

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ПАДИ БАРУН-ХАЛ И ЕГО СВЯЗЬ С ОБЪЕКТАМИ ДРЕВНЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Введение

В 1997 г. в приустьевой части пади Барун-Хал, северо-западнее пос. Черноруд (рис. 1) был открыт памятник древней металлургии железа Барун-Хал II. История открытия памятника, выявленные в ходе раскопочных работ детали его структуры, особенности вещественного состава и магнитных свойств металлургических шлаков, а также некоторые соображения по поводу возможных источников руды содержатся в ряде публикаций (Кожевников и др., 1998; 2000; 2001; 2003; Kozhevnikov et al., 2001; 2003). Возраст памятника согласно данным радиоуглеродного метода составляет 1750–2180 лет назад.

Напомним, что в геологическом отношении падь Барун-Хал располагается в полосе метаморфических пород ольхонской серии (Смолянский и др., 1990). В пределах пади породы серии представлены мраморами, кальцифирами, гнейсами, пироксеново-карбонатными кристаллическими сланцами, кварцитами, амфиболитами и мигматитами. Среди мраморов, гнейсов и кварцитов широко развиты графитсодержащие разности. Падь представляет собой долину с плоским днищем, перекрытым слоем современных неконсолидированных отложений толщиной от единиц до первых десятков метров. Борты долины образованы тектоническими нарушениями, простирающимися примерно под прямым углом по отношению к региональному Приморскому разлому. Положение юго-восточного фланга пади Барун-Хал контролируется Кучулгинским разломом. В рельефе разлом выражен долиной, по которой протекает р. Кучулга.

В 1998–2000 гг. на территории, прилегающей к памятнику (участок 1), были проведены комплексные археогеофизические съемки (рис. 1), результаты которых использовались для оптимизации раскопочных работ и оценки археометаллургического потенциала территории, который – как показали выполненные съемки – оказался весьма высоким (Кожевников и др., 2000).

Рекогносцировочная магнитная съемка на участке 2

Наряду с детальным и многоэтапным изучением территории, прилегающей к памятнику Барун-Хал II, в 1999 г. были проведены рекогносцировочные археогеофизические работы на участке 2 размером 200 x 270 м (рис. 1), расположенном между северо-восточной границей территории, условно относимой к комплексу Барун-Хал II, и базой учебных геолого-геофизических практик ИрГТУ (Агафонов и Кожевников, 1999). Измерения выполнены по сети 4 x 4 м с протонным магнитометром ММП203 при высоте датчика около 2 м. Результаты этих съемок представлены на рис. 2 в виде карты изолиний модуля напряженности магнитного поля.

Юго-восточная часть участка характеризуется преобладанием линейных аномалий СВ простирания, совпадающего с простиранием основных геологических структур района. Это дает основания предполагать, что линейные аномалии имеют геологическую природу и вероятнее всего обусловлены крутопадающими пластами пород с повышенной намагниченностью. Амплитуда аномалий, максимальная вблизи левого борта впадины, непрерывно уменьшается, а их ширина увеличивается в ЮЗ направлении, т.е. по мере приближения к правому борту долины. Это связано с тем, что поперечный профиль долины не симметричен: максимальная толщина современных рыхлых отложений, перекрывающих коренные породы, в составе которых есть намагниченные пласты, отмечается у правого борта долины. Такая асимметрия скорее всего обусловлена тектоническими причинами: у правого борта пади Барун-Хал располагается активный разлом, вдоль которого происходит смещение блоков пород, причем – судя по морфологии правого борта пади – вертикальная составляющая этого смещения значительна.

Центральная часть участка характеризуется наличием изометричных аномалий, которые в совокупности образуют квазилинейную структуру СВ простирания. Две из них положительные, тогда как

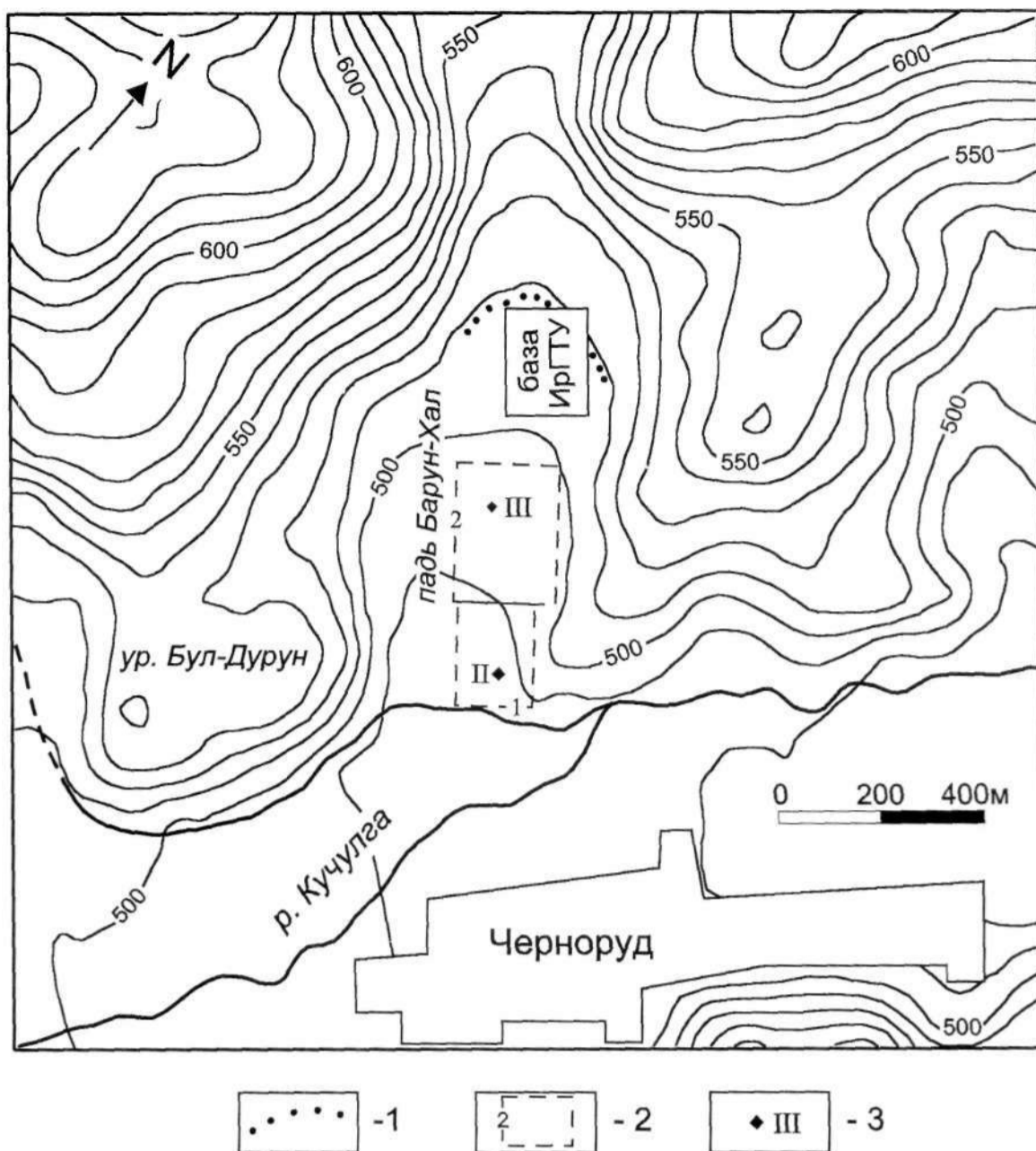


Рис. 1. Поселок Черноруд и падь Барун-Хал: 1 - верхняя граница зоны распространения шлаков, обнаруживаемых на дневной поверхности; 2 - контур и номер участка археогеофизических съемок; 3 - археометаллургический памятник и его номер

аномалия, расположенная на северо-восточной границе участка - отрицательная, причем с очень большой амплитудой. Кроме упомянутых положительных аномалий, имеется еще одна, значительно меньшей амплитуды, однако - как выяснилось впоследствии - представляющая большой интерес для археологов и специалистов в области древней металлургии.

Юго-западный фланг участка наиболее спокоен в магнитном отношении, тогда как северо-западный характеризуется наличием интенсивных положительных и отрицательных локальных аномалий, количество которых увеличивается по мере приближения к территории базы практик. Как показали специальные съемки, эти локальные аномалии в большинстве случаев обусловлены наличием ферромагнитного мусора.

В последующем для уточнения структуры и выяснения природы изометричных аномалий были выполнены специальные магнитные съемки. Причина, по которой для детализации были выбраны именно изометричные аномалии, заключается в их необычности: в большинстве случаев геологические тела и структуры Приольхонья, а также создаваемые ими геофизические аномалии характеризуются линейным строением (Кожевников и др., 2004). Контуры участков магнитных съемок с указанием года, когда они были выполнены, вынесены на рис. 3.

Антропогенная аномалия: детальная структура и результаты археологических раскопок

Первой была изучена положительная аномалия предположительно антропогенной природы (рис 2). Причины, по которым в качестве первоочередного

объекта для детальных исследований была выбрана именно эта аномалия-ее амплитуда (50 нТл) и размеры в плане (диаметр около 50 м) близки к таковым для аномалии, которой отмечается комплекс Барун-Хал II. При визуальном осмотре площади в контуре аномалии в грунте, выброшенном из норы суслика, были обнаружены шлаки, которые послужили дополнительным основанием в пользу перспективности этой аномалии.

Напомним, что объекты древней человеческой деятельности нередко отличаются по своим магнитным свойствам от вмещающей их среды. В случае

археометаллургических памятников такими объектами являются остатки печей и других структур, а также шлаки. Аномалии магнитного поля от печей и структур, в состав которых входят массивы горных пород (чаще всего обожженные глины) и камни, создаются термоостаточной и индуцированной намагниченностью таких объектов. Аномалии магнитного поля от скоплений шлаков обычно создаются индуцированной намагниченностью, которая существует только тогда, когда на шлаки воздействует магнитное поле земли. Величина индуцированной намагниченности объекта, например, скоплений шлаков, пропорциональна его

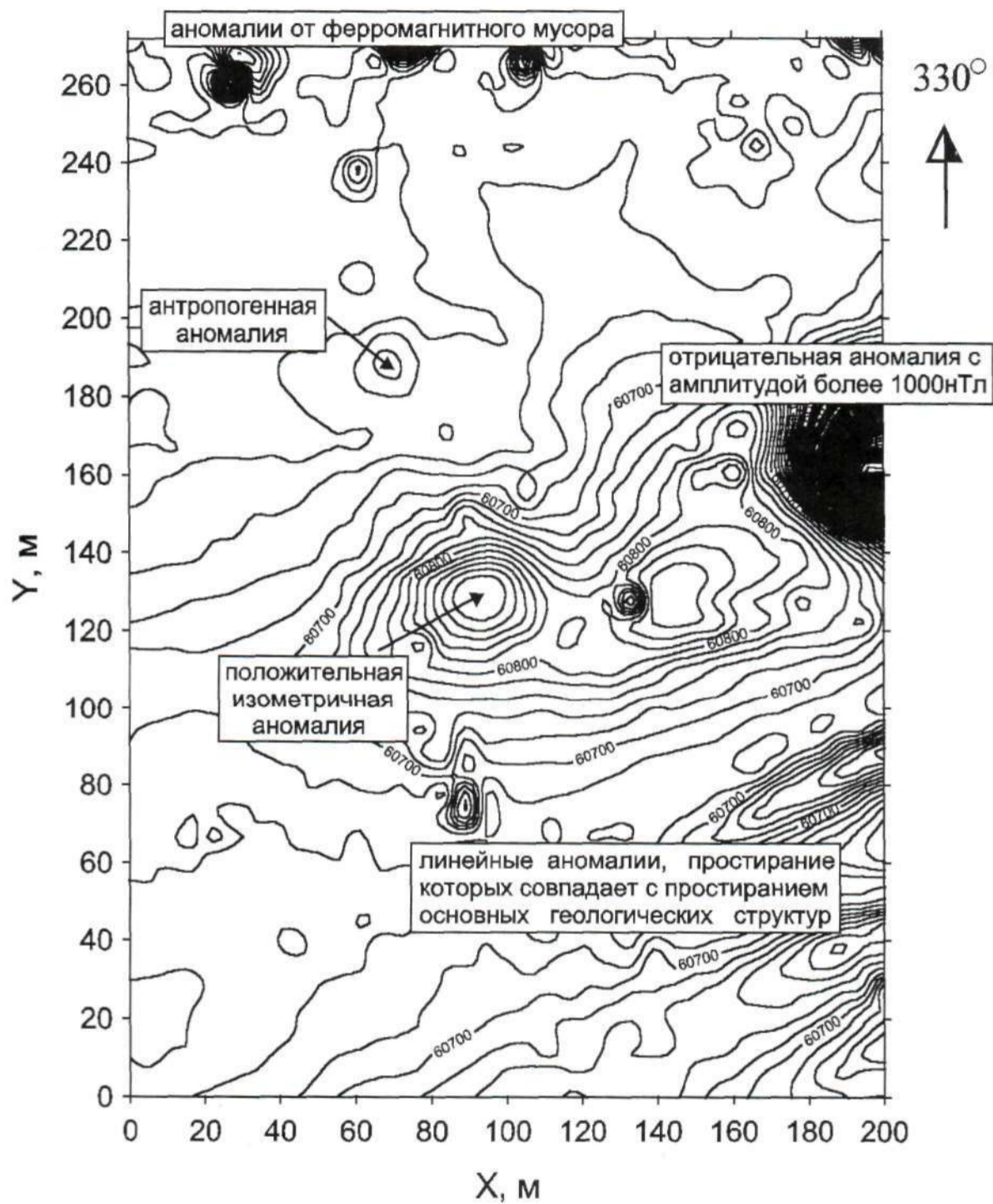


Рис. 2. Карта изолиний магнитного поля и типичные аномалии на участке 2 в пади Барун-Хал. Изолинии проведены с сечением 20 нТл

магнитной восприимчивости, которая - в первом приближении - определяется содержанием ферромагнитных минералов и железа.

Для выяснения структуры аномалии и определения оптимальных мест для раскопок в пределах самой аномалии и ее окрестностях в 2001 г. была проведена детальная магнитная съемка (рис. 3). Размеры участка составили 33 x 84 м. Съемка проведена по сети 1 x 2 м по профилям, ориентированным вдоль короткой стороны детального участка, т.е. примерно в крест пади Барун-Хал. Датчик магнитометра располагался на высоте 0,8 м.

Результаты детальной магнитной съемки представлены на рис. 4 в виде карт изолиний магнитного поля. На левом рисунке изолинии проведены с интервалом 5 нТл; эта величина примерно равна удвоенной

погрешности магнитной съемки. При таком интервале между изолиниями они располагаются настолько близко друг к другу, что оцифровать их невозможно. Важная особенность карты заключается в том, что она очень четко отображает структуру аномалии магнитного поля (рис. 4а). Цепочка локальных изометричных максимумов амплитудой порядка первых десятков нТл каждый образует квазилинейную аномалию, простирание которой в целом совпадает с направлением пади Барун-Хал. На юго-восточном фланге участка отмечается линейное возрастание геомагнитного поля, обусловленное особенностями геологии участка. На эту аномалию - в первом приближении ступень - наложены две локальные изометричные в плане аномалии невыясненного генезиса, возможно, антропогенные. К сожалению,

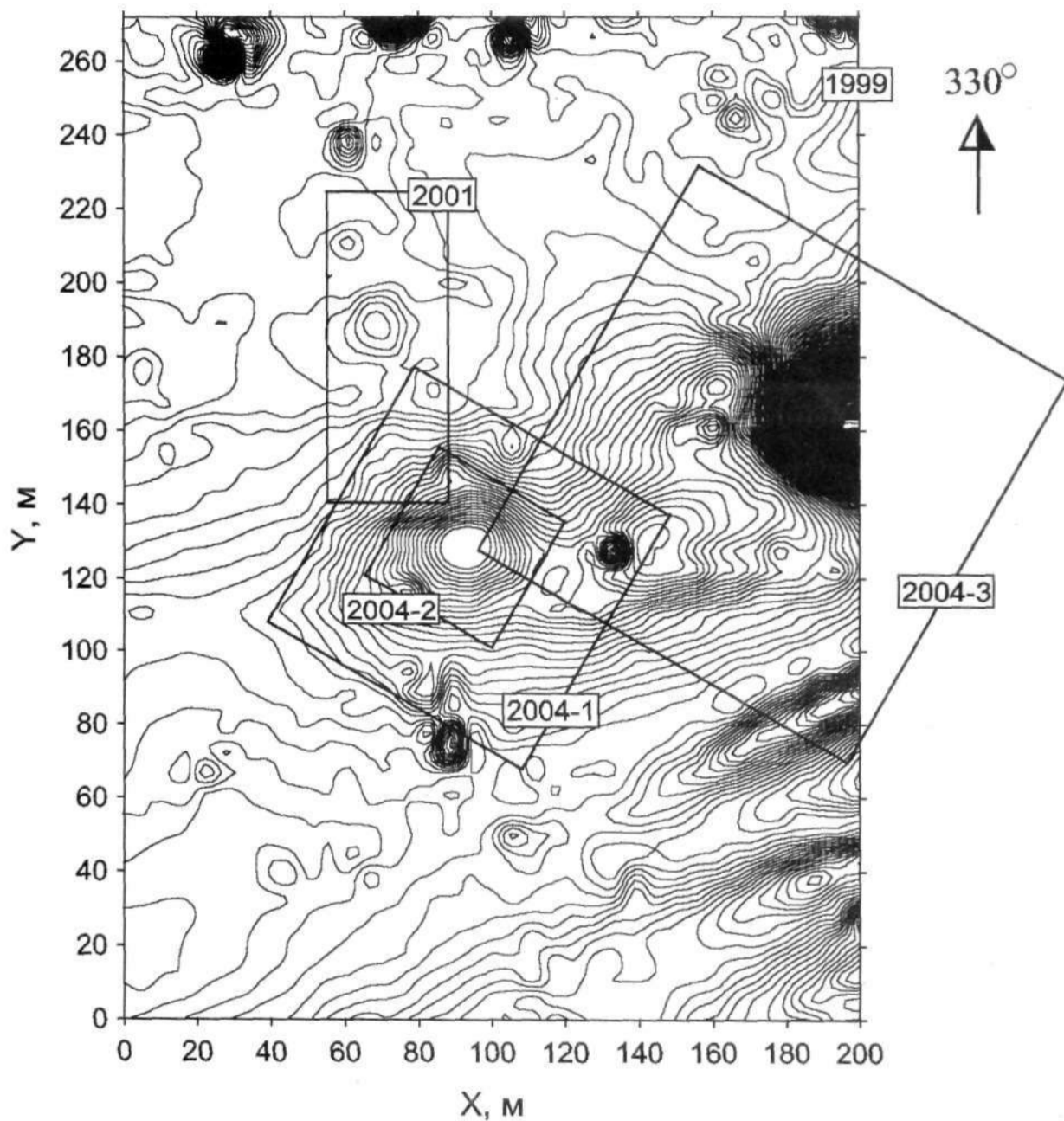


Рис. 3. Карта магнитного поля на участке 2 в пади Барун-Хал и контуры участков, где проводились дополнительные магнитные съемки. Сечение изолиний 10нТл

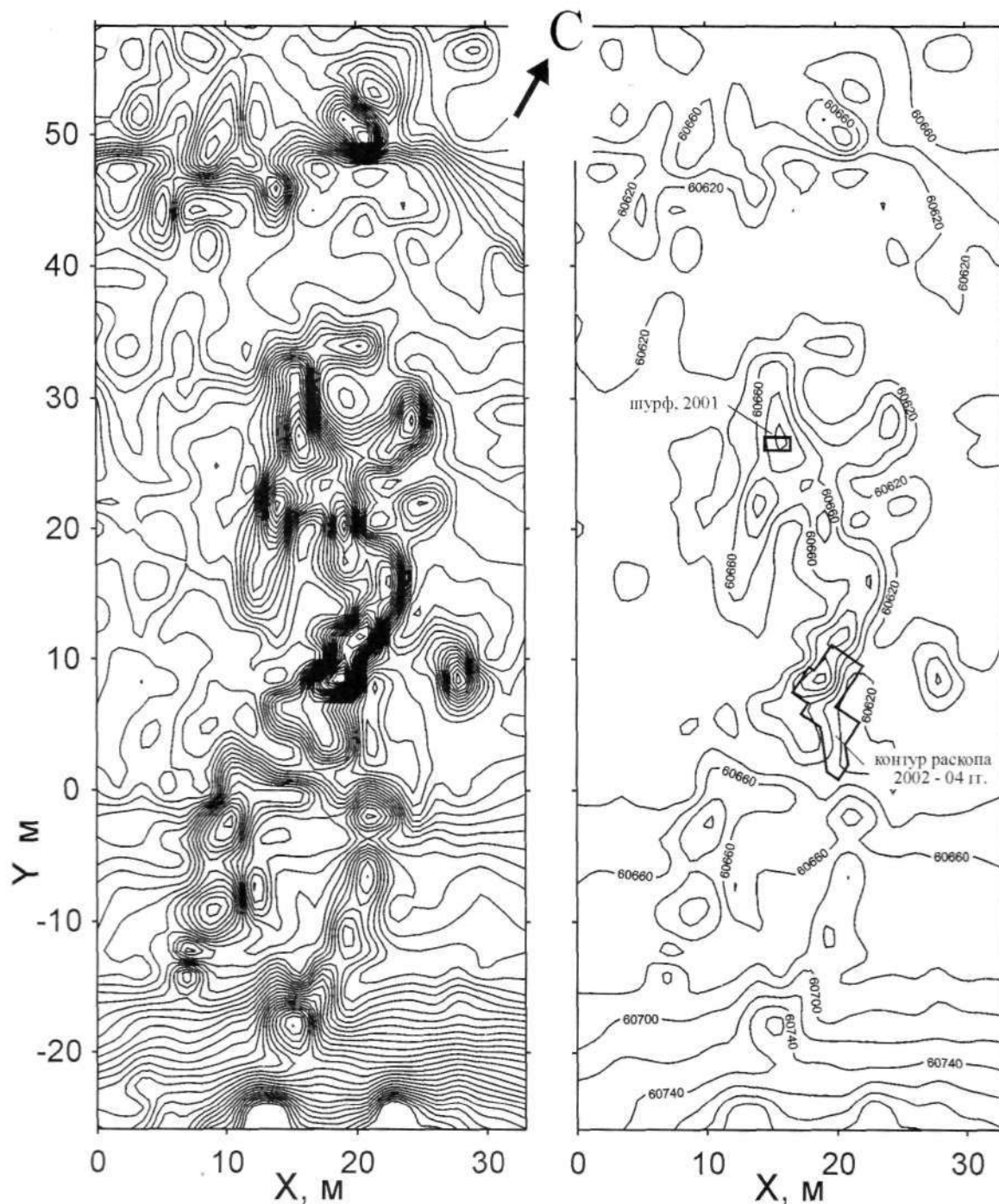


Рис. 4. Результаты детальных магнитных съемок на участке 2001 (см. рис. 2), представленные в виде планов изолиний с сечением 5нТл (а) и 20 нТл (б)

они срезаны контуром участка, т.е. закартированы только их -половинки". Кластер изометричных аномалий, также невыясненного генезиса, наблюдается на северо-западе участка.

Представление о распределении интенсивности магнитного поля в пределах аномалии дает карта изолиний с сечением 20 нТл (рис. 4 б). Хотя на этой карте не видны детали, общая структура аномалии проявлена достаточно отчетливо,

В 2001 г. в центре одной из локальных аномалий заложен разведочный шурф размером 1 x 2 м, ориентированный длинными стенками параллельно профилям магнитной съемки по азимуту 240° (рис. 4б). Шурфом вскрыт участок искусственной траншеи.

ориентированной по линии север - юг. В разрезе траншея имеет трапециевидную форму. Ширина верхней части траншеи 0,9- 1,1м, нижней части - 0,5-0,6 м. Глубина траншеи около 0,5 м. Траншея заложена из основания слоя тёмно-серой гумусированной супеси, с глубины 0,4 м от современной поверхности земли,

Стенки траншеи подверглись пирогенному воздействию, вследствие чего приобрели оранжево-красный цвет. Заполнение траншеи представлено угленасыщенной тёмно-серой гумусированной супесью с древесно-щебёночным материалом. включающей железные шлаки разных размеров (следы железодельательного производства) и фрагменты глиняной обмазки. По древесному углю, собранному

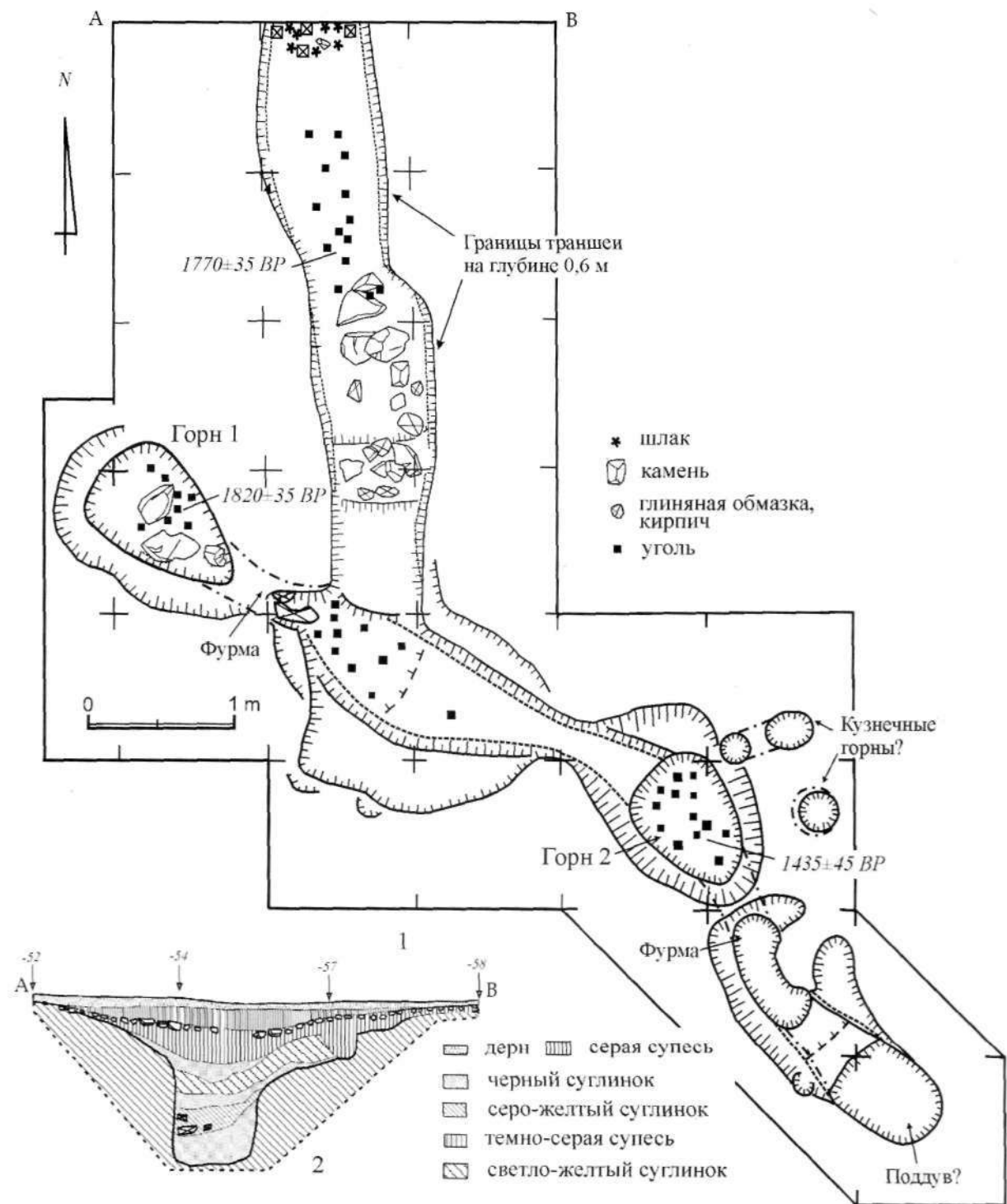


Рис. 5. Барун-Хал III: 1 – план раскопа № 1; 2 – разрез траншеи по линии запад-восток

в траншеи на глубине около 40 см от поверхности земли, получена радиоуглеродная дата - 1110 ± 80 л.н. (СОАН-4595).

В 2002 г. в центральной части участка 3 магнитной съемки, в пределах одной из наиболее интенсивных локальных аномалий магнитного поля заложен раскоп размером 3 x 4 м, длинными стенками ориентированный по линии север-юг (Кожевников, Харинский, 2003). В 2003-2004 г. земляные работы были продолжены. Общая площадь раскопа составила 28 кв. м. (рис. 5). Им вскрыт участок траншеи и два сыродутных горна. Ширина верхней части траншеи 1,8-

2,1 м, нижней - 0,4-0,5 м. Ее глубина 0,7-1,0 м. Северный конец траншеи уходит за пределы раскопа, а юго-восточный соединяется с горном № 2. В средней и северной части раскопа траншея ориентирована по линии с азимутом 355° . В южной части раскопа она поворачивает на юго-восток, следуя по азимуту 115° . В районе изгиба (колена) траншея посредством фурмы соединяется с горном № 1. В метре к северу от места соединения с горном поперек траншеи сооружена перемычка из камней шириной 0,4 м и высотой 0,5 м. На стенках траншеи зафиксированы следы прокала, окрасившего их в оранжевый цвет. Траншея заполнена

черным рыхлым суглинком с углями, перемежающимся прослойками серой супеси и серо-желтого суглинка. В ней обнаружены железные шлаки, фрагменты глиняной обмазки и угли. По углю, собранному на дне траншеи, получена радиоуглеродная дата $1770 \pm 35 \text{BP}$ (СОАН-4883).

В северной части раскопа глубина траншеи около 1 м. Вверху ее ширина составляла 2,2 м, стенки располагались наклонно к центру, как бы образуя воронку. На глубине 0,5 м стенки становятся вертикальными. Ширина траншеи достигает 0,5 м. Она вырыта в плотном желтом суглинке. Плотная структура суглинка с трудом подвергалась разрушению, поэтому вырытые в нем углубления долго сохраняли свои первоначальные пропорции, не разрушаясь. Для лучшего закрепления суглинистые стенки подвергали обжигу, отчего они спекались и становились еще более прочными.

В юго-западной части раскопа вскрыт сырродутный горн (№ 1), имеющий в плане треугольную форму (рис. 5). Длинной осью он ориентирован по линии с азимутом 312° . Ширина загрузочного отверстия горна в северо-западной части 0,7 м, длина 1,15 м. Горн вырыт в плотном желтом суглинке. Он заложен из основания серой супеси с глубины 0,35-0,39 м от поверхности земли. На стенках горна фиксируются следы глиняной обмазки, подвергнутые сильному обжигу. Сверху горн перекрывало несколько беспорядочно расположенных камней. Заполнение горна представлено черным рыхлым суглинком с углями, глиняной обмазкой и железными шлаками. Глубина рабочей камеры горна 1,1 м. Ее дно понижается в юго-восточном направлении, переходя в фурму, которая соединяется с траншеей. В поперечном сечении фурма имеет форму

ориентированного по вертикали овала высотой 0,5 м. Ее ширина у юго-восточного конца 0,5 м, а в средней части 0,3 м. По углю из горна получена радиоуглеродная дата $1820 \pm 35 \text{BP}$ (СОАН-4882).

Юго-восточный край траншеи упирается в горн № 2, имеющий загрузочное отверстие яйцевидной формы. Длинной осью оно ориентировано по линии с азимутом 338° . Ширина загрузочного отверстия горна 0,65 м, длина - 0,92 м. Горн вырыт в плотном желтом суглинке. Верхняя часть рабочей камеры заполнена темно-серой супесью со шлаками и фрагментами глиняной обмазки. Ниже располагается черный суглинок с углем, включающий мелкие камни, шлаки и фрагменты обмазки. Высота рабочей камеры горна 0,75 м. Ее дно понижается в юго-восточном направлении, переходя в фурму. Внешний конец фурмы соединяется с пригорновым углублением овальной формы, выходящим на древнюю поверхность. В поперечном сечении фурма имеет форму арки высотой 0,45 м и шириной 0,4 м. Подземным каналом, возможно, поддувом, фурма соединяется с еще одним отверстием, выходящим на поверхность земли. Отверстие для поддува арочной формы размером 0,55 x 0,73 м. Выгнутая часть отверстия обращена в сторону противоположную горну. По углю из горна получена радиоуглеродная дата $1435 \pm 45 \text{BP}$ (СОАН-5282).

К востоку от горна № 2 обнаружены две ямки с обожженными стенками. Одна из них круглой формы диаметром 60 см. Другая, расположенная в 0,7 м к северу от первой, овальной формы размером 50 x 70 см. От второй ямы отходит подземный канал (фурма), ориентированный по линии с азимутом 255° , который

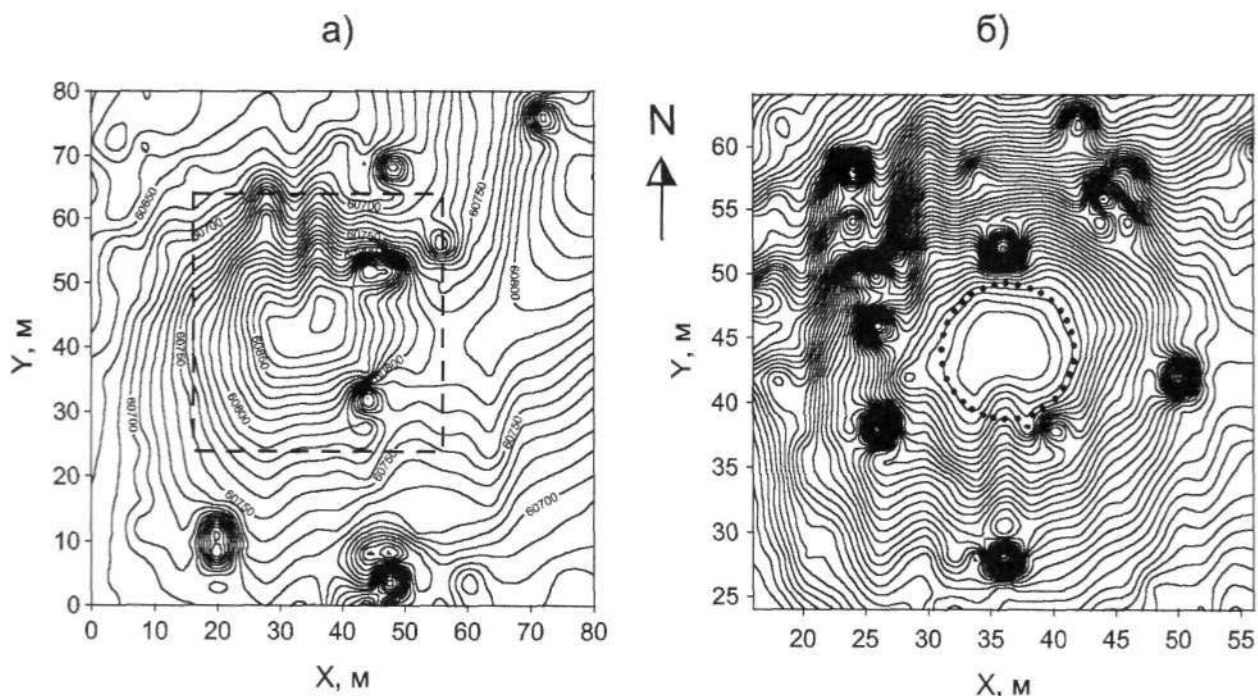


Рис. 6. Карта изолиний магнитного поля, измеренного на участках 2004-1 (а) и 2004-2 (б). Контур участка 2004-2 показан на карте слева штриховой линией. Справа пунктирной линией показан контур депрессии, выявленной при осмотре места, где располагается максимум магнитного поля. Изолинии на рис. 6 а проведены через 10 нТл, на рис. 6 б - через 5 нТл

соединяется другим концом с круглой ямой диаметром 45 см. Малые формы ям свидетельствуют о небольших объемах обрабатываемого или производимого в них металла. Возможно, они являлись кузнечными горнами.

Комплексные археогеофизические работы позволили выявить на территории пади Барун-Хал целый ряд сооружений, использовавшихся для производства металла. Один из металлургических центров - Барун-Хал II - располагался в приустьевой части пади. Другой - Барун-Хал III - находился в ее средней части. Время их существования определяется периодом с конца I тыс. до н.э. до начала II тыс. н.э. Наиболее поздние металлургические комплексы отмечены на Барун-Хале III. Они демонстрируют последовательно изменявшуюся технологию получения железа. До II в. н.э. горны располагались вокруг ямы, с которой они соединялись посредством фурмы. Конструкция горна напоминала воронку, горловина которой (фурма) выходила в пригорновую яму. Подобные горны предлагается назвать *воронкообразными*. В начале I тыс. вместо ям начинают сооружаться траншеи, вокруг которых располагались горны. Конструкция горнов в это время не претерпела значительных изменений. Лишь в середине I тыс. появляются горны, у которых фиксируется горизонтальное дно, как у горна № 4 с Курминского озера I (Харинский, Снопков, 2004). К числу наиболее ранних воронкообразных горнов, соединяющихся фурмой с траншеей, относится горн № 1 с Барун-Хала III, использовавшийся в пределах II-III вв. н.э. Одна из траншей связала горн № 1 с горном № 2, функционировавшим в VI-VII вв. н.э. Его конструкция существенно отличается от воронкообразного горна. Внешняя часть фурмы горна не спускается вниз к яме или траншее, а поднимается вверх, образуя пригорновое углубление. Подобные горны, исследованные на Курминском озере I, были названы поверхностными (Харинский, Снопков, 2004). Этот термин не совсем верно отражает конструктивные особенности горнов этого типа. В связи с этим хотелось бы обратить внимание на замечание О.К. Кожевникова. Как он справедливо отмечает, в работах российских и зарубежных авторов давно применяется термин «ямные горны» (*pit furnaces*): под таким названием фигурируют все расположенные в грунте горны, заложенные с поверхности земли, независимо оттого, куда выходят их фурмы - на поверхность склона рельефа или в пригорновую яму. В этом случае термин «ямные горны» точно отражает главную особенность конструкции и способа строительства печей, а именно то, что все они являются ямами, выкопанными в грунте. Таким образом, по этой классификации к «ямным» или «грунтовым» относятся воронкообразные горны и горны, у которых фурма выходила на поверхность. В продольном сечении вторые горны напоминают дугу, один из концов которой образует рабочая камера, а другой пригорновое углубление. Средняя часть горна представлена фурмой. Для удобства горны подобной конструкции предлагается именовать *дугообразными*.

Судя по исследованиям на Барун-Хале III, горны подобной конструкции появляются в середине I тыс. н.э., знаменуя собой новые тенденции в развитии металлургии железа.

Это предположение пока носит предварительный характер. Значительная корректировка в представлениях о производстве железа в Приольхонье произойдет после новых раскопок дугообразных горнов. Сейчас можно лишь предполагать, что горны этого типа, отмеченные на Курминском озере I и Барун-Хале III, самые поздние из исследованных к настоящему времени на западном побережье Байкала горнов. Предварительно время их сооружения можно соотнести с серединой - концом I тыс. н.э.

Положительная изометричная аномалия большой интенсивности

В качестве следующих объектов изучения были выбраны наиболее интенсивная положительная изометричная аномалия и - предположительно также изометричная - отрицательная аномалия (рис. 3). Эти исследования были выполнены летом 2004 г. в рамках учебных геолого-геофизических практик.

Исследование положительной изометричной аномалии, амплитуда которой составляет около 300 нТл, проводилось в два этапа. Сначала измерения были выполнены на участке 2004-1 размером 80 x 80 м по сети 4 x 4 м; в процессе съемки датчик магнитометра располагался на высоте 2 м по отношению к поверхности земли. Результаты этих измерений, представленны в виде карты изолиний модуля напряженности магнитного поля, подтверждающей наличие интенсивной положительной изометричной аномалии, выявленной в ходе съемок 1999 г., а также ее общую структуру (рис. 6а). Обращают на себя внимание локальные аномалии, окружающие довольно широкий максимум магнитного поля, центр которого располагается в точке с координатами X=39 м, Y=45 м.

По результатам этих измерений был выбран участок детальной съемки 2004-2 размером 40 x 40 м (рис. 6б). Наблюдения выполнялись по сети 2 x 2 м, датчик магнитометра располагался на высоте 1 м по отношению к поверхности земли. Контур участка 2004-2 обозначен штриховой линией (рис. 6а), а результаты самой съемки представлены в виде карты изолиний модуля напряженности магнитного поля (рис. 6б), построенной в той же системе координат, что и карта, изображенная на рис. 6а.

Результаты съемки по сети 2 x 2 м позволили выявить некоторые особенности магнитного поля. Вокруг центрального максимума, ограниченного изолинией T=60900 нТл, группируются локальные аномалии различного знака общим числом около десяти. Их источник несомненно находится на небольшой глубине. Осмотр участка не выявил на его задернованной поверхности никаких железных предметов, с которыми можно было бы связать наличие локальных аномалий. В рельефе основной максимум магнитного поля пространственно совпадает с очень пологой депрессией диаметром

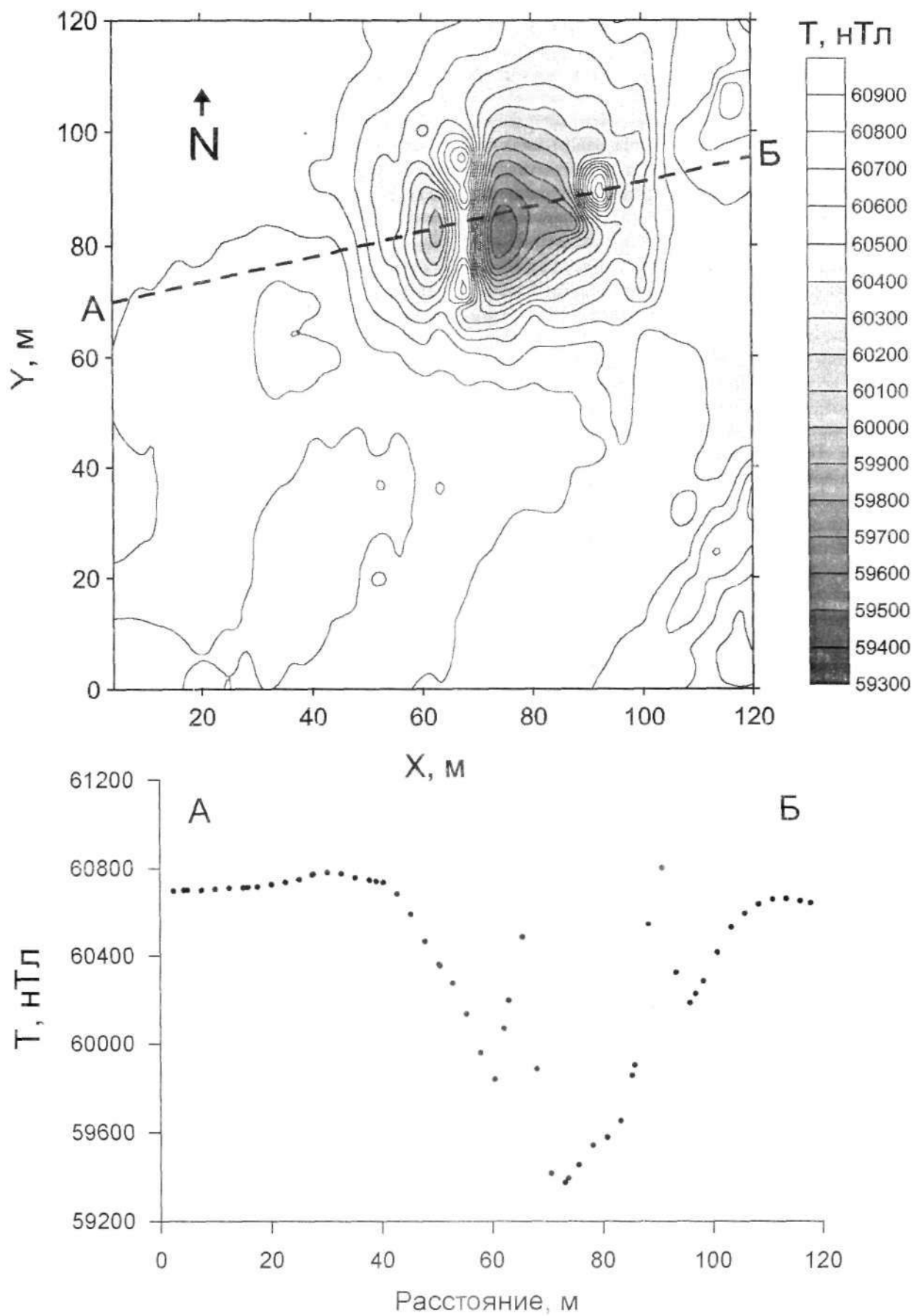


Рис. 7. Результаты магнитной съемки на участке 2004-3, представленные в виде карты изолиний (сверху) и графика магнитного поля по профилю АБ (снизу). Амплитуда отрицательной аномалии составляет не менее $1.5 \cdot 10^3$ нТл, ширина на уровне полумаксимума - около 30 м

примерно 10 -15 м, по периферии которой располагается большинство локальных аномалий. Природа основной аномалии остается невыясненной, тогда как окружающие ее локальные аномалии скорее всего обусловлены объектами и/или структурами, возникшими в результате человеческой деятельности.

Отрицательная аномалия очень большой интенсивности

Как уже упоминалось, в 1999 г. была выявлена отрицательная аномалия очень высокой интенсивности, вернее, лишь ее часть (предположительно половина). Сам факт существования такой аномалии оказался настолько неожиданным, что ее обнаружение инициировало постановку магнитной съемки, в задачи которой входило, во-первых, подтвердить наличие этой аномалии, и, во-вторых, выйти на ее фланги. С этой целью летом 2004 г. на участке 2004-3 (рис. 3) размером 120 x 120 м была проведена магнитная съемка. Измерения выполнялись по сети 4 x 4 м, высота датчика магнитометра составляла 2 м, профили были ориентированы с севера на юг. Результаты представлены в виде карты изолиний и графика магнитного поля по профилю АВ, проходящему через центр аномалии (рис. 7).

Как нетрудно видеть, ее форма близка к изометричной. поперечные размеры составляют не менее 50 м, амплитуда - около $1.54 \cdot 10^3$ нТл - необычное сочетание для Приольхонья. На графике магнитного поля видно, что на фоне регионального минимума наблюдаются два локальных максимума большой амплитуды. Особенностью аномалии - как это видно на графике - является отсутствие прилегающих к основному минимуму участков с пониженным уровнем магнитного поля. Это свидетельствует о том, что нижняя кромка создающего аномалию объекта находится на большой глубине. Его намагниченность должна быть значительной и направленной против современного геомагнитного поля. Объяснить эту аномалию простым дефицитом магнитных масс не представляется возможным. Аномалия расположена в месте сочленения днища и левого борта долины. Осмотр поверхности рельефа в районе максимума магнитного поля показал, что здесь имеется изометричное в плане поднятие. Диаметр этой очень пологой куполообразной структуры составляет 10-15 м. амплитуда не превышает долей метра.

Выводы

Съемки магнитного поля в пади Барун-Хал выявили аномалии нескольких типов:

квазилинейные аномалии, простирающиеся которых совпадает с простираем региональных геологических структур Приольхонья. Эти аномалии создаются намагниченностью крутопадающих пластов метаморфических пород ольхонской серии.

изометричные положительные аномалии амплитудой в первые сотни нТл, природа которых остается невыясненной. Окаймляющие их локальные положительные и отрицательные аномалии скорее

всего порождаются объектами человеческой деятельности;

чрезвычайно интенсивная изометричная отрицательная аномалия невыясненной природы;

локальные аномалии большой амплитуды, которые обычно фиксируются на одной точке. Эти аномалии создаются ферромагнитным мусором, представленным не полностью окисленными железными и стальными предметами;

положительные аномалии диаметром 20-40 м и амплитудой в первые десятки нТл. Как показали археологические раскопки, эти аномалии создаются остатками металлургических комплексов, где в древности осуществлялось сыродутное производство железа.

В ходе дальнейшего изучения интенсивных изометричных положительной и отрицательной аномалий следует провести дополнительные геофизические исследования, в первую очередь, электроразведочные. В качестве первоочередного участка для проведения таких работ мы рассматриваем площадь, в пределах которой выявлена положительная изометричная аномалия (рис. 7). Здесь необходимо выполнить площадные работы методом многогранного симметричного электропрофилеирования (СЭП), что позволит оконтурить объект и оценить его вертикальные размеры. Для окончательного выяснения природы аномалий необходимы раскопные и буровые работы.

Научные результаты, представленные в настоящей статье, получены при частичной поддержке РФФИ, грант 04-05-64413 «Исследование структуры Приольхонья методами современной геоэлектрики».

Литература

Агафонов Ю.А., Кожевников Н.О., 1999 Геофизические исследования при изучении археологического памятника железного века на Чернорудском участке (Приольхонье) // Геофизика на пороге третьего тысячелетия. Труды первой Байкальской молодежной школы-семинара - Иркутск: Изд-во ИргТУ, 1999, - С. 215-224.

Кожевников Н.О., 2004 Шлаки и другие свидетельства древней металлургии железа // Известия Лаборатории древних технологий. - Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2004. - Вып. 2. - С. 188-192.

Кожевников Н.О., Бигалке Ю., Кожевников О.К., 2004 Региональная структура Приольхонья по данным геоэлектрических исследований // Геология и геофизика. - 2004. - Т. 45, №2. - С. 253-265.

Кожевников Н.О., Кожевников О.К., Никифоров С.П., Снопков С.В., Харинский А.В., 2000 Древний центр металлургии железа в пади Барун-Хал // Байкальская Сибирь в древности: сб. научн. трудов. - Иркутск: Изд-во Иркут. гос. пед. ун-та, 2000. - Вып.2, Ч.2.-С.166-195.

Кожевников Н.О., Кожевников О.К., Харинский А.В., 1998 Как поиски решения геофизической

проблемы привели к открытию археологического памятника // Геофизика.-1998.- №6,- С.48-60.

Кожевников Н.О., Кожевников О.К., Харинский А.В., 2001 Вещественный состав и магнетизм древних металлургических шлаков окрестностей пос. Черноруд // Геофизика на пороге третьего тысячелетия. Труды второй Байкальской молодежной школы-семинара - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2001.- С.51 -74.

Кожевников Н.О., Кожевников О.К., Харинский А.В., 2001 О рудно-сырьевой базе древнего производства железа на Ольхоне и в Приольхонье // Геофизика на пороге третьего тысячелетия. Труды второй Байкальской молодежной школы-семинара.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2001.-С. 106-114.

Кожевников Н.О., Кожевников О.К., Харинский А.В., 2003 Древние металлургические шлаки из пади Барун-Хал // Россия и АТР-2003.-№2 (40).- С.84-90.

Кожевников Н.О., Харинский А.В., 2003 Памятник древней металлургии Барун-Хал III // Социогенез Северной Азии: прошлое, настоящее, будущее / Материалы региональной научно-практической конференции. 12-15 ноября 2003 г. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003.-С.81-86.

Смолянский Е.Н., Попов Ю.Г., Кочнев А.П., Гончар Г.А., 1990 Основные черты геологического строения Мухор-Кучелгинского участка (Приольхонье, Зап. Прибайкалье) // Геолого-геоморфологические особенности месторождений полезных ископаемых / Сб. докл. - Иркутск: ИПИ. 1990. - С.3-14.

Харинский А.В., Снопков С.В., 2004 Производство железа населением Приольхонья в елгинское время // Известия Лаборатории древних технологий.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004,- Вып. 2.- С. 167-187.

Kozhevnikov N.O., Kharinsky A.V., Kozhevnikov O.K., 2001. An accidental geophysical discovery of an Iron Age archaeological site on the western shore of Lake Baikal. Journal of Applied Geophysics, 47 (2), 107-122.

Kozhevnikov N.O., Kozhevnikov O.K., Kharinsky A.V., Irbat M., 2003 Chemical composition and magnetism of ancient metallurgical slags from the Chernorud site on the western shore of Lake Baikal. Archaeometallurgy in Europe. Proc. Int. Conf. Milan, 2003, Vol. 1, 525-534.

Summary

Authors describe the results of research of the magnetic field in Pad' Barun-Hal which are classified in to several types: (a) kvazilineal anomalies made by magnetic sources of metamorphic beds of Olkhon series; (b) isometric positive anomalies of unknown nature; (c) very intensive negative anomaly of unknown nature; (d) local anomalies usually fixed as one point, presented by single iron or steel items; (e) positive anomalies made, as shown by archaeological excavations, by remains of metallurgic complexes where it was occurred the primitive production of the iron. Finally, authors discuss the methods and tactics of further geophysics research combined with archaeological and boring works.