

УДК 550.8.056

## МАГНИТНАЯ СЪЕМКА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ БРОНЗОВОГО ВЕКА НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

© 2014 г. Н.В. Фёдорова, В.В. Носкевич, В.С. Иванченко,  
А.С. Бебнев, А.В. Маликов

*Институт геофизики им. Ю.П. Булашевца УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

Рассматриваются результаты микромагнитной съемки археологических укрепленных поселений бронзового века на Южном Урале. По полученным магнитным картам городищ Ольгино, Коноплянка и Сарым-Саклы уверенно определяется положение остатков внешних валов, рвов, оборонительных стен. Результаты съемки использованы для реконструкции внутренних интерьеров сооружений, обнаруженных на территории поселений. Для установления деталей устройства древних городищ применялись различные трансформации магнитных данных, что связано с их значительной “зашумленностью” аномалиями от приповерхностных источников. Полученные результаты позволили восстановить внутреннюю планировку исследованных исторических объектов.

**Ключевые слова:** микромагнитная съемка, Южный Урал, фильтрация, археология, поселения бронзового века.

### Введение

В современной археологии на начальном этапе поиска и локализации древних памятников используются методы, которые не нарушают целостность исторических объектов, – дешифрирование космических и аэрофотоснимков, геофизические методы.

В конце 70-х годов двадцатого века на Южном Урале был обнаружен целый ряд обширных укрепленных поселений с замкнутой системой обороны, датируемых как объекты XXI–XVIII вв. до нашей эры. К настоящему времени по результатам дешифрирования аэрофотоснимков открыто более 20 подобных поселений, которые сосредоточены на достаточно компактной территории в 80 тыс. кв. км, получившей название Страны городов [Зданович, Батанина, 2007]. В течение многих лет на территории Страны городов проводился выпас скота, земли использовались под посев различных культур. В результате этих действий ряд поселений оказался почти полностью разрушенным, жилищные впадины и грунтовые насыпи курганов – распаханными. Во многих случаях для разрушенных и погребенных археологических объектов с помощью дешифрирования космических и аэрофотоснимков удавалось определить лишь их контуры. Возможность восстановить внутреннюю планировку поселений, получить более детальную информацию об особенностях строения исторических памятников, не охваченных раскопками, дают геофизические методы.

Изучение памятников Страны городов геофизическими методами проводятся с 1995 г. (см., например, [Тибелиус, 1995; Merrony, 2005; Муравьев, Носкевич, Фёдорова, 2009; Пунегов, 2009] и др.). Исследования, выполненные в 2009–2011 гг. в рамках проекта Уральского отделения РАН “Междисциплинарное исследование памятников эпохи бронзы Южного Урала”, показали, что среди геофизических методов наиболее информативным для решения археологических задач является микромагнитная съемка [Фёдорова и др., 2010]. Детальная магнитная съемка в рамках названного проекта была выполнена на территории трех укрепленных поселений – городищ Ольгино (Каменный Амбар), Коноплянка и Сарым-Саклы. По зафиксированным при съемке магнитным аномалиям удалось установить точное положение внешних и внутренних оборонительных стен

и получить новые сведения о строении городищ. Построенные карты аномалий магнитного поля позволяют археологам более целенаправленно выбирать места для раскопок, значительно снижая риск их проведения “вслепую”.

В процессе исследований совершенствовались методические приемы съемки и обработки данных. В настоящей работе описана методика микромагнитной съемки и представлены результаты проведенных геофизических исследований трех названных городищ.

### Описание памятников

Два из исследованных поселений – городища Ольгино (Каменный Амбар) и Коноплянка – расположены на расстоянии 20 км друг от друга в Карталинском районе Челябинской области в бассейне р. Карагайлы-Аят.

Городище Ольгино было названо так в 1982 г. его первооткрывателем Ю.В. Тарасовым [1983]. Наличие замкнутой системы фортификаций поселения установлено по аэрофотоснимкам и визуально подтверждено археологическими экспедициями [Костюков, 1992; Виноградов, 2003]. Поселение в пределах укреплений занимает площадь более 20 тыс. кв. м. Раскопки на территории городища были начаты в 1992 г. в его восточной части на площади ~200 кв. м [Виноградов, 2007]. С 2005 г. ежегодно в летний период раскопки на территории поселения проводятся силами сотрудников Института истории и археологии УрО РАН и Южно-Уральского государственного университета под руководством Л.Н. Коряковой и А.В. Епимахова [Корякова и др., 2010, 2011].

Городище Коноплянка расположено в верховьях р. Карагайлы-Аят на берегу ее притока – р. Акмулла. Поселение было открыто по результатам дешифрирования аэрофотоснимков [Зданович, Батанина, 2007]. Первый раскоп на территории Коноплянки заложен в 2012 г. сотрудниками Института истории и археологии УрО РАН. Общая площадь поселения составляет ~15000 кв. м; внутри фортификаций находится около 8400 кв. м.

В 70 км от поселения Коноплянка находится третье из исследованных авторами поселений – городище Сарым-Саклы, расположенное в Кизильском районе Челябинской области на надпойменной террасе р. Зингейка. Общая площадь поселения, открытого в 1987 г. И.М. Батаниной по результатам дешифрирования аэрофотоснимков [Зданович, Батанина, 2007], составляет около 13000 кв. м.

Геофизические исследования на территории городища Ольгино были начаты в 2005 г. сотрудником Шеффилдского университета (Великобритания) К. Меррони, выполнившим магнитную пешеходную съемку всей площади поселения феррозондовым однокомпонентным магнитометром *Geoscan FM18* [Merrony, 2005]. Наблюдения проводились с разрешением 1 точка на 1 кв. м; погрешность съемки составила  $\pm 1-2$  нТл. Результатом исследований стала карта вертикальной составляющей магнитной индукции для территории поселения, называемая картой Меррони [Merrony, Hanks, Doonan, 2009]. Несмотря на то, что съемка проводилась с невысоким пространственным разрешением, по форме положительных аномалий на карте достаточно четко можно проследить общие черты строения памятника: положение оборонительных стен (северной, восточной, западной и небольшой части южной), внутренних стен, разделяющих поселение на две части – северную и южную. Для уточнения планировки поселения, локализации фортификационных сооружений и хозяйственных построек требовалось проведение более детальной магнитной съемки.

В 2007–2012 гг. в рамках междисциплинарных проектов Президиума УрО РАН на территории всех трех поселений Институтом геофизики УрО РАН были выполнены

геофизические исследования, в частности, микромагнитная съемка по плотной сети измерений ( $0.5 \times 0.5$  м)<sup>1</sup>. На построенной нами магнитной карте северной части поселения Ольгино более четко и детально, чем на карте Меррони, выделяются аномалии от внутренних стен жилищ.

Археологические исследования памятников Страны городов проводились в рамках совместного российско-германского проекта при участии зарубежных ученых [Krause et al., 2010]. Так, в 2009 г. градиентная магнитная съемка всего поселения Ольгино и его окрестностей была выполнена германским геофизиком А. Патцельтом, который использовал магнитометр-градиентометр с восьмью датчиками *Fluxgate Gradientometer Ferex 4.032 DLG*. Съемка проводилась в режиме непрерывного движения вдоль профилей. Расстояния между профилями составляло 0.5 м, между точками измерений на профиле – 0.20–0.30 м. Магнитная карта, построенная по этим данным, в своей северной части практически совпадает с построенной нами [Фёдорова, Носкевич, 2012] и не выявляет каких-либо новых деталей в этой части городища. В южной части поселения Ольгино, несмотря на то, что карта А. Патцельта [Multidisciplinary..., 2013] основана на более детальных по сравнению с картой Меррони [Merrony, Hanks, Doonan, 2009] измерениях, обнаружить на ней четких структурных элементов, по которым можно было бы восстановить планировку этой части городища, также не удалось.

### Методика съемки и аппаратура

Магнитная съемка – один из самых популярных методов в археологической геофизике. При наличии контраста в магнитных свойствах археологических объектов и вмещающей их среды метод позволяет картировать фортификационные сооружения поселений, детализировать внутренний “интерьер”, находить погребения и другие структуры в древних курганах. Успех применения геофизического обследования зависит от многих факторов; помехами при съемке чаще всего оказываются свойства почвы.

Известно, что магнитная восприимчивость обычного грунта составляет  $(20-80) \cdot 10^{-5}$  ед. СИ. По результатам лабораторных исследований физических свойств образцов обожженной глины, взятых из раскопов в поселении Ольгино, установлено, что их магнитная восприимчивость меняется от  $280 \cdot 10^{-5}$  до  $400 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ. Близкие значения магнитной восприимчивости получены по результатам полевых измерений на раскопе того же поселения [Муравьев, Носкевич, Фёдорова, 2009]. Таким образом, наблюдаемый при проведении съемки на археологических памятниках контраст магнитных свойств его отдельных составляющих может быть основанием для уверенного выделения магнитных аномалий от древних построек и их интерпретации.

На начальном этапе исследований непосредственно на раскопах поселения Ольгино были проведены оценочные магнитометрические работы и выделены аномалии магнитной индукции археологической природы. Интенсивность аномалий модуля  $\Delta T_a$  над оборонительной стеной достигала 40 нТл, а над постройками в пределах поселения редко превышала 10 нТл. Чтобы минимизировать погрешности измерений, необходимо снизить влияние магнитных помех, создаваемых оператором и аппаратурой. Для этого были изготовлены подвижные платформы из немагнитного материала, на которых размещались блок аппаратуры для записи измерений и крепились датчики магнитометра.

Перед выполнением магнитных измерений с помощью металлодетектора *MineLab Explorer II* участок очищался от техногенного железного мусора, вносящего суще-

---

<sup>1</sup> Результаты съемки для поселений Ольгино и Коноплянка см. в [Носкевич, Фёдорова, Муравьев, 2010; Фёдорова, Носкевич, 2012].

ственные помехи в результаты измерений. Для съемки использовались отечественные и зарубежные магнитометры и градиентометры – POS-1 и POS-2, ММПГ-1, Scintrex SM-5 с чувствительностью не хуже 0.01 нТл. В полевых условиях погрешность измерений может составить от  $\pm 0.5$  до  $\pm 2$  нТл [Муравьев, 2011].

На поселениях Ольгино и Коноплянка съемка проводилась по предварительно подготовленной сети с шагом наблюдений  $0.5 \times 0.5$  м. Участок съемки разбивался на планшеты с размерами  $20 \times 20$  м. Профили ориентировались на магнитный север. Направление съемки менялось на противоположное с переходом на каждый следующий профиль. Измерения выполнялись с полной остановкой прибора, датчики магнитометра, располагаемые на высоте 0.35 и 2.15 м от поверхности земли, точно центрировались над пунктом наблюдения.

Используемый для регистрации геомагнитных вариаций магнитометр POS-1 записывал данные через каждые 3 с. При внесении поправок за вариации в рядовые измерения выполнялась линейная интерполяция. Данные измерений по каждому из планшетов объединялись в один файл; по этим файлам и строились магнитные карты.

В результате съемки получены карты поля абсолютных значений модуля магнитной индукции  $T$  на двух уровнях от поверхности земли (0.35 м и 2.15 м) и карта  $\Delta T$ , отображающая разность между данными, измеренными нижним и верхним датчиками. Для локализации аномалий от археологического объекта данные верхнего датчика можно рассматривать как региональную составляющую. Поэтому карты для территории поселений Ольгино и Коноплянка построены в виде разности показаний двух датчиков. Данные измерений нижнего датчика использовались для интерпретации магнитных аномалий над отдельными объектами [Носкевич, Фёдорова, Муравьев, 2010; Noskewich, Fedorova, Sobolev, 2010].

При анализе данных, полученных при съемке на городищах Ольгино и Коноплянка, были выявлены некоторые ошибки, возникающие из-за того, что съемка на этих объектах проводилась в течение нескольких полевых сезонов разными приборами, а также из-за погрешности совмещения сетей наблюдений. Поэтому нам пришлось изменить некоторые методические приемы микромагнитной съемки и на поселении Сарым-Саклы выполнить наблюдения с использованием измененной методики.

Съемка на поселении Сарым-Саклы выполнялась градиентометром SM-5 Navmag в режиме непрерывного движения вдоль профиля. Датчики градиентометра располагались на высотах 0.25 и 2 м от поверхности земли; период измерения составлял 1 с; масштаб съемки – 1:50. Исследуемая территория была разбита на квадратные участки размером  $40 \times 40$  м. Одна из сторон квадрата с помощью буссоли была ориентирована по магнитному меридиану. На каждом квадрате выполнялось по 81 проходу с регистрацией модуля геомагнитного поля на двух указанных высотах. Все проходы выполнялись в одном направлении – на магнитный север.

Для контроля и учета вариаций геомагнитного поля во время съемки на участке работ устанавливалась вариационная станция, в качестве которой использовался магнитометр POS-1 с периодом измерений 3 с. Синхронизация времени измерений как градиентометра, так и вариационной станции осуществлялась с помощью GPS-приемников, входящих в состав используемой аппаратуры. Регистрация координат пунктов измерений также проводилось по GPS. В течение всего периода съемки наблюдались спокойные солнечно-суточные вариации геомагнитного поля, интенсивность которых достигала 60 нТл; интенсивность неперiodических бухтообразных вариаций не превышала 5 нТл.

Контрольные измерения были проведены для квадрата  $40 \times 40$  м в юго-восточной части территории поселения Сарым-Саклы, где интенсивность магнитного поля менялась в пределах 20 нТл. Интенсивность локальных аномалий при измерениях на высоте

0.25 м не превышала 5 нТл, а на высоте 2 м была не более 1 нТл. Значения, измеренные на высоте 2 м, сглаживались с использованием фильтра 3×3 (простое осреднение). Различия между единичными измерениями и сглаженными, в основном, колебались в пределах  $\pm 0.5$  нТл, изредка превышая 1 нТл.

Использование такой методики позволило сократить время на картирование археологического объекта – съемка городища Сарым-Саклы, занимающего площадь более 24 тыс. кв. м (около 60 тысяч точек измерений), была проведена за 10 дней. Совершенствование методических приемов съемки привело также к повышению качества построенных карт. В следующем разделе статьи, содержащем описание результатов исследований, приводятся рисунки, подтверждающие, что при использовании одного прибора значительно снизились погрешности, возникающие на стыках отдельных планшетов и приводящие к появлению ложных аномалий.

Аномалии магнитного поля, наблюдаемые на археологических объектах, в большинстве случаев очень сложны, что связано с рядом причин [Breiner, 1999]. Поскольку источники, создающие аномалии, находятся неглубоко, они расположены близко к нижнему датчику магнитометра, подчеркивая экстремально сложную природу “ближнего поля” любого магнитного объекта. Часто очень ярко проявляется влияние почв, содержащих магнитные минералы, в основном, маггемит и магнетит. Первый из них образуется из немагнитных окислов железа вследствие деятельности человека (распашка, выпас скота, дороги); второй входит в группу самых устойчивых минералов и обычно присутствует в почве в больших количествах, чем другие минералы. Поверхностный магнетит под действием атмосферных осадков собирается в маленькие карманы, образуя скопления, являющиеся источниками магнитного шума. Влияние этих факторов существенно усложняет магнитные аномалии от археологических объектов, “затеняя” их на картах. Интерпретатору приходится прибегать к приемам и методам, позволяющим исключить или уменьшить влияние помех, одним из которых является цифровая фильтрация данных измерений. Параметры фильтров подбираются в зависимости от цели исследований и известных особенностей археологического объекта.

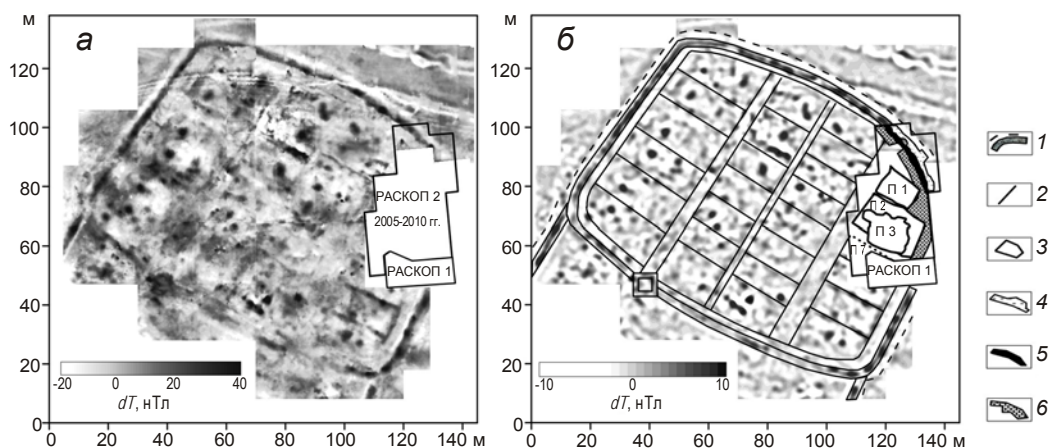
## Результаты исследований

### *Поселение Ольгино*

Результаты исследований, выполненных авторами на поселении Ольгино, в графическом виде представлены на рис. 1, где приведена карта локальной составляющей магнитного поля  $\Delta T$  до (а) и после (б) выполнения полосовой фильтрации. На рис. 1, б представлена также схема поселения, реконструированная по геофизическим и археологическим (в пределах раскопа 2) данным.

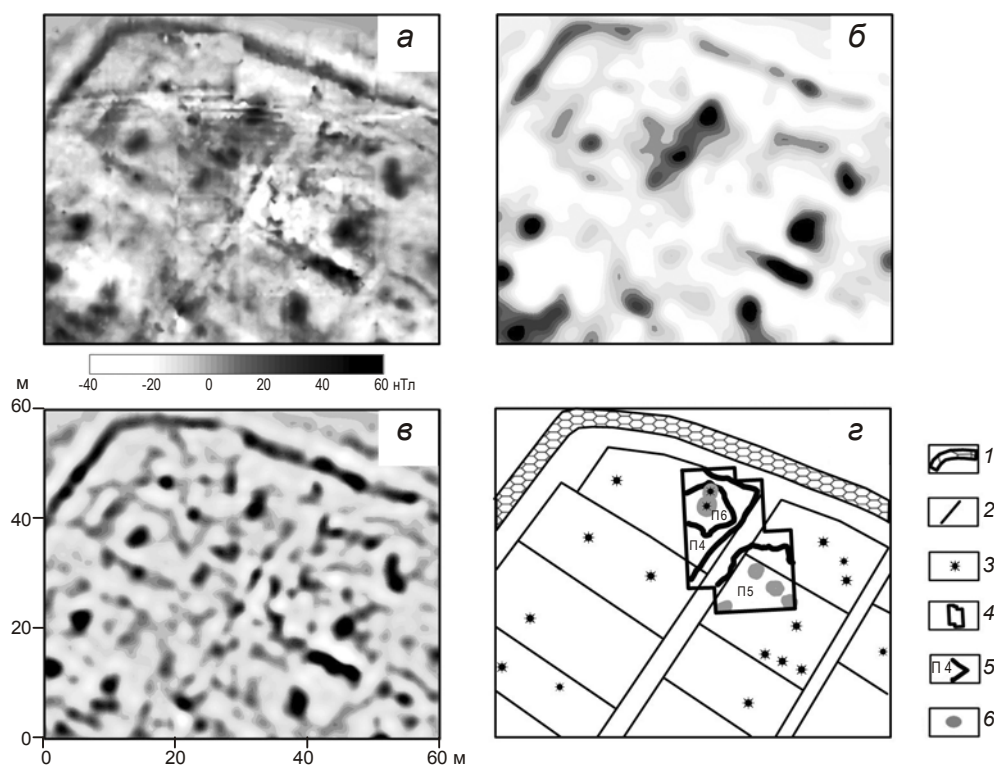
Аналогичные результаты для северной части поселения приведены на рис. 2; с их более детального описания мы начнем свой анализ.

Первоначально в целях выяснения внутреннего строения поселения была использована фильтрация данных для выделения линейных аномалий, связанных с фортификационными сооружениями, внутренними стенками и перегородками между жилищами. Для этого необходимо было удалить шум, вызванный повышенной намагниченностью фрагментов почвы и затенявший аномалии от более глубоких источников. В данном случае мешающий шум содержал как коротковолновые аномалии, так и аномалии значительных размеров, образованные впадинами от более поздних жилищ, ям, грунтовых дорог. Аномалии с поперечными размерами более 8 м показаны на рис. 2, б.



**Рис. 1.** Поселение Ольгино. Карта локальной составляющей магнитного поля (а) и результат полосовой фильтрации с нанесенной схемой поселения, реконструированной по геофизическим и археологическим (в пределах раскопа 2) данным (б)

1 – магнитные аномалии над оборонительными стенами и рвом; 2 – границы жилищ по геофизическим данным; 3 – границы жилищ по результатам раскопок; 4 – ров; 5 – каменные плиты с внешней стороны оборонительной стены; б – оборонительная стена; П – обнаруженные постройки (цифра – номер постройки, используемый в тексте)



**Рис. 2.** Карта локальной составляющей магнитного поля северной части поселения Ольгино (а), результаты фильтрации для выделения аномалий с разными размерами (б – >8 м; в – 1.5–8 м) и схема поселения, реконструированная по геофизическим данным и археологическим (в пределах раскопа 3) данным (г)

1 – магнитные аномалии над оборонительными стенами; 2 – границы жилищ по геофизическим данным; 3 – эпицентры интенсивных локальных аномалий; 4 – контур раскопа 2010 г.; 5 – границы жилищ по результатам раскопок; б – колодцы; П4–П6 – обнаруженные постройки, упоминаемые в тексте



Помехи, вызванные современной дорогой, отчетливо прослеживаются в северной части планшета. За пределами памятника над грунтовой дорогой четко выделяется отрицательная линейная аномалия шириной около 5 м (см. рис. 1, а). На территории городища над дорогой помимо отрицательной линейной аномалии присутствуют интенсивные положительные высокочастотные аномалии, объясняемые тем, что камни и обожженная глина из оборонительной стены были растащены колесами автомобилей. В связи с этим был использован фильтр, снижающий влияние аномалий с поперечниками <1.5 м и >8 м. На рис. 1, б и 2, в видно, что с помощью фильтров влияние коротковолновых шумов снижено, хотя полностью убрать помехи, связанные с дорогой, не удалось.

Особую группу на территории памятника формируют интенсивные аномалии изометрической формы, не превышающие в поперечнике 3–4 м. В западной части поселения просматривается определенная закономерность в положении таких аномалий (см. рис. 1, а) – все они расположены вдоль линии, проходящей параллельно западной оборонительной стене городища на расстоянии ~10–12 м от неё. Ещё два ряда аналогичных аномалий можно рассмотреть в северной части поселения.

В ряде случаев на магнитных картах наблюдается наложение полей изометрических интенсивных аномалий на поля более протяженных аномалий, контуры которых близки к прямоугольным. Этот факт, безусловно, свидетельствует о том, что в культурном слое внутренних помещений присутствует большое количество магнитных минералов. Скорее всего, эти аномалии создаются остатками печей от медеплавильного производства и колодцами, а также разнесенными по помещениям шлаками и частицами магнетита.

Две близко расположенные изометрические аномалии прослежены в пределах северного раскопа 3, заложенного в 2010 г. В этом месте на глубине 0.6 м при раскопках были обнаружены колодцы, отнесенные археологами к разным этапам функционирования поселения [Носкевич и др., 2012]. Северный (маленький) колодец находился в более ранней постройке синташтинского времени. В период поздней бронзы это строение, видимо, было нарушено более поздней постройкой, внутри которой обнаружен большой колодец глубиной 4 м с диаметром в основании около 2 м (см. рис. 2, г). Над другими колодцами, обнаруженными в пределах раскопа 3, заметные магнитные аномалии не прослежены.

На карте локальных аномалий магнитного поля всей территории поселения (см. рис. 1, а) наиболее четко проявляются аномалии, связанные с восточной, северной и западной оборонительными стенами. Южная стена, разделяющая поселение на две части – северную и южную, – отражена в магнитном поле фрагментами линейных аномалий небольшой интенсивности, которые в двух местах осложнены протяженными аномалиями неправильной формы. Возможно, что одна из этих аномалий создана развалами какого-то строения (на рис. 2, б это место отмечено квадратами).

В сложном рисунке аномалий на картах, тем не менее, можно проследить некоторые закономерности и наметить схему планировки изучаемого древнего поселения (см. рис. 2, б). Внутренняя планировка поселения обусловлена формой фортификации, в которую вписаны линейно расположенные блоки строений.

Северная огороженная часть поселения имела размеры ~120×90 м и состояла из четырех рядов жилищных отсеков. В каждом ряду располагалось не менее 6 жилищ. В нашем варианте реконструкции ширина помещений составляет от 7 до 10 м, а длина 20–24 м. Поселение просуществовало довольно продолжительное время (по данным углеродного анализа – около двух веков), и внутри него, по-видимому, происходили многочисленные перестройки.

Магнитные данные не позволяют разделить постройки на ранние и более поздние. Наибольшее затруднение при реконструкции планировки поселения Ольгино вызывает

южная часть центральных рядов, поскольку там отсутствуют значимые локальные аномалии. Надо учитывать также, что не все стены помещений были построены из обожженной глины, и поэтому эффекты от них не всегда проявляются на магнитных картах. Вследствие этих причин и тех обстоятельств, что стены памятника значительно руинированы, представляемый нами вариант реконструкции поселения составлен с определенной долей вероятности (особенно в южной части центральных рядов).

В отдельных местах отчетливо проявляются аномалии от стен жилищ, что позволяет уверенно выделить два прохода между рядами домов – западную и восточную “улицы”. Внешние ряды построек, как показали раскопки, торцами примыкали к оборонительной стене. Имелся ли проход между рядами домов в центральной части или же они имели смежные стенки, по магнитным данным определенно сказать нельзя. В северной части на картах нет “следов” от таких стен, хотя видно, что линейные аномалии от стен, разделяющих помещения в смежных рядах, не стыкуются. Поэтому нельзя исключить возможность существования центральной “улицы” поселения.

Наиболее интенсивные локальные аномалии, выявленные внутри построек, скорее всего, вызваны остатками медеплавильного производства – печами, связанными с ними колодцами. Пол вокруг теплотехнических сооружений содержал большое количество рассеянного магнетита, поэтому на магнитных картах вокруг интенсивных локальных аномалий могли образовываться заметные фоновые аномалии.

На схеме поселения (см. рис. 1, б) аномалии от оборонительной стены показаны сплошными линиями, от границы рва и внешнего вала – штриховой; внутренние стены и контуры жилищ обозначены линиями или ограничены прямоугольниками. Мы не стали отмечать объекты типа печь–колодец, поскольку соответствующие интенсивные локальные аномалии отчетливо видны на магнитных картах.

Адекватность предполагаемой планировки городища Ольгино подтверждается выборочными раскопками, проведенными в 2005–2011 гг. в северо-восточном (раскоп 2) и северо-западном (раскоп 3) секторах поселения. Результаты раскопок [Корякова и др., 2011] использованы при создании реконструкции, представленной на рис. 1, б.

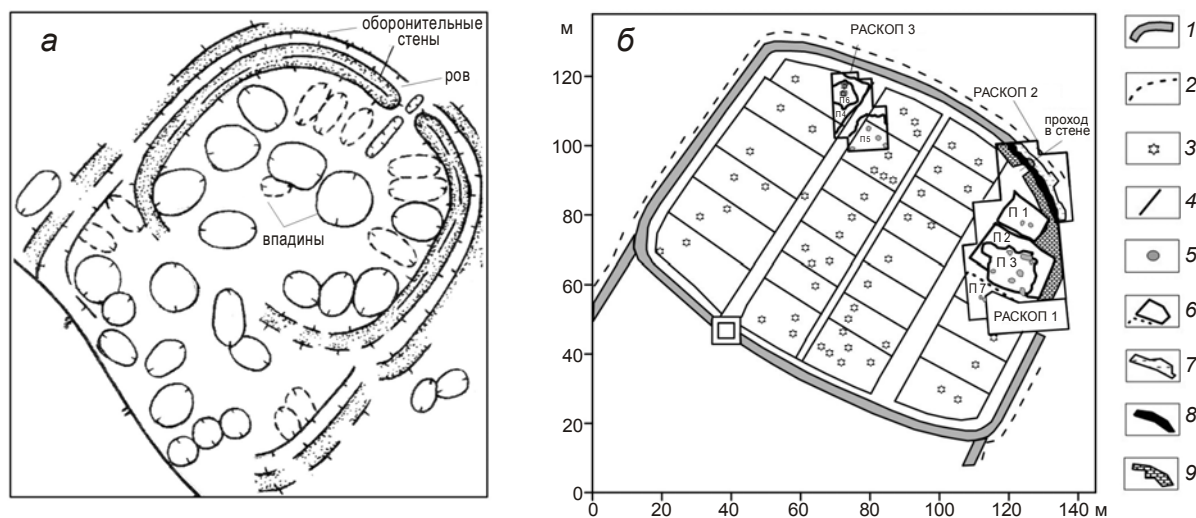
Были исследованы фортификационные сооружения – оборонительная стена, ров и внешний вал. В раскопах обнаружено четыре постройки (помещения), обозначенные на рис. 1, б как П 1, П 2, П 3, П 7. Постройка П 2 была нарушена более поздней постройкой П 3. В рассматриваемой части поселения выявлены многочисленные разновременные и разнотипные колодцы, два из которых находились внутри постройки П 1, семь – внутри П 2, один принадлежал П 3, два – П 7. На эту площадь на карте Меррони [Merroy, Hanks, Doonan, 2009] в пределах раскопа 2 отсутствуют интенсивные локальные аномалии. Так как эта карта основана на редкой сети измерений, то нельзя уверенно ответить на вопрос: создают ли какие-либо их обнаруженных колодцев аномалии магнитного поля.

В раскопанной северо-восточной части городища восточная “улица” заканчивалась проходом в оборонительной стене. Поэтому с определенной долей вероятности можно допустить, что и западная “улица” имела выход за пределы фортификации.

Место заложенного в 2010 г. в северо-западной части поселения раскопа 3 выбиралось археологами уже с учетом результатов магнитной съемки. В ходе работ на нем в течение 2011–2012 гг. был исследован северный участок западной “улицы” между двумя параллельными рядами построек. Были обнаружены две жилые постройки синташтинского времени (П 4, П 5) и небольшая постройка поздней бронзы (П 6), повредившая сооружение П 4 (см. рис. 2, з). Контуры построек раннего существования городища хорошо совпадают с контурами жилищ, определенными по магнитным данным [Носкевич и др., 2012].



Магнитная съемка выявила не только существенные различия в строении оборонительных сооружений, но и в структуре памятника. Обнаружена строгая (регулярная) планировка поселения. Реконструированная по геофизическим исследованиям схема памятника хорошо соответствует данным раскопок (рис. 3, а).



**Рис. 3.** Схемы поселения Ольгино, построенные по результатам дешифрирования аэроснимков (а) и по геофизическим и археологическим данным (б)

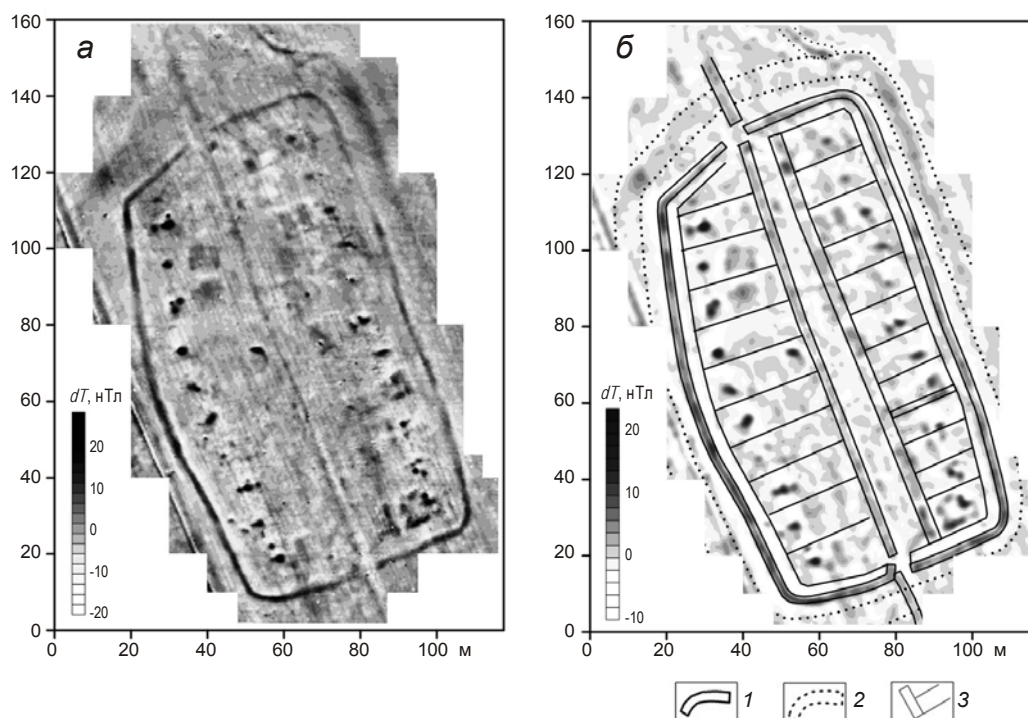
1 – контуры положительных магнитных аномалий над оборонительными стенами; 2 – внешний контур отрицательных аномалий над рвом; 3 – эпицентры интенсивных локальных аномалий; 4 – границы жилищ по геофизическим данным; 5 – колодцы; 6 – постройки; 7 – ров; 8 – каменные плиты с внешней стороны оборонительной стены; 9 – оборонительная стена

С помощью аэрофотометрии на территории поселения Ольгино обнаружены многочисленные хаотично расположенные впадины разных размеров. На рис. 3, б приведена схема, построенная по результатам дешифрирования аэроснимков [Зданович, Батанина, 2007]. Археологами установлено, что поселение многослойное и на протяжении многих веков использовалось различными культурами. По-видимому, впадины – следы более поздних поселений.

#### Поселение Коноплянка

По результатам магнитной съемки укрепленного поселения Коноплянка получена карта локальной составляющей магнитного поля всего археологического объекта, приведенная на рис. 4, а. Интенсивность выявленных аномалий значительно ниже, чем на поселении Ольгино. Возможно, что одна из причин этого – многолетняя распашка и растаскивание почв из культурного слоя по территории поселения. На карте полосы от распашки отчетливо проявляются в виде череды длинных линейных аномалий небольшой интенсивности, в основном, север–северо-западного направления, расположенных параллельно интенсивным линейным аномалиям, наличие которых вызвано присутствием канав, прокопанных по краю поля. В северо-восточной части планшета линии распашки плавно под прямым углом меняют направление. Отчетливо просматриваются многочисленные колеи, оставленные автомобилями, на фоне которых можно выделить коротковолновые аномалии от археологических объектов – фортификационных сооружений, внутренних стен жилищ, очагов, печей, колодцев.

На рис. 4, б представлена карта магнитных аномалий поселения Коноплянка после полосовой фильтрации. На карте хорошо выделяются аномалии от колодцев



**Рис. 4.** Поселение Коноплянка. Карта локальной составляющей магнитного поля (а) и результаты полосовой фильтрации с нанесенной схемой реконструкции поселения (б)

1 – оборонительные стены, 2 – внешний вал, 3 – границы жилищ

и печей внутри жилищ поселения, но нет таких ярких положительных аномалий от внутренних стен между жилищами, как на городище Ольгино. Лишь в юго-восточной части городища, ближе к центру, просматриваются две линейные аномалии. Возможно, что развалы стен внутренних помещений были значительно разрушены при рекультивации территории в прошлом веке, но нельзя исключить и того, что в этом поселении использовались другие приемы строительства.

Внутри поселения выделяются протяженная линейная аномалия северо-северо-западного направления и примыкающие к ней под прямым углом небольшие линейные аномалии. Эти аномалии, скорее всего, вызваны развалинами мощных стен, которые разделяли восточную часть городища на отдельные сектора. Большинство интенсивных локальных аномалий расположено в два ряда вдоль восточной и западной стен.

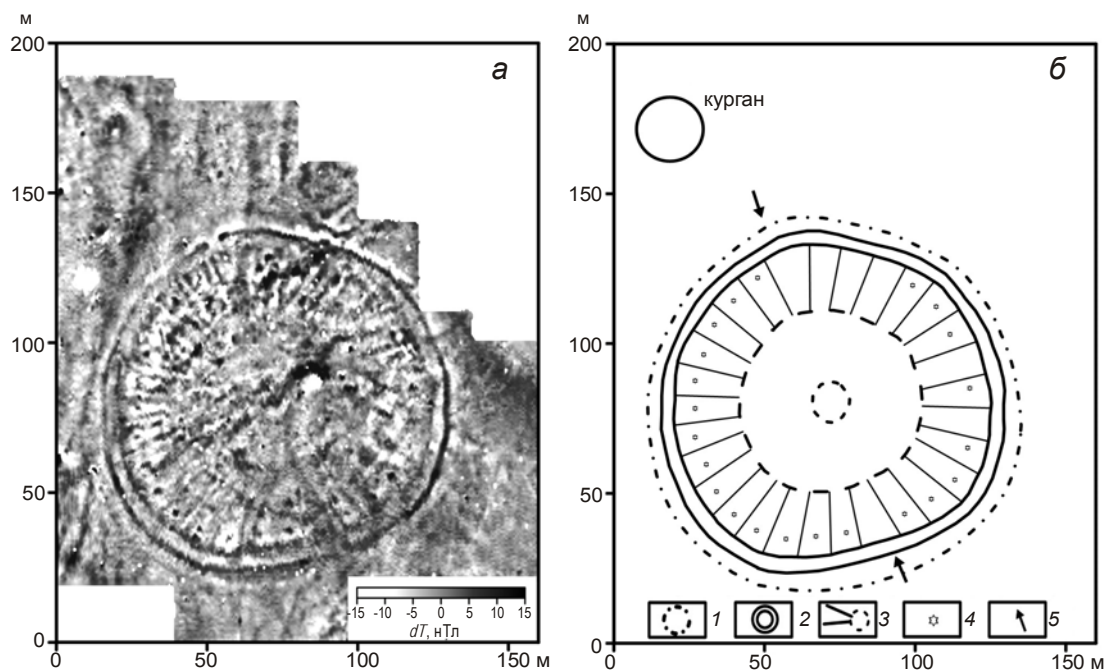
Реконструированная по результатам геофизических исследований схема поселения Коноплянка (см. рис. 4, б) демонстрирует устройство городища, которое имело размеры 150×100 м, было огорожено валом, рвом и оборонительной стеной. Отчетливо просматриваются два прохода в стенах – с севера и с юга. Внутри поселение разделено на две части, каждая из которых состояла из расположенных в ряд 11–12 жилищных отсеков. Ширина помещений варьирует от 7 до 11 м, длина составляет 15–24 м.

По сравнению с поселением Ольгино разделить поселение Коноплянка на жилищные отсеки было гораздо проще. Возможно, относительно простая картина распределения аномалий вызвана тем, что городище функционировало непродолжительное время.

#### *Поселение Сарым-Саклы*

Магнитная съемка территории поселения Сарым-Саклы выполнена в непрерывном режиме в пределах площади 160×190 м. По результатам измерений построена карта  $\Delta T$  магнитных аномалий как разность измеренных значений геомагнитного поля на

высотах 0.25 м и 2 м (рис. 5, а). При обработке данных применялись разные способы фильтрации, что позволило уверенно выделить границы фортификационных сооружений и внутренние радиальные стены, которые примыкают к оборонительной стене и разделяют общее пространство на сектора.



**Рис. 5.** Поселение Сарым-Саклы. Карта аномалий магнитного поля над поселением (а) и его реконструированная схема (б): 1 – ров; 2 – оборонительные стены; 3 – границы жилищ; 4 – колодцы; 5 – вход в поселение

Схема поселения Сарым-Саклы, реконструированная по геофизическим данным, приведена на рис. 5, б. Фортификационные сооружения поселения имели круглую форму (диаметр ~120 м) и состояли из двух кольцевых стен и рва. Внутренние радиальные стены длиной около 20 м примыкали к оборонительной и разделяли территорию вблизи нее на 29 жилищных секторов. Внутренняя кольцевая стена, которая, возможно, разделяла второй ряд жилищ, в магнитном поле не проявилась.

Средние размеры секторов – примерно 20×10 м. Внутри многих жилищ отчетливо выделяются локальные аномалии, по-видимому, создаваемые остатками колодцев. Эти аномалии расположены в правильном порядке – в центре жилищ и примерно на одинаковом расстоянии от оборонительной стены. По наличию разрывов в линейных магнитных аномалиях над фортификациями можно предположить, что поселение имело два входа – северный и южный.

В северо-западной части магнитной карты уверенно выделяется аномалия от могильного кургана диаметром 20–22 м (рис. 5, а). Отметим, что при выполнении съемки мы не смогли обнаружить этот курган, так как он практически не выделяется в современном рельефе местности; в магнитном поле наиболее четко фиксируются его северный и восточный края. Над центром и северо-западной частью кургана наблюдаются небольшие положительные магнитные аномалии.

### Заключение

Для картирования памятников бронзового века – укрепленных поселений, площадь каждого из которых составляет более 20000 кв. м, – проведены магнитные съемки,

позволившие получить детальные карты магнитных аномалий территории трех расположенных на Южном Урале городищ – Ольгино, Коноплянка и Сарым-Саклы.

Методические приемы съемки и обработки данных совершенствовались в процессе выполнения исследований, что сократило время, затрачиваемое на исследование одного памятника и повысило качество построенных карт.

Использование методов цифровой фильтрации данных дало возможность снизить влияние помех и выделить аномалии разной протяженности. Результаты фильтрации использованы для реконструкции внутреннего строения поселений.

Каждое из трех исследованных поселений имеет индивидуальное строение фортификационных сооружений и структуру внутренней застройки. Планировка поселения обусловлена формой фортификации. Построенные схемы позволяют оценить количество построек внутри городища и их размеры.

Археологические раскопки, проведенные на городище Ольгино, подтвердили результаты реконструкций, выполненных по магнитным данным.

Карты магнитных аномалий и построенные на их основе схемы внутреннего строения городищ дают возможность археологам более обоснованно намечать места будущих выборочных раскопов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке УрО РАН в рамках научного проекта № 12-М-456-2024 “Природа и общество Южного Зауралья в эпоху бронзы: междисциплинарный анализ археологических памятников”.

### Литература

- Виноградов Н.Б.* Отчет о полевых исследованиях в Курганской и Челябинской областях в 1990 г. Челябинск. 2003. Архив Института археологии РАН.
- Виноградов Н.Б.* Культурно-исторические процессы в степях Южного Урала и Казахстана в начале II тысячелетия до н.э. (памятники синташтинского и петровского типа): Автреф. дис. . . . докт. ист. наук. М., 2007. 40 с.
- Зданович Г.Б., Батанина И.М.* Аркаим – “Страна городов”. Пространство и образы. Челябинск: Крокус, 2007. 260 с.
- Корякова Л.Н., Краузе Р.Е., Епимахов А.В., Шарапова С.В., Форнасье И., Пантелева С.Е., Берсенева Н.А., Носкевич В.В., Зайков В.В., Молчанов И.В., Косинцев П.А., Росадчиков А.Ю.* Новейшие исследования поселений эпохи бронзы в долине р. Каргалы-Аят // Материалы XVIII Уральского Археологического Сопоставления. Уфа: БГПУ, 2010. С.145–148.
- Корякова Л.Н., Краузе Р., Епимахов А.В., Шарапова С.В., Пантелева С.Е., Берсенева Н.А., Форнасье И., 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.
- Костюков В.П.* Отчет о полевых археологических исследованиях в Карталинском и Нагайбакском районах Челябинской области в 1992 году. Челябинск, 1992 г. Архив Института археологии РАН.
- Муравьев Л.А.* Полевые исследования метрологических характеристик пешеходных магнитометров // Международный научно-технический и производственный журнал “Науки о Земле”. 2011. № 1. С.50–67.
- Муравьев Л.А., Носкевич В.В., Фёдорова Н.В.* Результаты магнитометрических исследований археологических памятников эпохи бронзы на Южном Урале // Уральский геофизический вестник. 2009. № 1. С.44–49.
- 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.
- Носкевич В.В., Фёдорова Н.В., Корякова Л.Н., Шарапова С.В.* Геофизика и археология бассейна реки Карагайлы-Аят // Уральский исторический вестник. 2012. № 4. С.60–69.



- Тарасов Ю.В.* Отчет об археологической разведке в Карталинском районе Челябинской области в 1982 году. Челябинск, 1983. Архив Института археологии РАН.
- Фёдорова Н.В., Носкевич В.В., Муравьев Л.А., Бебнев А.С.* Геофизическое обследование археологических памятников эпохи бронзы // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 37-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского. М.: ИФЗ РАН, 2010. С.368–372.
- Фёдорова Н.В., Носкевич В.В.* Реконструкция планировки укрепленных поселений эпохи бронзы на Южном Урале (Ольгино и Коноплянка по результатам детальной магнитной съемки // Уральский геофизический вестник. 2012. № 1. С.52–59.
- Breiner S.* Applications manual for portable magnetometers // Geometrics, 2190. Fortune Drive, San Jose, California 95131 USA, 1999. 58 p.
- Krause R., Korjakova L., Fornasier J., Šarapova S., Epimachov A., Pateleewa S., Berseneva N., Molčanov I., Kalis A., Stobbe A., Thiemeyer H., Wittig R., König A.* Befestigte Siedlungen bronzzeitlichen Sintašta Kultur im Transural, Westsibirien (Russische Föderation) // Eurasia Antiqua. 2010. V. 16. P.97–129.
- Merrony C.* Investigating the Bronze Age of Southern Siberia // 2005. <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 // Metalsand Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway. Universitäts forschungen zur prahistorischen Archaologie. Bonn, 2009. P.421–430.
- Multidisciplinary investigations of the Bronze Age settlements in the Southern Transurals (Russia) / Eds R. Krause, L.N. Koryakova. Bonn: Habelt-Verlag, 2013. 352 p.
- Noskewich V.V., Fedorova N.V., Sobolev O.L.* Reconstruction of Archaeological Fortified Settlements of Southern Ural Mountains, of a Bronze Age on the Magnetic Data // Near Surface Geoscience 2012 – 18th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics. France, 2012. P.1–4.

#### *Сведения об авторах*

**ФЁДОРОВА Наталья Васильевна** – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН. 620016, г. Екатеринбург, ул. Амурдсена, д. 100. Тел.: (343) 267-88-72. E-mail: nataliavf50@mail.ru

**НОСКЕВИЧ Владислав Витальевич** – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН, 620016, г. Екатеринбург, ул. Амурдсена, д. 100. Тел.: (343) 267-88-72. E-mail: ubistu@gmail.com

**ИВАНЧЕНКО Виктор Сергеевич** – кандидат геолого-минералогических наук, заместитель директора института, Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН. 620016, г. Екатеринбург, ул. Амурдсена, д. 100. Тел.: (343) 267-88-72. E-mail: ivanchenko\_05@mail.ru

**БЕБНЕВ Алексей Сергеевич** – инженер, Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН. 620016, г. Екатеринбург, ул. Амурдсена, д. 100. Тел.: (343) 267-88-72. E-mail: bebnev-a@arudaemon.gsras.ru

**МАЛИКОВ Александр Владимирович** – инженер, Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН. 620016, г. Екатеринбург, ул. Амурдсена, д. 100. Тел.: (343) 267-88-72. E-mail: Sankya1586@mail.ru

## A MAGNETIC SURVEY OF THE BRONZE AGE ARCHAEOLOGICAL SETTLEMENTS IN THE SOUTH URALS

N.V. Fedorova, V.V. Noskewich, V.S. Ivanchenko, A.S. Bebnev, A.V. Malikov

*Bulashevich Institute of Geophysics of Urals Branch RAS, Ekaterinburg, Russia*

**Abstract.** A detailed micromagnetic survey of Bronze Age archaeological fortified settlements in the South Urals is being discussed. The resulting magnetic maps of Olgino, Konoplyanka and Sarym-Sakly settlements the positions of the remains of the external ramparts, ditches, and defensive walls are confidently defined. The results of the magnetic survey were used for reconstruction of internal interiors of settlements. The data of the magnetic survey contains a noise caused by near-surface sources. In order to investigate the details of the structure of the ancient settlement sites various kinds of transformation of the magnetic data have been applied which is in connection with their considerable noise pollution from surface sources. This data allows to restore the internal lay-out of ancient settlement sites.

**Keywords:** micromagnetic survey, Southern Urals, filtration, archaeology, Bronze Age settlements.