

Микромагнитная съёмка Большого Бельского городища скифского времени, Полтавская область

© М. Орлюк¹, Р. Ролле², А. Роменец¹, Б. Ульрих³, Х. Цольнер³, 2016

¹Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина

²Институт археологии Гамбургского университета, Гамбург, Германия

³Eastern Atlas, Берлин, Германия

Поступила 10 мая 2016 г.

Представлено членом редколлегии О. М. Русаковым

Виконано мікромагнітні спостереження з метою картування та ідентифікації археологічних об'єктів на території Великого Більського городища VII—V ст. до н. е. (ймовірно м. Гелон, за припущенням академіка Б. О. Рибаківа). Побудова карт і інтерпретація аномалій модуля індукції геомагнітного поля B_a і його вертикального градієнта dB_z/dr дозволили виявити і ідентифікувати, а також дослідити внутрішню структуру Західного поселення, Лісового Кута, валів, печей і курганів різного типу, в тому числі зруйнованих під час проведення сільськогосподарських робіт. Таким є найбільший з виявлених курганів "Скоробор" діаметром 100 м. Поблизу ряду курганів, а також уздовж валів Західного укріплення виявлено інтенсивні витягнуті магнітні аномалії одно-, дво-, і трьохкугової форми. Розкопки цих об'єктів показали їх відповідність печам, а хіміко-мінералогічні дослідження дозволили припустити, що вони використовувалися для випалювання селітри в XVI—XVII ст.

Ключові слова: мікромагнітна зйомка, Велике Більське городище, археологічні об'єкти, кургани.

Введение. Впервые магниторазведка в археологии была использована в 1946 г. для оконтуривания погребенных объектов на неолитических поселениях в графстве Дорчестер на юго-востоке Англии [Aitken, 1961]. В СССР в первой половине прошлого века она начала применяться только на территории Украины при попытке изучения планировки городища средневекового Изяславля в Шепетовском районе Хмельницкой обл. [Франтов, Пинкевич, 1966]. Однако поставленная задача не была выполнена, поскольку чувствительность феррозондового магнитометра М-17 не позволяла обнаружить оборонительные внешние рвы, валы и глинобитные печи. Единственной находкой оказался развал гончарного горна, над которым была зафиксирована аномалия интенсивностью 110 нТл, обусловленная сильно обожженной глиной красного цвета. В 1966 г.

магнитная съёмка впервые была применена на трипольских поселениях территории Украины, где объектом изучения были уникальные сильно обожженные глиняные полы жилищ, которые могли фиксироваться любыми феррозондовыми и оптико-механическими магнитометрами [Дудкин, 1970]. За пределами Украины она была применена лишь в середине 1970-х годов на средневековом городище Камно под Псковом [Глазунов, Плоткин, 1978; Носкевич и др., 2015]. Здесь с помощью магнитометра М-27 была составлена схематическая карта размещения очагов, печей, траншей и ям. Поэтому в Советском Союзе началом применения археомагнитной разведки без каких-либо исключений следует обоснованно считать стопроцентное оконтуривание протонным магнитометром ММП-203 в 1967 г. объектов сложно-трипольско-скифского поселения в с. Чапа-

евка под Киевом, возраст которого охватывал несколько тысячелетий [Русаков, Загний, 1968; Загний и др., 1971].

Данная работа продемонстрировала археологам, которые в то время были слабо знакомы с зарубежным опытом магнитных съемок, большие возможности этого геофизического метода для выделения даже таких слабомагнитных объектов, как ямы с бытовыми отходами и погребения. Впервые в практике археологических исследований отечественных памятников было показано, что их внутреннюю структуру можно эффективно изучать без проведения длительных и дорогостоящих земляных работ, ограничиваясь лишь контрольными раскопками.

К настоящему времени на территории Украины микромагнитной съемкой (общей площадью более 1200 га) были получены полностью или частично планы многих десятков поселений, которые характеризуют разные периоды существования трипольской, зарубинецкой, скифской культур, выявлено несколько тысяч разнообразных объектов — остатков наземного жилья, землянок, хозяйственных ям и т. п. [Дудкин, 1978; Дараган и др., 2007; Сmealова и др., 1999; Молодин и др., 2001; Кошелев, 2004; Ивакин и др., 2005; Rassmann et al., 2014; Daragan et al., 2016].

В рамках совместной украинско-немецкой археологической экспедиции, организованной по инициативе известного немецкого скифолога, профессора Гамбургского университета Ренаты Ролле, сотрудниками Института геофизики НАН Украины и компании "Eastern Atlas" были проведены археогеофизические исследования Большого Бельского городища (ББГ) [Мурзин и др., 1997; Орлюк, 2003; Орлюк и др., 2006; Ролле и др., 2006; Семенова и др., 2006; Ullrich et al., 2007; Zollner et al., 2007]. Целью этих исследований было, во-первых, выработать оптимальный комплекс геофизических методов картирования и идентификации различных археологических объектов, а во-вторых, выполнить наблюдения на максимально большей территории и как можно большего количества различных по природе объектов.

ББГ представляет собой достаточно большое, даже по современным масштабам, скифское поселение, датируемое VII—V веком до н. э., площадью около 50 км², окруженное системой валов длиной 35 км и средней высотой 8 м, с наличием за его пределами курганного некрополя. В пределах ББГ обособлены Восточное, Западное и Курземское поселения с высокой плот-

ностью объектов разнообразной хозяйственной деятельности (рис. 1). Ряд исследователей, в том числе выдающийся советский археолог академик Б. А. Рыбаков, отождествляют ББГ с городом Гелоном, упоминаемом отцом истории Геродотом в его описании Скифии [Геродот, 1993].

По данным археологических изысканий В. А. Городцова в 1906 г., в некрополе Бельска насчитывалось порядка 1000 небольших курганов. В результате интенсивной сельскохозяйственной деятельности большая часть курганов разрушена, и в настоящее время в рельефе слабо проявляются только около 100 из них.

В рамках данного исследования изучены как археологические объекты некрополя, так и объекты в пределах ББГ.

Обоснование эффективности геомагнитных исследований. Наиболее общей предпосылкой применения геофизических методов в археологии является то, что разномасштабные археологические объекты характеризуются определенной формой и отличными от вмещающей среды физическими свойствами вещества (намагниченностью, плотностью, электропроводимостью и т. д.), вследствие чего могут обуславливать соответствующие аномалии на поверхности Земли.

Рассмотрим этот вопрос на примере археоманнитного метода. Магнитная характеристика вещества определяется наличием магнитных минералов и характеризуется индуктивной (J_i) и остаточной (J_r) намагниченностью. Индуктивная намагниченность определяется магнитной восприимчивостью χ и намагничивающим породой магнитным полем Земли H ($J_i = \chi H$). Магнитная восприимчивость пород χ определяется как исходным составом вещества (грунт, глина, песок и т. п.), так и деятельностью микроорганизмов и бактерий. В процессе жизнедеятельности бактерий в органических остатках происходит трансформация оксидов железа в магнетит. Остаточная намагниченность J_r возникает при нагревании до определенных температур пород или изделий. Для пород культурного слоя величина J_r обычно больше, чем величина J_i . Именно остаточная намагниченность характерна для обожженных глин, грунтов, каменного материала и кирпича.

Исходя из этого, археологические объекты (поселения, курганы и т. п.) должны фиксироваться слабыми позитивными аномалиями с интенсивностью в 2—40 нТл. При наличии обожженных объектов значительных размеров

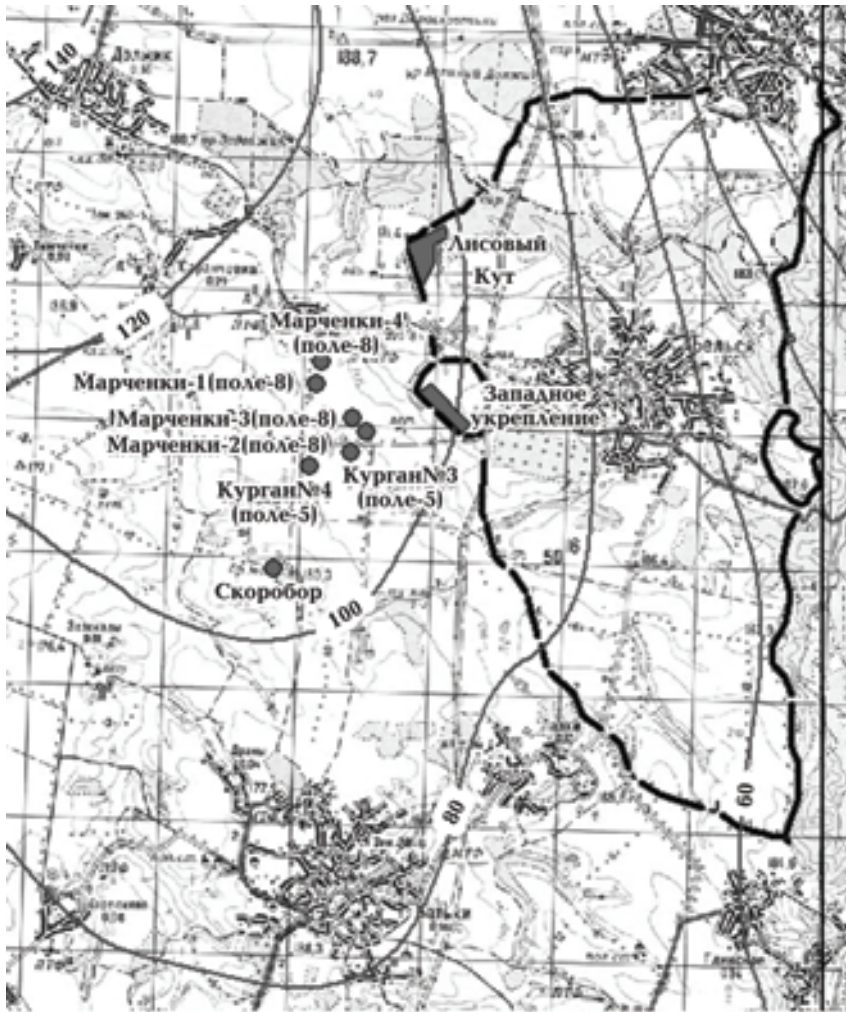


Рис. 1. Аномалии модуля индукции магнитного поля B_a и схема участков магнитной съемки Бельского городища и его окрестностей.

могут возникать аномалии магнитного поля с интенсивностью в десятки—сотни нанотесла.

Наиболее общей предпосылкой геомагнитных исследований Бельского городища является тот факт, что оно расположено в пределах Днепровско-Донецкой впадины с чрезвычайно глубоким залеганием кристаллического фундамента (на глубине 9—10 км). Аномалии магнитного поля ΔB , которые обусловлены геологическим строением земной коры района исследований, плавно изменяются в пределах от 0 до 120 нТл (см. рис. 1). Это означает, что магнитные аномалии небольших размеров могут быть обусловлены только объектами — продуктами антропогенной деятельности человека. В районе исследований имеются материальные объекты скифского времени и современности. Современные объекты в виде буровых

скважин, трубопроводов и других металлических и железобетонных сооружений могут обуславливать аномалии в сотни—тысячи нанотесла. Для исследуемой территории насчитывается много "помех" в виде остатков и осколков металлических боеприпасов времен Второй мировой войны. Данные аномалии обычно имеют характерную форму, когда рядом с интенсивным максимумом фиксируется такой же интенсивный минимум. Много строительных материалов (кирпич, черепица, базальт, габбро), в рассматриваемом случае проявляются аномалиями-помехами.

Как следствие, были выполнены измерения магнитной восприимчивости χ для пород разного типа из раскопанных археологами объектов, что в дальнейшем позволило более точно толковать магнитные аномалии. Обычно маг-

нитная восприимчивость грунта (чернозема) составляет $(40—50) \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, коренных пород (суглинков) — $(20—35) \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, культурного слоя между суглинками (коренные породы) и грунтом — промежуточные значения. На участке "Зольник" (раскопки Харьковской экспедиции И. Б. Шрамко [Шрамко, 2006]) величина χ чернозема составляет $(46—48) \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, глиняной обмазки (применялась при строительстве) — $(120—200) \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, обожженной обмазки — $350 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, обожженной керамики — $2000 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ. Носителями намагниченности исследованных пород являются магнетит, гематит и маггемит. Следовательно, выполненные предварительные исследования свидетельствуют о возможности использования высокоточной магнитной съемки для картирования таких объектов, как скифские поселения и курганы.

Методика работ. При выполнении работ был использован следующий инструментарий.

1. Персональный навигатор GPS, предназначенный для определения широты и долготы пункта наблюдений, а также точного времени.

2. Полевой цифровой протонный магнитометр ММП-203 и магнитовариационная станция МВ-01. Они предназначены для измерений модуля вектора индукции магнитного поля Земли и его вариаций. Точность определения модуля вектора \mathbf{V} равна ± 1 и $\pm 0,1$ нТл для ММП-203 и МВ-01 соответственно.

3. Магнитный градиентометр на основе ферромагнитного зонда Ferrex 4.021 с точностью определения вертикального градиента магнитного поля $\pm 0,5$ нТл/м. Рабочий вариант прибора состоит из 5 зондов, которые могут закрепляться на разных расстояниях один от другого (обычно 40 см) и на разной высоте в зависимости от детальности работ.

4. Тахеометр LEICA TS06 (или другой модификации) для разбивки участков на квадраты и определения перепада высот в рельефе поверхности Земли.

5. Компас или буссоль — с целью правильной ориентации датчика магнитометров ММП-203 и МВ-01.

6. Рулетки (длиной 50 и 100 м), шнуры (с разметкой через 1 м) для разбивки территории на квадраты.

Перед геомагнитными наблюдениями проводились геодезические работы для определения точного расположения дорог, посадок, траншей, других объектов и разбивки на квадраты исследуемых участков на территории ББГ и за его пределами. Координаты угловых точек оп-

ределялись с помощью навигатора GPS, а расстояния — с помощью тахеометра. Для построения цифровых карт рельефа поверхности Земли отдельных курганов и курганных групп использовались цифровые фотографии, полученные фотосъемкой с использованием воздушного змея, а также наземных тахеометрических работ.

Методикой работ предусматривалось определение модуля индукции магнитного поля \mathbf{V} и вертикального градиента магнитного поля dB_z/dr на квадратах размерами 50×50 м.

Наблюдение модуля \mathbf{V} выполнялось по сети 2×1 м. В итоге для каждого квадрата поле было измерено в 1250 точках. Величины модуля магнитной индукции (не искаженные помехами) для территории ББГ изменяются в пределах $\mathbf{V} = 50\ 200 \div 50\ 300$ нТл. Обработка результатов наблюдений проводилась с использованием программных комплексов Excel и Surfer. Для выделения локальной составляющей аномального магнитного поля B_a , которая связана с верхними 5—10 м разреза, был применен специальный методический прием. Для каждого профиля за счет осреднения поля B_a (или его полиномиальной аппроксимации) на профиле определялись значения фоновой составляющей геомагнитного поля \mathbf{V} , которые в дальнейшем вычитались в каждой точке из суммарного поля \mathbf{V} . Если на профиле имеется интенсивная позитивная или отрицательная локальная аномалия, то осреднение (полиномиальная аппроксимация) для всего профиля является неэффективным приемом. В этом случае возникают фиктивные, так называемые профильные аномалии. Для получения нормальных фоновых значений в качестве среднего принимались средние значения \mathbf{V} для части профиля, которая не усложнена интенсивными локальными аномалиями. Чтобы избавиться от "азимутальной погрешности" вследствие разной ориентации датчика при прямом и обратном ходе вдоль профиля, наблюдения выполнялись всегда в направлении юг—север.

Наблюдения вертикального градиента индукции магнитного поля Земли проводились с помощью градиентометра с пятью зондами (расстояние между ними — 40 см). Путем почти непрерывной регистрации поля (20 измерений за 1 с) достигался интервал вдоль профиля 5—10 см. Для мелкомасштабных работ (при исследовании больших территорий) расстояние между зондами составляло 1 м. При крупномасштабных, детальных наблюдениях внутренней структуры курганов, зольников, пе-

чей и других объектов сетка измерений составляла $0,2 \times 0,05$ м. Положительным фактором измерений градиента магнитного поля является его независимость от внешних помех (вариаций внешнего магнитного поля Земли) и глубинных магнитных источников. Соответственно фиксировались только археологические аномалии, для которых величина dB_Z/dr составляет 2—12 нТл/м. Интерпретация и графическая обработка полученных данных проводилась путем трансформации результатов программы Auto Cad и Surfer.

В связи с большей трудоемкостью измерений и обработки магнитных данных модуля индукции магнитного поля Земли \mathbf{B} по сравнению с измерениями и интерпретацией результатов съемки вертикального градиента dB_Z/dr , значительная часть магнитных наблюдений выполнена во втором варианте. Наблюдение индукции магнитного поля Земли \mathbf{B} , выделение и интерпретация аномалий B_a осуществлялись лишь для отдельных курганов с целью совместной последующей интерпретации. Поэтому в дальнейшем изложении описаны магнитограммы dB_Z/dr и B_a в последовательности их выполнения. Микромагнитные наблюдения выполнены в урочище Марченки (курганная группа "8-е поле"), курганная группа "5-е поле", урочище Скоробор и на территории Бельского городища (см. рис. 1).

Результаты работ. Изложены данные геомагнитных исследований курганов некрополя, западного поселения и урочища Лисовый Кут.

Курганы некрополя. Урочище Марченки и урочище Скоробор располагаются на запад от валов ББГ и представлены множеством отдельных курганов, а также курганных групп (см. рис. 1). Магнитометрическими исследованиями изучено 10 курганов.

Урочище Марченки, курганная группа "8-е поле". Курган Марченки-1 выбран в качестве первоочередного с целью получения методического опыта работы с микромагнитными измерениями вертикального градиента dB_Z/dr и модуля \mathbf{B} в площадном варианте. На топографической карте масштаба 1 : 100 000 показано положение этого кургана, в морфологии рельефа он образует возвышение в 1 м. На построенных магнитограммах dB_Z/dr и B_a курган выделяется в виде кольцеобразной аномалии диаметром порядка 46 м (рис. 2). Поверхностные предметы в виде мелких кусочков металла и других предметов создают много аномалий-помех. Эти аномалии легко отличаются от археологических объектов дипольным харак-

тером и большей амплитудой. В частности, две крупные аномалии, явно не связанные с археологическими объектами, расположенными к северу от кургана, имеют интенсивность 300—1000 нТл. Внешнее кольцо кургана фиксируется положительными аномалиями интенсивностью $dB_Z/dr = 2 \div 4$ нТл/м и $B_a = 2 \div 3$ нТл. По данным интерпретации построенных карт внешний диаметр рва составляет 45,7 м, а внутренний — 42,4 м. Положительная аномалия обусловлена заполнением рва черноземом в совокупности с органическими остатками. Ближе к центру кургана выделяется кольцо с отрицательными значениями $dB_Z/dr = -(2-4)$ нТл/м и $B_a = -(0,5-3)$ нТл. Это кольцо имеет диаметр 28—30 м, его природа может связываться с насыпью из коренных пород во время копания рва. Положительная аномалия в центре кургана размером приблизительно 3×4 м (вытянута в направлении юг—север) имеет интенсивность $dB_Z/dr = 10 \div 12$ нТл/м и $B_a = 6 \div 8$ нТл. Вероятно, она обусловлена непосредственно захоронением, которое заполнено черноземом, поскольку согласно предыдущей интерпретации его границы достаточно четкие, а глубина залегания около 1 м. Эта информация полностью подтверждена путем раскопок кургана и выполнением микромагнитной съемки с шагом 5×20 см, а также результатами изучения магнитной восприимчивости χ вещества и магнитного моделирования. В частности, по данным исследований высокоточным прибором Bartington MS2, магнитная восприимчивость суглинков (коренных пород) составляет $(15-20) \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, а заполнение могильной ямы характеризуется величинами $\chi (30-40) \cdot 10^{-5}$ ед. СИ. Эти значения близки к полученным значениям магнитной восприимчивости пород, приведенным выше [Орлюк, 2003]. Магнитное моделирование в профильном и площадном вариантах показало, что аномалии dB_Z/dr и B_a , которые выделены над могильной ямой и рвом, удовлетворительно объясняются геометрическими параметрами этих структурных элементов кургана и указанными значениями магнитной восприимчивости.

Курган Марченки-2 небольшой по размерам, на местности в поверхности рельефа почти не проявляется. Выполнено наблюдение вертикального градиента модуля индукции магнитного поля Земли dB_Z/dr , а также сделан панорамный фотоснимок (рис. 3, а). Детальный анализ полученных данных позволил выявить сложную аномалию, состоящую из двух слабоинтенсивных максимумов и идентифицированную

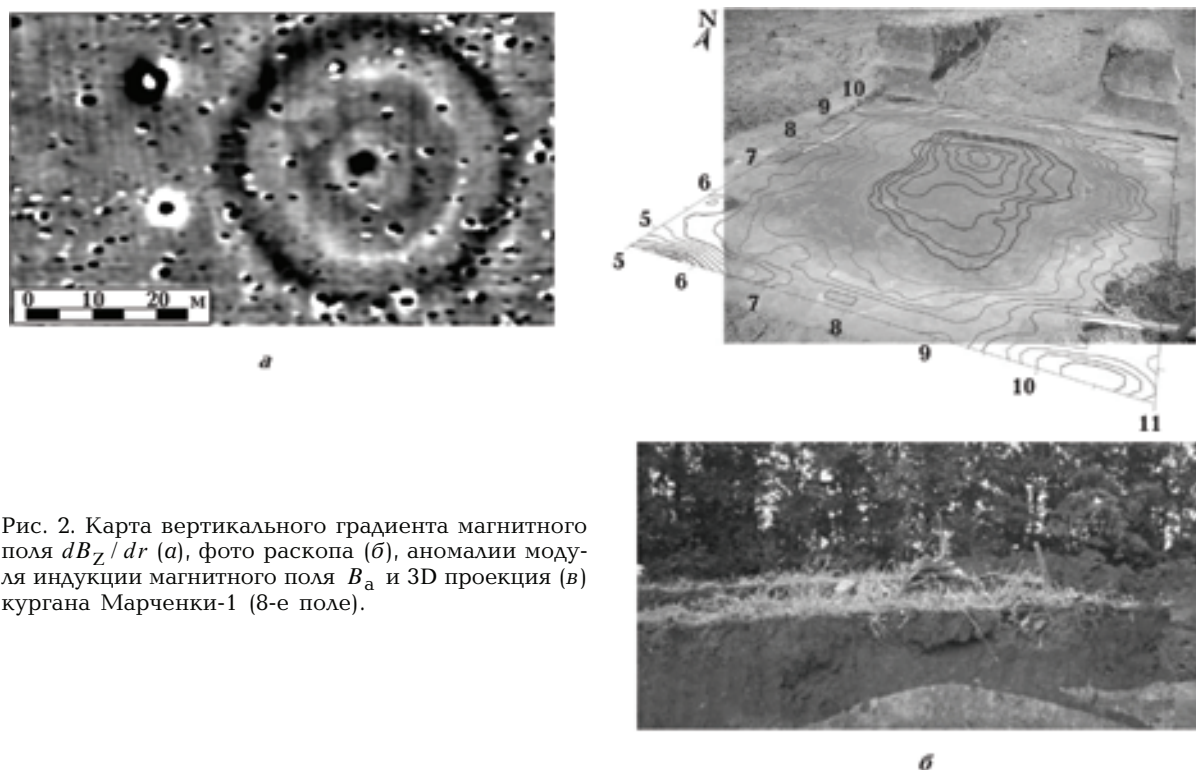
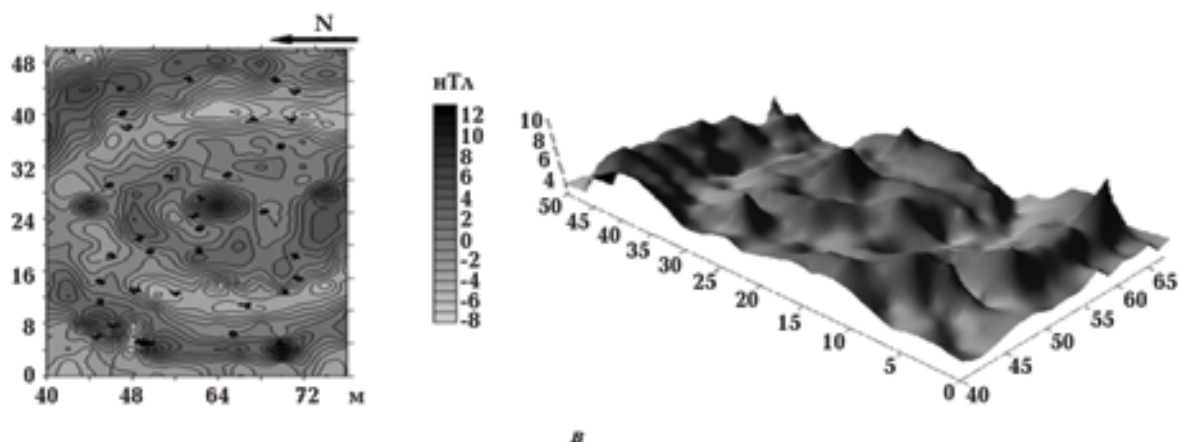


Рис. 2. Карта вертикального градиента магнитного поля dB_z/dr (а), фото раскопа (б), аномалии модуля индукции магнитного поля B_a и 3D проекция (в) кургана Марченки-1 (8-е поле).



как возможное захоронение (рис. 3, б). По данным магнитометрии заметно отсутствие рва, выявленного для большинства исследованных курганов. Последующая раскопка предложенной аномалии (рис. 3, а) полностью подтвердила такую интерпретацию, засвидетельствовав наличие захоронения.

Курган Марченки-3 слабо проявлен в поверхности рельефа и хорошо — на картах B_a (рис. 4). В аномалиях B_a в структуре кургана выделяется кольцевая аномалия, которая идентифицируется со рвом. Интенсивность аномалии B_a достигает 2—4 нТл. Радиус внешнего кольца рва 21—22, внутреннего — 18—19 м.

Ров имеет своеобразный разрыв на востоке шириной примерно 5—7 м. В центре кургана зафиксирована аномалия интенсивностью B_a 6—8 нТл, от которой отходят своеобразные отроги ($B_a = 2 \div 4$ нТл) в северном, северо-восточном, юго-восточном и юго-западном направлениях. Эти отроги могут быть идентифицированы как захоронение.

Курган Марченки-4 хорошо выделяется в рельефе и в dB_z/dr аномалиях. На рис. 5 показано проявление структуры кургана в аномалиях dB_z/dr . Как и в предыдущем случае, четко выделяется кольцевая аномалия (средний радиус около 18—19 м) интенсивностью 2—3 нТл

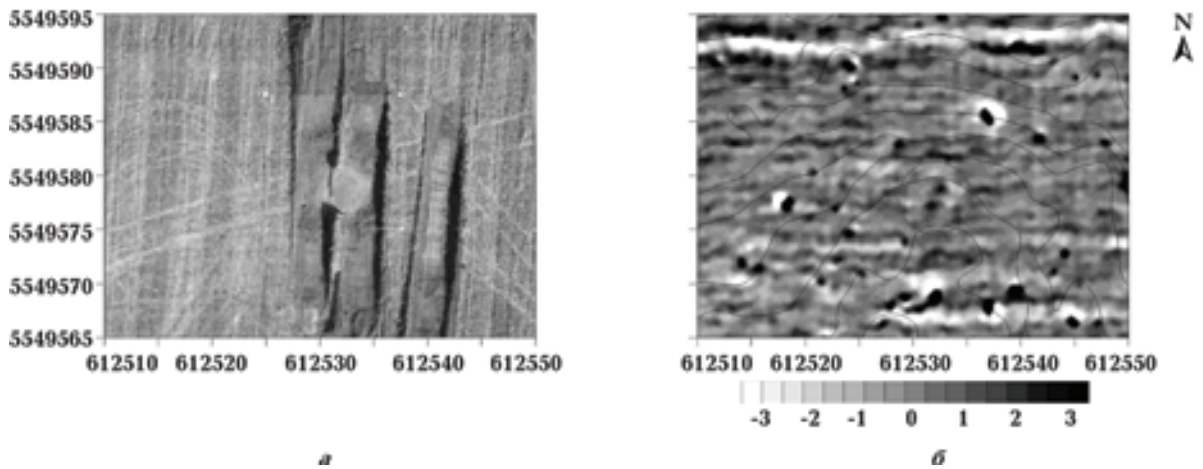


Рис. 3. Панорамный фотоснимок (а) и карта вертикального градиента магнитного поля dB_z/dr (б) кургана Марченки-2 (8-е поле). Шкала интенсивности — в нТл/м.

и центральная аномалия интенсивностью до 10–12 нТл, которые идентифицируются со рвом и захоронением соответственно. Диаметр центральной субизометрической аномалии (с отрогом в северо-восточном направлении) примерно 4–5 м.

Курганная группа "5-е поле". В 2003 г. магнитной съемкой была охвачена территория размером 350 × 200 м. Мотивацией для проведения

работ были заметные на поверхности возвышения, которые могли быть связаны с курганами. В результате съемки локализованы три кургана, два из них малые, им соответствуют повышения в рельефе, а третий большой, выявлен в низине, чем принципиально отличается от традиционных.

Курган № 4 (5-е поле) закартирован в 2005 г. Размер внешнего кольца, которое выделяется

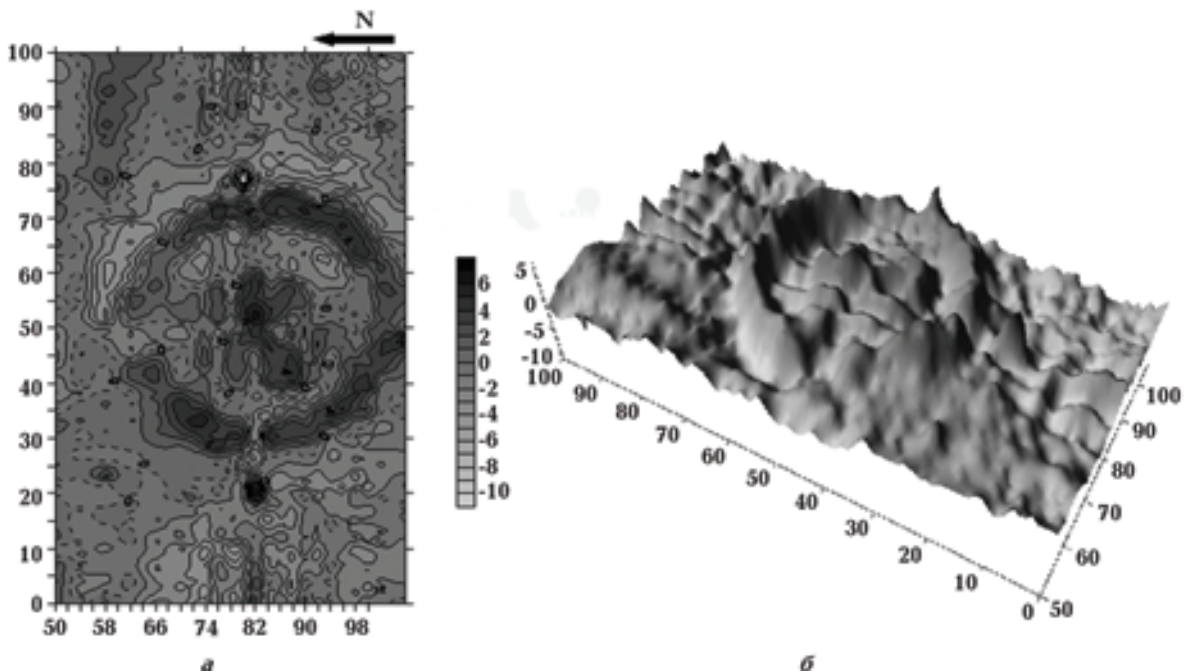


Рис. 4. Карта аномалий модуля индукции магнитного поля B_a (а) и 3D-проекция (б) кургана Марченки-3 (8-е поле). Шкала интенсивности — в нТл.

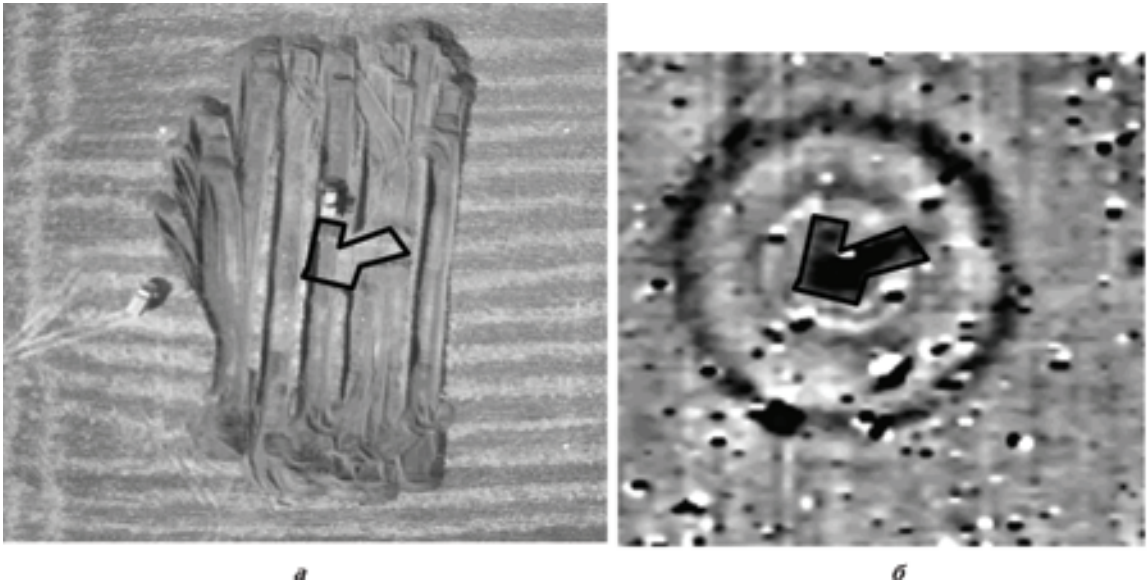


Рис. 5. Панорамный фотоснимок (а) и карта вертикального градиента магнитного поля dB_Z/dr (б) кургана Марченки-4 (8-е поле).

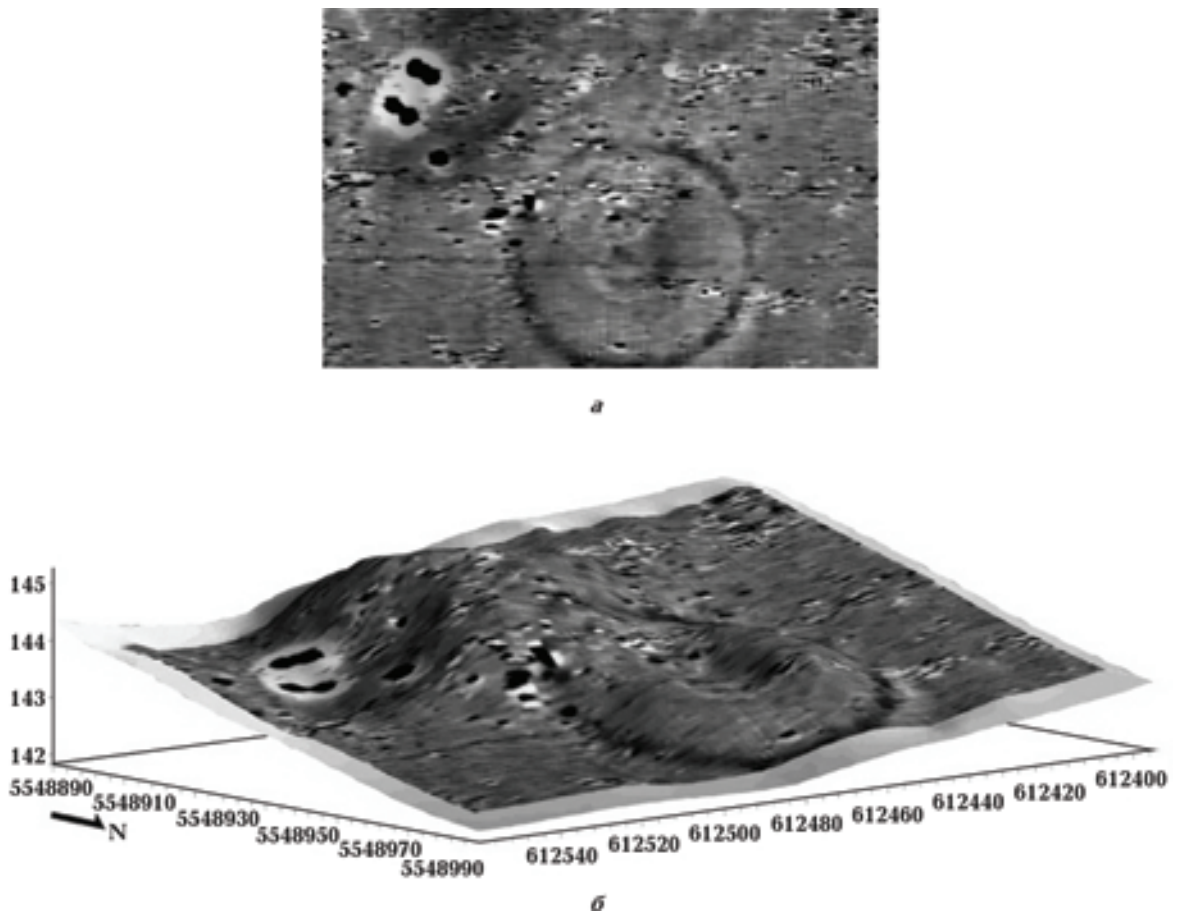


Рис. 6. Карта вертикального градиента магнитного поля dB_Z/dr (а) и проявление в рельефе (б) кургана № 4 (5-е поле).

положительной аномалией dB_Z/dr , достигает 60 м. В центре кургана выделена аномалия (немного смещена к юго-востоку от геометрического центра), которая может идентифицироваться с захоронением. Заметим, что центральная часть кургана проявляется понижением в рельефе (рис. 6).

К юго-востоку от кургана выявлены две гантелеподобные аномалии, которые идентифицируются с ямами для обжига изделий из глины и т. п.

Урочище Скоробор. Для этой территории в 2002 г. были выполнены рекогносцировочные профильные наблюдения модуля **B**, а в последующие годы — площадные исследования вертикального градиента dB_Z/dr . В итоге выявлен самый большой из известных на данной территории курган диаметром около 100 м (рис. 7). Этот курган, как и другие, не четко выражен в рельефе и характеризуется отсутствием центральной аномалии, которая могла бы быть идентифицирована с захоронением. Вне границ кургана выделяется ряд гантелеподобных, вытянутых интенсивных аномалий (см. рис. 7), предположительно связанных с остатками печей для выжигания селитры, исходным материалом для которой служили, по-видимому, органические остатки захоронения и рва [Zollner et al., 2007].

Западное городище. В пределах Западного городища находится множество разнообразных археологических объектов. Профильными и площадными наблюдениями модуля индукции **B** установлен спокойный характер поля на участке зольника "Царина" с отклонением на 2—6 нТл от фоновых значений. Этим отклонениям соответствуют изометрические аномалии с поперечными размерами — первые метры. Обнаруженная интенсивная локальная аномалия 1100—1600 нТл обусловлена системой трубопровод—телефон. Вал выделяется резкой аномалией интенсивностью до 70 нТл, а также пологой (в западном направлении на внешней стороне вала) аномалией интенсивностью около 20—25 нТл. Аномалия такой же интенсивности выявлена и для другого пересечения западного вала. На профиле вдоль вала установлен очень спокойный характер аномального магнитного поля.

Микромагнитной съемкой покрыта большая часть территории Западного городища, которая примыкает к западному валу. Как следует из рис. 8, в аномалиях вертикального градиента магнитного поля хорошо проявляется рельеф земной поверхности включительно с валами, а также неоднородность почвенного покрова. Наиболее примечательная особенность

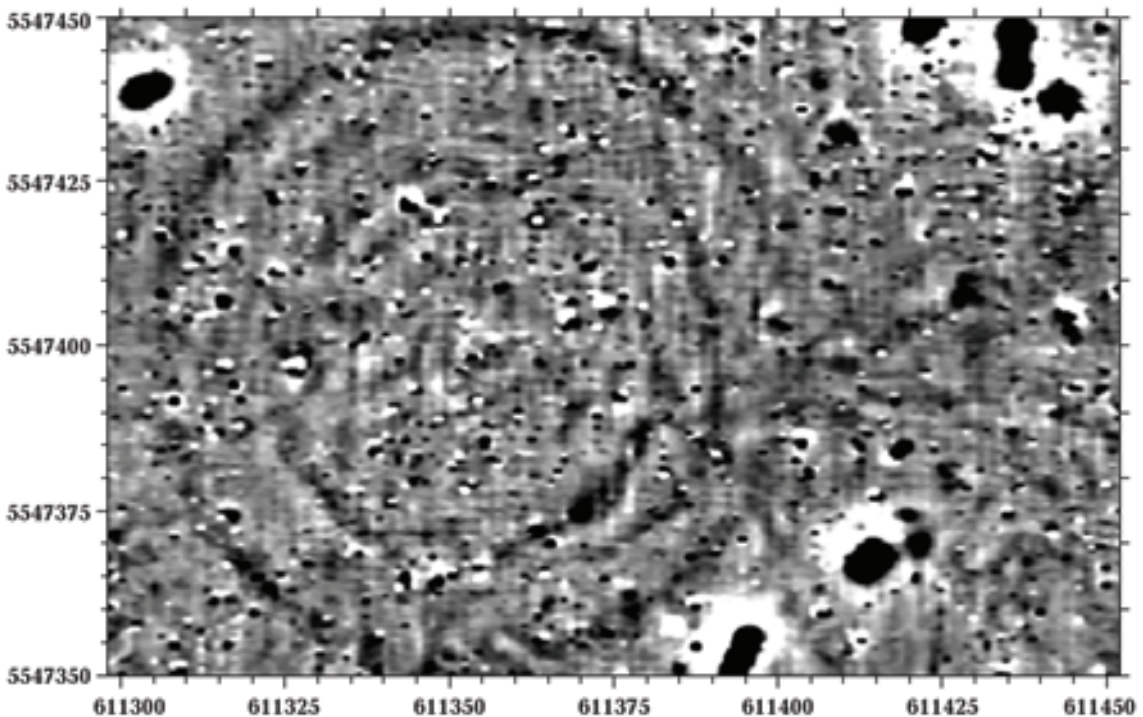


Рис. 7. Карта вертикального градиента магнитного поля dB_Z/dr кургана Скоробор.

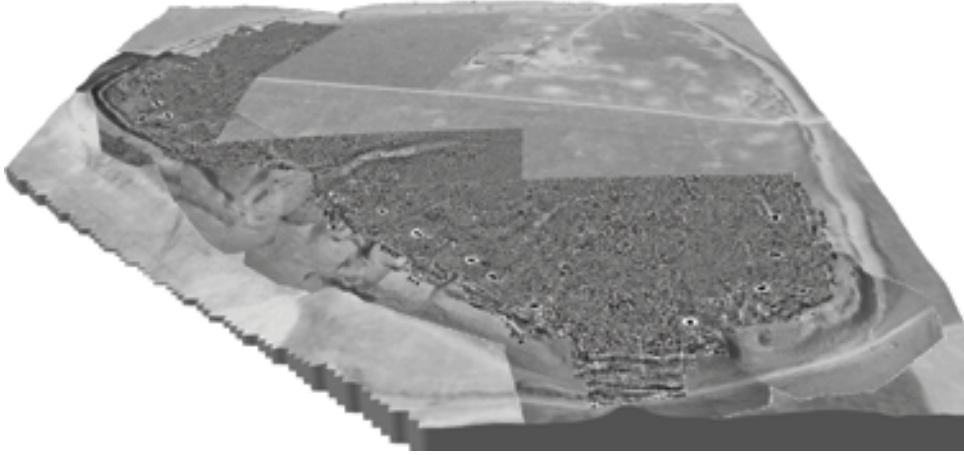
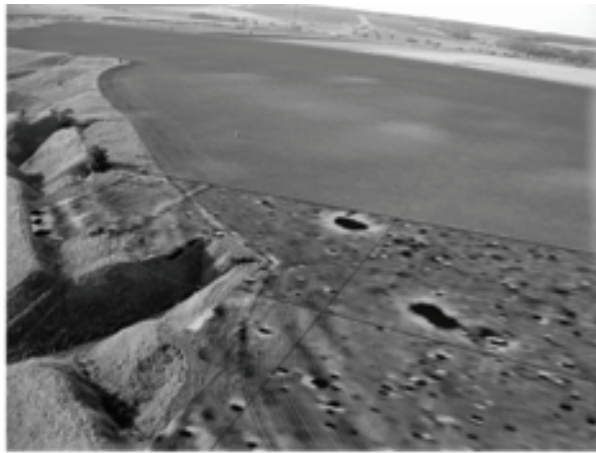
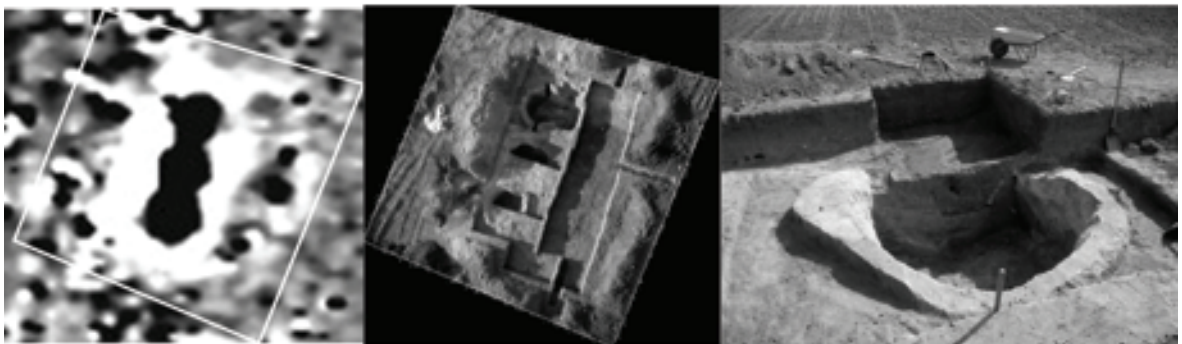


Рис. 8. Карта вертикального градиента магнитного поля dB_z/dr , наложенная на лист фотоаэросъемки Западного укрепления.



а



б

Рис. 9. Карта вертикального градиента магнитного поля dB_z/dr на местности (а), "гантелеподобные" аномалии и раскопы печей (б).

магнитного поля участка — обнаружение 15 интенсивных магнитных аномалий округлой или вытянутой формы, закономерно расположенных вблизи западного вала. Детальные ис-

следования и раскопки одной из таких аномалий, имеющей форму трех кругов, позволили идентифицировать ее с тремя печами, расположенными вплотную друг к другу (рис. 9). Ми-

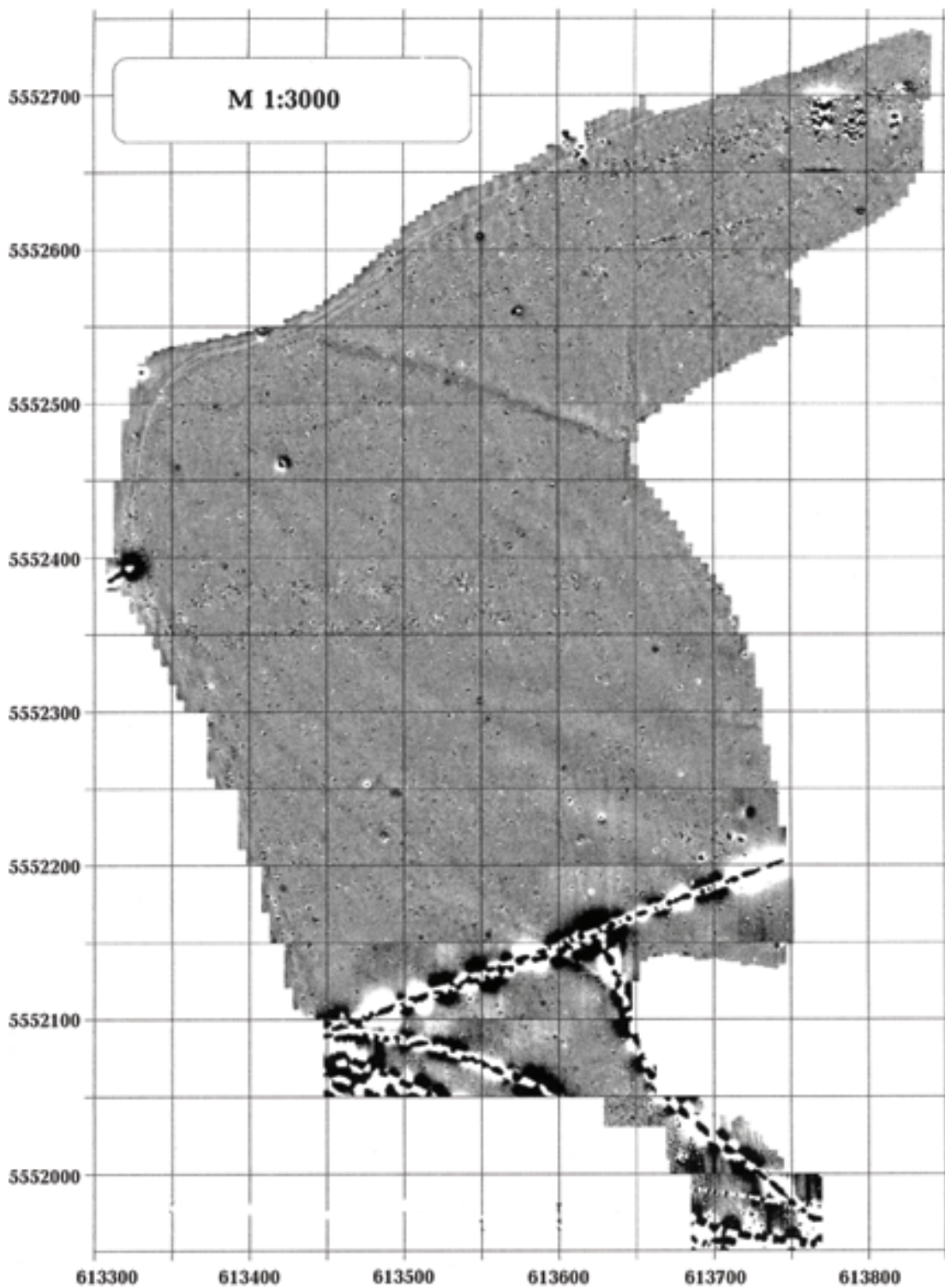


Рис. 10. Карта вертикального градиента магнитного поля dB_z/dr урочища Лисовый кут.

нералогические и химические исследования образцов, полученных в ходе раскопок комплекса из трех печей, а именно припечной ямы "бытовой" северной печи, придонного заполнения средней и южной печей, позволяют предположить, что они использовались для производства селитры (нитрата калия KNO_3 — главной составной части черного пороха) в XVI—XVII ст.

Урочище Лисовый Кут. Схематическое расположение исследованной территории показано на рис. 1, его магнитограмма — на рис. 10. На этом участке отсутствуют структуры типа курганов и остатков печей для обжига изделий, а также нет аномалий, которые можно было бы идентифицировать с археологическими объектами. На магнитограмме выделяются даже слабопроявленные особенности рельефа (понижения определяются повышенными значениями dB_Z/dr — темные полосы на рис. 10), а также газопроводы и скважины Бельского газоконденсатного месторождения (на юге и северо-востоке участка), которые в данном случае являются помехами. И именно в этой части обнаружен культурный слой с археологическими находками, но, к большому сожалению, их нельзя идентифицировать с аномалиями магнитного поля в связи с невозможностью выделения на фоне помех.

Выводы. Выполненные в течение нескольких лет комплексные геодезические и магнитные наблюдения засвидетельствовали их высокую информативность при картировании и идентификации археологических объектов на территории Большого Бельского городища.

Построение карт и интерпретация аномалий модуля индукции геомагнитного поля B_a и его вертикального градиента dB_Z/dr позволили впервые в истории таких исследований как выявлять и идентифицировать, так и исследовать внутреннюю структуру курганов разного типа. При этом выявлены практически полностью разрушенные сельскохозяйственными

работами курганы, не проявляющиеся в рельефе земной поверхности. Таковым является самый крупный из обнаруженных курганов Скобороб диаметром 100 м. Вблизи некоторых курганов обнаружены интенсивные магнитные аномалии вытянутой или гантелевидной формы.

Для Западного укрепления показано проявления в магнитных аномалиях валов и множества разнообразных объектов, включительно с остатками печей для сушки, обжига, плавки и литья. Особо следует отметить обнаружение 15 интенсивных магнитных аномалий одно-, двух- и трехкруговой формы, закономерно расположенных вблизи западного вала.

Раскопки этих объектов показали их соответствие печам, а химико-минералогические исследования позволили предположить, что они использовались для выжигания селитры в XVI—XVII ст. Такова же природа, по-видимому, и печей вблизи курганов.

Магнитная съемка больших площадей на разных участках исследуемой территории, с одной стороны, избавляет археологов от трудоемких работ по вскрытию памятников там, где по результатам геофизических работ археологические объекты отсутствуют или разрушены, а с другой стороны, указывает точные места, размеры и внутреннюю структуру археологических объектов.

Благодарности. Авторы признательны директору Института геофизики НАН Украины акад. В. И. Старостенко и директору Института археологии НАН Украины акад. А. П. Толочко за возможность проведения исследований в совместной украинско-немецкой экспедиции. Также выражаем благодарность сотрудникам археологической экспедиции В. Ю. Мурзину, Е. В. Черненко, С. В. Махортых, С. В. Скорому, В. П. Белозору за полезные консультации, а также Ю. П. Мищенко, С. В. Елисеевой, Т. В. Лебедь и В. А. Моченой за участие на отдельных этапах работ. Особая благодарность О. М. Русакову за ценные замечания, правку и дополнения к статье.

Список литературы

Геродот. Истории в дев'яти книгах. Київ: Наук. думка, 1993. 576 с.

Глазунов В. В., Плоткин К. М. Археолого-геофизическое изучение городища Камно. *Краткие сообщения Института археологии*. 1978. Вып. 152. С. 81—82.

Дараган М. Н., Орлюк М. И., Кравченко Э. А. Результаты геофизических исследований на Хотовском городище скифской эпохи. *Археология и геоинформатика*. 2007. Вып. 4. [Электронный ресурс]. CD-ROM.

Дудкин В. П. Геофизическая разведка крупных

- Трипольских поселений. В кн.: *Использование методов естественных наук в археологии*. Киев: Научная мысль, 1978. С. 35—44.
- Дугкин В. П. К вопросу о применении дифференциального магнитометра в археологической разведке. *Советская археология*. 1970. № 1. С. 272—277.
- Загний Г. Ф., Круц В. А., Русаков О. М. Опыт применения протонного магнитометра в археологии. *Советская археология*. 1971. № 3. С. 203—207.
- Ивакин Г. Ю., Дараган М. Н., Орлюк М. И., Кравченко Э. А., Куприй С. А. Геофизические археологические исследования на Хотовском городище скифской эпохи. В кн.: *Археологические открытия на Украине за 2004 г.* Киев, 2005. С. 400—406.
- Кошелев И. Н. Памятники трипольской культуры по магниторазведочным данным. Киев, 2004. 470 с.
- Мологин В. И., Парцигер Г., Гаркуша Ю. Н., Шнеевайс Й., Гришин А. Е., Новикова О. И., Ефремова Н. С., Чемякина М. А., Мильникова Л. Н., Васильев С. К., Беккер Г., Фассбингер Й., Манштейн А. К., Дядьков П. Г. Чича — городище переходного от бронзы к железу времени в Барабинской лесостепи: *Материалы по археологии Сибири*. Вып. 1. Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2001. С. 7—19.
- Мурзин В. Ю., Ролле Р., Херц В., Махортых С. В., Черненко Е. В. Исследования совместной украинско-немецкой археологической экспедиции в 1996 г. Киев: Изд. Ин-та археологии НАН Украины, 1997. 185 с.
- Носкевич В. В., Фегорова Н. В., Вговин А. Г. Геофизические исследования курганных археологических комплексов на Южном Урале. *Геофизика*. 2015. № 2. С. 23—30.
- Орлюк М. И. Рекогносцировочные геомагнитные исследования Бельского городища Полтавской области. В кн.: *Исследования совместной украинско-немецкой археологической экспедиции 2002 г.* Киев: Изд. Ин-та археологии НАН Украины, 2003. С. 64—71.
- Орлюк М., Ролле Р., Ульрих Б., Роменец А., Цольнер Х. Археомагнитные исследования Бельского городища. В кн.: *Исследования совместной украинско-немецкой археологической экспедиции 2005 г.* Киев: Изд. Ин-та археологии НАН Украины, 2006. С. 99—122.
- Ролле Р., Орлюк М., Роменец А., Ульрих Б., Цольнер Х. Археогеофизичні дослідження Бельського городища та його округи. В кн.: *Більське городище та його округи (до 100-річчя початку польових досліджень)*. Київ: Шлях, 2006. С. 19—33.
- Русаков О. М., Загний Г. Ф. Микромагнитная съемка археологических объектов: *Материалы научно-технической конференции молодых геофизиков Украины*. Киев: Наук. думка, 1968. С. 98—99.
- Семенова Ю. В., Орлюк М. И., Гузій М. І. Магнітне моделювання археологічних об'єктів на прикладі кургану "Марченки 4": *Матеріали Всеукраїнської наукової конференції "Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища"*, Київ, 21—24 вересня 2006 р. Київ: ВПЦ "Київський університет", 2006. С. 107—106.
- Смекалова Т. Н., Смекалов С. Л., Мыц В. Л., Колтухов С. Г. Метод магниторазведки курганов греко-варварской и скифской знати в Крыму. В кн.: *Археологічні відкриття в Україні 1998—1999 рр.* Київ: Вид. Ін-та археології НАН України, 1999. С. 177—183.
- Франтов Г. С., Пинкевич А. А. Геофизика в археологии. Ленинград: Недра, 1966. 212 с.
- Шрамко Б. А. Деякі підсумки досліджень Більського городища. В кн.: *Більське городище та його округи (до 100-річчя початку польових досліджень)*. Київ: Шлях, 2006. С. 5—13.
- Aitken M. J., 1961. *Physics and Archaeology*. New York: Interscience Publishers, Inc., 181 p.
- Daragan M., Orlyuk M., Romanets A., Bondar K., 2016. Interpretation of high-resolution magnetic survey integrated in archaeological GIS (on example of Hotiv Scythian hillfort: 15th EAGE International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects. Publication date: 10 May 2016. doi:10.3997/2214-4609.201600482.
- Smekalova T. N., Voss O., Smecalov S. L., 2008. Magnetic surveying in archaeology. More than 10 years of using the Overhauser GSM-19 gradiometer. 2nd revised edition. Wormianum. 68 p.
- Rassmann K., Ohlrau R., Hofmann R., Mischka C., Burdo N., Videjko M., Muller J., 2014. High precision Tripolye settlement plans, demographic estimations and settlement Organization. *Journal of Neolithic Archaeology* 16, 63—95. doi:10.12766/jna.2014.3.
- Ullrich B., Zollner H., Makhortyk S., Orliuk M., Rolle R., 2007. Geophysical Prospection of the skythian Fortification of Belsk (Bolsoe Belskoe Gorodisce): *Studijne zvesti archeologickeho ustavu SAV* 41, 2007. 7th Internationale Conference on Archeological Prospection. 11—15 September, 2007, NITRA, Slovakia. Topics and abstracts, 254—256.

Zollner H., Makhortykh S., Orlyuk M., Ullrich B., 2007. Results from a geophysical Prospection of the scythian Settlement of Belsk: *Computer Ap-*

plications and Quantitative Methods in Archeology. Berlin, 2—6 April. Layers of Perception. Program and Abstracts. P. 43.

Micromagnetic survey of the Big Belsky site of ancient settlement of the Scythian time in Poltava oblast

© M. Orlyuk, R. Rolle, A. Romenets, B. Ullrich, H. Zollner, 2016

Micromagnetic observations have been carried out on the territory of Great Bel'sk ancient settlement of VII—V centuries B.C. (after academician B.A. Rybakov it is hypothetically the city of Gelon). Their purpose was to map and to identify local archeological objects. The mapping and the interpretation of induction module anomalies of B_a geomagnetic field and its vertical gradient dB_z/dr allowed to reveal and to identify as well as to study inner structure of Western Hillfort, Lysovyi Kut, the banks, the stoves and the tumuli of different types including the ones demolished during farm works. The same is the greatest of revealed tumuli — "Skorobor" with the diameter of 100 m. Close to the range of tumuli as well as alone the Western fortification banks it was discovered the stretched-out magnetic anomalies of one-, two- and three-circled forms. The excavations of these objects revealed its correspondence to the stoves. Chemical and mineralogical research permitted to suppose that they were used to burn a saltpetre in XVI—XVII centuries.

Key words: micromagnetic survey, Great Bel'sk ancient settlement, archaeological objects, mound necropolis.

References

- Herodotus, 1993. History in nine books. Kiev: Naukova Dumka, 576 p. (in Ukrainian).
- Glazunov V.V., Plotkin K.M., 1978. Archaeological and geophysical study of the stone fort. *Brief reports of Institute of Archaeology* is. 152, 81—82 (in Russian).
- Daragan M.N., Orlyuk M.I., Kravchenko E.A., 2007. Results of geophysical investigations on Hotovskom mound Scythian period. *Arkheologiya i geoinformatika* (is. 4). [Electronic resource]. CD-ROM (in Russian).
- Dudkin V.P., 1978. Geophysical exploration Tripolskaya large settlements. In: *Using the methods of the natural sciences in archeology*. Kiev: Nauchnaya Mysl, 35—44 (in Russian).
- Dudkin V.P., 1970. To a question on the application of the differential magnetometer in the archaeological exploration. *Sovetskaya arkheologiya* (1), 272—277 (in Russian).
- Zagniy G.F., Kruts V.A., Rusakov O.M., 1971. Experience with proton magnetometer in Archaeology. *Sovetskaya arkheologiya* (3), 203—207 (in Russian).
- Ivakin G.Yu., Daragan M.N., Orlyuk M.I., Kravchenko E.A., Kupriy S.A., 2005. Geophysical archaeological research on Hotovsk mound Scythian period. In: *Archeological discoveries in 2004 in the Ukraine*. Kiev, 400—406 (in Russian).
- Koshelev I.N., 2004. Monuments of Tripoli culture on magnitorazvedochnym data. Kyiv, 470 p. (in Russian).
- Molodin V.I., Partsinger G., Garkusha Yu.N., Shnevays Y., Grishin A.E., Novikova O.I., Yefremova N.S., Chemyakina M.A., Mylnikova L.N., Vasiliev S.K., Becker G., Fassbinder Y., Manshteyn A.K., Dyad'kov P.G., 2001. Chicha — settlement of the transition from bronze to iron time in Baraba forest-steppe: *Materials on the Archaeology of Siberia*. Is. 1. Novosibirsk: Publ. House of the Institute of Archeology and Ethnography of the RAS, 7—19 (in Russian).

- Murzin V. Yu., Rolle R., Hertz W., Makhortykh S. V., Chernenko E. V., 1997. Research joint Ukrainian-German archaeological expedition in 1996. Kiev: Publ. House of the Institute of Archaeology NASU, 185 p. (in Russian).
- Noskevich V. V., Fedorova N. V., Vdovin A. G., 2015. Geophysical investigations of archaeological mounds on South Urals. *Geofizika* (2), 23—30 (in Russian).
- Orlyuk M. I., 2003. Reconnaissance geomagnetic research Bielski settlement Poltava region. In: *Studies of the joint Ukrainian-German archaeological expedition in 2002*. Kiev: Publ. House of the Institute of Archaeology NASU, 64—71 (in Russian).
- Orlyuk M., Rolle R., Ullrich B., Romenets A., Tsolner H., 2006. Archeomagnitnye research settlement Belsky. In: *Studies of the joint Ukrainian-German archaeological expedition in 2005*. Kiev: Publ. House of the Institute of Archaeology NASU, 99—122 (in Russian).
- Rolle R., Orlyuk M., Romenets A., Ulrich B., Tsolner H., 2006. Archaeological and geophysical studies Bielsky ancient city and its surroundings. In: *Belsky ancient city and its surroundings (the 100th anniversary of the start of fieldwork)*. Kiev: Shlyakh, 19—33 (in Ukrainian).
- Rusakov O. M., Zagniy G. F., 1968. Micromagnetic surveying archaeological sites: *Materials of scientific-technical conference of young geoscientists Ukraine*. Kiev: Naukova Dumka, 98—99 (in Russian).
- Semenova Yu. V., Orlyuk M. I., Huziy M. I., 2006. Magnetic modeling of archaeological sites on the example of the mound, "Marchenko 4": *Materials of All-Ukrainian scientific conference "Monitoring of dangerous geological processes and ecological state of the environment"*, Kiev, September 21—24. Kiev: CPI "Kyiv University", 107—106 (in Ukrainian).
- Smekalova T. N., Smekalov S. L., Myts V. L., Koltukhov S. G., 1999. Method of magnetic data mounds Greek-barbarian and Scythian nobility in the Crimea. In: *Archaeological discoveries in Ukraine of 1998—1999*. Kiev: Publ. House of the Institute of Archaeology NASU, 177—183 (in Russian).
- Frantov G. S., Pinkevich A. A., 1966. Geophysics in archeology. Leningrad: Nedra, 212 p. (in Russian).
- Shramko B. A., 2006. Some results of research Belsky ancient city. In: *Belsky ancient city and its surroundings (the 100th anniversary of the start of fieldwork)*. Kiev: Shlyakh, 5—13 (in Ukrainian).
- Aitken M. J., 1961. *Physics and Archaeology*. New York: Interscience Publishers, Inc., 181 p.
- Daragan M., Orlyuk M., Romenets A., Bondar K., 2016. Interpretation of high-resolution magnetic survey integrated in archaeological GIS (on example of Hotiv Scythian hillfort: 15th EAGE International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects. Publication date: 10 May 2016. doi:10.3997/2214-4609.201600482.
- Smekalova T. N., Voss O., Smecalov S. L., 2008. Magnetic surveying in archaeology. More than 10 years of using the Overhauser GSM-19 gradiometer. 2nd revised edition. Wormianum. 68 p.
- Rassmann K., Ohlrau R., Hofmann R., Mischka C., Burdo N., Videjko M., Muller J., 2014. High precision Tripolye settlement plans, demographic estimations and settlement Organization. *Journal of Neolithic Archaeology* 16, 63—95. doi:10.12766/jna.2014.3.
- Ullrich B., Zollner H., Makhortykh S., Orliuk M., Rolle R., 2007. Geophysical Prospection of the skythian Fortification of Belsk (Bolsoe Belskoe Gorodisce): *Studijne zvesti archeologickeho ustavu SAV 41, 2007. 7th Internationale Conference on Archeological Prospection. 11—15 September, 2007, NITRA, Slovakia*. Topics and abstracts, 254—256.
- Zollner H., Makhortykh S., Orlyuk M., Ullrich B., 2007. Results from a geophysical Prospection of the skythian Settlement of Belsk: *Computer Applications and Quantitative Methods in Archeology. Berlin, 2—6 April*. Layers of Perception. Program and Abstracts. P. 43.