УДК 550.8.056

КАРТИРОВАНИЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТОМЕТРИИ

Носкевич В.В., Федорова Н.В., Муравьев Л.А. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. По результатам микромагнитной съемки археологического памятника бронзового века Коноплянка, расположенного на Южном Урале в Челябинской области, определено местоположение укрепленного поселения, выделены оборонительные стены со рвом и расположение части внутренних жилищ поселения с хозяйственными ямами и очагами. На кургане более позднего происхождения выявлена аномальная зона модуля магнитной индукции, достигающая 300 нТл.

Магнитная съемка, археологический памятник, укрепленное поселение, курган, интерпретация магнитных аномалий.

MAPPING OF ARCHAEOLOGICAL SETTLEMENT BY MEANS OF MAGNITOMETER

Noskevich V.V., Fedorova N.V., Muraviev L.A. – Institute of Geophysics UB RAS, Yekaterinburg

Abstract. Using the results of the micro-magnetic survey of the Bronze Age archaeological settlement Konoplyanka located in the Chelyabinsk region in Southern Ural the following data was gained: the location of the fortified settlement was defined, protective walls with a ditch around them and the location of some of the settlement internal living areas with storage pits and fire places were located and highlighted. On a barrow (burial mounds) of a later origin the anomalous zone of magnetic induction module vector reaching 300 nT was discovered.

Magnetic survey, archaeological site, fortified settlement, burial mound, the interpretation.

Введение

Геофизические исследования, наряду с другими естественнонаучными методами, в настоящее время являются неотъемлемой частью междисциплинарных исследований в археологии. На первоначальном этапе поиска и локализации археологических памятников в современной археологии используются неразрушающие методы, такие как дешифрация аэрофотоснимков и снимков из космоса, а также геофизические методы. Однако во многих случаях дешифрация определяет лишь общую планировку памятника, а если местность в результате современной деятельности человека подвергалась многолетней распашке или выпасу скота, то на более поздних аэрофотоснимках полностью или частично исчезают очертания археологических объектов, стены жилищ и остатки оборонительных укреплений.

Целью настоящих исследований являлось локализация на местности укрепленного поселения эпохи средней бронзы Коноплянка, а также выяснение особенностей внутренней планировки городища с помощью современных магнитных съемок.

Описание укрепленного поселения Коноплянка

Памятник Коноплянка входит в группу древних укрепленных поселений бронзового века (Ольгино и Журумбай), расположенных друг от друга на расстоянии 6–10 км в пределах бассейна реки Карагайлы-Аят Карталинского района Челябинской области (Зданович, Батанина, 2007). Это поселение расположено в верховьях реки Карагайлы-Аят, на берегу ее притока – речки Акмулла. Русло реки в этом месте образует крутую петлю, изгибаясь на восток и отходя от своего старого русла на 500 м. Между двумя руслами, старым и новым, образовался террасовый остров длиной около 700 м и шириной 500 м, возвышающийся над урезом воды на 3 м. В западной части острова на аэрофотоснимках обнаружены руины укрепленного поселения, получившего свое название от современного поселка Коноплянка, который находится в 2 км к юго-востоку от памятника.

На современном этапе площадка террасового острова с расположенным на ней памятником распахивалась под посевные культуры в течение многих лет. На аэро-

фотоснимках 1954 и 1957 гг. еще довольно четко читается общий план памятника и некоторые детали его архитектуры. На снимках, снятых с самолета в 1987 г., контуры поселения расплывчаты, жилищные впадины не читаются. В настоящее время на местности рельеф поселения почти не просматривается, за исключением невысоких валов, оставшихся от западной и северо-западной оборонительных стен. Восточная стена и часть западной размыты глубокими промоинами, границы памятника не устанавливаются (Зданович, Батанина, 2007).

Размеры поселения около 140 м по меридиану и 80 м по широте (рис. 1). Общая площадь 11,2 тыс. м^2. Внешние контуры поселения обрисованы двойной линией оборонительных стен, между которыми четко прослеживается ров. Вал внутренней

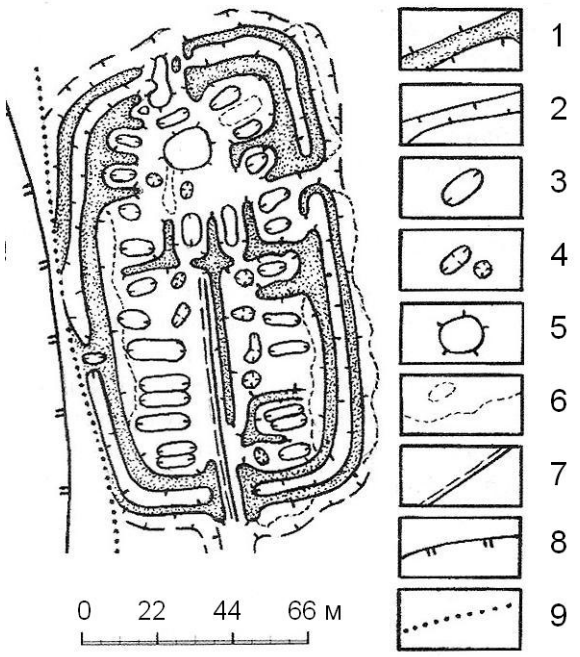

Рис. 1. Реконструкция рельефа памятника по аэрофотоснимку поселения Коноплянка (Зданович, Батанина, 2007):
1 – развалы оборонительных стен и внутренних перегородок; 2 – рвы; 3 – жилищные впадины; 4 – мелкие углубления и ямки неясного назначения; 5 – развал песчано-глинистого материала в северной части поселка; 6 – контуры развалов песчано-глинистого материала разрушенных стен; 7 – древняя дорога; 8 – бровка надпойменной террасы; 9 – граница пашни

оборонительной стены имеет ширину от 3 до 6 м. Внешний вал выражен менее четко. Ширина его развалин колеблется от 2 до 4 м. Материал развалившихся стен постепенно смешивается с почвенным слоем пашни. Ширина рва между стенами от 2 до 6 м. На юго-востоке, юго-западе и частично вокруг северной стены в виде фрагментов прослеживается обводной ров. Ширина его на современной поверхности четко не определяется – от 3 до 15 м, так как он распахан и размыт дождевыми потоками. Внешняя граница его не просматривается. По аэрофотоснимкам дешифрированы четыре входа в поселок. Жилая площадка поселения имела размеры примерно 104 м в длину и от 40 до 60 м в ширину. Общая площадь жилой площадки составляет 5600 кв. м. Жилища располагались рядами вдоль западной, южной и восточной стен, а северная сторона, вероятно, была связаны с конструкцией входа. Всего в пределах северной части поселка по аэрофотоснимкам зафиксировано 12 жилищных впадин. Форма их удлиненная, овальная, размерами от 6х4 до 10х6 м. Характерно, что каждая впадина окружена мощной обваловкой, так что создается впечатление разделенности жилой части поселка на отдельные индивидуальные сектора. Южная часть жилой площадки, длина которой около 55 м, была разделена дополнительной меридиональной стеной на две половины – восточную и западную, которые содержат по одному плотному ряду жилищных впадин, примыкающих торцами к оборонительным стенам. На восточной части площадки некоторые жилища, вероятно, были окружены стенами. Об этом свидетельствуют сложные по форме развалы грунтовых конструкций вокруг некоторых жилищных впадин. С западной стороны меридиональной (разделительной) стены и вдоль южного входного коридора трассируется цепочка неглубоких удлиненных понижений и впадин, часто почти полностью соединяющихся между собой. Такие полосы уплотненного грунта с цепочками понижений образуются, как правило, на трассах древ-

них дорог, которые ранее интенсивно использовались.

Археологические раскопки и геофизические исследования на поселении не проводились.

Методика геофизических работ

Для уточнения планировки памятника, локализации фортификационных сооружений в 2009 г. территорию поселения начали изучать геофизическими методами. Геофизические методы, начиная с середины прошлого века, успешно используются при археологических исследованиях. Магниторазведка оказалась наиболее информативным методом при картировании археологических памятников эпохи бронзы на Южном Урале (Тибелиус, 1995; Муравьев и др., 2009; Пунегов, 2009). В результате применения этого метода на поселении Ольгино нами была отработана методика проведения микромагнитной съемки, выделены отдельные элементы фортификационных и хозяйственных построек внутренней части поселения. Это позволило восстановить планировку северной части городища и наметить дальнейшее направление будущих раскопок.

Для магнитной съемки на поселении Коноплянка использовались отечественные магнитометры-градинетометры POS-1,2 (Сапунов и др., 2000) и канадский градиентометр Scintrex SM-5. Перед проведением магнитной съемки с помощью металлодетектора Explorer II фирмы MineLab была проведена очистка участка от техногенного железного мусора, наличие которого могло значительно исказить магнитную карту.

По фотографии аэросъемки городища на местности был намечен профиль в направлении с востока на запад, по результатам измерений на котором было определено расположение оборонительных стен поселения и его внутренней части.

На основании этой информации участок съемки был разбит на планшеты с размерами 20х20 м. Съемка проводилась по предварительно подготовленной сети наблюдений с шагом 0,5х0,5 м. Профили были ориентированы на магнитный север. Измерения модуля полного вектора магнитной индукции выполнены на высотах 0,35 и 2,15 м от поверхности земли с полной остановкой прибора с датчиками над измеряемой точкой. Для регистрации вариаций магнитного поля Земли во время наблюдений использовался магнитометр POS-1 с интервалом измерений 3 с. При внесении поправок за вариации геомагнитного поля в рядовые измерения использовалась линейная интерполяция. Оцененная нами погрешность съемки составила ±1,5 нТл.

После съемки по планшетам рядовые измерения были объединены в один файл и построены карты модуля магнитной индукции на высотах 0,35 и 2,15 м от поверхности. В результате исследований получены карты магнитной индукции северной части поселения Коноплянка. Карта аномального магнитного поля T_a была построена по результатам вычисления разности измерений на двух высотах.

Площадь участка магнитных измерений, проведенных в 2009 г., составила около 7000 м^2.

Результаты исследований

На рис. 2а (цветная вкладка) показана карта аномального магнитного поля. На карте положительными линейными аномалиями отчетливо выделяются контуры внешних и внутренних оборонительных стен. Ров между ними фиксируется отрицательными значениями аномального поля. Хорошо прослеживается северный вход в поселение и линейная аномалия, проходящая через северный вход.

Эта аномалия разделяет все поселение на две части и, возможно, она отмечает положение древней дороги. Внутри поселения выделяются положительные изометрические аномалии, которые более или менее упорядоченно расположены на расстоянии 10–15 м от восточной и западной стен. По-видимому, они соответствуют остаткам очагов или печей внутренних жилищ.

Для лучшего зрительного восприятия слабых аномалий информация о магнитном поле преобразована в карту, на которой ин-

тенсивность аномалий показана в виде затененного рельефа (рис. 2б, цветная вкладка). На этой карте положительные аномалии выделены темным цветом, отрицательные – светлым.

На такой карте более наглядно можно увидеть строение фортификационных сооружений, а внутри поселения более четко проявляются эффекты от остатков стен внутренних жилищ в виде слабых линейных аномалий в направлении юго-запад – северо-восток. В левом нижнем углу карты отчетливо выделяется граница пашни в виде двойной темной линии и параллельные ей слабые линейные аномалии – следы распашки территории.

Для сравнения данных, полученных по магнитной съемке, на карту (рис. 2б, цветная вкладка) была наложена схема поселения, полученная в результате дешифрации аэрофотоснимка (рис. 1). Такое сопоставление показано на рис. 3 (цветная вкладка); схема поселения по данным аэрофотоснимка показана красным цветом. Наблюдается хорошее соответствие отдельных элементов схемы и магнитной карты. Однако следует отметить, что по результатам магнитной съемки появились дополнительные новые детали строения поселения. Некоторые из деталей, обнаруженные по данным магнитометрии, на рис. 3 указаны стрелками черного цвета с цифрами. Эти цифры обозначают следующие черты строения городища:

1 – вал, перегораживающий ров;

2 – внешний вал (отрицательная аномалия белого цвета) не прерывается у входа в поселение, а тянется дальше на север, вероятно, до соединения с рекой;

3 – отрицательная аномалия, которая делит поселение на две части, возможно, след от древней дороги. Она прослеживается с севера на юг, проходит через северный вход и совпадает в южной части с дорогой, обозначенной на схеме;

4 – по данным магнитной съемки не установлено наличие восточного входа в поселение, поскольку аномалии от внутренней стены поселения и рва имеют непрерывный линейный характер;

5 – ширина северного входа ограничивается шириной предполагаемой древней дороги и составляет приблизительно 5–6 м;

6 – на магнитной карте прослеживается цепь широких линейных аномалий, расположенных к востоку от древней дороги и протягивающихся параллельно ей. Скорее всего, они соответствуют внутренней мощной стене домов. На снимке здесь отмечен развал песчано-глинистого материала.

Местоположение ряда жилищных впадин приблизительно совпадает с положительными изометрическими аномалиями, которые возможно, являются остатками хозяйственных ям, очагов и колодцев.

Для проверки этих предположений необходимо провести локальные раскопки в небольших объемах.

Результаты исследований древнего кургана

Недалеко от участка работ нами было обнаружено два небольших кургана более позднего происхождения сложенных из камней. Курганы представляют собой конусообразные насыпи диаметром приблизительно 5 м, высотой над поверхностью 0,7–0,9 м. При проведении разведочных магнитометрических работ на одном из них была зафиксирована аномалия. Детальная площадная съемка по сети 0,5х0,5 м проведена по методике, описанной выше. Съемкой был покрыт участок 15х10 м.

Результаты магнитной съемки представлены на рис. 4 (цветная вкладка). Морфология аномального поля значительно изменяется с высотой. По измерениям верхнего датчика наблюдается изометрическая аномалия, интенсивность которой достигает ~35 нТл (рис. 4а, цветная вкладка). Форма этой аномалии близка к аномалии от косонамагниченного шара. Поэтому, по расположению максимума и минимума аномального поля, легко оценить, что горизонтальная составляющая вектора намагниченности источника аномалии имеет юго-западное направление.

По данным нижнего датчика положительная аномалия имеет серповидную форму и осложнена тремя локальными анома-

лиями. Значения интенсивности двух аномалий превышают 300 нТл, а их максимумы расположены на расстоянии ~1 м.

С поверхности кургана были отобраны образцы горных пород и проведены петромагнитные исследования. Образцы представляли собой:

1) кристаллический сланец красноватого цвета, магнитная восприимчивость $(14–15)\cdot10^{-5}$ ед. СИ;

2) метаморфическая порода, тонкозернистая, кристаллический сланец с серицитом серо-зеленого цвета, магнитная восприимчивость $(9–20)\cdot10^{-5}$ ед. СИ;

3) пегматоид-альбитит (мусковит, гранат), магнитная восприимчивость $(20–230)\cdot10^{-5}$ ед. СИ.

По результатам измерений следует, что представленные горные породы имеют слабые магнитные свойства.

Исследования кургана металлодетектором не выявили каких-либо аномальных участков на глубинах 0,1–0,2 м от поверхности.

Для моделирования разрезов был использован метод А.В. Цирульского (Цирульский и др., 1980). В двухмерном варианте метода выполняется аппроксимация магнитных полей аномалиями от набора сингулярных намагниченных пластин. Использование таких модельных источников позволяет достаточно устойчиво разделять поля от разных объектов и определять интегральные характеристики источников, такие как: магнитный момент, центр и направление падения источника. Для каждого модельного источника можно рассчитать геометрические контуры аномальных объектов для различных значений магнитных свойств. Это позволяет оперативно конструировать и анализировать альтернативные варианты разреза, что, несомненно, является важным в археологии для определения природы аномалий – искусственного или природного происхождения аномальные источники.

На рис. 5 (цветная вкладка) приведены результаты интерпретации, проведенной по профилям АБ и ВГ, проходящих через эпицентры интенсивных локальных аномалий. По субширотному профилю АБ для подбора аномального поля понадобилось четыре источника, получены направления намагниченности от 50 до 130^0. А для профиля, проходящего по магнитному меридиану ВГ, аномальное поле с высокой точностью аппроксимировано полем одного источника, направление намагниченности составляет 40^0. Все сингулярные источники имеют маленькие размеры, от 3 до 26 см, и расположены на небольших глубинах от поверхности, 0,3–1 м в основании курганного конуса.

Проведены расчеты аномальных тел для значений намагниченности от 1 до 10 А/м, которые наиболее характерны для магматических и метаморфических горных пород (Bruce W. Bevan, 1999). Расчеты показали, что намагниченность объектов должна быть больше, чем 2 А/м.

На рис. 5 видно, что размеры блоков при намагниченности 3 А/м составляют 0,5–1 м; при намагниченности 10 А/м составляют 0,2–0,5 м. Таким образом получаем что, если аномалии созданы каменными обломками, то они должны иметь достаточно крупные размеры. Однако на поверхности кургана наблюдаются сравнительно небольшие камни размерами от 5x5x5 до 40x40x40 см.

Проведены расчеты для намагниченности характерной для железа – 100 А/м. В этом случае толщина источников уменьшается до нескольких сантиметров. Поэтому нельзя исключить вероятность того, что источниками аномалий могут быть металлические предметы современной цивилизации.

Заключение

В результате магнитной съемки для северной части поселения Коноплянка построены детальные карты аномалий. По распределению магнитных аномалий локализовано положение городища, уверенно выделены элементы внутренней планировки.

Проведено исследование на древнем кургане. Выполнена интерпретация магнитных аномалий, получены оценки глубин и магнитных свойств возмущающих магнитных масс, проведено моделирова-

ние источников.

Таким образом, проведенные исследования позволяют решить две важнейшие задачи, стоящие перед археологами: реконструировать планировку внутри городища и более обоснованно выбирать места раскопов.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Института истории и археологии УрО РАН: доктору исторических наук Л.Н. Коряковой, кандидатам исторических наук С.В. Шараповой и С.Е. Пантелеевой за полезные консультации.

Авторы глубоко признательны и благодарят сотрудников Института геофизики УрО РАН, принимавших участие в магнитных съемках, кандидата гелого-минералогических наук В.С. Иванченко, старшего инженера А.С. Бебнева и младшего научного сотрудника В.В. Хрущеву.

Работа выполнена в рамках проекта Уральского Отделения РАН 09-М-457-2001 «Междисциплинарное исследование памятников эпохи бронзы Южного Урала».

Литература

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

Муравьев Л.А., Носкевич В.В., Федорова Н.В. Результаты магнитометрических исследований археологических памятников эпохи бронзы на Южном Урале // Уральский геофизический вестник. 2009. № 1. С. 44–49.

Пунегов Б.Н. Микромагнитная съемка при археологических исследованиях (на примере Аркаима) // Уральский геофизический вестник. 2009. № 1. С. 50–58.

Сапунов В.А., Савельев Д.В., Денисова О.В., Киселев С.Е., Денисов А.Ю., Сабанин А.А. Современные протонные оверхаузеровские магнитометры, возможности и перспективы в области геологоразведки // Геологической службе России 300 лет: тез. докл. Межд. геофиз. конф. С-Петербург, 2000. С. 290–292.

Тибелиус В.Я. Результаты геофизических исследований на Аркаиме // Россия и Восток: проблемы взаимодействия: матер. конф. Ч. 5, кн. 2. Челябинск, 1995. С. 76–79.

Цирульский А.В., Никонова Ф.И., Федорова Н.В. Метод интерпретации гравитационных и магнитных аномалий с построением эквивалентных семейств решений. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. 135 с.

Bruce W Bevan. The magnetic properties of archaeological materials. Virginia 22576: Geosight 356 Waddy Drive Weems, 1999. 13 p.

К статье Носкевича В.В., Федоровой Н.В., Муравьева Л.А. – «Картирование археологических памятников с помощью магнитометрии»

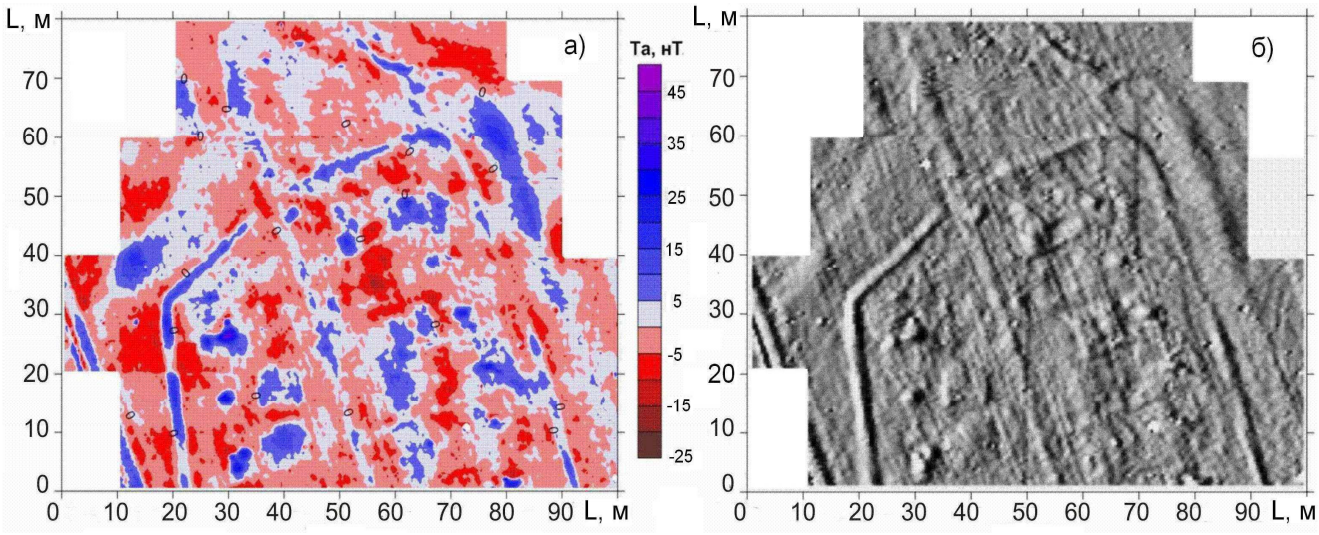

Рис. 2. Карта магнитных аномалий северной части поселения Коноплянка: а – в виде изолиний; б – в виде затененного рельефа

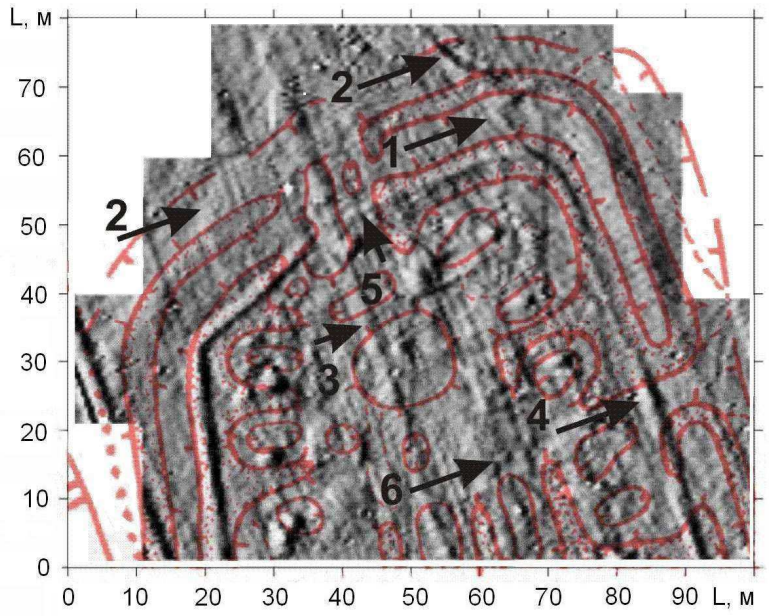

Рис. 3. Сопоставление карты аномалий магнитного поля и схемы поселения Коноплянка, построенной по аэрофотоснимку (Зданович, Батанина, 2007); элементы схемы показаны красным цветом; пояснения – в тексте

К статье Носкевича В.В., Федоровой Н.В., Муравьева Л.А. – «Картирование археологических памятников с помощью магнитометрии»

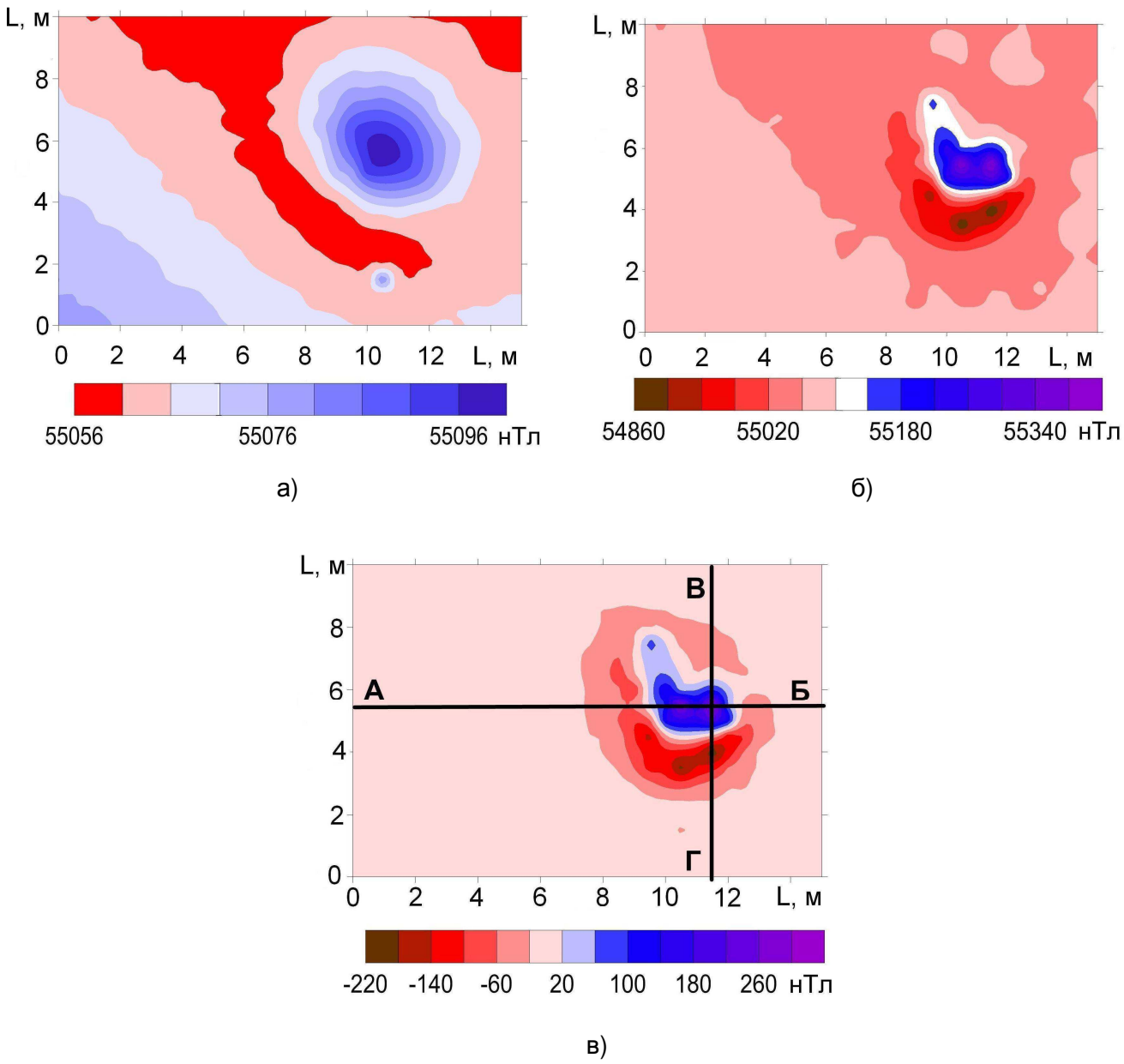

Рис. 4. Результаты магнитной съемки Т на кургане:

а) карта $T_в$ (верхний датчик);

б) карта $T_н$ (нижний датчик);

в) карта $T_а$ (разностное поле между двумя датчиками); линиями АБ и ВГ указаны положения профилей, по которым проведена интерпретация аномалий

К статье Носкевича В.В., Федоровой Н.В., Муравьева Л.А. – «Картирование археологических памятников с помощью магнитометрии»

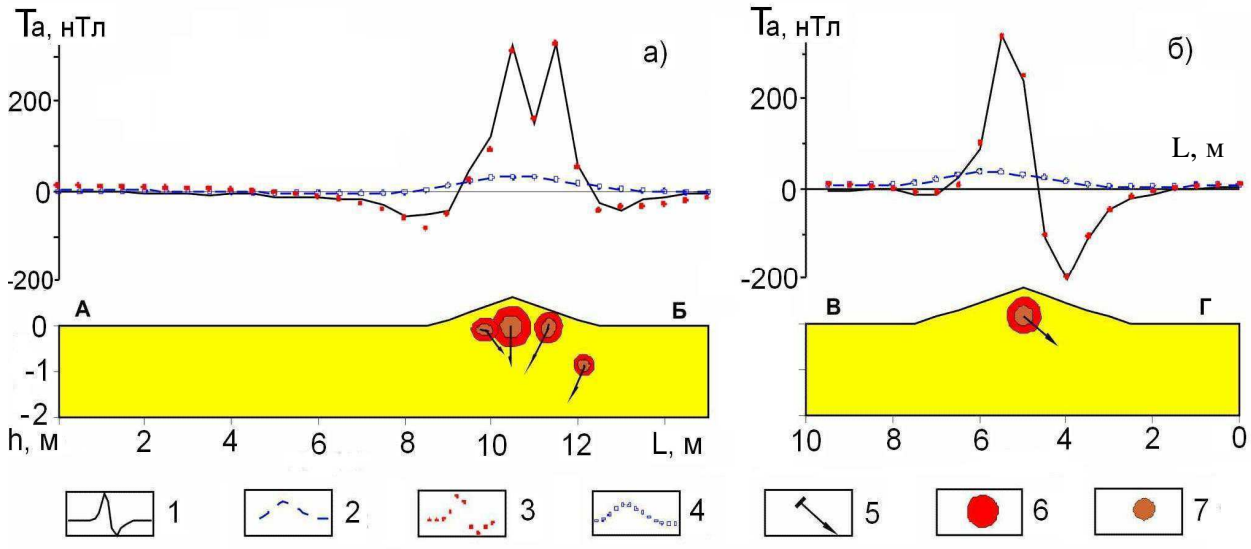

Рис. 5. Результаты интерпретации магнитных аномалий над курганом:
а) профиль АБ; б) профиль ВГ;
условные обозначения: 1 – аномальное поле на высоте 0,35 м; 2 – аномальное поле на высоте 2,15 м; 3 – модельное поле на высоте 0,35 м; 4 – модельное поле на высоте 2,15 м; 5 – модельный источник (намагниченная пластина) и направление намагниченности источника; 6 – эквивалентный объект с намагниченностью 3 А/м; 7 – эквивалентный объект с намагниченностью 10 А/м

К статье Климшина А.В., Козловой И.А., Рыбакова Е.Н., Луковского М.Ю. – «Экспериментальные и теоретические исследования переноса радона в грунтах в условиях промерзания»

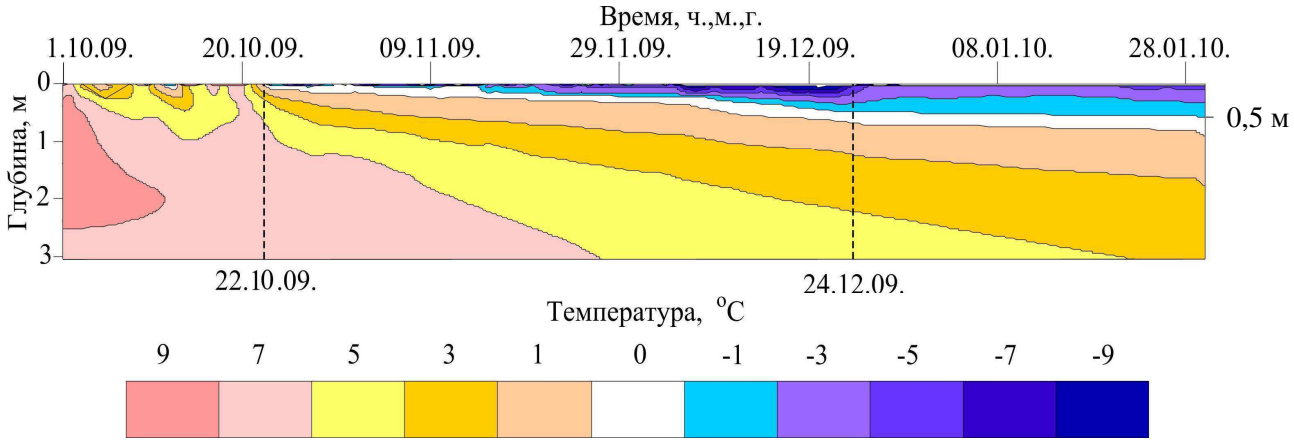

Рис. 2. Результаты измерений температуры грунтов