УДК 550.8.056

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ САРЫМ-САКЛЫ И ВОРОВСКАЯ ЯМА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Федорова Н.В., Носкевич В.В., Иванченко В.С., Бебнев А.С., Маликов А.В. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. Приведены результаты детальной магнитной съемки укрепленного поселения бронзового века Сарым-Саклы. Получены цифровые магнитные карты поселения, которые позволяют реконструировать планировку городища без разрушения культурного слоя. По результатам георадарной съемки получена модель древнего медного карьера Воровская Яма в период его разработки. На южном раскопе поселения бронзового века Ольгино из культурного слоя были отобраны образцы грунта для петрофизических исследований. В лабораторных условиях проведены измерения магнитных свойств: магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности.

Магнитная съемка, георадарная съемка, магнитные свойства грунтов, археологические памятники.

GEOPHYSICAL METHODS OF RESEARCH OF ARCHAEOLOGICAL MONUMENTS SARYM-SAKLY AND VOROVSKAYA YAMA (SOUTHERN URAL MOUNTAINS)

Fedorova N.V., Noskevich V. V, Ivanchenko V. S., Bebnev A.S., Malikov A.V. – Institute of Geophysics UB of RAS, Yekaterinburg

Abstract. Results of detailed magnetic survey of the Bronze Age fortified settlement Sarym-Sakly are resulted. Digital magnetic maps of the settlement which have allowed to reconstruct a lay-out of a site of ancient settlement without excavations are received. By results of ground penetrating radar (GPR) survey the model of an ancient copper mine Vorovskaya Yama in its working out is received. On southern excavation of the Bronze Age settlement Olgino from a cultural layer have been selected samples of a ground for petrophysical researches. Measurements of magnetic properties in laboratory investigations: a magnetic susceptibility and remanent magnetization carried out.

Magnetic survey, GPR survey, magnetic properties soils, archaeological monuments.

Введение

В настоящее время для исследования археологических памятников все чаще используются естественнонаучные методы. Среди них прочное место занимают методы малоглубинной геофизики. Основное преимущество геофизических методов заключается не только в том, что они определяют местоположение археологических памятников или позволяют провести детальное исследование их внутренней структуры, но и в том, что это происходит без нарушения поверхностного слоя почвы и исторического объекта. Кроме того, существенным достоинством геофизических методов является возможность послойного изучения археологического памятника.

В конце 70-х – 90-е гг. двадцатого века на Южном Урале были открыты обширные укрепленные поселения с замкнутой системой обороны, сосредоточенные на достаточно компактной территории в 80000 км ^{2}.

К настоящему времени по результатам дешифрирования аэрофотоснимков открыто более 20 таких поселений, датируемых периодом финала средней бронзы (Зданович, Батанина, 2007). Городища практически полностью находятся под землей. В течение многих лет на территории проводилась распашка земли под посевные культуры. Стены ряда поселений разрушены, жилищные впадины и грунтовые насыпи курганов распаханы.

Поэтому, учитывая, что поселения имеют большие размеры (их поперечники могут достигать сотни метров), изучение поселений с 1995 г. проводится геофизическими методами (Тибелиус, 1995; Пунегов, 2009; Муравьев и др., 2009; Корякова и др., 2010; Носкевич и др., 2012).

В рамках проекта Уральского Отделения РАН «Междисциплинарное исследова-

ние памятников эпохи бронзы Южного Урала» в 2009–2012 гг. были проведены геофизические работы на двух укрепленных поселениях Каменный Амбар (Ольгино) и Коноплянка. Территория памятников была покрыта детальной магнитной съемкой.

В результате исследований по магнитным аномалиям удалось выяснить точное положение внешних и внутренних оборонительных стен и внутреннюю планировку обоих городищ (Федорова, Носкевич, 2012). Построенные карты магнитных аномалий позволяют археологам выбирать для раскопок наиболее обоснованно интересные места памятников, что снижают риск проводить «раскопки вслепую».

Геофизические исследования в полевой сезон 2012 г. проводились на трех археологических памятниках на Южном Урале.

На рис. 1 показано расположение этих объектов на географической карте. На укрепленном поселении Сарым-Саклы проведена детальная магнитная съемка с целью реконструкции внутренней планировки памятника, локализации мест медеплавильного и гончарного производства. На древнем медном руднике бронзового века Воровская Яма выполнена профильная георадарная съемка дна карьера с целью определения рельефа карьера при его эксплуатации. На раскопе поселения Ольгино были взяты образцы грунтов из культурного слоя, вызывающего магнитные аномалии, для проведения в лабораторных условиях петромагнитных исследований.

В настоящей работе приведены результаты геофизических исследований, проведенные в 2012 г. в рамках проекта 12-М-456-2024 «Природа и общество Южного Зауралья в эпоху бронзы: междисциплинарный анализ археологических памятников».

Краткое описание поселения Сарым-Саклы

Укрепленное поселение Сарым-Саклы расположено на правом берегу р. Зингейка, левом притоке реки Урал. Памятник открыт в 1987 г. И.М. Батаниной по результатам дешифрирования данных аэрофотосъемки (Зданович, Батанина, 2007).

В 1988 и 1995 гг. проведены полевые обследования поселения археологами. Во время археологических экспедиций на территории поселения были заложены три шурфа в западной и восточной части поселения. В результате раскопов найдены «лепешки» медного шлака и фрагменты керамики синташтинского типа, что позволило датировать памятник концом III–первой четвертью II тыс. до н.э.

По опросам старейших местных жителей и по данным архивных картографических материалов эта местность в конце XIX – начале XX века называлась урочи-

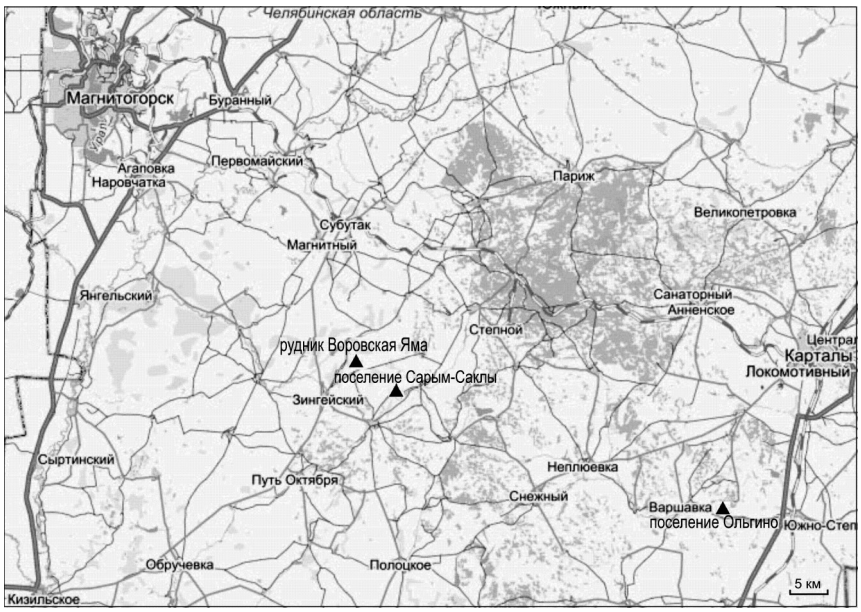

Рис. 1. Фрагмент карты Челябинской области. Положение исследуемых археологических памятников отмечено треугольниками

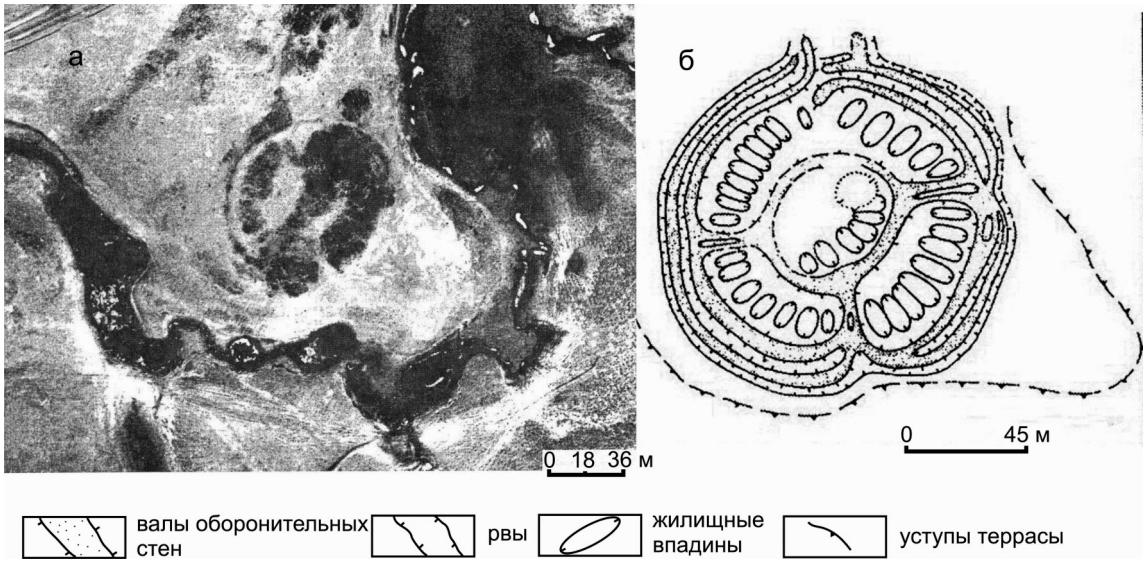

Рис. 2. Укрепленное поселение Сарым-Саклы: а) аэрофотоснимок долины реки Зингейка, сделанный в 1974 г.; б) схема поселения по результатам дешифрирования снимка (Зданович, Батанина, 2007)

щем Сарым-Саклы, что и дало название памятнику. Поселение многослойное, круглой формы, включает в себя два концентрических круга оборонительных стен и два ряда жилищных впадин, расположенных по внутренним периметрам укреплений. Диаметр городища около 125 м. Общая площадь памятника около 13 тыс. кв. м. На аэрофотоснимке 1974 г. (рис. 2а) показана долина р. Зингейка. В петлеобразной излучине реки отчетливо видна округлая структура укрепленного поселения Сарым-Саклы. Светлое кольцо – задернованный земляной вал и развалы фортификационных сооружений. Радиальные пятна по внутреннему периметру кольца – жилищные впадины. На рис. 2б показана схема поселения после дешифрирования. Ранее геофизических исследований на территории укрепленного поселения Сарым-Саклы не проводилось.

Методика микромагнитной съемки

Результаты геофизических исследований на поселениях Ольгино и Коноплянка показали, что при картировании городищ достаточно использовать масштаб съемки 1:50 (Муравьев и др., 2009; Носкевич и др., 2010). При выполнении съемки производились одновременные измерения на двух высотах: 2 и 0,2–0,35 м. Для выделения локальных аномалий от древних построек данные измерений на высоте 2 м можно использовать в качестве поля относимости для измерений на высотах 0,2–0,35 м.

При анализе данных съемки были выявлены некоторые погрешности, возникающие из-за того, что съемки на городищах Ольгино и Коноплянка проводились в течение нескольких полевых сезонов. Поэтому мы изменили некоторые методические приемы микромагнитной съемки, описанные в работе (Муравьев и др., 2009) и на поселении Сарым-Саклы использовали следующую методику.

Съемка выполнялась в непрерывном режиме градиентометром SM-5 Navmag. Масштаб съемки 1:50. Датчики градиентометра были расположены вертикально на высотах 0,25 и 2 м от поверхности земли и были смонтированы на немагнитную подвижную платформу.

Территория памятника была разбита на квадратные участки размером 40x40 м, при этом одна из сторон квадрата была ориентирована по магнитному меридиану с помощью буссоли. На каждом квадрате через 0,5 м были выполнены измерения на 81 профиле с регистрацией модуля геомагнитного поля на указанных высотах.

Для того чтобы исключить погрешности, которые может вносить оператор и регистрирующая аппаратура, все проходы

выполнялись в одном направлении – с юга на север. Измерения записывались в блок памяти через 1 с.

На участке работ для учета вариаций геомагнитного поля во время съемки устанавливалась вариационная станция, в качестве которой использовался магнитометр POS-1. Период измерения вариационной станции составлял 3 с. Синхронизация времени как градиентометра, так и вариационной станции осуществлялась по GPS-приемникам, которые входят в состав применявшейся аппаратуры.

Такая методика микромагнитной съемки позволила значительно сократить время, и съемка территории памятника Сарым-Саклы была выполнена за две недели.

Результаты исследования и реконструкция поселения Сарым-Саклы

По результатам полевых измерений построена карта магнитных аномалий как разность измеренных значений геомагнитного поля на высотах 0,25 и 2 м (рис. 3).

К полученным аномальным данным применялись различные способы фильтрации, что позволило уверенно выделить границы фортификационных сооружений – ров и две кольцевые стены, а также внутренние радиальные стены, примыкающие к оборонительной стене. Длина этих стен около 20 м и они разделяют территорию, примыкающую к оборонительной стене, на 29 секторов. Внутренняя кольцевая стена, которая, возможно, разделяла второй ряд жилищ, в магнитном поле не проявилась.

Средние размеры жилищных секторов примерно 20x10 м. Внутри многих жилищ отчетливо выделяются локальные аномалии, по-видимому, созданные остатками колодцев и печей. Эти аномалии расположены в правильном порядке в центре жилищ и примерно на одинаковом расстоянии от кольцевой оборонительной стены.

По наличию разрывов в оборонительном кольце можно предположить, что поселения имело два входа – северный и южный.

В северо-восточной части магнитной

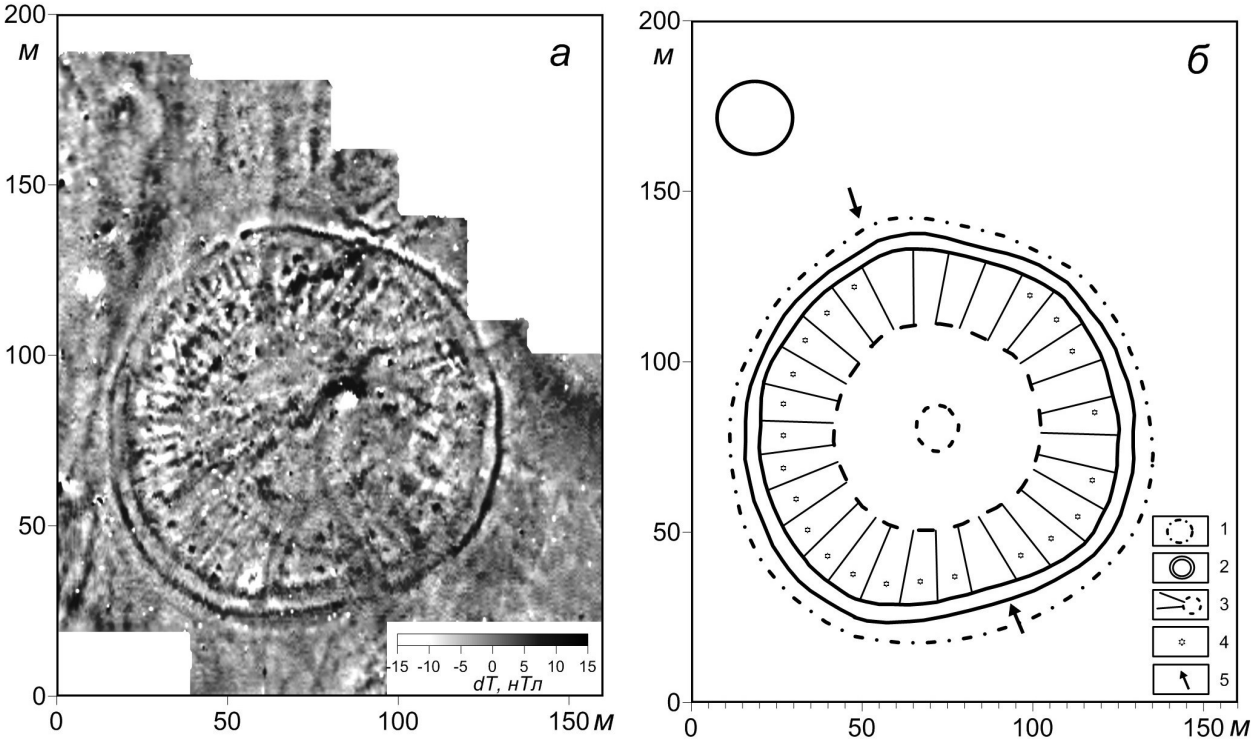

Рис. 3. Поселение Сарым-Саклы: а) карта локальных аномалий магнитного поля; б) схема поселения, реконструированная по данным магнитной съемки. Обозначения: 1 – граница магнитных аномалий над внешним рвом; 2 – оборонительные стены поселения; 3 – внутренние стены, разделяющие помещения; 4 – интенсивные аномалии внутри жилищ от колодцев или печей; 5 – входы в городище

карты за пределами поселения уверенно выделяется аномалия от могильного кургана, диаметр которого составляет 20–22 м.

Краткое описание древнего медного рудника Воровская Яма

Древний рудник Воровская Яма был выявлен в 1995 г. В.В. Зайковым, Г.Б. Здановичем и А.М. Юминовым на левобережье реки Зингейка в 5 км к юго-востоку от поселка Зингейский Кизильского района Челябинской области (Зайков и др., 1995). В настоящее время карьер имеет диаметр 30–40 м и глубину 3–5 м.

Название, данное местными жителями, рудник получил из-за того, что это понижение рельефа местности часто использовалось для укрытия ворованного скота (рис. 4).

Карьер окружен прерывистым отвалом шириной от 5 до 15 м и высотой 0,8–1,5 м. В карьере и по его бортам ранее геологами было пройдено несколько канав, в результате детального документирования которых составлены разрезы (Зайков и др., 1995; 2000). В настоящее время борта карьера оплыли, а канавы на дне карьера затянуты грунтом.

Для расчленения разреза и выделения древнего ложа карьера была проведена георадарная съемка.

Рис. 4. Внешний вид рудника Воровская Яма

Методика георадарной съемки

При георадарных исследованиях основным признаком для расчленения толщи искусственных или естественных слоев пород является их контраст по диэлектрической проницаемости. В таблице представлены интервалы значений диэлектрической проницаемости (Финкельштейн и др.,1986) в метровом диапазоне волн для комплекса горных пород, встреченных в разрезах карьера в условиях естественной влажности.

Таблица. Интервалы значений диэлектрической проницаемости

Тип породы	Диэлектрическая проницаемость (ед.СИ)
Глины	5–30
Суглинки	9–25
Супесь	6–16
Почва твердая	8–12
Скальные породы	3–6

По значениям диэлектрической проницаемости комплекс осадочных пород слабо контрастен. Коренные породы имеют значительный контраст по диэлектрической проницаемости с осадочным комплексом, как минимум в два раза. Это обстоятельство создало хорошие предпосылки для проведения георадарной съемки и выделения отражающих границ от коренных пород, которые и определяют поверхность карьера во время его разработки.

Для корректной интерпретации радарограмм и учета поправок за рельеф была проведена нивелировка карьера (рис. 5).

Топографическая съемка выполнена по профилям, расстояние между профилями 2 м и расстояние между точками измерений по профилю 1 м.

Георадарная съемка проводилась георадаром SIR-3000 (GSSI) с антенной 400 МГц. Обработка осуществлялась с помощью программного обеспечения RADAN 6.6 (GSSI). Съемка проводилась по девяти профилям длиной до 20 м, расстоянием между профилями 2 м и шагом между пикетами по профилю 0,1 м.

Перед съемкой были выбраны следующие параметры для сбора данных по точкам: временное окно – 90 нс, число выборок на сканирование – 1024, формат сбора данных – 16 разрядов, число сканирований

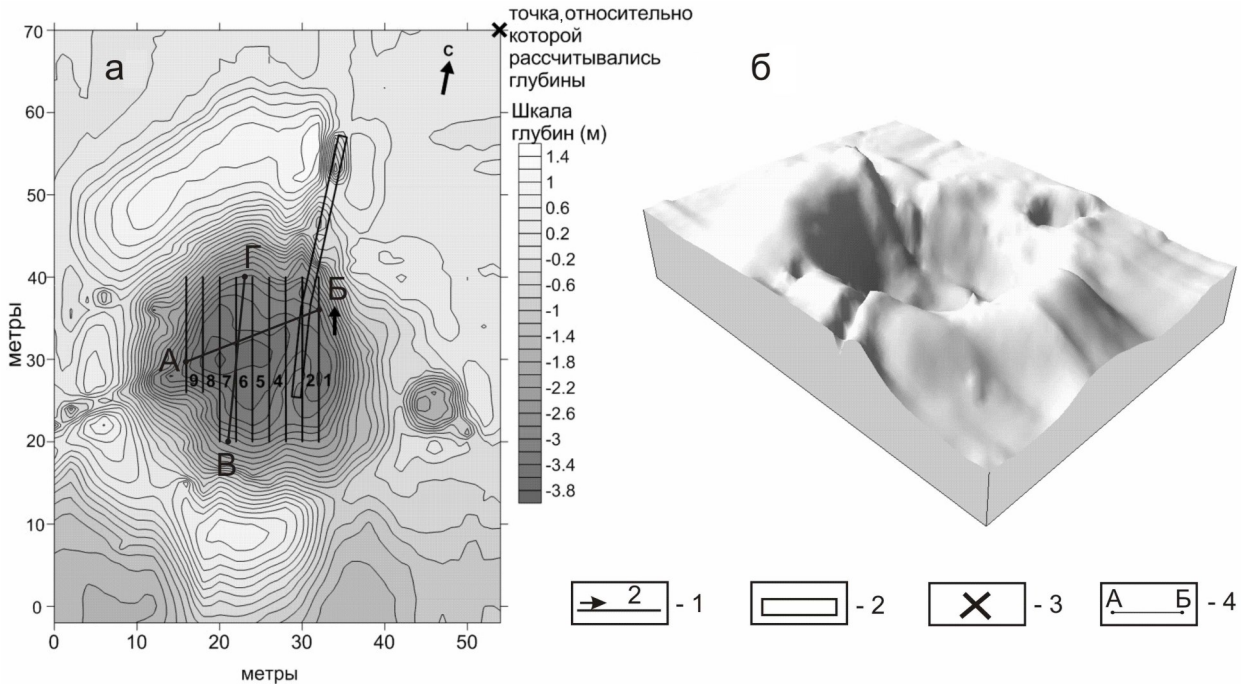

Рис. 5. Результаты топографической съемки рудника Воровская Яма: а – карта относительных отметок рельефа в виде изолиний; б – трехмерное изображение современного рельефа рудника. Условные обозначения: 1 – георадарные профили и их номера; 2 – канава ВК–4; 3 – точка, относительно которой рассчитывались отметки рельефа; 4 – профили АБ и ВГ, для которых построены разрезы

на метр – 10, диэлектрическая постоянная – 12, число сканирований в секунду на каждой точке – 64.

Обработка и результаты георадарных исследований

Все профили обрабатывались по одинаковой схеме. Редактирование записанных профилей заключалось в присвоении соответствующим маркерам в базе данных относительных превышений рельефа. Далее проводилась коррекция позиции нуля глубины и времени, фильтрация данных вертикальным фильтром в диапазоне 100 – 800 МГц, горизонтальная фильтрация для удаления фона с максимальной длиной фильтра, равной числу сканирований. Затем вводились поправки за рельеф.

На рис. 6 в качестве примера показаны результаты исследований по профилю 2 после обработки данных георадарной съемки. Интерпретация заключалась в выделении на профиле отражающих границ (рис. 6а). Разрез по этим данным (рис. 6б) хорошо согласуются с разрезом (рис. 6в), построенным геологами по пройденной ранее канаве ВК-4 (Зайков и др., 2000).

В результате выделено два комплекса: нижний, отбивающий кровлю коренных пород, и верхний, связанный с техногенными или переработанными грунтами. На профилях в зоне верхнего комплекса отмечаются слабые отражающие границы, вызванные следами отвалов, погребенных канав и шурфов.

После интерполяции границ между верхними и нижними георадарными комплексами и нормализации глубин этих границ была построена объемная модель рельефа рудника в период его разработки, а также по профилям АБ и ВГ построены разрезы (рис. 7).

Из разреза по линии АБ видно, что более глубокая часть карьера была расположена в западной зоне древнего рудника. По-видимому, в этом месте и проводилась разработка медных руд.

В результате проведенных исследований удалось оценить мощность наносов,

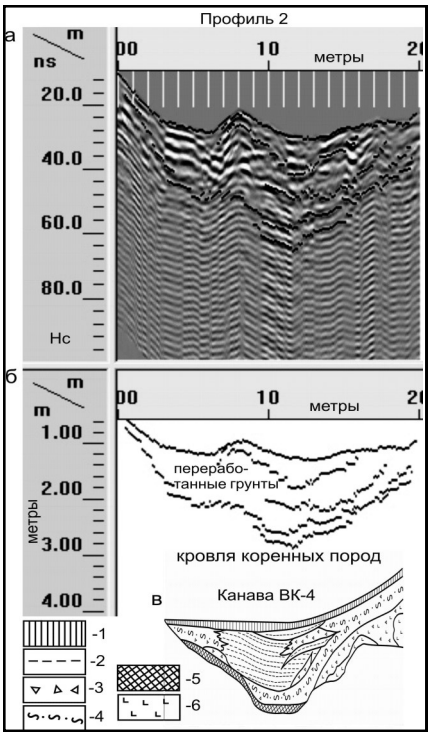

Рис. 6. Результаты георадарных исследований по профилю 2: а – радарограмма; б – разрез, построенный по границам интенсивных отражении радиоволн; в – геологический разрез по канаве ВК-4 (Зайков и др., 2000); условные обозначения: 1 – современный почвенно-растительный слой; 2 – прослои погребенных почв; 3 – дресва и щебень; 4 – суглинки; 5 – родингиты с примазками медных руд; 6 – базальты

образовавшихся к настоящему времени, которая варьирует в пределах карьера от 0,5–1 м на кромке выработки и до 4–5 м в забое. Максимальная глубина карьера в древности достигала 6–7 м.

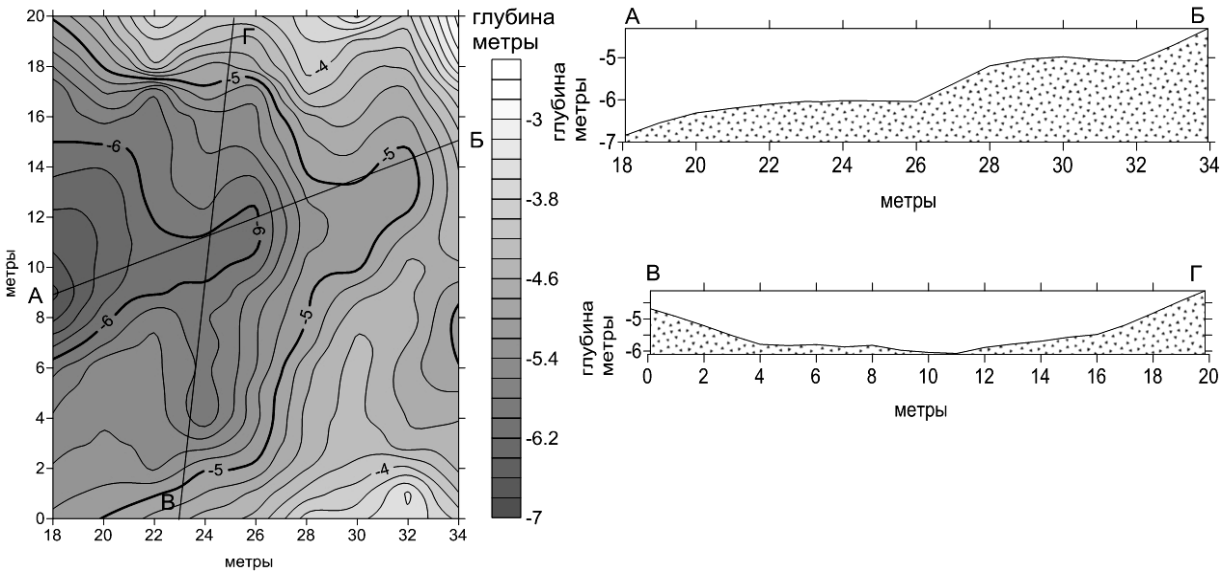

Рис. 7. Рельеф древнего рудника в период его эксплуатации на плане в виде изолиний и на разрезах для профилей АБ и ВГ. Глубины даны относительно современной поверхности

Заключение

В результате геофизических исследований археологических памятников на Южном Урале в полевой сезон 2012 г. получены следующие результаты.

По данным микромагнитной съемки укрепленного поселения бронзового века Сарым-Саклы построены цифровые магнитные карты поселения. На их основе составлена схема планировки городища.

По результатам георадарной съемки построена объемная модель древнего карьера Воровская Яма, локализовано место добычи руды. Эти данные позволяют оценить глубину и объем выработок в период разработки месторождения меди в бронзовом веке.

Работа выполнена при поддержке Уральского отделения РАН (проект 12-М -456-2024 «Природа и общество Южного Зауралья в эпоху бронзы: междисциплинарный анализ археологических памятников»).

Литература

Зайков В.В., Зданович Г.Б., Юминов А.М. Медный рудник бронзового века «Воровская яма» (Южный Урал) // Культуры древних народов степной Евразии и феномен протогородской цивилизации Южного Урала. Кн. 2. Челябинск: ЧелГУ, 1995. С. 157–162.

Зайков В.В., Зданович Г.Б., Юминов А.М. Воровская яма – новый рудник бронзового века на Южном Урале // Археологический источник и моделирование древних технологий. Челябинск: Археологический центр Аркаим, 2000. С. 112–130.

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., Пантелеева 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 // Мат-лы XVIII Уральского археологического совещания. Уфа: БГПУ, 2010. С. 145–148.

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.

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.

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

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

Тибелиус В. Я. Результаты геофизических исследований на Аркаиме // Россия и Восток: проблемы взаимодействия. Кн. 2. Челябинск. 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 // Уральский геофизический вестник. 2012. № 1. С. 52–59.

Финкельштейн М.И., Кутев В.А., Золотарев В.П. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии. М.: Недра, 1986. 128 с.