

В. В. Носкевич, Н. В. Фёдорова, Л. Н. Корякова, С. В. Шарапова
ГЕОФИЗИКА И АРХЕОЛОГИЯ ПОСЕЛЕНИЙ ЭПОХИ БРОНЗЫ
БАСЕЙНА РЕКИ КАРАГАЙЛЫ-АЯТ*

В настоящее время нет надобности в обосновании необходимости привлечения естественнонаучных методов для археологического исследования. Среди них прочное место занимают методы геофизики, применяемые для поиска и дистанционного обследования скрытых под землей объектов.

Основное преимущество геофизических методов заключается не только в том, что они определяют местоположение археологических памятников или позволяют провести детальное исследование их внутренней структуры, но и в том, что это происходит без нарушения поверхностного слоя почвы и самого объекта поисков. Кроме того, существенным достоинством геофизической разведки является возможность послойного изучения археологического памятника.¹ В настоящее время благодаря появлению новых методик дешифровки, разработке мощных и более компактных приборов геофизические исследования становятся привычным методом шадящего изучения археологических объектов. Существуют различные виды геофизической разведки: магниторазведка, электроразведка, сейсморазведка и георадарная съемка. Магнитная съемка —

один из самых популярных методов в археологической геофизике. При наличии контраста в магнитных свойствах археологических объектов и вмещающей их среды метод позволяет нанести на карту фортификационные сооружения поселения и его внутренний «интерьер», найти погребения и другие структуры в древних могильниках. Успех применения геофизического обследования зависит от многих факторов, среди которых чаще всего отмечают свойства почвы. Кроме того, не всегда возможно однозначно интерпретировать выявленные аномалии как археологические объекты.

В данной статье представлен опыт взаимодействия геофизических и археологических исследований в ходе изучения археологических поселений эпохи бронзы в долине реки Карагайлы-Аят (Карталинский район Челябинской области). При планировании этих работ заранее предусматривалось предварительное геофизическое обследование памятников, которое сначала имело относительно ограниченный характер. В 2005 г. на поселении Каменный Амбар (Ольгино) Колин Мэррони (С. Merrony, Шеффилдский университет) осуществил пешеходную съемку феррозондовым однокомпонентным магнитометром Geoscan FM18.² Наблюдения выполнялись в непрерывном режиме. В результате была получена карта вертикальной составляющей магнитной индукции территории поселения. Съемка выполнена по редкой сети (1 точка на 1 кв. м), поэтому на карте можно проследить аномалии, размер которых больше 2 м. В результате были установлены самые общие параметры укрепленного поселения (абрис оборонительной системы, элементы внутренней планировки и др.), однако сооружения более позднего времени, хорошо выраженные в рельефе, никак не проявились в полученной магнитограмме, как и детали отдельных структур.

¹ См., например: Журбин И. В. Геофизика в археологии: методы, технология и результаты применения. Ижевск, 2004.

Носкевич Владислав Витальевич — к.ф.-м.н., н.с. Институт геофизики УрО РАН (г. Екатеринбург)
E-mail: ubistu@gmail.com

Фёдорова Наталья Васильевна — д.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории математической геофизики Института геофизики УрО РАН (г. Екатеринбург)
E-mail: nataliavf50@mail.ru

Корякова Людмила Николаевна — д.и.н., профессор, зав. сектором археологии эпохи раннего металла Института истории и археологии УрО РАН (г. Екатеринбург)
E-mail: lunikkor@mail.ru

Шарапова Светлана Владимировна — к.и.н., с.н.с. сектора археологии эпохи раннего металла Института истории и археологии УрО РАН (г. Екатеринбург)
E-mail: svetlanasharapova@rambler.ru

* Статья подготовлена в рамках междисциплинарного проекта, поддержанного Президиумом УрО РАН, «Природа и общество Южного Зауралья в эпоху бронзы: междисциплинарный анализ археологических памятников» (12-М-456-2024)

² См.: Merrony C. Investigating the Bronze Age of Southern Siberia. 2005. URL: <http://www.shef.ac.uk/archaeology/research/siberia/olgino.html>; Merrony C., Hanks B., Doonan R. Seeking the Process: The Application of Geophysical Survey on some Early Mining and Metalworking Sites // Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie. Bonn, 2009. P. 421–430.

В 2007–2010 гг. в рамках междисциплинарного проекта Президиума УрО РАН и совместного российско-германского проекта были организованы широкие геофизические работы. Общая геомагнитная съемка трех поселений — Каменный Амбар (Ольгино), Коноплянка и Журумбай, — была осуществлена немецкими и российскими специалистами.

В 2009–2011 гг. немецким геофизиком Арно Патцельтом (A. Patzelt, компания Terrana Geophysik) проведена градиентная магнитная съемка поселений Каменный Амбар (Ольгино) и Коноплянка и их окрестностей, части поселения Журумбай, практически до основания разрушенного многолетней распашкой. Ученый использовал магнитометр-градиентометр Fluxgate Gradientometer Ferex 4.032 DLG. Съемка была проведена в непрерывном режиме с расстоянием между профилями 0,5 м. На магнитной карте, построенной Патцельтом, в северо-восточной части поселения Каменный Амбар (Ольгино) более четко, чем на карте Мэррони, выделяются аномалии над внутренними стенами жилищ.³ Однако в юго-западной части поселения не удалось выделить четких структурных элементов, по которым можно было бы восстановить планировку поселения. Нет таких структур и с внешней стороны оборонительной стены.

Для уточнения планировки памятника, локализации фортификационных сооружений и построек требовалась более детальная магнитная съемка. Она была проведена сотрудниками Института геофизики УрО РАН, которые обследовали северо-восточную часть поселения.⁴ Помимо этого, на поселении Коноплянка была реализована магнитная съемка,⁵ а на близлежащих курганах — и георадарная съемка.

³ Befestigte Siedlungen der bronzezeitlichen Sintašta-Kultur im Trans-Ural, Westsibirien (Russische Föderation) / R. Krause [et al.] // Eurasia Antiqua. 2010. Bd. 16. S. 97–129; Археологическое исследование укрепленного поселения Каменный Амбар (Ольгино) / Л. Н. Корякова [и др.] // Археология, этнография и антропология Евразии. 2011. № 4. С. 61–74.

⁴ См.: Носкевич В. В., Фёдорова Н. В., Муравьев Л. А. Использование магнитометрии при изучении археологических памятников эпохи бронзы на Южном Урале // Геофизика. 2010. № 4. С. 69–75.

⁵ См.: Геофизическое обследование археологических памятников эпохи бронзы / Н. В. Фёдорова, В. В. Носкевич, Л. А. Муравьев, А. М. Бебнев // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 37-й сессии Международного семинара им. Д. Г. Успенского. М., 2010. С. 368–372.

Методика проведения геофизических работ

Магнитная съемка. Для выяснения магнитных свойств пород на территории поселения Каменный Амбар (Ольгино) были предварительно проведены петрофизические исследования. Образцы грунта и обожженной глины были взяты из культурного слоя поселения; кроме этого, непосредственно на раскопах проведена капаметрическая съемка.⁶ Результаты показали, что магнитная восприимчивость обожженной глины колеблется в пределах $280\text{--}410 \times 10^{-5}$ СИ, а грунта вне культурного слоя — в пределах $10\text{--}80 \times 10^{-5}$ СИ. Такая высокая контрастность магнитных свойств создает хорошие предпосылки для проведения магниторазведочных работ.

Для съемки использовались отечественные и зарубежные магнитометры и градиентометры — POS-1 и POS-2, ММПГ-1 и Scintrex SM-5. Перед выполнением магнитной съемки с помощью металлодетектора проводилась очистка участков от техногенного металлического мусора. Участки разбивались на планшеты размером 20×20 м. Съемка проводилась по предварительно подготовленной сети с шагом наблюдений $0,5 \times 0,5$ м (см. цв. вклейку). Профили ориентировались на магнитный север, и направление съемки вдоль профиля менялось на противоположное с каждым следующим профилем.

При магнитных съемках часто используют непрерывный режим измерений. Такие измерения имеют ряд погрешностей. Во-первых, из-за движения датчика происходит усреднение значений за время единичного измерения. Во-вторых, отсутствует жесткая привязка значений магнитного поля к точкам пространства. Вследствие этого снижается точность данных и «размывается» аномальный эффект.⁷ Поэтому нами была использована другая методика.⁸ Измерения проводились с полной остановкой прибора, и датчики магнитометра точно центровались над пунктом наблюдения. В отличие от измерений в непрерывном режиме, в этом случае несколько увеличивается время выполнения съемки, однако

⁶ См.: Носкевич В. В., Фёдорова Н. В., Муравьев Л. А. Указ. соч.

⁷ См.: Bevan B. W. Understanding magnetic maps // Unpublished Technical Report. Geosight. 2006. Waddy Drive Weems Virginia.

⁸ Муравьев Л. А., Носкевич В. В., Фёдорова Н. В. Результаты магнитометрических исследований археологических памятников эпохи бронзы на Южном Урале // Урал. геофиз. вестн. 2009. № 1. С. 44, 45.

такая методика позволяет уменьшить погрешность измерений. По нашим оценкам, она составила ± 1 нТл.

Измерения модуля вектора магнитной индукции T выполнены на высотах 0,35 м и 2,15 м от поверхности земли. Для регистрации вариаций геомагнитного поля использовался магнитометр POS-1 с интервалом измерений 3 с. При внесении поправок за вариации в рядовые измерения использовалась линейная интерполяция. Такая методика наблюдений позволяет получать высокоточные значения индукции магнитного поля на двух уровнях, а также величину ее вертикального изменения. Время проведения двухуровневой съемки лишь ненамного больше, чем при градиентометрических измерениях в непрерывном режиме, традиционно применяемых в последнее время в археологии. После съемки по планшетам данные рядовых измерений объединялись в одном файле, и по этим значениям строились карты магнитных аномалий T_a для высот 0,35 м и 2,15 м от поверхности земли, а также карта вертикального изменения модуля $\Delta T/\Delta z$.

Георадарная съемка выполнялась в непрерывном режиме по параллельным профилям (рис. 1). Перед съемкой с помощью оптического нивелира проводилось изучение рельефа участков работ. При съемке использовался комплект аппаратуры SIR-3000 с антенным блоком 5103A на 400 МГц, установленных на стандартную тележку (модель 623) фирмы GSSI с одомером для измерения пройденного расстояния по профилю.⁹ Частота электромагнитных волн 400 МГц является оптимальной в приложении к археологии, поскольку позволяет детально изучать разрезы до глубины 2–3 м. Средняя скорость распространения электромагнитных волн (ЕМ) в грунтах участков определялась методом сравнения данных, полученных по ручному бурению и по результатам подбора данных дифракции от приповерхностных объектов.

Расстояние между профилями составляло 0,5 м, что позволяло «просветить» весь исследуемый участок на интересующих глубинах без пропуска неохваченных зон.¹⁰ Съемка проводилась вдоль двух наборов параллельных

профилей, ориентированных перпендикулярно друг к другу.

Результаты геофизических и археологических исследований

Магнитная съемка. На поселении Коноплянка съемкой покрыта площадь 15,7 тыс. кв. м, на Каменном Амбаре (Ольгино) — 12,3 тыс. кв. м. В результате были получены карты модуля магнитной индукции на двух высотах 0,35 м и 2,15 м и карты градиента северо-восточной огороженной части поселения Каменный Амбар (Ольгино) и всей территории поселения Коноплянка (см. цв. вклейку). Данные магнитной съемки были значительно «зашумлены» аномалиями от приповерхностных источников. С помощью процедуры фильтрации коротковолновых аномалий удалось снизить влияние таких помех. Для выяснения деталей строения древних городищ были использованы различные виды трансформации магнитных данных.

По магнитным картам уверенно определяется положение внешних валов, остатков стен поселений, рвов; местонахождение входов на поселения, ряда стен внутри памятников; расположение очагов, плавильных печей и колодцев. Эти данные позволили восстановить планировку городищ. Как и на других огороженных поселениях эпохи бронзы, внутренняя планировка поселений Каменный Амбар (Ольгино) и Коноплянка обусловлена формой фортификации, в которую «вписаны» линейно расположенные блоки строений.

Поселение Каменный Амбар (Ольгино) — согласно магнитной карте — прямоугольной формы, размером 115×155 м, состоит из двух частей (см. цв. вклейку). Северная часть представлена четырьмя рядами построек, разделенными двумя улицами. В юго-западной части следы обитания имеют хаотический характер, что указывает на более интенсивное использование этой площадки. Поселение имеет линию фортификации. В отдельных местах на карте отчетливо проявляются магнитные аномалии над стенами жилищ. Наиболее интенсивные локальные аномалии, скорее всего, вызваны остатками шлаков от медеплавильного производства. Магнитные аномалии антропогенного происхождения обнаружены и за пределами укреплений.

Магнитная съемка поселения Коноплянка также выявила прямоугольную форму (180×100 м) укрепления в виде стены и рва с

⁹ Geophysical Survey Systems, Inc. / RADAN. Salem, NH, USA. 2008. URL: <http://www.geophysical.com/software.htm>.

¹⁰ См.: Ground Penetrating Radar: Theory and Applications. Amsterdam, 2009.

двумя входами, два ряда построек (11 и 12), расположенных вдоль центральной улицы, примыкавших торцами к оборонительной стене поселения (см. цв. вклейку). Ширина построек, определенная по расположению интенсивных изометричных аномалий, составляет 12–15 м. В отдельных местах на карте прослеживаются магнитные аномалии над внутренними стенами и перегородами между жилищами.

Проверка аномальных участков. Полученные данные магнитной съемки можно использовать для нахождения источников аномалий, для определения их формы, глубины залегания и для оценки природы источников. В ходе камерального этапа работ было выполнено моделирование ряда интенсивных локальных магнитных аномалий, обнаруженных съемкой внутри поселений. В результате была построена модель источников интенсивной линейной магнитной аномалии над внутренней стеной поселения Каменный Амбар (Ольгино): аномалия создана сравнительно тонкими пластинами, залегающими на глубинах 0,2–0,6 м. Вверху они сходятся и расположены практически у поверхности земли; внизу расстояние между ними — 3,5 м. Намагниченность этих источников на порядок превосходит магнитные свойства обожженной глины и может соответствовать только кристаллическим породам. Эти предположения были подтверждены раскопками (раскопы 1 и 5), в ходе которых и были установлены детали фортификации — обкладка внешней стороны стены камнем.¹¹

Судя по всему, для строительства стены использовались блоки, вырезанные из древнего дерна, и глина, вынутая при сооружении рва. Блоки укладывались на специально подготовленную погребенную почву. В пределах исследованного участка ширина стены была в среднем 4 м. Снаружи стена была облицована плитами камня местного происхождения (ам-

фиболит, сланец, кварц, диорит), выходы которого со следами разработки обнаружены в 0,5–1 км к северу от поселения (см. цв. вклейку). Подобный способ укрепления внешней поверхности грунтовой стены зафиксирован, кроме описанного случая, только на поселении Аландское.¹² Часть плит была красновато-розового цвета от воздействия огня. Его следы фиксировались также и в завале стены в виде оранжевого прокала и обломков, напоминающих кирпич. Возможно, они представляли собой остатки верхней части стены, сползшие вниз в процессе ее разрушения.

С внешней стороны вдоль стены проходил ров. В ходе раскопок было установлено, что в среднем он достигал в ширину около 2 м. С напольной стороны ров был ограничен невысокой внешней стеной (или валом). Она хорошо прослеживается и на магнитной карте, судя по которой ее ширина (в развале) может достигать в среднем около 2 м. Раскопки показали, что стена была сложена из желтого суглинка, вынутого из рва. Слой суглинка растянут в горизонтальной плоскости.

В юго-восточной части короткого прямолинейного участка основной оборонительной линии на северном фасе городища приблизительно в 12,5 м от поворота линии обороны обнаружен вход на поселение (см. цв. вклейку). Перед началом раскопок остатки прохода в рельефе не фиксировались. Это была практически ровная площадка, имеющая незначительное понижение к востоку-юго-востоку (в напольную сторону).

По магнитограмме и в ходе раскопок было установлено, что исследованный участок входа представлен разрывом внутренней и внешней стен. Этот разрыв шириной примерно 3 м был ориентирован по линии СВ — ЮЗ в точном соответствии с направлением «улицы». Строго прямоугольное оформление разрыва, большое количество прокаленной глины, углей и остатков дерева у южной части прохода указывают на то, что в его оформлении использовалось дерево. Об этом же свидетельствуют столбовые ямки, расположенные почти параллельными рядами вдоль прохода.

¹¹ Представление в публикации проверки данных и определения характера аномалий магнитометрического обследования оборонительной системы и пространства за пределами фортификации дано в соответствии с отчетами о раскопках. См.: Шарапова С. В. Отчет о раскопках поселения Каменный Амбар (Ольгино) в Каргалинском районе Челябинской области в 2006 г. Екатеринбург, 2007 // Архив ИИиА УрО РАН; Она же. Отчет о раскопках поселения Каменный Амбар (Ольгино) в Каргалинском районе Челябинской области в 2008 г. Екатеринбург, 2009 // Архив ИИиА УрО РАН. Характеристику укрепленного поселения Каменный Амбар (Ольгино), описание раскопанных в 2005–2008 гг. объектов и коллекции артефактов, хроностратиграфическое распределение керамики см.: Археологическое исследование укрепленного поселения Каменный Амбар (Ольгино). С. 61–74.

¹² См.: Зданович Г. Б., Малютина Т. С. Укрепленное поселение Аландское. Строительные горизонты и керамические комплексы (к проблеме взаимосвязи синташтинско-аркаимской и петровской культур) // Этнические взаимодействия на Южном Урале. Челябинск, 2004. С. 56–62.

Напротив входа с напольной стороны был обнаружен небольшой участок прокаленной площадки, уходящей за пределы раскопа, но хорошо видимой на детальной магнитограмме. Можно допустить, что через канавку был перекинут мост, а перед входом сделана специальная площадка из обожженной глины. В пользу ее существования свидетельствует и почти полное отсутствие находок в этой части раскопа.

В северо-западной части поселения после детальной магнитной съемки был заложен еще один раскоп (№6), в сетку которого вошли: участок между двумя параллельными рядами построек, часть жилищ 4 и 5 синташтинского времени и небольшая постройка 6 поздней бронзы, повредившая жилище 4 (рис. 1).¹³ Их пределы в основном совпадали с магнитной картой. Судя по магнитограмме, постройка 4, раскопанная частично, была вписана в северо-западный угол поселения. В ее конструкции широко использовался камень. Это так называемые «вездесущие породы» — гнейсы, которые непригодны для изготовления орудий, но достаточно широко

используются в строительстве. В качестве строительного материала брали не только плитняк, но и большие глыбы. Как следует из магнитограммы данного участка поселения, площадь постройки 4 может быть около 200 кв. м.

Под полом жилища 4, в его средней части, обнаружен жертвенник в виде трехъярусной выкладки костей животных и синташтинского сосуда. К деталям «интерьера» жилища отнесен колодец 4/1, местонахождение которого отчетливо фиксировалось обширным пятном сильной аномалии на детальной магнитограмме северного участка памятника. Скучность находок из колодца и характер заполнения шахты — желтый однородный суглинок — позволяют предположить, что к моменту разрушения постройки 4 данный колодец уже довольно продолжительное время не использовался, иными словами, он был «закрыт» еще на стадии функционирования жилища.

К объектам, исследованным наиболее полно, относится постройка 6. До раскопок она никак не была выражена в рельефе поверхности, но была отмечена сильной аномалией на магнитной карте. Остатки сооружения, незначительно углубленного в подстилающий слой, занимали значительное пространство в северной части раскопа. Постройка 6 перекрывала остатки синташтинской постройки 4; по существу, для ее сооружения были «подчищены» руины более раннего времени.

В зоне интенсивной магнитной аномалии находился также относящийся к постройке 6 колодец, рядом с которым залежали массивные каменные плиты. Судя по профилям, камни, некогда уложенные горизонтально, впоследствии сползли вниз в направлении колодца. Каменные плиты представлены гнейсами — биотитовыми, полевошпатовыми, мусковитовыми породами. Помимо трех срубно-алакульских сосудов, расчищенных у северо-западной кромки и в верхнем заполнении колодца, на дне, наряду с обильным содержанием растительных остатков, было обнаружено много обломков плетневой опалубки, кости животных и маленький срубно-алакульский сосуд.

Постройка 5 была выявлена в юго-восточной части раскопа. В микрорельефе поверхности она не была выражена, раскопом 6 задета только ее западная часть. С учетом данных детальной магнитометрической съемки в исследованной части поселения и с учетом расположения синхронной постройки 4 мож-

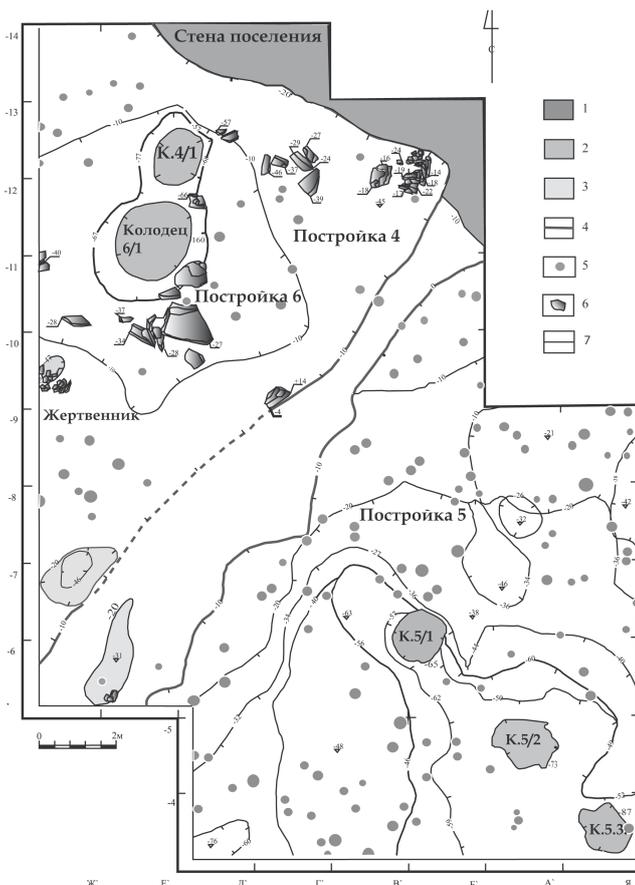


Рис. 1. Общий план структур, выявленных в раскопе 6 на поселении Каменный Амбар (Ольгино)

¹³ См.: Корякова Л. Н. Отчет о раскопках поселения Каменный Амбар (Ольгино) в 2009 г. Екатеринбург, 2012.

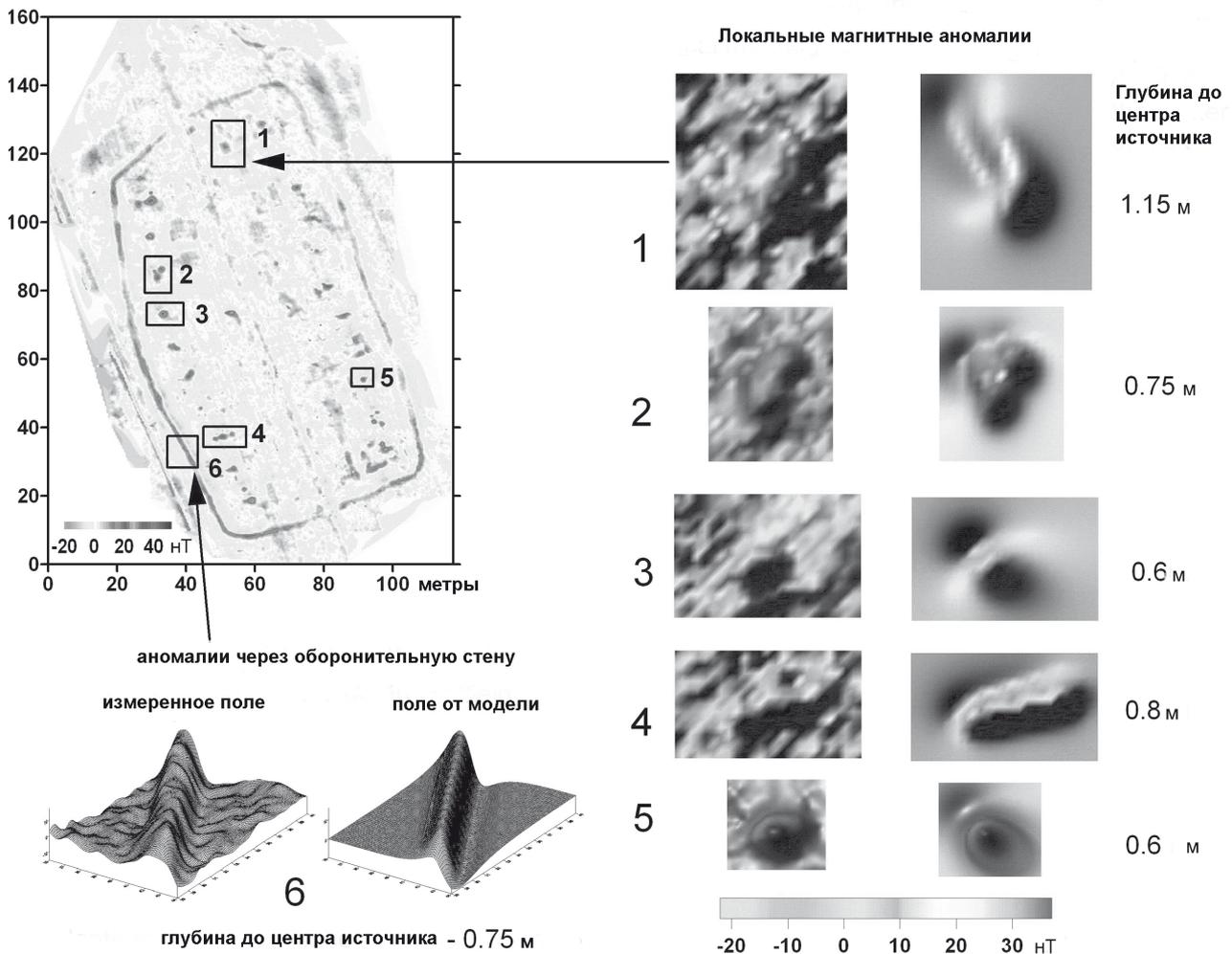


Рис. 2. Результаты моделирования некоторых аномальных объектов поселения Коноплянка

но допустить, что строение ориентировано по линии СЗ — ЮВ. При его строительстве был удален только верхний слой гумуса. Слои заполнения объекта содержали много прокалов, следов воздействия огня. Стенки «котлована» преимущественно наклонные, эродированные, дно очень неровное с заметным понижением к ЮВ. Пол сооружения фиксировался на разных участках и глубинах разрозненными пятнами белесого пестроцвета. Внутри постройки расчищено около 100 столбовых ям, расположение которых указывает на неоднократные ремонтные работы. С интерьером данного строения связаны три колодца (5/1, 5/2 и 5/3), которые различаются не только размерами, но и характером заполнения и конструктивными особенностями. Над всеми колодцами фиксировались остатки каких-то сгоревших конструкций в виде ярких пятен желтого, красного, оранжевого и черного цвета, которые на магнитограмме отмечены аномалиями разной степени.

Участок между постройками 4 и 5 представлял собой нетронутую полосу древней почвы, неровную, вытянутую в направлении с ЮЗ на СВ, шириной от 0,9 м до 3 м, которая соответствует «улице».

Моделирование показывает, что намагниченность источников интенсивных локальных магнитных аномалий внутри поселения на порядок превышает максимально допустимую намагниченность обожженной глины. Возможно, это вызвано рассеянным магнетитом в местах медеплавильного производства.

На территории поселения Коноплянка верхние кромки источников локальных аномалий расположены на глубинах 0,6–1,5 м (рис. 2). Проведенное моделирование по профилю, проходящему над городищем Коноплянка в широтном направлении, показало, что в настоящее время ниже уровня распашки оборонительные стены хорошо сохранились, а стены внутри поселения значительно разрушены.

Как выше отмечено, *георадарная съемка* проводилась на двух участках поселения Коноплянка. Первый участок располагался над рвом и фрагментом оборонительной стены поселения, положение которых было определено по результатам детальной магнитной съемки. На рис. 2 показана часть магнитной карты поселения, на которой площадь георадарного зондирования отмечена квадратом № 6. Цели георадарного зондирования состояли в исследовании возможностей использования георадара для выявления оборонительной стены, аномальных отражений ЕМ сигнала, для определения глубины оборонительной системы.

Площадь участка над оборонительной системой поселения составляла 20×20 м. При измерениях антенны были ориентированы в направлении, перпендикулярном к фортификации. Расстояние между профилями составляло 2 м. В результате георадарного зондирования получены интенсивные отражения электромагнитного сигнала от оборонительной системы на глубинах 0,5–2 м. Получены также горизонтальные разрезы аномальных отражений электромагнитного сигнала от фрагмента стены поселения Коноплянка на глубинах 0,79 м и 1,94 м от поверхности. Максимальные отражения на глубине 0,73 м связаны непосредственно с оборонительной стеной, и такой результат не противоречит данным интерпретации магнитной съемки. На глубине 1,94 м отмечается небольшое смещение аномальных отражений внутрь городища, что, возможно, связано с проявлением отражений от внутреннего рва городища, который вплотную примыкал к оборонительной стене, или от выемки грунта при строительстве стены. Таким образом, до раскопок удалось проследить положение оборонительной стены и ее глубину относительно современной поверхности земли.

Второй участок представлял собой серию курганов, которые были обнаружены по результатам дешифрирования аэрофотоснимков вблизи поселения.¹⁴ Курганы имеют округлую форму и лишь незначительно возвышаются над поверхностью земли (примерно на 0,2–0,3 м). Размеры возвышений составляют от 3 до 15 м.

Два кургана были обследованы георадаром (рис. 3). Растительный покров на кур-

ганах, как по плотности растений, так и по цвету, отличается от окружающей степной флоры. Как отмечают многие исследователи, такие изменения характерны для могильников. В частности, высказано мнение, что небольшое изменение в цвете или плотности поверхностной растительности вызвано выщелачиванием грунтов от остатков погребенных объектов и изменением влажности почвы выше захоронений.¹⁵

Целью исследований на втором участке являлось обнаружение аномальных отражений электромагнитного сигнала от остатков захоронений и других объектов. Как известно из литературы, глубина культурного слоя курганов эпохи бронзы в данном районе варьирует от 0,7 до 2,5 м.¹⁶ Поэтому георадарные зондирования грунтов были проведены для указанного интервала глубины. Съемка проводилась вдоль двух наборов профилей, ориентированных друг к другу под углом 90°. Расстояние между профилями было 0,5 м. Площади исследованных участков составляли: для первого кургана — 30 кв. м (5×6 м) и для второго кургана — 380 кв. м (20×19 м).

Для локализации предполагаемых аномальных отражений от переработанных грунтов на кургане 1 были построены горизонтальные разрезы от поверхности земли до глубины 3 м. Толщина разрезов составляет 0,3 м. Аномальные зоны отмечены на глубинах 0,85–1,15 м. Результаты съемки в трехмерном формате показаны на рис. 4. Полученные аномалии предстоит проверить в ходе археологических исследований.

* * *

В ходе описанных работ получены детальные цифровые карты магнитных аномалий поселений Каменный Амбар (Ольгино) и Коноплянка. Они позволяют выполнять различного рода трансформации, выделять поля от артефактов, проводить моделирование источников. Геофизические исследования выявили новые важные детали внутреннего строения поселений и значительно расширили знания об архитектуре древних памятников, дали возможность реконструировать планиров-

¹⁴ См.: Зданович Г. Б., Батанина И. М. Аркаим — «Страна городов». Челябинск, 2007. С. 115.

¹⁵ См.: Gaffney V., Patterson H., Roberts P. Forum Novum-Vescovio: Studying urbanism in the Tiber Valley // Journal of Roman Archaeology. 2004. Vol. 14. P. 59–79.

¹⁶ См.: Епимахов А. В. Ранние комплексные общества Севера Центральной Евразии (по материалам могильника Каменный Амбар-5). Кн. 1. Челябинск, 2005. С. 9–12, 64–67, 79–85 и др.

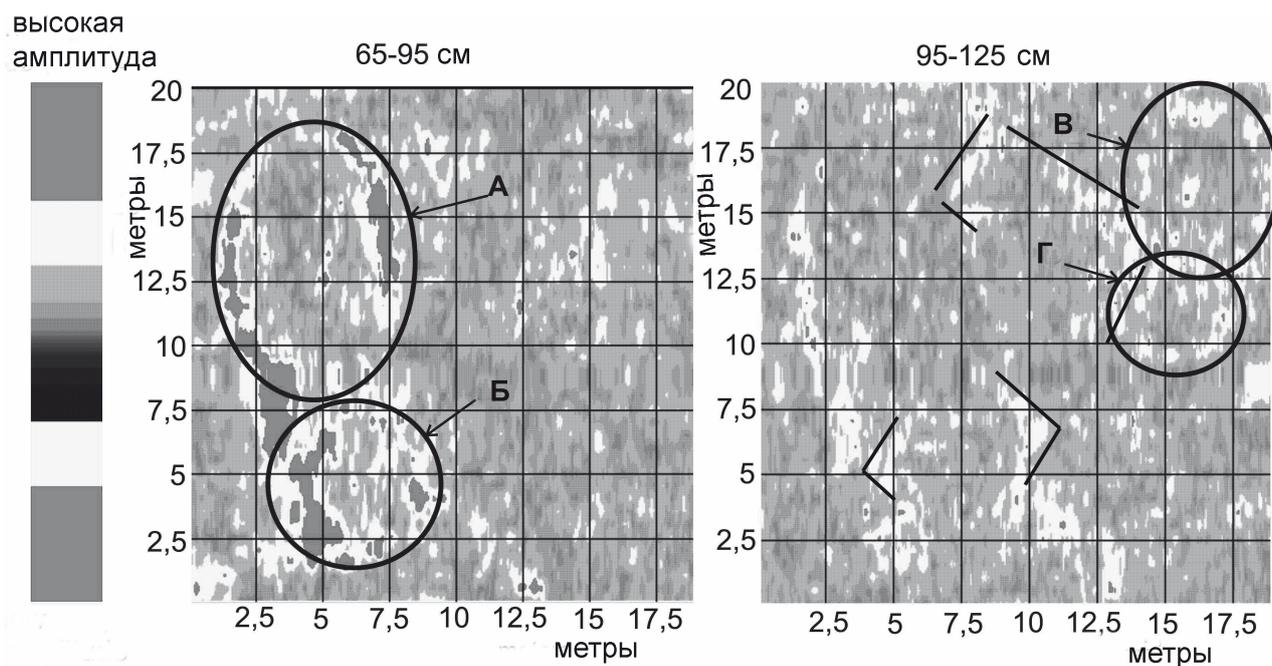


Рис. 3. Георадарная съемка кургана 2 поселения Коноплянка.
Горизонтальные разрезы на глубинах 0,65–1,25 м (А–Г — аномальные зоны в форме овалов)

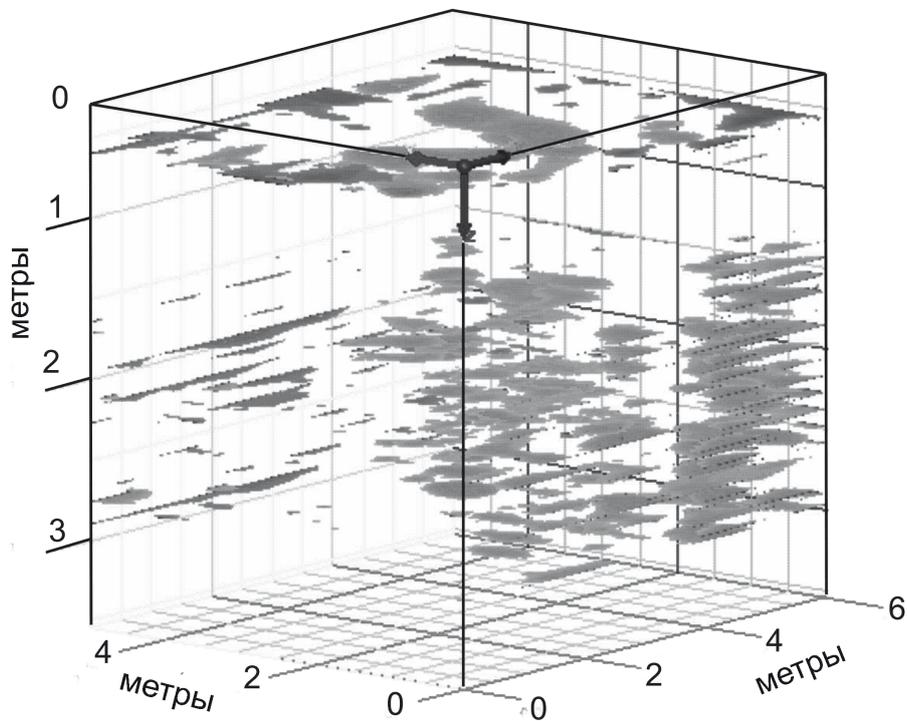


Рис. 4. Трехмерное изображение аномальных отражений ЕМ внутри кургана 1 поселения Коноплянка

ку без разрушения культурного слоя. Карты магнитных съемок используются при выборе мест для локальных раскопок на поселениях. Детальные магнитометрические работы, предшествующие археологическим исследованиям, снижают риск «раскопок вслепую». С другой стороны, раскопки позволяют повысить достоверность интерпретации магнитных аномалий и связать их с конкретными структурами археологических памятников.

Использование георадарной съемки на поселении Коноплянка показало эффективность этого метода. Непосредственно на поселении была проведена оценка глубины и мощности фрагмента стены, а на двух исследованных курганах по горизонтальным разрезам были локализованы объекты, возможно, искусственного происхождения. Результаты георадарной съемки курганов позволят оптимизировать методику будущих раскопок на исследованных участках.

Ключевые слова: *геофизика, магнитная съемка, георадарная съемка, укрепленные поселения, синташтинская культура, эпоха бронзы*

Vladislav V. Noskevich

Candidate of Physical and Mathematical Sciences

Institute of Geophysics, Ural branch of the RAS (Russia, Ekaterinburg)

E-mail: *ubistu@gmail.com*

Natalya V. Fedorova

Doctor of Physical and Mathematical Sciences

Institute of Geophysics, Ural branch of the RAS (Russia, Ekaterinburg)

E-mail: *nataliauf50@mail.ru*

Ludmila N. Koryakova

Doctor of Historical Sciences

Institute of History and Archaeology, Ural branch of the RAS (Russia, Ekaterinburg)

E-mail: *lunikkor@mail.ru*

Svetlana V. Sharapova

Candidate of Historical Sciences

Institute of History and Archaeology, Ural branch of the RAS (Russia, Ekaterinburg)

E-mail: *svetlanasharapova@rambler.ru*

GEOPHYSICS AND ARCHAEOLOGY OF THE SETTLEMENTS IN THE KARAGAILY-AYAT BASSIN

The paper presents the results of joint geophysical and archaeological studies of the fortified settlements of the Bronze Age period in the southern Trans-Ural. The author describes the methodology and the instruments for geophysical survey in the valley of the Karagaily-Ayat river. The magnetic charts gave clear indication of the location of external bulwarks, the remains of the settlement walls, moats, the location of entrances to the settlements, several walls inside the sites, the location of fireplaces, melting furnaces and wells, which allowed reconstruction of the settlements' plans. As in the other walled settlements of the Bronze Age period, the inner planning of Kamenny Ambar (Olgino) and Konoplyanka settlements was dictated by the shape of fortifications into which the linear positioned buildings' blocks were "inscribed". The detailed magnetometric works preceding the archaeological study reduced the risk of "blind excavation", as well as provided an opportunity of reconstructing the general layout without destroying the occupation layer. On the other hand, the excavation allowed improving the reliability of magnetic anomalies interpretation and relating them to the specific structures of the archaeological sites.

Key words: *geophysics, magnetometry, georadar mapping, fortified settlements, Sintashta culture, Bronze Age*

REFERENCES FOR CITATION DATABASE

- Bevan B. W. Unpublished Technical Report. Geosight. 2006. Waddy Drive Weems Virginia. (in English).
 Fedorova N. V., Noskevich V. V., Muravev L. A., Bebnov A. M. *Voprosy teorii i praktiki geologicheskoy interpretatsii gravitatsionnykh, magnitnykh i elektricheskikh poley: Materialy 37-y sessii Mezhdunarodnogo seminara* (Theory and practice of the geological interpretation of gravity, magnetic and electric

fields: proceedings of the 37th session of the International seminar). Moscow: IFZ RAN, pp. 368–372. (in Russ.).

Gaffney V., Patterson H., Roberts P. *Journal of Roman Archaeology*. Vol. 14, 2004, pp. 59–79. (in English).

Geophysical Survey Systems. Available at: <http://www.geophysical.com/software.htm> (accessed October 5 2012). (in English).

Ground Penetrating Radar: Theory and Applications. Amsterdam: Elsevier, 2009, 544 p. (in English).

Koryakova L. N., Krauze R., Yepimakhov A. V., Sharapova S. V., Panteleeva S. Ye., Berseneva N. A., Fornase Y., Kayzer E., Molchanov I. V., Chechushkov I. V. *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Yevrazii* (Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia), № 4, 2011, pp. 61–74. (in Russ.).

Krause R., Korjakova L. N., Fornasier J., Sarapova S. V., Epimachov A. V., Panteleeva S. E., Berseneva N.A., Molchanov I. V., Kalis A. J., Stobbe A., Thiemeyer H., Wittig R., König A. *Eurasia Antiqua*, Band 16, 2010, ss. 97–129. (in German).

Merrony C. Available at: <http://www.shef.ac.uk/archaeology/research/siberia/olgino.html> (accessed October 5 2012). (in English).

Merrony C., Hanks B., Doonan R. *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie: collected papers*. Bonn, 2009, pp.421–430. (in English).

Muravev L. A., Noskevich V. V., Fedorova N. V. *Uralskiy geofizicheskiy vestnik* (Ural Geophysical Journal), № 1, 2009, pp. 44–45. (in Russ.).

Noskevich V. V., Fedorova N. V., Muravev L. A. *Geofizika* (Geophysics), № 4, 2010, pp. 69–75. (in Russ.).

Yepimakhov A. B. Chelyabinsk: Chelyabinskiy dom pechaty, Book 1, 2005, 192 p. (in Russ.).

Zdanovich G. B., Batanina I. M. Chelyabinsk: “Krokus”, Yuzhno-Uralskoe knizhnoe izd-vo, 2007, 260 p. (in Russ.).

Zdanovich G. B., Malyutina T. S. *Etnicheskie vzaimodeystviya na Yuzhnom Urale: sb. nauch. tr.* (Ethnic interaction in the South Urals: collected papers). Chelyabinsk: “Rifey”, 2004, pp. 56–62. (in Russ.).

Zhurbin I. V. Izhevsk: Udmurtskiy institut istorii, yazyka i literatury UrO RAN, 2004, 152 p. (in Russ.).