славянской культуры, 2015. – С. 68–79.

**Молодин В.И., Наглер А., Соловьев А.И., Кобелева Л.С., Дураков И.А., Чемякина М.А., Дядьков П.Г.** Новый этап сотрудничества Института археологии и этнографии СО РАН и Германского археологического института. Раскопки могильника саргатской культу-

ры Погорелка-2 // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2009. – Т. 15. – С. 343–349.

**Парцингер Г., Молодин В.И., Фассбиндер Й., Кобелева Л.С., Гасс А., Хофманн И., Ненахов Д.А.** Предварительные результаты исследований периферии больших курганов саргатской культуры в Центральной Барабе // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2016. – Т. 22. – С. 401–404.

**Dahlin T.** The development of electrical imaging techniques // *Computers and Geosciences*. – 2001. – No 27(9). – P. 1019–1029. – doi: 10.1016/S0098-3004(00)00160-6

**Huang H., Won I.J.** Real-time resistivity sounding using a hand-held broadband electromagnetic sensor // *Geophysics*. – 2003. – Vol. 68, N 4. – P. 1224–1231. – doi: 10.1190/1.1598114

## References

**Balkov E.V., Fadeev D.I., Karin Yu.G.** Kompleksnoe primeneniye i sopostavleniye rezul'tatov elektromagnitnogo profilirovaniya i elektrotomografii pri issledovanii arheologicheskikh pamyatnikov. *Geofizika*, 2021. N 6. P. 68–75. (In Russ.).

**Balkov E.V., Karin Yu.G., Pozdnyakova O.A., Shaparenko I.O., Goglev D.A.** Aerofotos"emka s BPLA v poiskovykh zadachakh arkheologii: obzor i prakticheskie primery. *Geofizicheskie tekhnologii*, 2021. N 3. P. 38–47. (In Russ.). doi: 10.18303/2619-1563-2020-3-38

**Bobachev A.A., Gorbunov A.A., Modin I.N., Shevnin V.A.** Elektrotomografiya metodom soprotivlenij i vyzvannoj polarizacii. *Pribory i sistemy razvedochnoj geofiziki*, 2006. N 2. P. 14–17. (In Russ.).

**Dahlin T.** The development of electrical imaging techniques. *Computers and Geosciences*, 2001. Vol. 27. N 9. P. 1019–1029. doi: 10.1016/S0098-3004(00)00160-6

**Dyad'kov P.G., Molodin V.I., Chemyakina M.A., Mikheev O.A.** Magnitometricheskie issledovaniya arheologicheskikh pamyatnikov Tartas-1 i Preobrazhenka-6 v Barabinskoj lesostepi. In *Problems of Archaeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Neighboring Territories*. Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2005. Vol. 11. Pt. I. P. 304–309. (In Russ.).

**Dyadkov P.G., Molodin V.I., Sumin V.A., Pozdnyakova O.A., Evmenov N.D., Tsibizov L.V.** Results of Geophysical and Geodesic Works at the Site of Ust-Tartasskie Kurgany. In *Problems of Archaeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Neighboring Territories*. Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2017. Vol. 23. P. 307–310. (In Russ.).

**Huang H., Won I.J.** Real-time resistivity sounding using a hand-held broadband electromagnetic sensor. *Geophysics*, 2003. Vol. 68. N 4. P. 1224–1231. doi: 10.1190/1.1598114

**Karin Yu.G., Balkov E.V., Fadeev D.I., Manshtejn A.K., Panin G.L., Alymov A.O., Romanov D.B.** Electromagnetic profiling by compact apparatus: new approach and results of application. In *Vestnik NSU, seriya Informacionnye tekhnologii*, 2018. Vol. 16. N 4. P. 68–78. (In Russ.). doi: 10.25205/1818-7900-2018-16-4-68-78

**Kobeleva L.S., Nagler A., Durakov I.A., Demakhina M.S., Khansen S., Molodin V.I.** Sargatskii mogil'nik Yashkino-1 (prodolzheniye issledovaniy). In *Problems of Archaeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Neighboring Territories*. Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2013. Vol. 19. P. 216–220. (In Russ.).

**Molodin V.I., Efremova N.S., Durakov I.A., Mylnikova L.N., Sal'nikova I.V., Borzykh K.A.** Avariynye raskopki mogil'nika sargatskoj kul'tury Vengerovo-6. In *Problems of Archaeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Neighboring Territories*. Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2011. Vol. 17. P. 188–194. (In Russ.).

**Molodin V.I., Kobeleva L.S., Durakov I.A., Reinhold S., Nenakhova Yu.N., Borzykh K.A., Shvetsova E.S.** Ust-Tartas-2 Burial Ground – New Neolithic, Early and Middle Bronze Age Burial Complex in the Baraba Forest-Steppe Region. In *Problems of Archaeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Neighboring Territories*. Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2017. Vol. 23. P. 363–367. (In Russ.).

**Molodin V.I., Mylnikova L.N., Marchenko Zh.V., Vasil'ev S.K., Efremova N.S., Kobeleva L.S., Kulik N.A., Nesterova M.S., Pozdnyakova O.A.** Traditsii i innovatsii kul'tur epokhi neolita – rannego zheleznogo veka Ob'–Irtyskogo mezhdurech'ya v kontekste ispol'zovaniya metodov estestvennykh nauk. In *Estestvennonauchnye metody issledovaniy i paradigma sovremennoj arkheologii*. Moscow: Yazyki slavyanskoi kul'tury, 2015. P. 68–79. (In Russ.).

**Molodin V.I., Nagler A., Solov'ev A.I., Kobeleva L.S., Durakov I.A., Chemyakina M.A., Dyad'kov P.G.** Novyi etap sotrudnichestva Instituta arkheologii i etnografii SO RAN i Germanskogo arheologicheskogo instituta. Raskopki mogil'nika sargatskoj kul'tury Pogorelka-2. In *Problems of Archaeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Neighboring Territories*. Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2009. Vol. 15. P. 343–349. (In Russ.).

**Parzinger G., Molodin V.I., Fassbinder I., Kobeleva L.S., Gass A., Khofmann I., Nenakhov D.A.** Preliminary Results of the Research of the Periphery of the Big Mounds of Sargat Culture in Central Baraba. In *Problems of Archaeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Neighboring Territories*. Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2016. Vol. 22. P. 401–404. (In Russ.).

Балков Е.В. <https://orcid.org/0000-0002-3712-6585>

Позднякова О.А. <https://orcid.org/0000-0001-8376-0344>

Ненахов Д.А. <https://orcid.org/0000-0002-0820-9410>

Мыльникова Л.Н. <https://orcid.org/0000-0003-0196-5165>