

## АРХЕОЛОГИЯ

# ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ И АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСКОПОК (на примере поселения бронзового века Каменный Амбар)<sup>1</sup>

Н.А. Берсенева\*, А.В. Епимахов\*, В.В. Носкевич\*\*, Н.В. Федорова\*\*

*Представлены результаты раскопок и геофизических исследований на поселении бронзового века Каменный Амбар. Проведено сопоставление магнитных и георадарных данных с результатами раскопок. Применение геофизических методов в процессе раскопок позволяет повысить достоверность интерпретации аномалий и связать их с конкретными структурами археологических памятников. Представлен вариант реконструкции истории жизни поселения.*

**Бронзовый век, археология поселений, синташтинская культура, фортификация, археологическая геофизика, магнитная съемка, георадар.**

### Введение

Использование широкого спектра методов разных наук давно стало нормой аналитической стадии археологических исследований. В меньшей степени применяются они при полевых работах, хотя очевидные достижения есть и здесь. Неразрушающие методы изучения археологических объектов не имеют альтернативы при обнаружении памятников, установлении их структуры и пр. Несмотря на это, существуют проблемы интерпретации данных, как объективного, так и субъективного характера. Последнее касается неполного понимания археологами сути методов и, как следствие, особенностей реконструируемой геофизиками и другими специалистами картины.

Малоглубинная геофизика хорошо зарекомендовала себя при археологических исследованиях благодаря высокой стабильности результатов. Вместе с тем интерпретация данных съемок и методы математического моделирования лишь в рамках определенных представлений об источнике аномалий способны описать некоторые параметры объекта, создающего аномалию, и только раскопки могут выявить характер самого источника.

Наличие геофизических аномалий обусловлено контрастом физических свойств грунтов. В случае с магнитной съемкой речь идет о намагниченности. Вариация содержания магнитных минералов на несколько процентов может в несколько раз и даже порядков изменить намагниченность грунта и создать заметную аномалию магнитного поля. Однако источник аномалии вовсе не обязательно имеет визуальные проявления. Таким образом, геофизические методы должны применяться не только на этапе построения предварительных карт и разрезов (что достаточно широко используется в археологических исследованиях), но и в процессе раскопок. Информации, полученная в ходе совместного анализа результатов геофизических съемок и раскопок, стимулирует развитие и совершенствование методов исследования и повышает точность интерпретации данных. Опыт такого рода работы на поселении Каменный Амбар (Карталинский р-н Челябинской обл.) представлен в данной статье.

### Обзор ранее полученных результатов

К середине 1990-х гг. в Южном Зауралье были открыты укрепленные поселения с замкнутой системой обороны. Сегодня по результатам дешифрирования аэрофотоснимков их известно более 20, они обычно ассоциируются с синташтинской и петровской культурными традициями бронзового века [Зданович, Батанина, 2007]. Большинство городищ в той или иной степени

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках междисциплинарного проекта УрО РАН 12-М-456–2024 при частичной финансовой поддержке Минобрнауки РФ (госзадание № 33.2644.2014/к (А.В. Епимахов)).

## Возможности синтеза геофизической и археологической информации...

подверглись серьезной деформации в результате антропогенного воздействия, включая распахку. Ввиду грунтового характера архитектуры и небольшой глубины жилищных впадин значительная часть памятников практически не читается в современном рельефе. Слабая сохранность, масштабность объектов (до 3,5 га) и сложность их структуры потребовали обращения к геофизическим методам. Эта работа начата в 1995 г. и продолжается по сей день [Тибелиус, 1995; Пунегов, 2009; Муравьев и др., 2009; Корякова и др., 2010; Носкевич и др., 2012; Хэнкс и др., 2013; и др.]. Наиболее серьезные исследования проведены в рамках российско-германского проекта в долине р. Карагайлы-Аят, где ключевым памятником стало поселение Каменный Амбар. В ходе реализации ряда междисциплинарных проектов была выполнена магнитная съемка большинства укрепленных поселений, в результате удалось определить положение внешних оборонительных стен и рвов, восстановить элементы планировки.

Начало геофизических работ на поселении Каменный Амбар (Ольгино) связано с именем С. Mergony (Шеффилдский университет) [Mergony et al., 2009]. В 2004 г. он выполнил пешеходную съемку феррозондовым однокомпонентным магнитометром Geoscan FM18.2. В результате были установлены общие параметры укрепленного поселения (абрис оборонительной системы, элементы внутренней планировки и др.), однако котлованы более поздних периодов бронзового века, хорошо выраженные в рельефе, не проявились на полученной карте, как и детали застройки раннего (синташтинского) периода.

В 2009–2011 гг. немецкий геофизик А. Patzelt (Terrana Geophysik) [Корякова и др., 2011] провел градиентную магнитную съемку поселения и прилегающей территории. Использовался магнитометр-градиентометр Fluxgate Gradientometer Ferex 4.032 DLG.

Для уточнения планировки памятника, точной локализации фортификационных сооружений, построек и деталей интерьера потребовалась более детальная магнитная съемка, что было выполнено сотрудниками Института геофизики УрО РАН, которые обследовали северо-восточную часть поселения [Носкевич и др., 2010]. Использовались отечественные и зарубежные магнитометры и градиентометры — POS-1 и POS-2, ММПГ-1 и Scintrex SM-5; для регистрации вариаций геомагнитного поля — магнитометр POS-1. По нашим оценкам, она составила  $\pm 1$  нТл.

В результате были получены карты модуля магнитной индукции на двух высотах, 0,35 и 2,15 м, и карты градиента северо-восточной части поселения Каменный Амбар [Федорова, Носкевич, 2012] в границах линии обороны. По магнитным картам уверенно определяется положение внешних стен и рвов; местонахождение входов на поселение; стен построек в пределах внутреннего пространства; некоторых колодцев и ям. Таким образом, была восстановлена планировка городища, которая, как и на других поселениях, обусловлена абрисом линии фортификации, в которую «вписаны» линейно расположенные блоки строений.

Поселение, согласно магнитной карте, имеет подпрямоугольную форму (115×155 м) и состоит из двух частей. Северо-восточная представлена четырьмя рядами построек, разделенными двумя улицами. В юго-западной части следы обитания имеют хаотический характер, вероятно, в результате разновременного антропогенного воздействия. Магнитные аномалии хорошо очерчивают линии фортификации практически на всем их протяжении<sup>2</sup>, в северо-восточной части на карте отчетливо проявляются аномалии над стенами жилищ. Наиболее интенсивные локальные аномалии, как показали раскопки, связаны с остатками колодцев, расположенных преимущественно в этой же зоне. Магнитные аномалии антропогенного характера обнаружены и за пределами укреплений.

Полученная геофизическими методами информация позволила не только восстановить структуру поселения в целом, но и сделать осознанный выбор участков раскопок. Полевыми археологическими работами были подтверждены основные параметры реконструкции, хотя в целом картина выявилась более сложная [Multidisciplinary investigations, 2013]. Так, обнаружились существенные различия в облике магнитных карт северо-восточной и юго-западной частей поселения. Объяснить их с помощью только неразрушающих методов оказалось невозможно, и для раскопок выбрали наиболее информативные участки на границе этих зон. Описанное осложнение в интерпретации магнитных карт связано с особенностью метода регистрации суммарной картины слоев, формировавшихся и видоизменявшихся на протяжении длительного периода<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> За вычетом зоны береговой абразии.

<sup>3</sup> Раскоп 7 (2011 г.), материалы которого готовятся к публикации, показал, что нечеткая картина магнитных аномалий в юго-западной части обусловлена мощным слоем позднего бронзового века с продуктами горения, который перекрывал более ранние синташтинские отложения.

### Результаты раскопок 2012–2013 гг.

Раскоп 8 (400 м<sup>2</sup>) был разбит с таким расчетом, чтобы захватить фрагменты трех смыкающихся элементов фортификации: северного, южного и промежуточного (рис. 1). Кроме того, были изучены участки напольной площади в границах укреплений южной и северной зон, в том числе части построек № 12 и 13 к северу и югу от промежуточной линии фортификации.

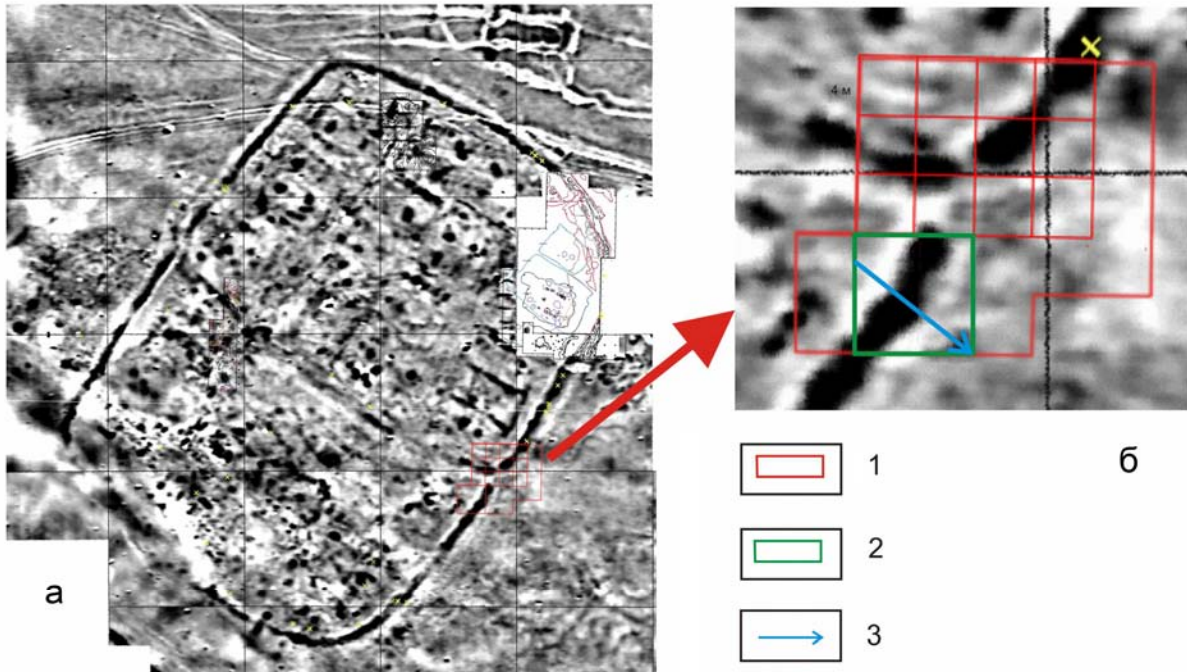


Рис. 1. Поселение Каменный Амбар. Карта магнитных аномалий (а), увеличенный фрагмент карты (б): 1 — границы раскопа; 2 — границы участка магнитной съемки; 3 — положение и направление георадарного профиля.

В кратком изложении основные итоги следующие. *Внешняя линия обороны северо-восточной части* (рис. 2) оказалась аналогична таковой на ранее исследованных участках. Главным элементом была грунтовая стена, от которой сохранились основание из погребенной почвы шириной до 4 м, нижняя часть грунтового заполнения и каменная облицовка внешней поверхности. Последняя обнаружена практически полностью в заполнении рва, куда она сместилась в процессе руинирования. Облик внутренней поверхности этой стены в данном случае остался неустановленным, так как она пострадала при сооружении поздней постройки 12. С большой долей уверенности можно говорить о столбовом варианте конструкции: именно он был надежно документирован предшествующими исследованиями. К тому же, судя по заполнению, некоторые столбовые ямы на площади постройки 12 относятся к более раннему времени, чем она сама.

Ров на данном участке характеризуется большим перепадом глубин: отметки уровня дна от -135 до -230, в отдельных случаях он едва прорезал подстилающее материковое основание (-120). Заполнение имело очень сложную слоистую структуру с многочисленными следами воздействия огня. Прокаленный грунт, скорее всего, связан с этапом разрушения оборонительной стены.

В напольной части прослежены следы дополнительного сооружения вдоль внешней границы рва. Слагающие его материалы аналогичны основным компонентам оборонительной стены, хотя масштабы заметно скромнее. Следует отметить и в этом случае мощность и разнообразие прокаленных прослоек. Ширина основания данного элемента системы существенно меньше стены — около 2 м, как, вероятно, и первоначальная высота.

*Внешняя линия обороны в юго-восточной части* имела ряд отличий от описанной выше. В первую очередь это касается конструкции стены, полностью лишенной каменной облицовки. Нет и достоверных столбовых ям вдоль внутренней границы этого элемента. Грунты, его слагающие, в общих чертах сходны с материалами стены из северных участков. Строителями в

## Возможности синтеза геофизической и археологической информации...

обоих случаях был сохранен максимум погребенной почвы, на которой и располагалась основная масса заполняющего грунта. Ширина основания также сопоставима и близка к 4 м.

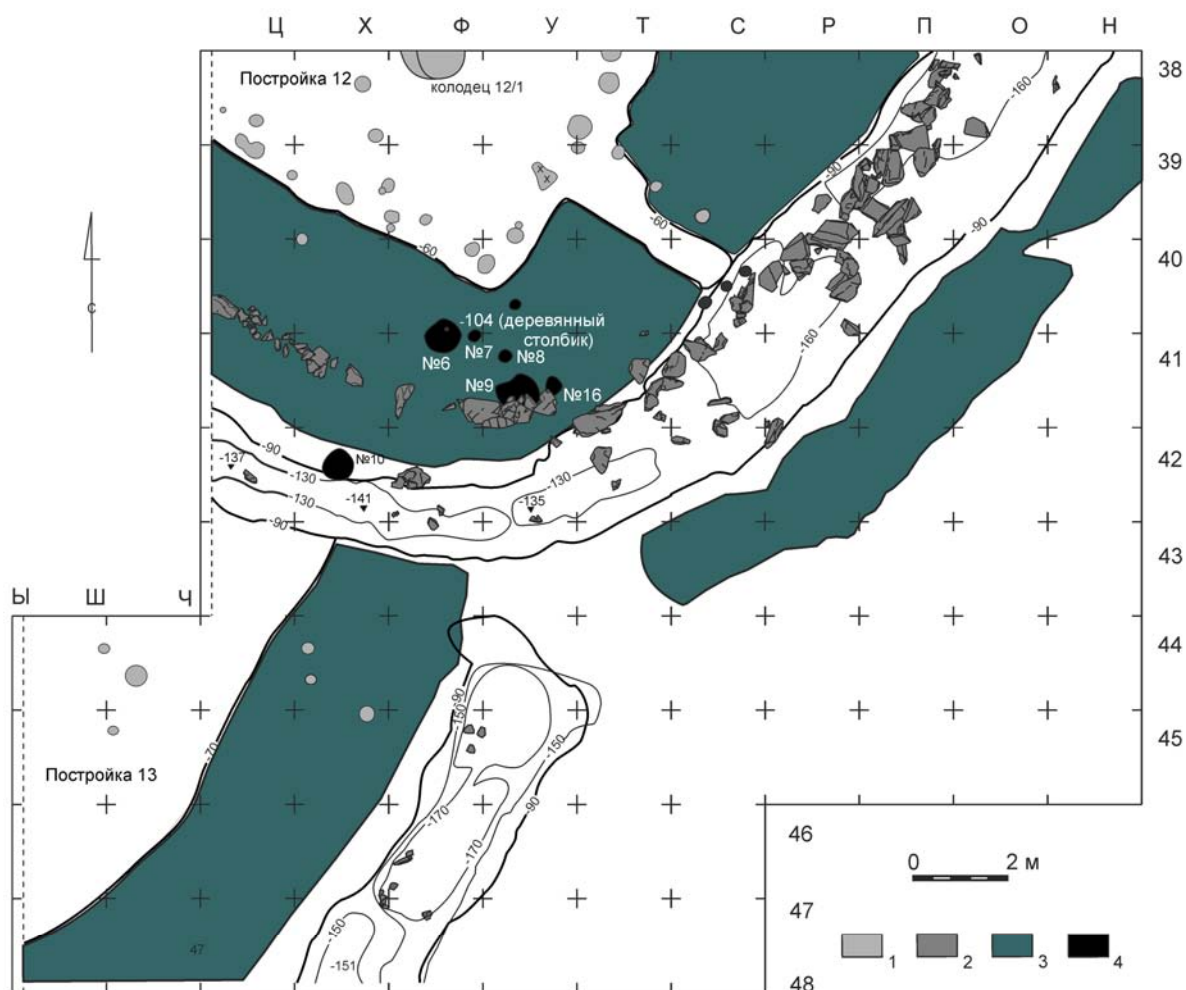


Рис. 2. Поселение Каменный Амбар. Раскоп 8. Сводный план раскопа:

1 — заполнение столбвых ямок; 2 — камни; 3 — основание стены; 4 — заполнение ям конструкции входа.

Ров на уровне материка имел несколько меньшую ширину и глубину, однако с учетом зафиксированной вариативности этих показателей для всех ранее изученных участков внешней линии фортификации и небольшой площади раскопок в юго-западной половине этому наблюдению вряд ли стоит уделять внимание. В глаза бросается значительное пространство между окончаниями рва анализируемых половин поселения. Если отсутствие стены в этом месте могло объясняться поздними перестройками (следы которых, впрочем, не обнаружены), то размыкание рва явно сделано целенаправленно.

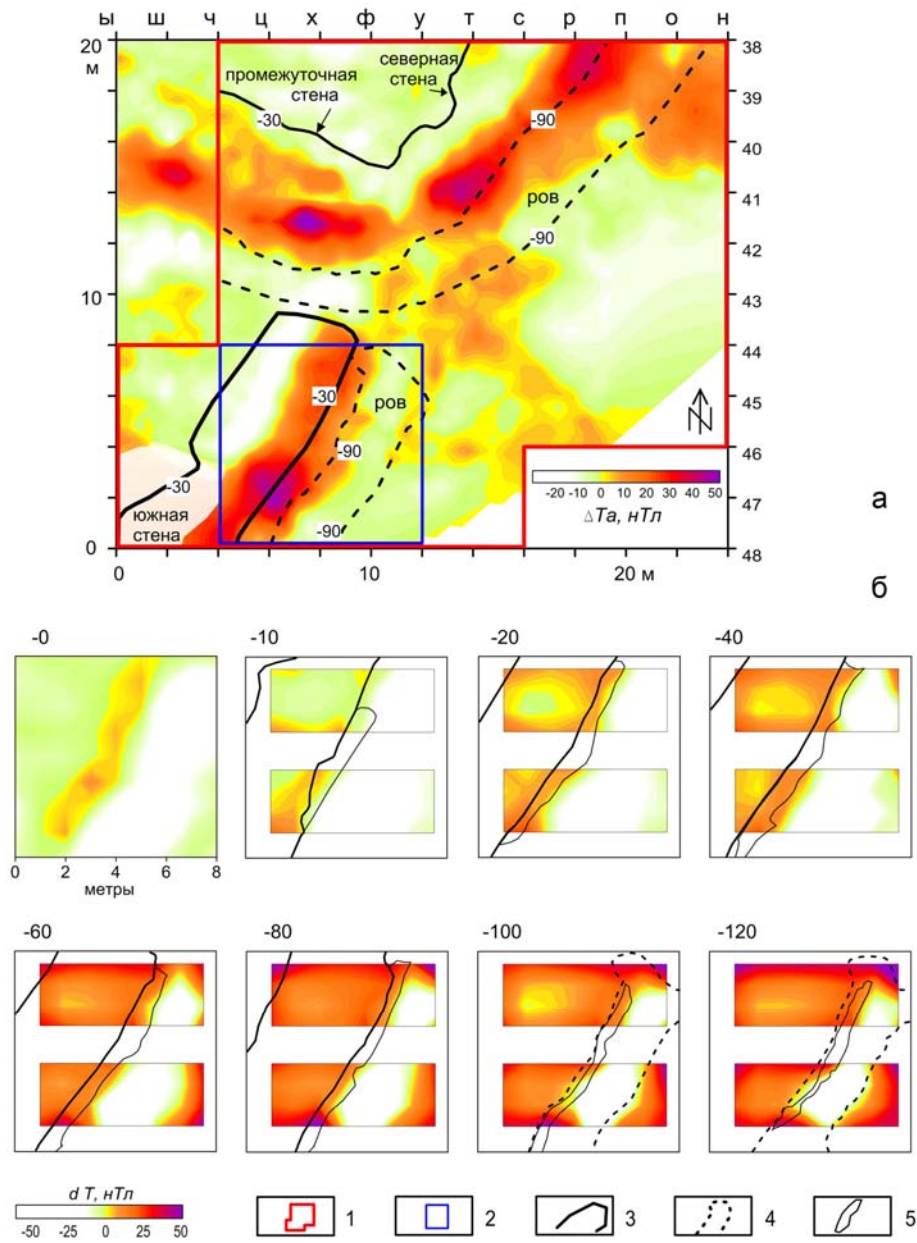
Надежно диагностируемых следов сооружений в напольной части выявлено не было, и это — еще одно очевидное отличие.

Наконец, промежуточная линия фортификации имеет еще более заметные расхождения в облике в сравнении с двумя описанными. К сожалению, стена в этом месте сохранилась хуже, однако ясно, что она была грунтовой, облицованной каменными плитами. Последние имеют отчетливые следы крепления к телу стены с помощью глиняного раствора. Если в основании предсказуемо сохранена погребенная почва, то заполнение стены было совершенно иным. Более того, ее подошва отстояла от края рва на 1,5–2 м. Ров также выглядел совершенно иначе: ровные стенки, линзовидное сечение, отсутствие перепадов глубины. Характер заполнения указывал на его постепенное замывание. Ширина (1,0–1,2 м) и глубина (не более 0,2–0,3 м от

уровня материка) вызывали серьезные сомнения в его военном предназначении. При этом, несмотря на тщательность поисков, проследить четкую границу между рвами внешней и промежуточной линии оказалось затруднительно.

**Магнитная карта и градиентная съемка на раскопе 2012–2013 гг.**

На карте аномалий модуля магнитной индукции, измеренного на высоте 0,35 м от поверхности земли (рис. 3, а), наиболее интенсивные положительные аномалии наблюдаются над фортификационными сооружениями. Именно они образуют линейные цепочки на карте, маркируя границы городища. При сопоставлении магнитной карты с планом, построенным по результатам раскопок, видно, что максимумы аномалий смещены от центра стен к внешним краям, а эпицентр северо-восточной аномалии практически расположен над границей стены и рва.



**Рис. 3.** Поселение Каменный Амбар. Раскоп 8. Карта магнитных аномалий (а).

Результаты градиентной магнитной съемки по горизонтам (б):

- 1 — границы раскопа; 2 — границы участка градиентной магнитной съемки; 3 — границы стены (-30);
- 4 — границы рва (-90); 5 — граница прослойки светло-желтого суглинка.



## Возможности синтеза геофизической и археологической информации...

Над промежуточной стеной аномальное магнитное поле имеет более сложную морфологию и состоит из двух цепочек линейных положительных аномалий, причем более интенсивная расположена в южной части стены и менее интенсивная проходит параллельно ей в северной части фортификации.

За пределами поселения прослеживается еще одна цепочка аномалий, образующих практически прямую линию в юго-восточном направлении. Она начинается от внешних границ рва в месте поворота северной части фортификации. Морфологические особенности магнитного поля явно свидетельствуют об искусственном происхождении объектов, создающих эту линейную аномалию. Над северо-восточной частью раскопа, с внешней стороны рва, выделяется обширная положительная аномалия изометричной формы более 10 м в поперечнике<sup>4</sup>.

С целью установления источников аномалий на участке с размерами 8x8 м над линией фортификации (рис. 3, а) в процессе раскопок проведена градиентная магнитная съемка на разных глубинах (от 0 до 120 см). Уровни, показанные на рисунке, соответствуют уровням на археологических планах раскопа. При съемке использовался российский магнитометр-градиентометр ММПГ. Датчики градиентометра были расположены на высотах 0,2 и 2 м, масштаб съемки 1:50. Поскольку при раскопках на границе квадратов и вдоль центральной линии площади грунт сохранялся, то результирующие карты магнитных аномалий для глубин ниже нулевой отметки представлены в двух прямоугольных участках (рис. 3, б).

На отметке 0 наблюдалась положительная линейная аномалия и обширная отрицательная, причем граница между ними соответствовала внешнему краю оборонительной стены. По мере увеличения глубины раскопа происходило увеличение площади, на которой наблюдается положительное поле, и сокращение размеров отрицательной аномалии, граница между ними поэтапно смещалась в сторону рва. На глубине ниже 80 см контуры отрицательной аномалии зафиксированы в площади рва.

В ходе раскопок установлено, что на рассматриваемом участке оборонительная стена (около 4 м шириной) состояла из темно-серого грунта, видимо древнего дерна. С внешней стороны стены, начиная с глубины -10 и до -80 см, стабильно фиксировалась прослойка светло-желтого суглинка шириной 40–50 см, далее ее мощность уменьшалась, но она отчетливо выделялась вдоль края рва вплоть до его придонной части. При сравнении карт магнитных аномалий и контуров слоя светло-желтого суглинка видно, что с увеличением глубины внешний контур этого слоя смещается в напольную сторону и его границы совпадают с положениями нулевой изолинии магнитного поля. Следовательно, источником магнитных аномалий является светло-желтый суглинок, который выполнял функцию фиксации внешней поверхности грунтовой стены и часто дополнялся каменными плитами.

Проведено также сопоставление результатов раскопок и магнитной съемки для других участков (рис. 4). Над профилями представлены графики магнитных аномалий, оцифрованные по результатам модульной магнитной съемки для высоты датчика 0,35 см. На участках залегания светло-желтого суглинка наблюдаются положительные магнитные аномалии. Как видно на профилях 38, 40, 46, в зонах интенсивных магнитных аномалий фортификационная стена содержит прослойки из этого материала. Профиль 46 располагается над южной стеной, и его часть (от Ц до У) находится в пределах площади проведенных геофизических исследований. С напольной стороны рва небольшой вал содержит светло-желтые породы, и над ним наблюдается небольшая положительная магнитная аномалия. Кроме этого, магнитная аномалия наблюдается на профиле 40 над горизонтальным слоем из такого же грунта (в зоне от О до П).

Южная часть северной стены приведена на профилях 40 (участок от Ч до Х), У и Х (участки 40–42). Темно-серый грунт сохранился в основном во внутренней части стены, а большая ее часть состоит из почвенных «блоков» с продуктами горения. Магнитные аномалии наблюдаются именно над этими блоками, но интенсивность их значительно ниже, чем над светло-желтыми грунтами. Такой грунт, по-видимому, содержит значительно больше магнитных минералов, чем темно-серый, но меньше, чем грунт светло-желтого цвета. Наиболее интенсивная магнитная аномалия, около 50 нТл, наблюдается на профиле Х и, скорее всего, связана с каменными плитами, залегающими близко к поверхности. На плане раскопа ось положительной интенсивной

---

<sup>4</sup> Вероятно, эта аномалия имеет прямое отношение к дополнительному элементу системы фортификации в напольной части поселения. В ее составе обнаружено значительно количество следов воздействия огня. Не исключено, что эта часть грунта была вынута из заполнения рва при его подчистке.

аномалии над этой частью стены совпадает с поясом каменных плит, расположенных от поверхности земли (+15 см) до глубины -40 см.

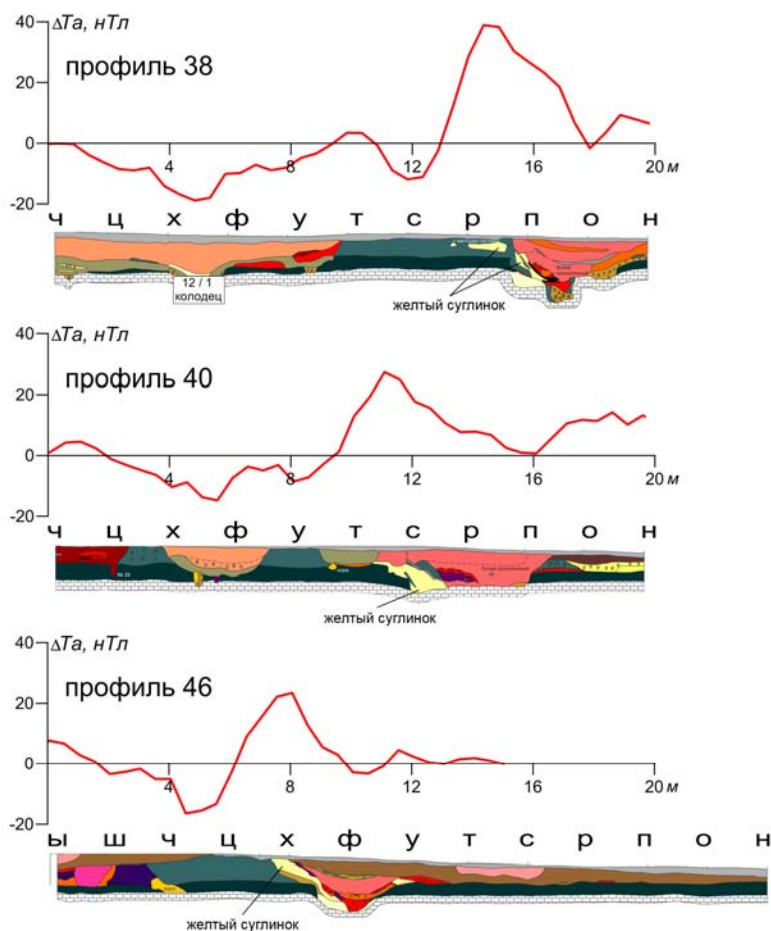


Рис. 4. Поселение Каменный Амбар. Раскоп 8. Сопоставление профилей и графиков магнитных аномалий.

Над фрагментами построек наблюдаются отрицательные магнитные аномалии, осложненные небольшими положительными аномалиями. Скорее всего, последние созданы слоями обожженной глины. В конце этого раздела отметим, что раскопками в пределах постройки 12 северного поселка частично был вскрыт колодец. Положение этого колодца показано на профиле 38 (рис. 4). В магнитном поле над колодцем можно выделить небольшую отрицательную аномалию.

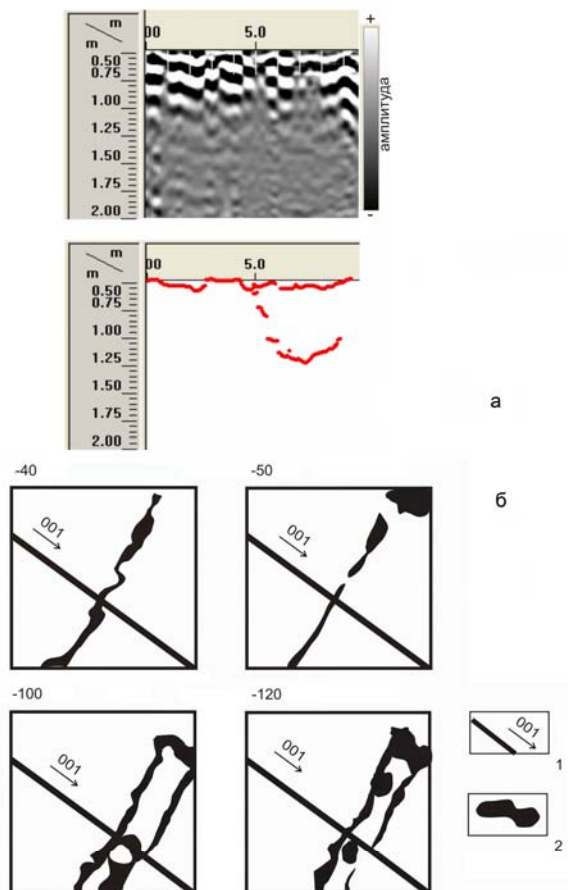
#### Георадарная съемка

У георадарной съемки репутация одного из самых сложных геофизических методов, применяемых в археологических исследованиях. Но возможность произвести высококачественные дву- и трехмерные изображения подземных объектов перевешивает относительную сложность метода в сборе данных и их обработке.

Георадарные данные обычно собираются вдоль профиля или близко расположенных параллельных профилей. Каждый профиль состоит из записей многих тысяч радиоволн, отраженных от границ в грунте. Это активный метод, с помощью которого передаются электромагнитные импульсы от антенн на поверхности в землю, затем измеряется время от момента передачи импульсов в исследуемый грунт до момента их получения назад к поверхности приемной антенной. Время прохождения волн измеряется в наносекундах. По мере передвижения антенны вдоль земной поверхности отдельные отражения записываются на расстояниях от 2 до 10 см вдоль профиля. Форма отдельных отраженных волн, которые получены изнутри зем-

### Возможности синтеза геофизической и археологической информации...

ли, затем оцифровывается в трассу, которая является серией волн, отраженных назад к одной точке на поверхности. Когда много трасс сложено рядом последовательно одна с другой, создается двухмерный вертикальный разрез вдоль профиля, по которому была перемещена антенна. Тысячи отраженных трасс от нескольких профилей могут затем анализироваться для создания и двух- и трехмерных изображений объектов, находящихся ниже поверхности.



**Рис. 5.** Поселение Каменный Амбар. Раскоп 8. Результаты обработки и интерпретации георадарного профиля. Ниже красным цветом показаны отражающие границы (а). Погоризонтные планы раскопок (б): 1 — положение, направление и номер георадарного профиля; 2 — расположение оранжевого прокала и прокаленной глины.

Поскольку радарные импульсы передаются через различные грунты, расположенные на их пути под землей к проложенному объекту, их скорость изменяется в зависимости от физических и химических свойств материалов, через которые они перемещаются. Когда время прохождения энергии импульсов измерено и их скорость через грунты известна, расстояние (или глубина) может быть точно определена. В настоящее время георадарные системы очень компактные и переносные. Некоторые недавно разработанные модули могут приводить в действие все радарное оборудование и компьютеры, необходимые для зондирования и полевой обработки, в течение многих часов с помощью нескольких маленьких аккумуляторов.

Эффективность применения георадарной съемки зависит от наличия на участке контраста в электромагнитных свойствах исследуемых грунтов, в частности относительной диэлектрической проницаемости. Проведенная ранее магнитная съемка поселения [Носкевич и др., 2010] показала, что эффективное картирование фортификационных сооружений и интерьера городища по данным магнитометрии обусловлено присутствием обожженной глины на местах оборонительной стены, колодцев, очагов и хозяйственных ям. Слои обожженной или прокаленной глины являются хорошей отражающей границей для электромагнитных волн [Conyers, 2004, Носкевич и др., 2012].



На поселении георадарная съемка использовалась для уточнения положения внешней части оборонительной стены и рва. С этой целью был пройден профиль длиной 9,7 м на стыке северной и южной частей поселения. Для исключения влияния помех и сглаживания отражающих границ использовался дискретный режим измерений с интервалом по профилю 0,1 м. Профиль ориентировался перпендикулярно простиранию стены со рвом (рис. 1). Проверка полученных данных осуществлялась последующими раскопками.

Рассмотрим результаты обработки и интерпретации профиля (рис. 5, а). Отражающая граница рва начинается на пятом метре от начала профиля и доходит до глубины 1,25 м между 7-м и 8-м метрами. Дальнейшие раскопки подтвердили положение границы рва. На планах горизонтов (рис. 5, б) черным цветом показано положение слоев, наиболее контрастных по относительной диэлектрической проницаемости, и положение георадарного профиля. Эти слои, представляющие собой прокаленную глину (до состояния кирпича), согласуются с положением отражений на профиле.

### **Реконструкция истории жизни поселения**

Факты, полученные благодаря применению геофизических и археологических методов, позволяют не только уточнить и скорректировать интерпретацию исходных данных, но и сформулировать вариант реконструкции истории жизни поселения, т.е. придать статичной картине археологического источника элементы динамики. С нашей точки зрения, единственным объяснением наблюдаемой сложной картины является длительность ее формирования.

На первом этапе были сооружены внешняя линия фортификации и связанные с ней блоки застройки. Подчеркнем, что северо-восточная и юго-западная части поселения, видимо, возводились одновременно. На исследованном участке разрыв в линии обороны связан с входом во внутренне пространство городища. На это указывают следы мощных столбов, заполненных прокаленным грунтом, которые расположены непосредственно на линии внешней стены. Расстояние между ними составляет около 3 м, что совпадает с ранее исследованным входом в северо-восточной стене [Корякова и др., 2011, с. 65]. В раскопе 8 обнаружено меньшее количество столбов, однако это может быть объяснено поздними разрушениями части системы и отсутствием следов ремонта (более короткой историей функционирования). Такая интерпретация косвенно подтверждается единством планировочной схемы двух частей поселения, которое было установлено в ходе исследования раскопа 7<sup>5</sup>.

При таком варианте интерпретации парадоксальный облик оборонительной системы с зияющим разрывом находит разумное объяснение, как и зафиксированная магнитосъемкой аномалия в напольной части. Последняя, скорее всего, является результатом вытаптывания участка на выходе из поселения. В ходе раскопок визуальных подтверждений реальности этой аномалии получено не было.

Следующая фаза истории памятника связана с сокращением площади поселения практически вдвое, о причинах которого можно только догадываться. На этом этапе продолжает функционировать северо-восточная половина. Особенности сплошной блочной застройки неизбежно требовали замкнуть контур с юго-запада, что и было сделано путем возведения новой стены и выкапывания рва. Не исключено, что для облицовки камнем этой конструкции плиты были взяты с заброшенных участков. Новый ров был соединен с существующим и частично уничтожил конструкцию входа.

Длительность существования поселения в таком виде не поддается надежной оценке, но следы ремонтов построек хорошо читаются, как подновления внешнего рва. На какое-то время площадка оказалась заброшена и все сооружения руинированы. Новые группы пришли сюда уже по прошествии значительного времени, хотя при возведении постройки 12 они явно использовали имеющиеся особенности рельефа<sup>6</sup>.

### **Заключение**

Магнитная съемка многих поселений эпохи бронзы на Южном Урале хорошо зарекомендовала себя при картировании фортификационных сооружений и интерьера городищ. Это объяс-

<sup>5</sup> На этом участке был исследован фрагмент «улицы» и обрамляющие ее по двум сторонам блоки построек. При этом «улица» в юго-западной части поселения располагалась в створе с северо-восточной половиной и выглядела как ее продолжение.

<sup>6</sup> Это утверждение может быть распространено и на другие котлованы построек, из которых меньшинство исследованы раскопками. Границы их котлованов зачастую тяготеют к внутреннему контуру развала стены.

## Возможности синтеза геофизической и археологической информации...

няется наличием в культурном слое обожженной глины и других грунтов с магнитными свойствами, повышенными по сравнению с окружающими почвами. Применение магнитной съемки в процессе раскопок позволяет повысить достоверность интерпретации аномалий и связать их с конкретными структурами археологических памятников.

Использование георадарной съемки на поселении Каменный Амбар также показало эффективность этого метода при оценке мощности фрагмента стены и глубины рва. Полученные результаты позволяют оптимизировать методику съемки. Благодаря контрасту электрических свойств различных слоев удалось выделить отражающие границы на разрезах вдоль профилей, что в перспективе дает возможность использовать георадар при исследовании многослойных археологических памятников.

В целом сопоставление геофизических и археологических результатов продемонстрировало высокую степень их сходимости. Однако методы являются не альтернативными, а взаимодополняющими, синтез информации обогащает возможности интерпретации. Нами продемонстрированы лишь некоторые из перспектив такого «сотрудничества», спектр которых заметно шире. Надеемся, что наш опыт будет способствовать максимально широкому привлечению геофизических методов к практике археологических исследований.

---

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

---

Зданович Г.Б., Батанина И.М. Аркаим — «Страна городов»: Пространство и образы. Челябинск: Крокус, 2007. 260 с.

Корякова Л.Н., Краузе Р., Епимахов А.В., Шарапова С.В., Пантелеева С.Е., Берсенева Н.А., Форнасье Й., Кайзер Э., Молчанов И.В., Чечушков И.В. Археологическое исследование укрепленного поселения Каменный Амбар (Ольгино) // Археология, антропология и этнография Северной Евразии. 2011. № 4. С. 61–74.

Корякова Л.Н., Краузе Р., Епимахов А.В., Шарапова С.В., Форнасье Й., Пантелеева С.Е., Берсенева Н.А., Носкевич В.В., Зайков В.В., Рассадников А.Ю. Новейшие исследования поселений эпохи бронзы в долине р. Карагайлы-Аят // XVIII Урал. археол. совещ.: Культурные области, археологические культуры, хронология: Материалы XVIII Урал. археол. совещ. Уфа: Изд-во БГПУ, 2010. С. 145–148.

Муравьев Л.А., Носкевич В.В., Федорова Н.В. Результаты магнитометрических исследований археологических памятников на Южном Урале // Урал. геофиз. вестн. 2009. № 1. С. 44–49.

Носкевич В.В., Федорова Н.В., Корякова Л.Н., Шарапова С.В. Геофизика и археология бассейна реки Карагайлы-Аят // УИВ. 2012. № 4. С. 60–69.

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

Пунегов Б.Н. Микромагнитная съемка при археологических исследованиях (на примере Аркаима) // Урал. геофиз. вестн. 2009. № 1. С. 55–58.

Тибелиус В.Я. Результаты геофизических исследований на Аркаиме // Россия и Восток: Проблемы взаимодействия. Ч. V, кн. 2. Челябинск: ЧелГУ, 1995. С. 76–79.

Федорова Н.В., Носкевич В.В. Реконструкция планировки укрепленных поселений эпохи бронзы на Южном Урале: (Ольгино и Коноплянка по результатам детальной магнитной съемки) // Урал. геофиз. вестн. 2012. № 1. С. 52–59.

Хэнкс Б.К., Чечушков И.В., Дунан Р.К., Питман Д., Мужич Б., Медарич И., Мори М. Гл. 14: Новейшие результаты и перспективы исследований микрорайона древнего расселения Устье и долины реки нижний Тогузак // Древнее Устье: Укрепленное поселение бронзового века в Южном Зауралье / Отв. ред. Н.Б. Виногорадов; Науч. ред. А.В. Епимахов. Челябинск: Абрис, 2013. С. 393–416.

Conyers L.B. Ground-penetrating Radar for Archaeology. Walnut Creek: AltaMira Press, CA, 2004. 203 p.

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 prahistorischen Archäologie. Bonn Rudolf Habelt. GMBH, 2009. P. 421–430.

Multidisciplinary investigations of the Bronze Age settlements in the Southern Trans-Urals / R. Krause, L. Korjakova (eds). Frankfurt-on-Main: Rudolf Habelt. GMBH. 2013. 352 p.

\*Челябинск, ИИА УрО РАН,  
Южно-Уральский филиал  
bersnatasha@mail.ru  
eav74@rambler.ru

\*\* Екатеринбург, Институт геофизики  
им. Ю.П. Булашевича УрО РАН  
ubistu@gmail.com  
nataliafv50@mail.ru

**Н.А. Берсенева, А.В. Епимахов, В.В. Носкевич, Н.В. Федорова**

*The article represents results of excavations and geophysical investigations at the Bronze Age settlement of Kamenny Ambar. They undertook correlation of the magnetic and GPR data with the excavation results. Using geophysical methods during excavations allows to increase the interpretation reliability of anomalies, connecting those with specific structures of archaeological sites. Subject to presentation being a reconstruction version of the settlement's life history.*

**Bronze Age, archaeology of settlements, the Sintashta culture, fortification, archaeological geophysics, magnetic observation, ground penetrating radar (GPR).**