СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Институт геофизики

Институт археологии и этнографии

Междисциплинарный интеграционный проект

фундаментальных исследований СО РАН № 87

Геофизические исследования археологических памятников Западной Сибири и Алтая

Итоговый отчет по проекту за 2003 - 2005 гг.

Исполнители:

Институт геофизики СО РАН,

Координатор: ***Эпов Михаил Иванович****,* чл.-корр. РАН, директор,

заведующий лабораторией электромагнитных полей

Институт археологии и этнографии СО РАН,

Координатор: ***Чемякина Марина Арсентьевна***, к.и.н., с.н.с.

Сроки выполнения проекта: 2003–2005 гг.

Новосибирск – 2005

Содержание

- Участники проекта…….....3
- Введение.....3
- Математическое моделирование электрического поля на поверхности проводящего полупространства с аномалией в виде ледяного объекта.....4
- Высокоточная магнитометрия в исследовании археологических памятников.....9
  - Магнитометр-градиентометр ММПГ-1.....9
  - Квантовый магнитометр-градиентометр G-858..... 10
  - Разработка новых методов магнитного картирования. Методика совместных измерений градиента и аномального магнитного поля.....11
  - Экспериментальное апробирование новой методики.....12
- Разработка специальной аппаратуры для исследования курганов.....13
  - 48-электродный коммутатор.....14
- Геофизические исследования курганов с мерзлотой на плато Укок.....19
  - Объекты исследования и принципы их отбора 20
  - Методика исследования.....21
  - Верх-Кальджин II.....24
  - Бертек–1.....24
- Геофизические исследования пазырыкских курганов с мерзлотой в Северо-Западной Монголии.....24
  - Методика геофизических работ.....25
  - Итоги разведки.....25
- Археологическая проверка геофизических построений и магнитная разведка на территории некрополя городища Чича–1.....26
- Археолого-геофизические исследования грунтового могильника Тартас–1.....29
- Археолого-геофизические исследования памятника Преображенка-6.....33
- Геофизические исследования кургана Барсучий лог.....38
- Заключение.....40

❒ Участники проекта

От Института геофизики СО РАН:

Эпов М.И., чл.-корр. РАН, зав. лабораторией электромагнитных полей; Манштейн А.К. к.т.н., с.н.с.; Глинских В.Н. к.ф.-м.н, с.н.с.; Манштейн Ю.А. н.с.; Балков Е.В. м.н.с.; Дядьков П.Г. к.г-м.н., с.н.с.; Михеев О.А. вед. программист; Булгаков А.Ю. вед. инженер; Панин Г.Л. студент 6 курса геолого-геофизического факультета НГУ.

От Института археологии и этнографии СО РАН:

Чемякина М.А. к.и.н., с.н.с.; Молодин В.И. академик РАН, зав. сектором бронзового и железного века, первый зам. пред. СО РАН; Полосьмак Н.В. д.и.н., г.н.с.; Гришин А.Е. к.и.н., н.с.; Богданов Е.С. н.с.; Гаркуша Ю.Н. н.с.; Рыбина Е.В. вед. инженер.

Благодарности:

Составление данного отчета было бы невозможным без активного участия людей, в высшей степени преданных делу. Особую признательность координаторы проекта выражают директору НПП "Луч" Каюрову Константину Николаевичу.

❒ Введение

На протяжении трех лет группа сотрудников Института геофизики и Института археологии и этнографии СО РАН выполнила исследовательские работы в рамках данного междисциплинарного интеграционного проекта. Целью совместных работ являлось создание современного комплекса аппаратурно-программных и методических средств геофизического исследования подповерхностного пространства. Разработанный комплекс предназначен для решения широкого круга научных и прикладных задач археологии. Применение комплекса, где учитывается специфика изучаемых объектов, будет способствовать оптимальному планированию полевых исследований.

В последние годы, благодаря фундаментальным и методическим разработкам в геофизике (в области измерения электромагнитных полей и их численного моделирования), появилась возможность активного развития междисциплинарных подходов, направленных на создание нового направления исследований в области археологии. Объектом изучения является подповерхностная часть техногенно и антропогенно измененного подземного пространства, содержащая материальные следы

деятельности древнего населения. Разработка и применение инструментальных средств и методологических подходов малоглубинной геофизики позволяют дистанционно получать важную информацию о структуре археологического объекта без механического вскрытия культурных отложений и применения тяжелого физического труда. Становится решаемым комплекс задач, связанный с поиском, предварительной диагностикой и разведкой структур, а также с оценкой особенностей древних памятников различного типа до проведения на них археологических работ.

В комплекс уже проведенных исследований вошли электроразведка и высокоточная микромагнитная съемка. Выполненный в рамках проекта большой объем археологических раскопок вслед за геофизическими работами дал уникальную возможность проверки геофизических построений и одновременно предоставил уникальную информацию для корректировки геофизических методик.

- **Трехмерное математическое моделирование электрического поля на поверхности проводящей среды с погруженным объектом изо льда**

В начале 2003 г. была выполнена работа по обоснованию и определению физического принципа, применение которого проходило бы в русле научного направления, близкого тематике коллектива, и который был бы достаточным для решения задачи обнаружения льда в погребальных камерах пазырыкских курганов. Изучался метод нестационарных электромагнитных полей с эффектом быстропротекающей вызванной поляризации, и было установлено, что сигнал, связанный с ожидаемой аномалией, будет иметь малую величину для регистрации. Величина изменения сигнала ожидалась пропорциональной отношению объемов аномалии к объему среды, где существуют индуцированные токи на данном времени переходного процесса. Было решено применять метод сопротивлений, измеряя электрическое поле на равных по размеру площадках на кургане и вне него и затем получать карты распределения разностного сигнала. Была разработана и изготовлена соответствующая аппаратура.

На рис. 1 демонстрируется типовая схема расположения электродов. Генераторные электроды размещаются попарно на параллельных отрезках по разные стороны от курганной насыпи. В точках на прямом отрезке вблизи кургана, там, где грунт позволяет установить измерительные электроды, измеряются взаимно ортогональные

горизонтальные компоненты электрического поля E_x и E_y. Далее без изменения положения измерительной линии питающие линии переносятся на соседнюю площадку, где нет кургана, и выполняется аналогичное измерение – изучение референтной среды. Потом из первого массива измерений вычитается второй, с соблюдением геометрии, и полученный массив представляется в виде карт распределения поля абсолютных или относительных разностей. Таким образом, после измерений вычисляется по существу проекция аномального поля на измерительную линию.

В течение 2003-2004 годов выполнен первый этап – математическое моделирование, направленное на анализ возможностей метода и уточнение результатов интерпретации экспериментального материала, полученного в Горном Алтае летом 2003 г. на плато Укок. Модель кургана включала верхний плохо проводящий слой (соответствует каменной насыпи), в котором находится изолятор в форме прямоугольного параллелепипеда (соответствует льду в могильной камере), и слоистую вмещающую среду. Для расчета использовалось решение прямой трехмерной задачи для постоянного тока, где применяется решение уравнения Пуассона конечно-разностным методом. При этом используется аппроксимация второго порядка. Уравнение Пуассона пишется для аномального потенциала, получаемого в результате вычитания из уравнения для полного потенциала уравнения для потенциала в однородной среде, где находится источник. Результирующая система линейных уравнений после дискретизации исходного уравнения решается с помощью метода сопряженных градиентов с предобусловливателем SSOR (симметричной верхней релаксации). Программа является довольно ресурсоемкой и требует около 5 часов машинного времени для моделирования поля одной электродной установки.

Первая задача моделирования заключалась в подтверждении модели окружающей курган среды, которая была подобрана на основании результатов точечных ВЭЗ, выполненных вокруг кургана. Поскольку интерпретация ВЭЗ, особенно одномерных, как известно, в той или иной мере неоднозначна, было важно подтвердить трехмерным моделированием сопротивление и структуру вмещающей среды. Количественно подобранные параметры трехмерного моделирования были довольно близки к экспериментальным данным. Это можно видеть на рис. 2.

Специальная работа была выполнена для объяснения наблюдаемых неоднородностей в экспериментальных данных в поле компоненты E_x. После предположения, что эта структура

может соответствовать своего рода "тропе", по которой к кургану перемещали булыжники и т. д., был проведен ряд численных экспериментов. В модель была внесена линейная структура с небольшим понижением сопротивления и углублением в рельефе. Для структуры с параметрами: овальное сечение шириной 0.5 м и глубиной 0.25 м, заполненное породой с УЭС 40 Ом м, и удельным электрическим сопротивлением вмещающей среды 50 Ом м – расчетное поле стало в некоторой степени похожим на экспериментальное, и это объясняет тип поверхностной неоднородности рис. 3. Далее, однако, будет показано, что, возможно, исследуемую аномалию следовало объяснять не поверхностными неоднородностями, а структурой, погруженной в среду на небольшую глубину.

В свою очередь, экспериментальные данные для компоненты E_Y имеют некоторую несимметричность относительно линии x = – 1. Был проведен численный эксперимент, и показано, что несимметричность объясняется тем, что границы между слоями с различным сопротивлением имеют некоторое отклонение от горизонтали. Рис. 4 демонстрирует распределение компоненты E_y синтетического электрического поля при угле наклона границ раздела равного 10º. С введением угла наклона плоскостей раздела синтетические данные качественно стали близки экспериментальным. Таким образом, удалось достаточно точно, с точки зрения совпадения модельных данных и эксперимента, описать структуру вмещающей среды для этого участка.

Второй задачей моделирования стал подбор положения, размеров и ориентации могильной камеры. В этом случае параметров для подбора оказывается значительно больше, чем на первом этапе, и, в связи с ресурсоемкостью прямой задачи, не удается подобрать параметры модели, чтобы расчетные данные сколько-нибудь совпадали с экспериментальным сигналом. Однако качественное подтверждение было получено и результат математического моделирования относительной аномалии поля E_y представлен на рис. 5.

Таким образом, первый этап моделирования показал, что сигналы, измеряемые над средами с несложной структурой, легко воспроизводятся математическим моделированием. Это говорит о том, что, во-первых, измерительная аппаратура достаточно детерминирована, во-вторых, использование модели горизонтально-слоистой вмещающей среды оправдано. Также показано, что с помощью трехмерного моделирования возможно подобрать неочевидные структуры среды. Можно сделать вывод о том, что предложенная методика геофизических измерений дает информацию для

обнаружения замерзших объектов малого объема, расположенных вблизи дневной поверхности. Однако пока она может служить только индикатором наличия ледовой линзы, и сложно говорить о какой-либо количественной интерпретации с помощью использованного программного обеспечения для трехмерного моделирования.

Второй этап трехмерного математического моделирования проведен в 2005 г. и связан с полевыми работами в Монгольском Алтае, являющимися продолжением работ, произведенных на плато Укок. Моделирование, предварявшее полевой сезон и проведенное после него, естественным образом дополнило аналогичные работы 2003 г. Для расчета использовалось решение прямой трехмерной задачи на постоянном токе методом векторных конечных элементов. Векторный метод конечных элементов является современным методом моделирования электромагнитных полей. В отличие от традиционного скалярного метода конечных элементов, где аппроксимация векторных функций использует координатное представление этих функций в скалярных пространствах, векторный метод конечных элементов базируется на векторных пространствах со специальными свойствами. Благодаря этим свойствам, удается избежать ложных мод в решении и выполнять расчеты электрического поля в областях с неоднородными физическими параметрами. Основное отличие последних вариантов математического моделирования состоит в том, что оно позволяет выполнить анализ большего числа ситуаций за счет сильного увеличения скорости вычислений. Анализ синтетических сигналов проводился на площади, в несколько раз превышающей размеры установок, применявшихся при полевых работах 2003 г.

В дополнение к результатам предыдущих исследований установлено, что наиболее эффективным способом представления данных является построение карты абсолютной аномалии горизонтальной компоненты электрического поля E_X. Предварительное моделирование выполнялось для четырехслойной модели среды с сопротивлениями 100, 200, 300 и 1100 Ом м. Мощности верхних слоев составляют примерно 1 м. Такая модель среды была получена в результате геофизического изучения одного из курганов на плато Укок в 2003 г. Изолятор, эмитирующий ледяное тело, размещался в центре кургана на глубине 1 м от дневной поверхности и имел размеры 2×1×1 м. Результаты математического моделирования приведены на рис. 6, где попарно представлены карты распределения абсолютных аномальных полей E_X (рис. 6 a, c, e, g) и E_Y (рис. 6 b, d, f, h) для различных положений питающих электродов. Аномалия, присутствующая на картах

компоненты поля E_X, имеет несколько более протяженную форму, чем для компоненты E_Y. Это позволяет наблюдать сигнал достаточного уровня на большем удалении от центра кургана. Можно отметить, что ориентация изолирующего тела относительно генераторных электродов несколько влияет на распределение полей. Такое влияние в меньшей степени проявляется для компоненты E_X (рис. 6 g). Для компоненты поля E_Y наблюдается качественное изменение геометрии в виде объединения двух аномальных областей (рис. 6 h). С учетом приведенных данных для дальнейших исследований была выбрана измеряемая величина E_X.

На рис. 7 приведены расчетные распределения абсолютных аномалий поля E_X для различных положений генераторных электродов. Видно, что аномальное поле увеличивается с приближением генераторных электродов к изолирующему объекту. Причем увеличение аномалии происходит как с приближением токовых электродов по оси *X*, так и по оси *Y*. Конфигурация электродов, практиковавшаяся в 2003 г. на плато Укок, предусматривала несколько положений генераторных электродов при одной фиксированной измерительной линии. Судя по характеру распределения поля при изменении положения токовых электродов, наибольшая аномалия сигнала, по-видимому, должна находится над изолирующим объектом. На рис. 8 б приведена карта распределения аномального синтетического сигнала для описанной электродной конфигурации. Размеры установки равны размерам, использовавшимся при исследовании кургана Олон-Курин-Гол 6 в 2005 г. Центр аномалии совпадает с центром искомого непроводящего объекта. И, хотя о форме и размерах судить по этим данным затруднительно, сам факт того, что измерение некой проекции сигнала дает возможность установить положение центра аномалии, является новым результатом.

Было выполнено моделирование ситуаций, когда токовые электроды расположены несимметрично относительно изолирующего объекта. Именно такая конфигурация наиболее близка к практике, так как реальная расстановка электродов с большой степенью вероятности получится несимметричной. Результаты приведены на рис. 9 a-d. Аномалия горизонтального поля E_X в этом случае значительно возрастает по величине, что в конечном счете должно благоприятно сказаться на качестве экспериментального материала. Нужно отметить, что наибольшая аномалия поля остается над изолятором при перемещении относительно него питающих электродов. Это дополняет исследование и

подтверждает то, что центр аномального поля в проекционном построении должен оставаться над изолирующим объектом.

Было проведено моделирование для многоэлектродной питающей конфигурации. На рис. 9 e-h демонстрируются распределения полей для случая генерации поля одновременно шестью парами токовых электродов. Для такой конфигурации получено еще большее увеличение аномального сигнала, делающего возможным точные измерения в неблагоприятных условиях (каменная насыпь большого диаметра, высокое сопротивление среды и т.п.). Однако многоэлектродная питающая конфигурация не дает точного положения центра изолирующего объекта в поле E_X. Поэтому такую конфигурацию, видимо, можно использовать только для определения наличия изолятора в неблагоприятных условиях низкого уровня сигнала.

Результаты, позволяющие предположить наличие изолирующих ледовых вставок, были получены при исследовании объектов Улан-Даба 1, Олон-Курен-Гол 1 и Олон-Курен-Гол 6. Наиболее достоверной, с модельной точки зрения, является абсолютная аномалия E_X над курганом Улан-Даба 1 (рис. 8 а). Судя по ее площадному распределению, центр изолирующего объекта, соответствующего мерзлоте, находится в точке с координатами (6, 5). Однако картина распределения нормального поля над нетронутым участком (распределение поля компоненты E_X в референтной среде), примыкающим к кургану, значительно отличалась от картины, соответствующей горизонтально-слоистой среде. Математическим моделированием удалось подобрать конфигурацию среды, которая далее была принята в качестве вмещающей для кургана. Результаты приведены на рис. 10. При подборе вносились неоднородности в плоскость раздела между первым и вторым слоем среды.

Таким образом, цикл математического моделирования позволил:

1. обосновать выбор в качестве основного информационного параметра абсолютную аномалию компоненты электрического поля E_x;

2. обосновать применение электродной конфигурации, где все электроды располагаются полностью за пределами самого кургана и его насыпи;

3. доказать важный для реализации геофизического метода вывод о том, что при проекционном построении площадного распределения электрического поля центр аномалии будет определять центр искомого изолятора (геометрический центр ледовой вставки);

4. осуществлять процедуру подбора структуры вмещающей среды так, что расчетное электрическое поле будет с определенной точностью совпадать с конфигурацией измеренного поля.

❒ Высокоточная магнитометрия в исследовании археологических памятников

Магнитометр-градиентометр ММПГ-1

Магнитометрические исследования в 2004 г. выполнялись с использованием новой аппаратуры – магнитометра-градиентометра ММПГ-1. Поэтому одной из задач работ являлось освоение этого градиентометра с проверкой стабильности его характеристик. Технические характеристики данного градиентометра почти не отличаются от характеристик использовавшегося ранее градиентометра МГ-60:

– предел средней квадратической погрешности измерения магнитной индукции по каждому каналу не превышает 0,03 нТл;

– нестабильность показаний магнитометра во времени не выходит за пределы 0,2 нТл за 8 ч непрерывной работы.

Основные преимущества нового градиентометра ММПГ-1 связаны с тем, что, в отличие от МГ-60, который был опытным образцом, разработанным в конце 1980-х годов, этот новый прибор заводского выпуска разработан на новой элементной базе и имеет надежный интерфейс для сброса данных в ноутбук или стационарный компьютер. При экспериментальных исследованиях и выполнении картирования главным достоинством прибора оказались высокая надежность его работы, портативность и малый вес, удобство в работе при использовании аппаратуры одним оператором. Это позволило повысить качество работы и ее производительность.

При выполнении работ использовалась стандартная методика наблюдений: шаг съемки 0.5×0.5 м, расположение нижнего датчика от земной поверхности на высоте 35 см (метод вертикального градиента). По сравнению с градиентометром МГ-60 увеличилась база между нижним и верхним датчиками, она составила 1,85 м в отличие от 1 м у градиентометра МГ-60. Увеличение базы повышает контрастность выделения близповерхностных аномальных объектов.

В результате испытаний и проверки точностных характеристик прибора получено, что эти характеристики соответствуют паспортным данным. Градиентометр ММПГ-1 является

надежным и высокочувствительным прибором при использовании его для археогеофизических исследований.

Квантовый магнитометр-градиентометр G-858

В 2005 г. магнитное картирование территорий, перспективных на наличие погребенных археологических объектов, проводилось с использованием нового квантового градиентометра G-858 производства фирмы “Geometrics”, США.

Принцип действия квантовых магнитометров основан на выделении частоты резонансного поглощения электромагнитной энергии при переходе атомов рабочего вещества (паров щелочного металла) между двумя дискретными энергетическими подуровнями, расстояние между которыми, а следовательно, и частота перехода зависит от величины внешнего магнитного поля. Этот принцип позволяет, проводить измерения магнитного поля с гораздо большей частотой по сравнению с протонными магнитометрами. В магнитометре G-858 частоту замеров можно устанавливать до 10 раз в секунду, в то время как у протонных магнитометров частота замеров составляет, как правило, 1 измерение в 2-3 секунды. Второе положительное качество – значительно более высокая чувствительность и разрешающая способность квантовых магнитометров, которая достигает у G-858 0.005 нТл. Следует отметить и еще одно преимущество квантовых магнитометров – возможность работы в сильно градиентных полях, однако это весьма редкое явление в археологических изысканиях. Рассмотрим, как сказываются отмеченные выше преимущества при проведении магнитного картирования при археологических работах.

Во-первых, значительно повышается производительность труда, т. к. высокая частота замеров (10 замеров в секунду) позволяет выполнять съемку в движении без остановки и фиксации датчика над каждым пунктом измерений (как это делалось с протонным магнитометром). Пространственная привязка проводимых замеров выполняется оператором путем нажатия кнопки на приборе при прохождении каждого пикета профиля, которые в данном случае удобно было располагать через 2 м при длине профиля 40 м.

Опыт проведения съемок с помощью G–858 в 2005 г. показал, что скорость проведения съемки отдельных участков повышается в 2–3 раза по сравнению с использованием протонного градиентометра.

Во-вторых, при проведении магнитных съемок на ровных участках пашни или полянах можно рассчитывать на повышение точности съемки, а значит, и ее информативности при

поиске погребенных археологических объектов. При наличии неровностей поверхности земли в виде свежей вскопки, колеи и другого, более высокую чувствительность нового прибора не удается реализовать, поскольку аномалии от этих неоднородностей рельефа могут достигать 0.5–1 нТл.

Кроме этих двух положительных основных качеств новой аппаратуры, следует отметить наличие удобного программного обеспечения, поставляемого вместе с градиентометром, которое позволяет при построении результирующей матрицы данных съемки и карты учитывать различный порядок движения по профилям участка, проводить редактирование ошибочных замеров и убирать выбросы.

Опыт специально выполненных методических наблюдений на одном из участков Тартас-1 также показал, что ввиду высокой частоты замеров вдоль профиля, расстояние между профилями может составлять 1 м, а уменьшение этого расстояния до 0.5 м не дает какого-либо значимого повышения качества съемки.

В целом можно констатировать, что использование квантового градиентометра при проведении магнитного картирования значительно повысило производительность работ. Существует также возможность повышения разрешающей способности магнитных съемок при проведении их на участках с ровной поверхностью или применении алгоритмов выделения полезных сигналов на фоне помех.

Разработка новых методов магнитного картирования. Методика совместных измерений градиента и аномального магнитного поля.

Методика проведения одновременных измерений градиента магнитного поля и аномального магнитного поля заключается в следующем. Оба метода измерений хорошо известны, но применяются, как правило, независимо друг от друга. При этом используются разные измерительные приборы: для градиентных съемок – градиентометры, а для прецизионных измерений аномального поля – обычные магнитометры с одновременным проведением наблюдений в пунктах картируемой площади и в базовом пункте для регистрации и последующего исключения внешних вариаций магнитного поля.

С помощью градиентометра проводится градиентометрическая съемка, которая позволяет получить разность синхронных значений магнитного поля между двумя датчиками, расположенными по одному из горизонтальных направлений или по вертикали на расстоянии, которое от вида задач и удобства измерений может составлять от десятков

сантиметров до нескольких метров. В результате для каждого пункта измерений мы получаем разность поля (модуля полного вектора магнитной индукции или значений компонент этого вектора), которая оказывается свободной от влияния внешнего поля вариаций. Для получения этой разности в градиентометрах происходит синхронное измерение каждым из датчиков абсолютных значения поля, которые, как правило, также фиксируются в памяти прибора. Однако использовать эти абсолютные значения для построения карт аномального поля мы не можем, так как такие карты будут содержать в себе ошибку, связанную с вариациями внешнего поля.

Предлагаемое техническое решение достаточно просто. В районе работ устанавливается базовая вариационная станция, которая, измеряя вариации магнитного поля, позволяет их исключать из абсолютных значений поля, измеренных градиентометром. В результате, например, в случае измерений вертикального градиента, мы получаем значения аномального магнитного поля для двух уровней высоты (на которых расположены датчики градиентометра). Несомненно, такая дополнительная информация позволяет существенно повысить достоверность интерпретации данных, получать более однозначное решение обратной задачи, особенно при знании магнитных свойств слоев осадочных пород. Знание аномального магнитного поля на двух уровнях значительно упрощает оценку глубины залегания погребенных археологических объектов или изменений глубины залегания границы двух слоев, имеющих разную намагниченность.

Экспериментальное апробирование новой методики

Новая методика наблюдений отрабатывалась нами при магнитном картировании двух участков В-13 и В-14, граничащих с архитектурным памятником «Городище Чича» (Здвинский район Новосибирской области). Необходимо было выяснить наличие или отсутствие на этом участке погребенных археологических объектов и, в зависимости от этого, скоординировать планы дальнейших раскопок на этом объекте. Одновременно с вертикальной градиентометрической площадной съемкой выполнялась регистрация вариаций модуля полного вектора геомагнитной индукции на постоянном базовом пункте. Это позволило получить, кроме карты вертикального градиента, еще 2 карты значений аномального поля на двух уровнях высоты (рис. 11). Градиентометрические измерения на этих участках выполнялись по сетке 1×1 м. С помощью прибора ММ-61 измерялся вертикальный градиент, когда нижний датчик располагался на высоте 30 см, а верхний на

высоте 130 см. В 70 м от участка была установлена магнитовариационная станция МВ-06. Чувствительность наблюдений составляла 0.1 нТл.

Анализ карт аномального магнитного поля на участке В-13 на высотах 30 см и 130 см (рис. 11) показал, что на этой площади отсутствуют характерные аномалии, которые наблюдались ранее нами над жилищами, могилами и другими искусственными объектами. Вытянутые линейные аномалии в нижней части карт обусловлены уплотненной почвой и небольшими углублениями на полевой дороге. Абсолютное большинство зарегистрированных на этих участках аномалий имеют такую форму и амплитуды, которые характерны для неглубоко залегающих современных железных объектов. Как правило, они вызваны утерянными на полях частями сельскохозяйственной техники.

Благодаря использованию новой методики, удается выполнить классификацию аномалий по их генезису даже визуально. Так, из рисунков видно, что почти все локальные аномалии на карте аномального поля для высоты 30 см (верхний рисунок) вызваны неглубоко залегающими телами, так как уже на высоте 130 см (нижний рисунок) аномалии от них отсутствуют. По всей видимости, эти аномалии обусловлены современными техногенными источниками. Кроме того, видно, что только одна из трех локальных отрицательных аномалий (самая левая) на карте для высоты 130 см действительно имеет место, тогда как две другие связаны с выбросами, возникшими по техническим или другим причинам, поскольку на уровне 30 см эти аномалии отсутствуют. В случае проведения только градиентометрических измерений такое распознавание было бы сделать трудно. Таким образом, новая методика проведения магнитной съемки позволяет обеспечить более точную и полную интерпретацию данных.

Результаты работ позволили сделать вывод, что на данных участках погребенные археологические объекты, представляющие интерес для изучения, отсутствуют. Проверка этого вывода путем проведения раскопов для некоторых из этих аномалий подтвердила сделанное на основании магнитной съемки заключение.

Разработка специальной аппаратуры для исследования курганов

В 2003 г. в Институте геофизики СО РАН начались работы по изучению возможностей обнаружения замерзших археологических объектов. Речь идет о выделении непроводящих аномалий размером 3×2×1 м на глубине ~ 2 м в окружении вмещающих осадочных

образований, находящихся в состоянии неполного отогрева сезонной мерзлоты. Вмещающая среда представлена аллювиальными отложениями с включением окатанных булыжников различной величины. Толщина полностью оттаявшего слоя грунта не превышает 0.5 м. Изометрический объект поиска находится в среднем слое, его удельное электрическое сопротивление более 1000 Ом м.

Значительные усилия были направлены на поиск оптимальной системы возбуждения-измерения в методе сопротивлений, которая позволила бы увеличить аномальный сигнал. Были проанализированы результаты трехмерного математического моделирования различных установок электрического профилирования. Был найден оптимальный набор длин питающей линии и минимизировано число расстановок приемной линии. На тех же объектах были выполнены частотные электромагнитные зондирования при горизонтальной и вертикальной ориентации рабочих рамок. Положительные результаты экспериментальных работ в сезон 2003 г. подтвердили правильность выбранных методов исследований.

В 2004 г. для определения скоплений льда в археологических памятниках Институт геофизики приобрел аппаратурный комплекс "Цикл-ВПС". Аппаратура предназначена для формирования в нагрузке (линии АВ) импульсов тока заданной амплитуды и длительности, измерения сигнала переходного процесса в методе ВП и измерения разности потенциалов на приемной линии в методах сопротивлений. Аппаратура позволяет автоматизировать процесс работы, сбор и хранение данных. Имеется возможность выполнять предварительную обработку полученных данных в реальном масштабе времени. Полностью исключается ручная запись показаний приборов, что значительно увеличивает производительность работ. Аппаратура была заказана в апреле 2004 г., после продолжительного периода адаптации введена в эксплуатацию в начале 2005 г.

Высокое напряжение в питающей линии (300 В) и значительные величины тока (до 0,5 А), а также большой динамический диапазон измеряемого сигнала (от 10 мкВ до 2 В) создают благоприятные условия выполнения работ методом сопротивлений. Практика показала возможность применения аппаратуры "Цикл-ВПС" для зондирования замерзших грунтов, характеризующихся высокими сопротивлениями заземления.

48-электродный коммутатор

Выполнение экспериментальных работ по выявлению замерзших масс в погребальной камере курганов пазырыкского типа связано с большим числом коммутаций. Необходимо выборочно подключать один из 24 электродов к двум контактам *A* или *B* для образования множества питающих линий. Кроме этого, необходимо коммутировать 24 электрода к приемным контактам *M* и *N*, чтобы образовать необходимое множество измерительных линий. Во второй половине 2004 г. была обоснована необходимость разработки и изготовления соответствующего устройства для произвольной коммутации указанных электродов. Изучение мировой практики геофизических работ показало достаточность использования коммутаторов 24 на 4. Высокая стоимость зарубежных приборов вынуждает изготавливать аппаратуру своими силами. В 2005 г. было изготовлено два коммутатора, объединение которых представляет собой 48-электродный коммутатор.

Разработанный прибор (далее Коммутатор) служит для автоматизации переключения электродов либо под управлением ПК, либо от пульта на самом Коммутаторе. Он представляет собой автономный переносной прибор со встроенным аккумулятором. Блок-схема Коммутатора представлена на рис. 12. На передней панели прибора расположены клавиатура и жидкокристаллический индикатор (обозначение 14 на рис. 12). Для подключения питающих (*A*, *B*) и измерительных (*M*, *N*) проводов на задней панели располагаются четыре клеммы. Также на задней панели расположен разъём для подключения 24 линий от внешних электродов. Каждый электрод может быть произвольно замкнут с любой из клемм при помощи четырёх реле (позиция 1). Для обеспечения такой возможности для всех 24 электродов в Коммутаторе содержится 96 реле. Они размещаются на трёх однотипных платах. Соответственно, каждая плата обслуживает по 8 электродов. Одноимённые линии *A*, *B*, *M* и *N* трёх плат объединены между собой. Каждое реле может быть включено подачей напряжения 12 В на его обмотку через КМОП-ключ (на рисунке не показано). Затворы ключей управляются логическими сигналами, поступающими с дешифраторов (позиция 2). На каждой плате имеется по четыре 8-разрядных дешифратора, управляющих соединением соответствующей клеммы (*A*, *B*, *M*, *N*) с одним из восьми электродов (см. рис. 12). Входы дешифраторов трёх плат объединены параллельно в одну шину управления. Чтобы каждая клемма соединялась не больше чем с одним электродом, для каждого дешифратора в шине управления дополнительно вводятся по две линии выбора платы. Коды на этих линиях сравниваются компараторами (позиция 3) с кодом номера платы, задаваемым перемычками (позиция 4),

и только при их совпадении работа соответствующего дешифратора разрешается. Таким образом, для каждой из четырёх клемм *A*, *B*, *N* и *M* выбор подключаемого электрода осуществляется пятью сигналами: два сигнала выбирают плату, а другие три сигнала выбирают один из восьми электродов подключения. Очевидно, что Коммутатор при необходимости может быть легко дополнен четвёртой платой с реле, что позволяет увеличить общее число коммутируемых электродов до 32. В описываемой реализации Коммутатора, платы нумеруются перемычками от 1 до 3, обращение же к несуществующей плате с номером 0 используется для того, чтобы соответствующая клемма не была подсоединена ни к одному электроду.

Для управления всеми реле через указанную 20-разрядную шину в Коммутаторе имеется плата управления. Она принимает команды от пульта или от внешнего ПК и даёт сигналы на включение соответствующих реле. С пультом (позиция 14) плата соединена отдельной 24-разрядной шиной, а для связи с ПК имеется гальванически развязанный входной разъём последовательной связи RS-232. Плата управления также реализует специально разработанный адресный механизм объединения геофизических приборов, для чего на заднюю панель дополнительно выведен выходной разъём последовательной связи. При использовании нескольких приборов выход одного прибора соединяется с входом другого. Вход самого первого прибора соединяется с COM-портом ПК. Все соединения делаются стандартными "прямыми" кабелями последовательной связи. Плата управления содержит также преобразователь напряжения (позиция 5), который из 12 В аккумуляторной батареи формирует 5 В напряжения питания для логических микросхем Коммутатора. При помощи аналогового компаратора (позиция 6) осуществляется слежение за разрядом батареи: при снижении напряжения ниже порогового (11,3 В) включается соответствующая индикация на пульте управления (позиция 14). В качестве коммутирующего элемента было выбрано реле WJ107-1C-12V-S, обладающее одним из лучших показателей отношения коммутируемой мощности к геометрическому объёму реле. В качестве КМОП-ключа, подающего напряжение 12 В на обмотки реле, используется микросхема SI 9956 в миниатюрном корпусе стандарта SO-8. Четыре дешифратора и четыре компаратора на каждой плате с реле реализованы на одной микросхеме ПЛМ фирмы Altera – EPM7064SLC84. Такое решение существенно уменьшает количество микросхем на плате, а также обеспечивает гибкость в дальнейших

модификациях Коммутатора, для чего без изменения платы достаточно только перепрограммировать ПЛМ.

Главным элементом платы управления является микроконтроллер стандарта MCS®51 – AT89S8252. Он имеет FLASH-память программ объёмом 8Кб и EEPROM-память данных объёмом 2Кб. Энергонезависимая память данных используется для сохранения конфигураций переключений электродов до 100 "установок" с последующей возможностью вызова любой конфигурации по порядковому номеру командой от ПК или от пульта без необходимости каждый раз заново назначать клемме нужный электрод. Для того чтобы обеспечить управление пультом (позиция 14) через 24-разрядную шину и платами с реле через другую 20-разрядную шину, плата управления имеет портовый расширитель микроконтроллера, реализованный на микросхеме ПЛМ EPM7064SLC84. С внешним миром микроконтроллер связан последовательным каналом: входные сигналы гальванически изолируются микросхемой оптронной развязки CNY74-2, а на выходной разъём уровни RS-232 формируются микросхемой MAX 232. Для реализации адресного механизма управления несколькими приборами, соединёнными последовательно через указанные порты, на плате управления перемычками (позиция 15) задаётся номер (адрес) Коммутатора (прибора) – от 0 до 15.

Преобразователь напряжения 12 В в 5 В на плате управления выполнен на микросхеме MAX 738A. Эта микросхема имеет высокий КПД преобразования (около 90%), что важно для снижения общего потребления энергии. Слежение за разрядом батареи ведётся с помощью микросхемы ADM 707. В ней, кроме формирователя сигнала сброса для микроконтроллера, также содержится соответствующий компаратор, выход которого заведён на вход прерывания микроконтроллера. По включению питания тумблером (позиция 13) Коммутатор устанавливает такие соединения клемм *A*, *B*, *N* и *M* с электродами, которые были сделаны непосредственно перед выключением прибора, для этого используется энергонезависимая память данных микроконтроллера. Далее микроконтроллер переходит в режим циклического опроса входного порта RS-232 и клавиатуры пульта. По приходу первого байта на порт RS-232 или при обнаружении нажатия клавиатуры на пульте, Коммутатор начинает обслуживать соответствующий источник до тех пор, пока программный протокол обращения полностью не завершится. После этого делаются соответствующие переключения реле, текущая конфигурация

запоминается в EEPROM микроконтроллера, и коммутатор переходит в исходное состояние.

На двухстрочном ИЖК (жидкокристаллическом индикаторе) отображается текущая конфигурация подключений в виде четырёх позиций, в которых после латинской заглавной буквы, обозначающей клеммы *A*, *B*, *N* и *M*, следует число от 1 до 24, обозначающее номер подключённого к клемме электрода. При отображении числа 0 соответствующая клемма не подключается ни к одному из электродов. Кроме этого, на ИЖК отображается порядковый номер текущей конфигурации подключения клемм. Используя 16-кнопочную клавиатуру пульта, можно изменить номер электрода у любой клеммы, и после нажатия кнопки "Ввод" произойдёт соответствующее переключение реле. Нажатие кнопки "Запомнить" приводит к записи текущей конфигурации подключений в энергонезависимую память под текущим порядковым номером. Имеется возможность ввести в память до 100 разных конфигураций ("установок"). Редактирование через клавиатуру номера текущей "установки" и нажатие кнопки «Ввод» обеспечивают переключение сразу для четырёх клемм, в соответствии с ранее записанной конфигурацией. Нажатие кнопки "Перебор" обеспечивает циклический перебор конфигураций. Управление прибором от ПК начинается посылкой ASCII-кода символа двоеточия ":", после которого следует номер (адрес) прибора (Коммутатора), к которому адресуется команда. Далее следует код пробела и ASCII-код номера команды. Номер 0 устанавливает назначение электродов всем четырём клеммам: после пробела далее следуют по два символа номера электрода для всех четырёх клемм *A*, *B*, *N* и *M*. Команда 1 вызывает из памяти микроконтроллера конфигурацию переключений по её порядковому номеру. Соответственно после пробела в формате данной команды далее следуют только два ASCII-символа этого номера. Существует третья команда, с номером 2, которая позволяет записать необходимую конфигурацию переключений в память микроконтроллера под любым номером. В формате этой команды после кода "2" и символа пробела следуют сначала два символа номера конфигурации, затем символ пробела и по два символа номера электрода для всех четырёх клемм *A*, *B*, *N* и *M*.

Разработанный механизм адресации приборов, соединённых последовательно друг с другом, состоит в следующем. Если прибор (Коммутатор) получает команду с адресом, несоответствующим номеру данного прибора, выставленному перемычками (позиция 15), то вместо выше описанной дешифрации все последующие байты команды записываются в

буфер, после чего Коммутатор данную команду целиком передаёт на следующий прибор. Таким образом, команда "кочует" от прибора к прибору пока не дойдёт до адресата с соответствующим номером. При таком механизме происходит ретрансляция сигналов в каждом приборе, в связи с чем число последовательно соединяемых приборов в принципе не ограничено.

В качестве источника питания в Коммутаторе используется встроенный малогабаритный аккумулятор DT12045 фирмы "Delta Battery" с номинальным напряжением 12 В и ёмкостью 4,5 А ч. Так как из 96 реле Коммутатора одновременно может быть включено не больше четырёх, ток потребления прибора не превышает 250 мА, что гарантирует непрерывную работу Коммутатора без подзарядки в течении 18 ч. Разряд батареи сигнализируется на дисплее пульта мерцающим чередованием текущей отображаемой информации с соответствующей предупреждающей надписью. Заряд аккумулятора осуществляется подключением внешнего зарядного устройства к дополнительному разъёму питания (позиция 10) на задней панели Коммутатора, при этом тумблер включения (позиция 13) должен находиться в выключенном состоянии. Возможно также питание прибора от внешнего источника 12 В. В этом случае должен быть вынут предохранитель (позиция 11) для отсоединения встроенного аккумулятора.

Характеристики Коммутатора делают его удобным для эксплуатации в полевых условиях: габаритные размеры 270x195x150 мм, масса – не более 5,1 кг, температурный диапазон эксплуатации составляет от –20 до +60°С. Прибор применялся в экспедиции в Северо-Западную Монголию 2005 г. С его помощью было успешно выполнено несколько тысяч профилирований методом сопротивлений с целью выявления аномальных неоднородностей, соответствующих залегающим объёмам льда.

Геофизические исследования курганов с мерзлотой на плато Укок

Многолетние исследования курганных могильников пазырыкской культуры на плато Укок в Горном Алтае позволили выявить уникальные комплексы с прекрасно сохранившимися изделиями из тканей, дерева, кожи. В двух случаях до нас дошли мумии людей. Такая удивительная естественная консервация органических материалов оказалась возможной в силу природных условий, когда под каменной кладкой кургана в срубе погребальной камеры образуется лед, который впоследствии не оттаивает.

Значение выявления мерзлоты внутри древних курганов Алтая до начала раскопок при помощи геофизических методов трудно переоценить. До сих пор не было выработано методики, диагностирующей малые объемы мерзлого грунта или льда под каменными курганными насыпями. На сегодняшний день эта проблема остро стоит в отечественной археологии. "Замерзшие" курганы, где в силу природных процессов сохраняются органические материалы, представляются исключительным по значимости источником сведений об историко-культурных процессах в эпоху раннего железного века. Особенно важна геофизическая разведка, предваряющая раскопки в условиях глобального потепления климата, с наступлением которого целый пласт уникальной культурно-исторический информации может безвозвратно погибнуть.

Перспективы дальнейшего развития геофизических методов применительно к проблемам поиска археологических объектов в замерзшем состоянии связаны с разработкой новых технологий геоэлектрики, ориентированных на изучение физических свойств, присущих мерзлым породам.

В начальный период исследований была изучена возможность обнаружения таких объектов на основе различия диэлектрических свойств воды в жидком и твердом состояниях по частотному диапазону дисперсии и поглощению электромагнитного поля. Известны способы и методы исследования льда и замерзших горных пород. Знакомство с работами лаборатории геофизики криогенеза Читинского института природных ресурсов СО РАН показало специфику работ по изучению свойств льда в полевых условиях. Основной их особенностью является применение электромагнитных полей высокочастотного диапазона (сотни МГц – единицы ГГц). Выполнение подобных исследований в Институте геофизики СО РАН, на наш взгляд, является нецелесообразным и экономически невозможным. В этот период исследований, по тем же причинам, было признано нецелесообразным изучать эффекты, обусловленные быстропротекающей вызванной поляризацией в мерзлых породах. Очевидно, что фундаментальные физические явления, которые можно было применить в данных задачах, являлись бы индикаторами наличия чистого льда в осадочной толще. Но высокая стоимость оборудования и значительное время освоения методики не позволили нам выбрать это направление. Поэтому основные усилия были направлены на поиск оптимальной разновидности метода сопротивлений для получения аномального сигнала, обусловленного изолирующим шестигранным объектом на глубине около 2 м под дневной поверхностью. Исследования и

анализ велись на основе результатов трехмерного математического моделирования сигналов различных установок электрического профилирования. Был найден оптимальный размер разносов питающей линии и минимизировано число расстановок приемной линии. На тех же объектах были выполнены частотные электромагнитные зондирования аппаратурным комплексом ЭМС при горизонтальной и вертикальной ориентации рабочих рамок. Положительные результаты экспериментальных работ подтвердили правильность выбранных методов исследований.

Цель геофизических исследований на плато Укок в 2003 г. состояла в создании практической методики по выделению "замерзших" погребений и перспективных с этой точки зрения комплексов для последующих мультидисциплинарных исследований.

Объекты исследования и принципы их отбора

Для геофизической разведки были специально выбраны курганы пазырыкской культуры на тех могильниках, где уже производились археологические исследования.

Курганный могильник Верх-Кальджин II находится в северной части плоскогорья Укок на правом берегу р. Кальджин и состоит из пяти курганов, протянувшихся цепочкой с севера на юг. Насыпи курганов сложены рваными сланцами и крупными валунниками, полы сильно задернованы. Курганы № 1, 2 и 3 раскопаны. Захоронения всех трех курганов содержали в погребальных склепах линзы льда. Геофизическому исследованию подверглись оставшиеся нераскопанными два кургана № 4 и № 5.

Курганный могильник Бертек–1 расположен в Бертекской долине на левом берегу р. Ак-Алаха и состит из пяти курганных насыпей, вытянутых цепочкой с северо-востока на юго-запад, сложенных из окатанных валунов. Курган №1 исследовался ранее, мерзлоты в погребальной камере не обнаружено. Археологическое изучение разновременных курганных могильников микрорайона Бертекской долины ни в одном из случаев не выявило наличие мерзлоты в могилах Для геофизических изысканий мы остановили свой выбор на кургане №4.

Таким образом, геофизические исследования, направленные на отработку методики по поиску мерзлоты, планировалось проводить на принципиально различных памятниках. В первом случае наличие мерзлоты в захоронениях предполагалось с достаточно большой долей вероятности, во втором отсутствие льда и мерзлого грунта было практически очевидным. В то же время курган накрыт скоплением валунов, близких по УЭС к

замерзшим грунтам. Такие неоднородные по структуре и физическим показателям объекты были выбраны для корректного сопоставления геофизических построений.

Применение оригинальной модификации метода сопротивлений и сравнение полученных графических представлений с результатами математического моделирования позволило диагностировать наличие во вмещающем грунте изолятора, предположительно связываемого с наличием льда в захоронении. Анализ представленных данных показывает, что из трех исследованных объектов только курган №4 могильника Верх-Кальджин II содержит непроводящий объект значительных размеров, приуроченный к средней части кургана. Геометрические размеры этой аномалии близки к ожидаемому размеру замерзшей погребальной камеры. Для подтверждения полученных результатов и корректировки геофизических методик необходимо проведение археологических работ на этих объектах.

Методика исследования

Методические работы базировались на создании физико-геологической модели археологического объекта, отражающей данные о его строении и вмещающей среде. В июле на плато вмещающая среда представляет собой обводненные песчано-глинистые аллювиальные отложения с включениями различных по размеру камней. Могильная камера заполнена на глубину до 1 м грунтом, в состав которого входят валуны и гравий. Расположенный ниже сруб различной степени сохранности имеет вид параллелепипеда размером в среднем около 3×2×1 м и заполнен льдом либо грунтом. Выше залегает кладка из крупных камней. Как известно, лед обладает повышенным электрическим сопротивлением, т.е. является хорошим изолятором. Распознавание ледяного заполнения могил планировалось осуществлять по анализу результатов интерпретации данных двух модификаций электроразведки.

Присутствие валунной кладки на курганах Укока мощностью около 1 м сильно ограничивает применение метода сопротивлений. Для выполнения геофизических работ была специально разработана оригинальная система возбуждения-измерения. В качестве примера схемы работ см. рис. 1. Напряженность электрического поля измерялась в установке с постоянным разносом между токовыми электродами (1 м) с шагом 1 м по измерительному профилю (общая длина 10 м). Для питания электродов использовался переменный ток величиной 40 мА и частотой 2.5 кГц. Длина питающих линий составляла 10 м. Они устанавливались параллельно измерительному профилю так, чтобы

исследуемый курган находился в средней части участка, через который пропускается электрический ток. По двум противоположным границам кургана на параллельных линиях через 1 м расставлялись питающие электроды (А и В). Количество электродов на одной линии составляло 13 шт. На каждой стоянке выполнялись измерения разности потенциалов для всех питающих линий, образованных соответствующими токовыми электродами. Из полученных величин напряженности электрического поля от различных питающих токовых линий вычитались значения аналогичных измерений, выполненных с токовыми линиями, расположенными вне кургана. Таким образом подавлялось влияние нестабильности сопротивления заземления электродов в грунте и сложной формы электрического поля вблизи электродов. Предварительное математическое моделирование такой модификации метода сопротивлений для выделения замерзшей части могилы показало перспективность направления исследований, а положительные предварительные результаты экспериментальных работ подтвердили это. На рис. 5 а представлена карта распределения аномального сигнала, построенная непосредственно в полевых условиях. Эта карта использовалась как оперативный первичный материал, отображающий качество выполненных измерений. Количественная интерпретация данных потребовала значительных временных затрат и была выполнена позднее.

Частотное электромагнитное индукционное зондирование на курганах выполнялось аппаратурно-программным комплексом "ЭМС". По выбранным профилям с шагом 0.5 м выполнены зондирования с горизонтальным расположением катушек и повторные зондирования – в режиме вертикальных и горизонтальных генерируемых и измеряемых магнитных компонент электромагнитного поля. Для выполнения количественной оценки результатов зондирования был проведен ряд мероприятий и вычислений по привязке данных ЭМС к результатам ВЭЗ.

По результатам нескольких ВЭЗ, выполненных по периметру кургана №4 системы Верх-Кальджин II, была подобрана горизонтальнослоистая модель окружающей среды, которая затем с достаточной точностью была подтверждена трехмерным математическим моделированием. В низкочастотном приближении для модели однородного полупространства э.д.с., измеряемая ЭМС, пропорциональна проводимости среды. Имеющиеся сопротивления среды, окружающей курган, оказались довольно большими. Это позволяет, с учетом результатов оценки границ достоверности низкочастотного

приближения, считать, что э.д.с., измеряемая ЭМС, пропорциональна интегральной проводимости среды.

По линии разноса электродов одной из точек ВЭЗ было выполнено частотное зондирование аппаратурой ЭМС. По результатам зондирования был выбран однородный участок на этом профиле и получена осредненная кривая зависимости сигнала от глубины, рассчитанной пропорционально скин-слою. Далее на основании слоистой модели, в которой нижний слой являлся изолятором, был подобран масштабный коэффициент для уточнения глубины зондирований. После того, как глубина была привязана, были подобраны коэффициенты перевода сигнала ЭМС в сопротивления. Таким образом, на основании измерений ВЭЗ и ЧЗ на референтном профиле возле кургана был получен набор калибровочных коэффициентов для того, чтобы каждому измерению ЭМС сопоставить кажущиеся сопротивление и глубину.

Калибровочные коэффициенты были применены к данным, полученным во время площадного зондирования курганов. Один из результатов в виде набора разрезов, приведен на рис. 13. На рис. 14 представлена карта распределения кажущегося сопротивления на частоте 15 кГц, соответствующей глубине 1.8 м. На карте сплошной синей линией обозначена видимая (по обнаженным булыжникам) область кургана и пунктирной – полный предположительный размер кургана, читаемый в рельефе. На рисунках сплошным голубым цветом закрашены области, в которых УЭС превышает 1.5 кОм. В пределах видимой части кургана с небольшим выступом за видимую насыпь читается аномалия высокого сопротивления.

Для того чтобы уточнить форму изолятора и построить объемную аномалию, было предложено выделить изоповерхность, характеризуемую заданным уровнем сопротивления. Внутри этой поверхности сопротивление части кургана должно быть больше принятого уровня и вне нее соответственно меньше. На рис. 15 а показана изоповерхность сопротивления 1.5 кОм. Тело, которое ограничивается этой поверхностью, имеет сложную форму с довольно плоской верней частью и рельефным дном. Рис. 15 б демонстрирует изоповерхность того же уровня без верхней ее части, открывая тем самым для просмотра рельеф дна тела.

Для более точной интерпретации данных ЧЗ необходимо иметь средства моделирования двух и трехмерных задач ЧЗ, алгоритмы инверсии. Также необходимо производить точную калибровку аппаратной части комплекса ЭМС. Несмотря на эти

факторы, в результате применения метода ЧЗ в дополнение к данным метода сопротивлений получены оценки размеров, формы и глубину залегания изолирующего тела.

Верх-Кальджин II

Электроразведочными методами по описанной выше методике были исследованы курганы №4 (рис. 1) и №5 курганного могильника Верх-Кальджин II. В верхней части рис. 5 приведена карта распределения относительной аномалии, ортогональной по отношению к питающим линиям (AB) компоненты электрического поля. Осью абсцисс служила линия с точками расположения измерительного диполя (MN). На оси ординат указано расположение питающих линий (AB).

Десять измерений с шагом 1 м были выполнены по профилю длиной 9 м, при каждом из семи положений питающей линии, также располагавшихся через 1 м. Так как для всех семи питающих линий измерительная линия была только одна, на карте мы видим некоторую проекцию аномалии на линию наблюдения. В центре карты видно значительное повышение аномального сигнала до 360 единиц, связанное с непроводящим объектом, расположенным в центральной части кургана.

В полном объеме результаты аналогичных работ приведены в опубликованных статьях, посвященных работам на Укоке в 2003 г.

Бертек–1

Исследование на кургане №4 памятника Бертек–1 производилось по схеме, аналогичной той, которая использовалась на курганах Верх-Кальджин II. Измерительная линия имела длину 10 м. Питающие линии создавались в 13 направлениях. На рис. 16 приведена карта распределения относительной аномалии, ортогональной по отношению к питающим линиям компоненты электрического поля. Аномалии, имеющие высокий уровень и расположенные в южном краю карты (протяженная аномалия вдоль положений крайнего питающего электрода) и в северо-восточном углу карты (координаты 8, 1), по предварительной оценке можно отнести к помехам, обусловленным низким уровнем сигнала. К возможному изолятору можно отнести небольшую аномалию на севере карты (координаты 9, 5) с уровнем 200 единиц.

Геофизические исследования пазырыкских курганов с мерзлотой в Северо-Западной Монголии

В 2005 г. в Северо-Западной Монголии были проведены геофизические исследования курганов пазырыкской культуры, открытых экспедицией ИАЭТ СО РАН под руководством В.И. Молодина в 2004 г. Работы по диагностике объектов мерзлого грунта или льда под каменными курганными насыпями поводились с учетом опыта приобретенного в 2003 г. на плато Укок (Республика Алтай). Выбор объектов для геофизических исследований происходил в интервале высот 2550 – 2650 м над уровнем моря. Целью работ являлось определение наличия льда в погребальных камерах. Были изучены шесть памятников в долинах рек Улан-Даба, Олон-Курин-Гол и Цаган-Салаа: Улан-Даба 1, Олон-Курин-Гол 1, Олон-Курин-Гол 6, Олон-Курин-Гол 7, Цаган-Салаа 1 и Цаган-Салаа 2.

Методика геофизических работ

В ходе исследований применялись методы сопротивлений и частотных зондирований. Для работ методом сопротивлений использовался комплекс, состоящий из аппаратуры «ЦИКЛ-ВПС» и двух электрических 24-х канальных коммутаторов. Последние разработаны в Институте геофизики СО РАН и позволяют в автоматическом режиме выполнять электрические зондирования или профилирования на произвольных запрограммированных выборках из 48-ми электродов.

Для электромагнитных частотных зондирований применялся аппаратурно-программный комплекс "ЭМС", также разработанный в Институте геофизики СО РАН и неоднократно ранее применявшийся для изучения археологических памятников Сибири и Горного Алтая при совместных работах с Институтом археологии и этнографии СО РАН. Аппаратура "ЭМС" имеет небольшие размеры (менее 3 м) и обладает характеристиками, позволяющими различать изменения удельной электрической проводимости грунта или объектов. Кроме того, это единственный портативный прибор, позволяющий быстро строить в виде карт и разрезов распределение сигнала, пропорционального удельной электропроводности.

Итоги разведки

Результаты, позволяющие предположить наличие изолирующих ледовых линз, были получены при исследовании объектов Улан-Даба-1, Олон-Курин-Гол-1 и Олон-Курин-Гол-6. Наиболее достоверной с модельной точки зрения является абсолютная аномалия под курганом Улан-Даба-1 (рис.8 а). Судя по ее площадному распределению,

центр изолирующего объекта, соответствующего линзе мерзлоты, находится в точке с координатами (6, 5).

На площадках курганов Улан-Даба 1, Олон-Курин-Гол 6, Олон-Курин-Гол 7 и Олон-Курин-Гол 10 были выполнены геофизические исследования методом электромагнитного индукционного частотного зондирования. Работы проводились по методике, опробованной двумя годами ранее на пазырыкских курганах российской части плато Укок.

Таким образом, данные геофизических исследований древних курганов позволяют прогнозировать наличие льда под каменными курганными насыпями в погребальных камерах. Для археологических исследований удалось наметить наиболее перспективные в плане вероятности "замерзших" могил объекты. Необходимо также отметить, что подобные геофизические исследования на Укоке и в Монголии проводились впервые в мировой практике и пока не подтверждены раскопками. Последующие археологические изыскания помогут определить правильность выбранной методики и внести необходимые корректировки.

❒ Археологическая проверка геофизических построений и магнитная разведка на территории некрополя городища Чича–1

В 2003 г. были продолжены поиск и раскопки некрополя, относящегося к городищу Чича–1 (Здвинский район Новосибирской области). Магнитные карты позволили произвести поиск грунтовых погребений на территории, не имеющей рельефных признаков, прилегающей к городищу с северо-востока, и исследовать данные захоронения. При этом проверка участков с измененными магнитными и электромагнитными свойствами велась точечно, без раскопов большой площади. В общей сложности над магнитными аномалиями, расположенными за северной и северо-восточной оборонительными линиями городища, было разбито 14 проверочных раскопов (9/13 – 9/26), площадью от 12 до 40 м^2 (см. рис. 17). В результате общая площадь, вскрытая на могильнике, составила 274 м^2.

Стратиграфическая ситуация для большинства раскопов достаточно проста. Непосредственно под слоем пашни, сложенной из темно-серой супеси, залегает желтый материковый суглинок. В трех раскопах (№№16–18) под пашней выявлен еще один слой, представленный черной плотной достаточно однородной супесью. Судя по залеганию в

нем находок (кости животных, фрагменты керамики), его кровлю можно отнести к древней поверхности, на которой были сооружены погребальные комплексы.

Раскопами 9/16, 9/18, 9/21, 9/24, 9/26 вскрыты пять захоронений, три из которых можно однозначно датировать временем существования городища.

Погребение №8 сохранилось под слоем пашни лишь частично.

Погребение № 10 представляет собой яму округлой формы, диаметром 1.75 м, углубленную в материк на 0.4 м. Яма заполнена черной плотной супесью, стенки почти отвесные, дно ровное. В северной части погребения, по всей глубине ямы фиксировались разрозненные кости взрослого человека. В северо-восточной части могилы, на глубине 0.1 м был обнаружен миниатюрный сосуд, по форме аналогичный столовой посуде позднеирменской культуры. Под ним найдена изготовленная из тонкой листовой бронзы подвеска с овальным щитком. Вероятно, это захоронение следует расценивать как вторичное.

Погребение №12, овальной формы, размерами 1.6×0.85×0.55 м ориентировано длинной осью по линии С-Ю. Стенки ямы наклонные, дно, в целом, ровное, имеет слабый наклон к центру. Основное заполнение могилы – черная плотная супесь. В верхних слоях, в центре ямы зафиксирован слой засыпки в виде желто-серого суглинка. На дне обнаружен скелет взрослого человека, помещенного в могилу скорченно, на правом боку, головой на юг (рис. 18). Особая черта этого погребения – размеры ямы, рассчитанные только для размещения тела. Датирующий инвентарь здесь отсутствует, однако характерная скорченная поза и южная ориентация погребенного не позволяют усомниться в культурной и хронологической диагностике объекта.

Два погребения (№№9, 11) относятся к более поздним периодам и не связаны с поселенческим комплексом переходного от бронзы к железу времени.

В результате полевых исследований было установлено, что остальные точечные магнитные аномалии в большинстве своем вызваны ямами округлой либо овальной формы ритуального назначения и планиграфически относятся к территории позднеирменского могильника. Они имеют наклонные стенки, ровное дно и заполнены черной супесью. В придонной части ям зафиксированы прокалы, под которыми залегал плотный ярко-черный суглинок толщиной 5–6 см (рис. 19). Под ним, в материке, зафиксированы темные пятна диаметром 1–3 см, покрывающие все дно, это следы от вбитых в дно ямы деревянных кольев. Наблюдения показывают, что ямы использовались лишь очень короткий

промежуток времени, после чего были специально засыпаны. Данные объекты можно отнести к функционированию древнего некрополя, на территории которого они непосредственно находятся. Возможно, ямы имели в древности поминальный, либо жертвенный характер (в одной из них под прокалом обнаружена челюсть медведя и зуб лошади).

Остальные аномалии были вызваны легкими естественными понижениями материкового суглинка и частично сохранившимися участками погребенной почвы, обладающей повышенной намагниченностью. В одном случае причиной магнитной аномалии был современный металлический предмет, располагавшийся в слое пашни. Расположение его параллельно магнитной оси Земли привело к тому, что на магнитограмме не проявился вызываемый обычно черным металлом полярный след.

На территории площадью 2400 м^2, прилегающей с севера к городищу Чича–1, произведена дополнительная геофизическая разведка с применением высокоточной магнитной съемки (магнитометр МГ–60). Поиск производился с целью выявления конструкций и границ некрополя, относящихся к городищу. Исследуемая зона не была выражена в рельефе. В результате были получены магнитограммы исследуемого участка, на которых выявлен ряд точечных аномалий с повышенной магнитной индукцией (рис. 20). Как показала дальнейшая проверка, производимая при помощи универсального металлоискателя УМИ, большая часть этих аномалий была связана с нахождением в верхнем слое грунта современных предметов из черного металла. Раскопом 9/20 выяснено, что одна из зон с повышенными магнитными значениями была обусловлена небольшой ямой с прокалом на дне. Судя по стратиграфическим наблюдениям и керамике, этот объект сопоставим с ямами, обнаруженными на территории некрополя. Данная находка важна для маркирования западной границы грунтового могильника, соотносимого нами по времени с городищем Чича–1.

Итак, благодаря геофизическому картированию территории к северо-востоку от городища Чича-1 открыт древний некрополь. Десять из двенадцати обнаруженных захоронений датируются временем существования городища.

Мы наблюдаем здесь два обряда в погребальной практике: индивидуальное трупоположение в яме в скорченном положении на боку головой на юг – юго-восток; вторичные захоронения, которые чаще содержат останки нескольких человек.

Захоронения первого типа сопровождаются, как правило, керамической посудой (рис. 18-19), анализ формы и орнаментации которой позволяет соотнести данные погребения с начальным этапом существования городища. Эта посуда по своим морфологическим признакам близка к столовой ирменской и позднеирменской посуде. Необходимо также отметить, что все погребения такого типа, зафиксированные нами на некрополе, являются женскими, как, впрочем, и захоронение на территории городища.

Вторичные погребения не содержат в сопроводительном инвентаре керамики, за исключением миниатюрного сосуда. Культурно и хронологически эти погребения диагностировать было достаточно сложно, однако находка бронзовой гроздевидной подвески в погребении 6 явилась надежно датирующим маркером для подобных объектов. Данный факт дает возможность осуществить хронологическую привязку двух обрядов захоронения, что позволяет считать памятник единым комплексом с исследуемым городищем.

Погребение 8 обнаружено на уровне погребенной почвы. Следовательно, допустимо, что, наряду с означенными вариантами обрядности, существовал, видимо, и ряд захоронений того же времени, производимых на уровне древней почвы.

Остатки сохранившейся под слоем пашни погребенной почвы с остатками тризны, позволяют предположить наличие в прошлом невысоких курганных насыпей над захоронениями.

Раскопами также выявлено, что остальные точечные магнитные аномалии вызваны ямами округлой формы ритуального назначения, планиграфически относящимися к территории позднеирменского могильника; легкими понижениями материкового грунта и частично сохранившимися участками погребенной почвы, обладающей повышенными магнитными значениями.

Таким образом, исследованный нами некрополь, обнаруженный при помощи геофизических методов, можно соотнести по времени с исследуемым городищем и считать памятник единым комплексом.

Археолого-геофизические исследования грунтового могильника Тартас–1

Памятник открыт в Венгеровском районе Новосибирской области в 2003 г. в ходе изыскательских археологических работ по трассе проектируемого строительства линии

связи. Он не выражен в рельефе и обнаружен по наличию подъемного материала и проведению шурфовки. Геофизическая разведка производилась после охранных раскопок зоны памятника. Ее цель заключалась в идентификации погребенных объектов и определении границы памятника.

Условия проведения электромагнитной разведки были осложнены множеством неоднородностей техногенного характера. Поверхность площадки нарушена дорогой, на которой практически полностью отсутствует почвенный слой; в западной части рельеф изменен отвалами гумусного слоя из карьера; зона дороги и прилегающей к ней площади засыпана щебнем. Кроме того, известные погребения, необходимые для геофизической привязки, находились в наиболее разрушенной части памятника. В этих сложных обстоятельствах для выяснения контрастности грунтов, кроме метода индукционного электромагнитного зондирования, применялся метод сопротивлений.

Электрическое профилирование производилось симметричной установкой ABMN (разносы 0.5 и 1.0 м). Для обследования выбраны профили протяженностью 12 м, расположенные вдоль и поперек ряда из пяти нераскопанных захоронений в направлении ЮС и ЗВ. Было установлено, что метод сопротивлений не выявляет аномалии, связанные с геологическим строением исследуемой площади. Были определены только кажущиеся электрические сопротивления для однородных участков приповерхностного слоя мощностью 1 м.

По этим же направлениям выполнялись профилирования аппаратурой ЭМС на частотах в диапазоне от 2.5 до 110 кГц с шагом между пунктами измерений 0.5 м. На графиках индукционного профилирования аномалии, связанные с изменением геологического строения поверхностного слоя грунта, выражены слабо. Малая контрастность по электрическому сопротивлению заполнения могильных ям и вмещающей среды, очевидно, сказывается на результатах двух реализованных методов профилирований. Тем не менее, на графиках индукционного профилирования визуально прослеживается связь с изучаемыми объектами.

Данные профилирований методом постоянного тока были применены в качестве опорных значений при построении карт распределения электропроводности. Исследования производились методом электромагнитного индукционного частотного зондирования на площади в 1560 м^2. В процессе работы регистрировались сигналы по каждой из частот с шагом измерений 0.5 м. По результатам сканирования построены

карты распределения кажущегося электрического сопротивления для каждой частоты. Наиболее благоприятные для интерпретации данные выявлены при построении плана подповерхностного размещения археологических структур на частоте 40 кГц. Для усиления аномалий на тех частотах, где они регистрируются, нами впервые применен метод разности кажущихся сопротивлений. В этом случае оказалась показательной карта разности сопротивлений на частотах 40 и 110 кГц (рис. 21). На основе анализа и обработки данных можно предположить, что ряды грунтовых захоронений расположены по линии восточнее дороги в полосе с размерами 4×85 м, вытянутой с севера на юг.

Эта площадь была частично вскрыта раскопом 2004 г. Кольцевая структура на карте разности кажущихся сопротивлений на двух частотах проявилась в раскопе как круговая система рвов. Вскрытые малые археологические объекты (погребения и ямы) не были выделены электроразведкой из-за сильных техногенных изменений верхней части разреза (дорога, колеи, насыпи).

Для определения контура грунтового могильника и детальной диагностики малых археологических объектов была использована высокоточная магнитометрия. Общая площадь магнитной съемки составила 11050 м^2, куда вошли участки на пашне, у края террасы, а также участки в южной части памятника, примыкающие к карьеру. Для съемки в 2004 г. использовался магнитометр-градиентометр ММПГ-1 (рис. 22). В 2005 г. магнитное картирование территорий, перспективных на наличие погребенных археологических объектов, проводилось с использованием нового прибора квантового градиентометра G-858 (фирма “Geometrics”, США) (рис. 23). После обработки были построены магнитограммы, по которым выявлено две зоны памятника (рис. 24).

Первая зона (участки 1, 2 7, 11, 12 и северо-восточные части участков №8, 9) приурочена к пашне и характеризуется достаточно спокойным фоном (от –1.5 до +2 нТл), на котором хорошо проявляются борозды и гребни пашни. Аномалии магнитного поля, по размерам и конфигурации сопоставимые с древними погребениями, составляют от 2.5 до 8 нТл. В восточной части участка 2 зафиксированы две крупные положительные аномалии (площадь 12 и 25 м^2) с магнитными значениями 5 нТл. Предположительно эти аномалии можно связать с поселенческими объектами. В верхнем слое грунта единично фиксируются современные железные предметы. Именно в этой зоне выявлены наиболее благоприятные условия для распознавания магнитных аномалий, предположительно связанных с археологическими объектами. Участок №10 также расположенный на пашне

имеет достаточно спокойный магнитный фон и практически не содержит аномалий, сопоставимых с археологическими объектами. По всей вероятности, эта территория находится уже вне зоны распространения грунтового могильника.

Вторая зона (участки 3–6, 13, юго-западные части участков 8, 9) расположена вдоль края террасы и карьера. Она сильно изменена и засорена современными железными предметами. Отдельные положительные аномалии, похожие по очертаниям на древние захоронения или ямы, есть и в этой зоне. Данные ЭМС и магнитометрии на участке 5 показали в целом сходную ситуацию: по повышенным сопротивлениям и пониженным магнитным значениям выявлена дорога. Результаты указывают на несомненные преимущества магнитометрии в детальности проработки аномалий, связанных с археологическими объектами и техногенными нарушениями. Участок 4 был полностью раскопан. На магнитной карте выделена одна яма, остальные археологические объекты либо затенены современными металлическими предметами в верхнем слое, либо искажены их влиянием.

Для проверки магнитных аномалий на пашне были разбиты три раскопа, включенные в единую сетку с основным сплошным раскопом (траншеи 32, 37, 38–39, рис. 25). Результаты раскопов подтвердили предположение о прямой связи магнитных аномалий с древними захоронениями. Вскрытые на этих участках погребения отнесены к переходной кротовско–андроновской (федоровской) группе В (с преобладанием федоровских черт).

Траншея 32 заложена для проверки магнитных аномалий, предположительно связанных с древними погребениями. На магнитной карте отмечаются аномалии в пределах от –1.5 до 1.5 нТл в виде субмеридиональных параллельных полос. Эти фоновые полосы на магнитограмме четко совпадают с бороздами и гребнями пашни. Борозды представлены на магнитограмме отрицательными значениями, а гребни – положительными. На участке выделены три аномалии. Центральная аномалия – полярная (±40 нТл), находится на площади 2×2.5 м. Она обусловлена скоплением черного металла в приповерхностном слое. При раскопках в слое пашни на глубине 1 см от дневной поверхности обнаружена железная пластина, ее расположение совпадает с центром магнитной аномалии на магнитограмме. Северная и южная аномалии имеют овальную, приближающуюся к прямоугольной форму. Размеры северной 2.2×1.2 м (5 нТл), а южной – 2×1 м (4–5 нТл). Эти аномалии по форме и значениям можно связать с древними погребениями либо ямами, заполненными магнитным темным грунтом под слоем пашни. Зачисткой на уровне материковой поверхности выявлены три пятна, заполненные черной супесью, близкой по

цвету пашенному слою. Южное пятно округлой формы (диаметр 1.55 м) и почти четырехугольное северное (размер 2.1×1 м), совпали с аномалиями. Центральное пятно округлой формы (диаметр 0.8–0.85 м) затенено металлическим объектом. При разборке пятен выявлены погребения №№46–48 (рис. 10).

Траншея 37. Северо-западная аномалия (размер 1.5×1 м, до 5 нТл) может соответствовать древнему захоронению. Еще три положительные аномалии: две малых (диаметр 0.6 м) у западной стенки раскопа и одна большая (1.5×1 м) – характеризуются небольшими положительными значениями до 2–2.5 нТл. Раскопом предполагалось установить их связь с бороздами вспашки либо с археологическими объектами. Зачистка на уровне материка выявила пять пятен, которые совпадают с расположением магнитных аномалий. Пятна погребений №№49 и 51 по форме, размерам и расположению совпадают с одиночными аномалиями (рис. 27). Погребения №№50, 52, 57, расположенные рядом, отмечаются одной положительной аномалией. Все пятна заполнены более плотной (по сравнению с пашней) черной супесью. Небольшая аномалия в ЮЗ углу раскопа связана с гребнем пашни.

Траншеи 38–39. На магнитограмме исследуемого участка видны четыре положительные аномалии: субширотная в северо-западной части раскопа (6 нТл, размер 3×1.2 м); у восточной стенки полярная (6 нТл), скорее всего, обусловленная небольшим железным предметом в пашенном слое; в центральной части субширотная овальная (5 нТл, 2.5×1 м); в юго-западной части раскопа субмеридиональная овальная (7 нТл, 4×2 м). Зачистка после снятия пашенного слоя выявила три пятна, совпадающие с аномалиями. Под тенью от железного предмета проявилось еще одно темное пятно. На месте этих объектов вскрыты погребения №№ 59–61, 66.

Таким образом, на всей исследованной в 2003 – 2005 гг. площади грунтового могильника Тартас-1 обнаружены магнитные аномалии, совпадающие с древними захоронениями. Выявлены взаимосвязи между интенсивностью магнитных параметров, глубинами и характером заполнения могильных ям. Произведены сравнения результативности различных геофизических методов и приборов. Благодаря геофизическому мониторингу, можно наметить перспективы дальнейшего геофизического изучения территории памятника в северном направлении и скорректировать стратегию археологических исследований в различных зонах памятника.

Археолого-геофизические исследования памятника Преображенка-6

Памятник расположен на краю надпойменной террасы правого берега р. Омь в 5 км к западу от с. Старая Преображенка, его координаты – N 55º 30.099', E 077º 00.875'. Открыт В.И. Молодиным в 1973 г. На основе сборов и шурфовки, которыми были выявлены фрагменты неолитической керамики, отщепы и несколько каменных орудий, памятник в то время был атрибутирован как стоянка эпохи неолита. В 1990 г. границы стоянки были определены по распространению подъемного материала: вдоль бровки террасы по линии С–Ю – 285 м, в глубь пашни по линии З–В до 40 м. В южной части памятника на пашне были собраны обломки костей человека. В северной части была зафиксирована сильно распаханная курганная насыпь округлой формы диаметром 15 м и высотой 0.15 м. На распаханной территории памятника была собрана керамика и каменные изделия эпохи неолита – ранней бронзы, каменный жезл в виде изображения рыбы или змеи. Все эти годы территория памятника подвергалась интенсивной распашке. При визуальном осмотре по цвету распаханной почвы можно сделать заключение, что наиболее пострадала южная часть памятника: светлый оттенок грунта свидетельствует о разрушении не только почвенного слоя, но и частично материкового суглинка. На пашне обнаружены: керамика эпохи неолита, ранней и развитой бронзы, два шлифованных каменных топорика, обломок каменного изделия с поперечным желобком, скребки, пластины и отщепы; два бронзовых кельта и фрагмент оконечности бронзового браслета. Большая часть собранных костей принадлежит человеку. Характер сборов позволяет предположить наличие на данной территории не только стоянки, но и древнего некрополя.

Первые магнитометрические исследования на памятнике Преображенка-6 проводились на небольшой площади, примыкающей к краю террасы, в 2004 г. Работа была продолжена летом 2005 г. Исходя из анализа распространения подъемного материала на пашне, в единой сетке с топографическим планом памятника были разбиты квадраты геофизической съемки размером 40×40 м. Общая площадь магнитной съемки составила 12800 м^2.

На полученной магнитограмме выявлены аномалии, сопоставимые с археологическими объектами (рис. 28). Общий фон достаточно ровный, изменяется от 0.5 до 2.5 нТл. Борозды пашни проявляются едва заметными чередующимися параллельными полосами с пониженными и повышенными значениями. Лишь глубокая борозда у западного

края пашни характеризуется отрицательными значениями. Такой спокойный фон на этом участке связан с качественным боронованием поля. Засоренность современными железными предметами небольшая. Археологические объекты предположительно проявились на магнитограммах в виде положительных магнитных аномалий (до 8 нТл). Основная масса таких аномалий с повышенными магнитными параметрами сконцентрирована в центральной и северной части исследуемой территории. Они представлены как отдельно расположенными объектами, так и скоплениями. Еще до начала раскопок ряды овальных аномалий в центральной и северной частях памятника предварительно были диагностированы как ряды древних захоронений (рис. 28). Хорошо выделяются на северной оконечности магнитограммы остатки распаханного кургана с ровиком и погребением в центре, не исключено, что часть кольца с повышенными магнитными параметрами, расположенного к востоку от указанного объекта, также является остатками ровика распаханного кургана, правда в этом случае следов могильной ямы не отмечено. Интерес представляют так же и объекты, читающиеся как скопление различных по величине аномалий, в центральной и северо-восточной части исследуемой территории (рис. 28). Часть этих аномалий по формам и размерам сопоставима с могилами, однако находящиеся в непосредственной близости крупные объекты изогнутой формы длиной от 8 до 12 м не позволяют однозначно интерпретировать скопления как погребальные объекты.

Одиночные аномалии отмечены практически на всей территории магнитометрических исследований и представлены округлыми и овальными формами небольших размеров, часть из которых, по-видимому, может быть также связана с погребальными объектами. Повышенные фоновые значения вдоль западной оконечности исследуемой площади, вероятно, связаны с краем террасы, где по причине эрозии пашни шло накопление гумусных отложений, обладающих по сравнению с материковым суглинком повышенными магнитными значениями.

Таким образом, еще до начала раскопок удалось предположительно диагностировать основную часть памятника как грунтовый могильник и наметить перспективное направление геофизических исследований на предмет выявления восточной и северной границ памятника. Благодаря геофизическому мониторингу удалось рационально построить стратегию археологического изучения выявленных объектов, а также надежно определить границы их распространения, не фиксируемые на дневной поверхности.

С целью проверки магнитных аномалий и дальнейшей идентификации было археологически исследовано 6 участков в различных частях памятника (рис. 28).

Необходимо отметить, что на всех раскопах расположение пятен, зачищенных под слоем пашни и вскрытых на их месте объектов, совпадает с данными магнитограммы.

Все аномалии, выявленные в раскопах №№1-3 связаны с неглубокими (0,2-0,5 м) ямами округлой, подовальной или подпрямоугольной формы длиной от 1,0 до 3,8 м, шириной от 0,7 до 2,6 м. В раскопе №1 наибольший интерес представляют две ямы, заполненные останками рыб, фрагментами керамики, костями животных и птиц. Здесь же обнаружены литейная керамическая шишка для отливки втульчатого изделия и каменный наконечник стрелы. В заполнении двух ям из раскопа №2 зафиксированы прокалы, при этом в одной из них найдено большое количество фрагментов керамики, предметы из камня (отщепы, ножевидные пластины, острия), а также кости животных и птиц. В остальных ямах раскопа №2 обнаружены, кроме вышеперечисленных, кости лошади, лисицы и овцы. В орнаментации посуды из раскопов №№1, 2 преобладают горизонтальные и наклонные ряды отступающего гребенчатого штампа, а также овальные либо каплевидные отпечатки отступающей палочки. В единичных случаях встречаются горизонтальные ряды жемчужника, ямок и валик. По всей видимости, у большинства сосудов орнамент покрывал всю внешнюю поверхность. Судя по сохранившимся венчикам, преобладают баночные формы. Срез венчика прямой либо скошенный внутрь, иногда орнаментирован. В целом, посуда из раскопов №№1, 2 имеет наибольше сходство с керамикой поселенческих комплексов одиновской и крохалевской культур эпохи ранней бронзы. Скорее всего, вскрытые нами ямы в раскопах №№1 и 2 на краю террасы относятся к стоянке эпохи ранней бронзы, хотя нельзя исключить их принадлежность к исследованному нами в 2005 г. могильнику эпохи бронзы.

Определить назначение ям в раскопе №3 пока трудно. Можно с уверенностью сказать лишь об их искусственном происхождении и достаточно однородном заполнении.

Раскопом №4 вскрыт могильник эпохи доандроновской бронзы. Большинство выявленных здесь погребений и ям сгруппировано в один ряд, вытянутый по линии ССЗ-ЮЮВ. В ЮЮВ части ряд «раздваивается», образуя еще одну параллельную линию из пяти объектов (рис. 29).

Всего в раскопе №4 обнаружено 13 взрослых и детских захоронений. Все погребения одиночные, совершены в неглубоких (0,1-0,6 м) ямах овальной формы,

ориентированных длинной осью по линии ВСВ-ЗЮЗ. Длина могильных ям взрослых субъектов колеблется в пределах 1,6-3,0 м, ширина – 0,7-1,3 м (антропологические определения выполнены Д.В. Поздняковым). В заполнении отдельных захоронений присутствуют следы охры. Способ размещения тел умерших в могильной яме, как детей, так и взрослых, в целом, стандартен: на спине, головой на ВСВ, руки вытянуты вдоль тела. В шести случаях в захоронениях взрослых зафиксированы следы проникновений в погребальную камеру, в результате которых анатомический порядок расположения костей черепа и верхней части посткраниального скелета был нарушен. Данный факт четко подтверждают разрезы могильных ям, где участки с измененным заполнением полностью совпадают с областью залегания переотложенных костей. Во всех случаях нетронутыми остались только кости ног, что и позволило установить первоначальное положение умерших в могильной яме. Следует отметить, что в таких захоронениях отсутствуют черепные крышки, и большинство костей верхней части посткраниального скелета. Факты проникновения в могилу отмечены только для погребений взрослых мужчин, в то время как не потревоженные ямы являются захоронениями детей и подростков. Отдельно следует упомянуть захоронение взрослого субъекта, рядом с правой рукой которого был обнаружен череп мужчины возраста до 30 лет.

Сопроводительный инвентарь включает изделия из бронзы, камня и рога. Предметы из камня, представленные скребками, ножевидными пластинами, отщепами и сколами, обнаружены в заполнении и на дне практически всех погребений. Изделия из бронзы, найденные в могилах как взрослых, так и детей, представлены небольшими четырехгранными шильями. В одном случае зафиксированы фрагменты деревянной рукояти. В большинстве погребений шилья расположены рядом с костями левой кисти, либо на месте ее анатомического расположения. Интересно отметить, что в ряде других могил вместо шила были обнаружены острые предметы из камня и, в одном случае, роговой наконечник стрелы. По всей видимости, мы имеем дело с устойчивой традицией, которая в дальнейшем получила свое развитие в кротовской культуре.

Кроме захоронений, в раскопе № 4 было изучено восемь ям, которые, как уже было отмечено выше, располагались в одном ряду с погребениями и имеют непосредственное отношение к погребальному комплексу. Судя по особенностям заполнения этих объектов, они, в отличие от могил, могли заполняться естественным образом. Наибольший интерес представляют три ямы. Одна из них вплотную примыкала к погребению ребенка в

возрасте 1 года (±4 мес.). Здесь был зафиксирован слой чешуи рыбы, роговой вкладышевый нож с каменной ножевидной пластиной (рис. 30, *4*), скребок и отщеп. Еще две ямы, отличающиеся значительными размерами (около 3,5×1,2 м), расположенные в ряду погребений, содержали керамику. В первой из них обнаружены фрагменты, как минимум, от шести сосудов, во второй – от пяти (рис. 30, *1-3*). Этот керамический комплекс, несомненно, связан с обнаруженным могильником. В нем прослеживаются как кротовские, так и более ранние традиции в изготовлении и орнаментации посуды, хотя налицо и его несомненная специфика, не позволяющая однозначно говорить о культурной принадлежности комплекса.

Раскопом №5 вскрыты три погребения древнетюркского времени (VIII-IX вв.). Могильные ямы подпрямоугольной формы, длиной 2,2-2,5 м, шириной 1-1,2 м, ориентированые длинной осью по линии З-В, образуют один ряд. В заполнении могил зафиксированы фрагменты деревянных перекрытий. Умершие лежат на спине, головой на запад, руки вытянуты вдоль тела. В двух случаях, у северной стенки ям, рядом с погребенными обнаружены захоронения шкуры коня и фрагменты упряжи. Сопроводительный инвентарь представлен керамикой, а также предметами вооружения, деталями поясной гарнитуры и украшениями, выполненными из железа, бронзы и рога. Еще одно магнитная аномалия, находящаяся к северу от этого ряда и не охваченная раскопом, вероятно, также связана с данным комплексом. Судя по погребальному обряду и инвентарю, данные погребения относятся к древнетюркскому времени и находят ближайшие аналогии в материалах памятника Преображенка-3.

Раскопом №6 выявлены ямы, также совпадающие с аномалиями на магнитограмме. Одну из них можно квалифицировать как нарушенное погребение (зафиксированы отдельные кости стоп). Предварительно можно предположить связь этих объектов с погребальным комплексом четвертого раскопа.

Сбор подъемного материала с поверхности пашни дал уникальную коллекцию бронзовых изделий: два кельта, фрагмент навершия бронзового браслета, нож и пластина. Оказалось, что эти предметы находятся на небольшом расстоянии друг от друга. Для дальнейшей локализации и проверки верхнего слоя пашни на наличие бронзовых изделий было проведено сплошное сканирование площади 3200 м^2 металлоискателем Крот-2, дифференцирующим в грунте черные и цветные металлы (рис. 31). Было дополнительно обнаружено бронзовое копье, два ножа, обломки браслетов, диска, пластин и фрагмент

золотой фольги (рис. 32). Кроме этого было обнаружено около 20 современных железных предметов. Все находки четко фиксировались на плане с указанием глубин. Планиграфические данные подтвердили предположение о локализации бронзовых изделий на пашне: основная масса находок расположена на вытянутом участке размером 26×10 м. По данным магнитометрии, здесь имеются несколько аномалий с повышенными магнитными значениями. Необходима археологическая проверка этой перспективной территории с целью выявления связи уникального подъемного материала с археологическим комплексом.

Таким образом, археологическая проверка магнитного картирования памятника Преображенка-6 позволила выявить наличие разновременных грунтовых погребальных комплексов и остатков древней стоянки на краю террасы. Дальнейшее археолого-геофизическое исследование памятника поможет пролить свет на вопросы, связанные с дальнейшей идентификацией участков памятника, их культурной и временной принадлежностью.

Геофизические исследования кургана Барсучий лог

Цель работ заключалась в изучении внутреннего строения уникального кургана эпохи раннего железного века Хакасии и корректировке плана будущих раскопок. Диаметр этого сооружения составляет 70 м, а высота достигает 10 м. Для картирования и получения разрезов объекта использован аппаратурно-программный комплекс индукционного электромагнитного частотного зондирования (ЭМС). Для изучения распределения электропроводности по периметру кургана было выполнено несколько вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ).

Для реконструкции структуры окружающего курган полупространства и для калибровки частотных зондирований было выполнено четыре ВЭЗ в направлениях сторон света. Наиболее вероятное строение среды по данным трех зондирований (север, юг, запад) трехслойное: верхний слой имеет сопротивление около 40 Ом м, средний от 12 до 30 Ом м и подстилающий слой с сопротивлением более 1000 Ом м. Интерпретация данных восточного ВЭЗ дает модель с аналогичным изолятором и немного отличающимися по сопротивлению двумя верхними слоями.

На кургане были выполнены частотные зондирования (примерно 2000 точек на площади около 4000 м^2). Сетка измерений выбиралась таким образом, чтобы ось прибора была горизонтальна и проходила по касательной к изолинии рельефа. Таким образом, съемка велась по почти круговым профилям (концентрическим окружностям), на каждом из которых прибор находился примерно на одной и той же высоте над основанием кургана. Центр системы измерений был смещен на 3 м на юго-запад относительно центрального репера на кургане (рис. 8). Профили располагались с шагом 2 м по радиусу и таким же шагом по окружности. Длины хорд, опирающихся на две соседние точки зондирования, равнялись 1.0 м и 1.5 м (на последних пяти профилях). Такой тип равномерной сетки наблюдений обеспечивает примерно одинаковую представительность каждого из зондирований на профиле. В результате это привело к адекватному учету рельефа, улучшению качества построений и упрощению обработки данных зондирования.

Построено 14 карт распределения сигнала аппаратуры ЭМС, который пропорционален кажущейся проводимости среды. Глубина проникновения токов обратно пропорциональна квадратному корню от частоты.

Наиболее информативна карта, построенная по данным на частоте 110 кГц (рис. 33), на которой выделяется группа из трех ярких аномальных структур и четырех сходных между собой аномалий. Самая интенсивная аномалия, соответствующая повышенной проводимости (оранжевый цвет), расположена в центрально-западной части кургана. Она соответствует грабительской яме, которая выражена в рельефе насыпи и имеет максимальную глубину около 2 м. Интенсивность этой аномалии может объясняться наличием вертикальных границ в среде, а также тем, что в яме аппаратура находилась ближе к более проводящим слоям.

Можно выделить большую аномалию размерами 5×5 м (координаты центра 3, –13) на южном склоне кургана. Этот склон характеризуется наиболее пологим уклоном и самым сухим грунтом с относительно меньшей проводимостью. Однако аномалия соответствует повышенной проводимости, и ее источник еще не установлен.

Хорошо видны четыре протяженных аномалии с пониженной проводимостью (голубой цвет), крестообразно исходящих примерно из центра кургана в направлениях СЗ, ЮВ, СВ и ЮЗ. Совместное изучение рельефа кургана и этих аномалий позволяет характеризовать последние как ребра четырехгранной пирамиды, в форме которой некогда был сооружен изучаемый курган.

Еще одна крупная аномалия выделяется на северо-восточном ребре пирамиды (координаты (13, 17), голубой цвет). Она соответствует пониженной проводимости и источником ее может быть либо разуплотнение, либо изолирующий материал. Множество барсучьих и лисьих нор в этом месте вряд ли может объяснить настолько сильное понижение сигнала.

Кроме описанных крупных аномалий выделяются более мелкие, которые по характеру близки к аномалиям, возникающим над неглубоко залегающими металлическими объектами. Координаты двух таких точечных аномалий (–5,–15), (12, 25), третья находится в самом глубоком месте грабительской ямы. Остальные аномалии имеют хаотическое расположение и небольшую площадь, поэтому сложно выделить какие-то из них отдельно или объединить в структуры.

Разметка сетки измерений для удобства проводилась не в плоских, а в поверхностных координатах, иначе пришлось бы нивелировать каждую из точек измерения. Для сопоставления карт, полученных по данным ЭМС, с другими материалами, представленными в плоских координатах, было выполнено координатное преобразование. Для этого поверхность кургана была разделена на четыре сектора по образующим, направленным вдоль сторон света (будем называть эти образующие опорными). Каждая из линий была построена теодолитом для получения высот над условным горизонтом. Значения на линиях восполнены с помощью кусочно-линейной интерполяции до непрерывных кривых. Для проекции всей площади кургана надо задать высоту каждой точки его поверхности. За условный нуль по высоте принята изолиния 107 м. Образуем упрощенную геометрическую модель кургана. Зафиксировав кусочно-линейные образующие, соединим каждую пару точек, лежащих на опорных образующих, дугой эллипса, опирающейся на полуоси, образованные проекцией рассматриваемой точки на нулевую горизонтальную плоскость. Эллипс и его полуоси лежат в горизонтальной плоскости на выбранной высоте. Таким образом, все точки зондирований на поверхности кургана были спроектированы на горизонтальную плоскость. Надо заметить, что преобразование координат существенных изменений в построения не внесло. Число и характер аномалий не изменились.

Заключение

В результате работ по проекту создан комплекс аппаратурно-программных и методических средств исследования подповерхностного пространства для решения фундаментальных и прикладных задач археологии.

Работами определены технологии построения планов подповерхностного распределения удельного сопротивления грунта памятников и геоэлектрических разрезов по профилям, а также построение магнитных карт археологических объектов.

Геофизические исследования археологических памятников с комплексным применением магнитометрии, малоглубинного индукционного частотного зондирования и электропрофилирования позволили:

-получать до начала раскопок новую детальную информацию в виде карт и разрезов о расположении и структуре археологических объектов и вмещающего грунта;

-на основе детальных геофизических карт и разрезов существенно изменить стратегию исследования археологических памятников и осуществлять вскрытие с учетом знания контуров и структуры объектов, их точной привязки в пределах площади раскопа;

-успешно проводить поиск жилых и хозяйственных археологических объектов, и древних погребений под слоем пашни;

-сделать важные методические наблюдения на базе тестовых испытаний различных аппаратурно-програмных комплексов;

-определить систематические погрешности в интерпретации данных малоглубинной аппаратуры индукционного частотного зондирования;

-впервые выполнить сравнение производительности и результативности, примененных на археологических объектах различных геофизических методов, реально оценить потенциал их комплексного применения;

-создать программный комплекс для графического представления данных индукционного частотного зондирования.

Важным результатом проекта является то, что в распоряжении коллектива теперь находится современный, не имеющий аналогов в мире, комплекс геофизической аппаратуры. Основными составляющими комплекса являются квантовый магнитометр-градиентометр G-858, протонный магнитометр-градиентометр ММПГ-1, специальная аппаратура для исследования курганов и аппаратура частотного электромагнитного зондирования "ЭМС".

В настоящее время применение геофизических методов в археологии на территории Западной Сибири и Алтая вышло на мировой уровень, а в области диагностики "замерзших" курганов значительно его превосходит. Стало возможным производить инструментальные исследования подземной структуры уникальных археологических комплексов. Полученные геофизические результаты, проверенные археологическими раскопками, позволяют сделать вывод о целесообразности комплексных геофизических исследований археологических объектов. Предпринятое применение новых методов и существующих геофизических аппаратурных комплексов есть начальная попытка вероятностного научного прогноза объемной подземной структуры исследуемых археологических памятников. Это перспективное направление при надлежащей поддержке будет развиваться в планируемых работах.

По итогам работ над проектом издана следующая литература:

Монографии

Молодин В.И., Парцингер Г., Гаркуша Ю.Н., Шнеевайс Й., Гришин А.Е., Новикова О.Н., Чемякина М.А., Ефремова Н.С., Марченко Ж.В., Овчаренко А.П., Рыбина Е.В., Мыльникова Л.Н., Васильев С.К., Бенеке Н, Манштейн А.К., Дядьков П.Г., Кулик Н.А. Чича – городище переходного от бронзы к железу времени в Барабинской лесостепи, Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2004, Материалы по археологии Сибири, т.2, 336 с.

Молодин В.И., Полосьмак Н.В., Новиков А.В., Богданов Е.С., Слюсаренко И.Ю., Черемисин Д.В. Археологические памятники плоскогорья Укок (Горный Алтай), Новосибирск, Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2004, Материалы по археологии Сибири, т.3, 256 с.

Молодин В.И., Соловьев А.И. Памятник Сопка-2 на реке Оми, Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2004, т.2: Культурно-хронологический анализ погребальных комплексов эпохи средневековья, 184 с.

Статьи

Molodin V.I. The Ancient peoples of Western&Southern Siberia.- Seoul, 2005.- P. 8-9.- 0,1 п.л. (на рус. и корейс. Яз.).//The Ancient culture of Eurasian Steppe.- Seoul, 2005.- P. 100-105.- 0,4 п.л. (на корейс. яз.).

Молодин В.И., Парцингер Г., Чемякина М.А., Позднякова О.А., Дядьков П.Г. Археолого-геофизические исследования некрополя городища Чича-1 // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы Годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН, 2003 г., т.IX, Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2003, С. 436–440.

Дядьков П.Г., Молодин В.И., Чемякина М.А., Михеев О.А. Магнитометрические исследования археологических памятников Тартас-1 и Преображенка-6 в Барабинской лесостепи // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы Годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН 2005 г., т.XI., Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2005, часть I, С.

Молодин В.И. Мультидисциплинарный подход к археологическим источникам (на примере пазырыкских памятников плоскогорья Укок) // Степи Евразии в древности и средневековье, кн. II, С.-Пб., 2003, С. 113–114.

Молодин В.И., Новикова О.И., Парцингер Г., Шнеевайсс Й., Гришин А.Е., Ефремова Н.С., Чемякина М.А. Погребения людей на жилом пространстве городища Чича-1 // Исторический опыт хозяйственного и культурного освоения Западной Сибири, Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003, кн.I, С. 312–316.

Молодин В.И., Парцингер Г., Гаркуша Ю.Н., Шнеевайс Й., Новикова О.И., Чемякина М.А., Мыльникова Л.Н., Мыльников В.П., Ефремова Н.С., Рыбина Е.В., Гришин А.Е., Овчаренко А.П. Заключительный год полевых работ на городище Чича-1 // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы Годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН 2003 г. т.IX, Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2003, С. 428–435.

Молодин В.И., Парцингер Г., Гришин А.Е., Марченко Ж.В., Шнеевайс Й, Новикова О.И., Ефремова Н.С. Пространственно-временная динамика городища Чича-1: анализ стратиграфии и планиграфии // Исторический опыт хозяйственного и культурного освоения Западной Сибири: Сб. научн. тр., Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003, кн.I, С. 316–322.

Молодин В.И., Парцингер Г., Гришин А.Е., Пиецонка Х., Марченко Ж.В., Новикова О.И., Гаркуша Ю.Н., Мыльникова Л.Н., Рыбина Е.В., Чемякина М.А., Шатов А.Г. Полевые исследования на могильнике Тартас-1 в 2005 году (Барабинская

лесостепь) // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы Годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН 2005 г., т.XI, часть I, Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2005, С. (в печати).

Молодин В.И., Софейков О.В., Дейч Б.А., Гришин А.Е., Чемякина М.А., Манштейн А.К., Балков Е.В., Шатов А.Г. Новый памятник эпохи бронзы в Барабинской лесостепи (могильник Тартас-1) // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы Годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН 2003 г., т. IX, Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2003, С. 441–446.

Молодин В.И., Цэвээндорж Д., Мыльников В.П., Слюсаренко И.Ю., Гаркуша Ю.Н., Шнеевайс Й., Байарайхан М., Овчаренко А.П. В поисках пазырыкских комплексов на северо-западе Монголии // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы Годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН 2004 г., Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2004, С. 365–371.

Молодин В.И., Чемякина М.А. Парцингер Г., Новикова О.И., Ефремова Н.С., Гришин А.Е., Марченко Ж.В. Глиняные скульптурки городища Чича-1 // Исторический опыт хозяйственного и культурного освоения Западной Сибири, Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003, кн.I, С. 333 – 340.

Молодин В.И., Чемякина М.А., Дядьков П.Г., Гришин А.Е., Позднякова О.А., Михеев О.А. Археолого-геофизические исследования могильника Тартас-1 в 2004 г. // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы Годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН 2004 г., т.X, часть I, Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2004, С. 372–377.

Молодин В.И., Чемякина М.А., Дядьков П.Г., Софейков О.В., Михеев О.А., Позднякова О.А. Археолого-геофизические исследования памятника Преображенка-6 // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы Годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН 2004 г., т.X., часть I, Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2004, С. 378–383.

Молодин В.И., Чемякина М.А., Позднякова О.А., Гаркуша Ю.Н. Результаты археологических исследований памятника Преображенка-6 // Проблемы археологии,

этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы Годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН 2005 г., т.XI, часть I, Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2005, С. (в печати)

Молодин В.И., Парцингер Г., Гришин А.Е., Пиецонка Х., Новикова О.И., Чемякина М.А., Марченко Ж.В., Гаркуша Ю.Н., Шатов А.Г. Исследование могильника бронзового века Тартас-1 // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы Годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН 2004 г., т.X, часть I, Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2004, С. 358–364.

Молодин В.И., Парцингер Г., Эпов М.И., Чемякина М.А., Гаркуша Ю.Н., Гришин А.Е. Работы Западно-Сибирского и Барабинского отрядов в Барабе и на Алтае // Археологические открытия 2003 года, М.: Наука, 2004, С. 444–446.

Эпов М.И., Манштейн А.К., Молодин В.И., Парцингер Г., Чемякина М.А., Манштейн Ю.А., Балков Е.В. В поисках мерзлоты (результаты геофизических исследований курганных могильников на плато Укок) // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы Годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН 2003 г., т.IX, Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2003, С. 528–534.

Эпов М.И., Молодин В.И., Манштейн А.К., Манштейн Ю.А., Балков Е.В., Чемякина М.А., Шурина Э.П., Ковбасов К.В. Геофизические исследования археологических памятников в Северо-Западной Монголии в 2005 г. // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы Годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН 2005 г., т.XI., часть I, Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2005, С. (в печати)

Тезисы:

Abu Zeid N., Balkov E., Chemyakina M., Manstein A., Manstein Y., Morelli G., Santarato G. Multi–frequency electromagnetic sounding tool EMS. Archaeological discoveries. Case stories // Geophysical Research Abstracts, Vol. 5, 03500, 2003, European Geophysical Society 2003. (0,1 п.л.)

Молодин В.И., Пряхин А.Д. К выделению производственных зон эпохи бронзы на пространствах Евразийской степи и лесостепи // Проблеми гірничої археологіі: Матеріали

2-го міжнародного Картамиського польово́го археологічного семинару, Алчевськ: Изд-во ДонДТУ, 2005, С. 7–10.- 0,6 п.л. (на рус. и англ. яз.)

Рыбина Е.В. , Гришин А.Е. , Марченко Ж.В. , Ефремова Н.С. , Овчаренко А.П. Компьютерная обработка материалов поселенческого памятника (по материалам городища переходного от бронзы к железу времени Чича-1) // Материалы IV конференции молодых ученых, посвященной М.А. Лаврентьеву, часть II. Гуманитарные науки, науки о жизни, науки о земле, экономические науки, Новосибирск: НГУ, 2004, с. 11-14.

Итоги исследований представлены на научных конференциях:

Выступление с докладом на международной «Ежегодной Объединенной ассамблее EGS (Европейское Геофизическое Общество), AGU (Американский Геофизический Союз) и EUG (Европейский Союз Наук о Земле)», Ницца, Франция, апрель 2003.

Выступление с докладом на международной научной конференции «60 лет Отделу скифо-сарматской археологии Института археологии НАН Украины»», посвященная актуальным проблемам археологии раннего железного века Евразии, 2004 г., г. Чигирин Черкасской области (Украина).

Выступление с докладом на Всероссийской научной конференции «Исторический опыт хозяйственного и культурного освоения Западной Сибири. Четвертые научные чтения памяти профессора А.П. Бородавкина», Барнаул, 7 – 8 октября 2003г.

Выступление с докладом на международной научной конференции "Enter the Past. The E-way into the four Dimensions of Cultural Heritage", 2003 г., Австрия, Вена.

Выступление с докладом на Генеральной ассамблее академий Азиатских стран, 2004, Анталия, Турция.

Выступление с докладом на международной конференции «Археология и естественнонаучные методы», посвященной 90-летию со дня рождения Б.А. Колчина, 2004 г., г. Москва.

Результаты работ ежегодно были представлены в виде докладов на Годовой итоговой сессии Института археологии и этнографии СО РАН и на научной сессии в Институте геофизики СО РАН.

По теме проекта проведено 4 методических семинара в институтах-участниках проекта.

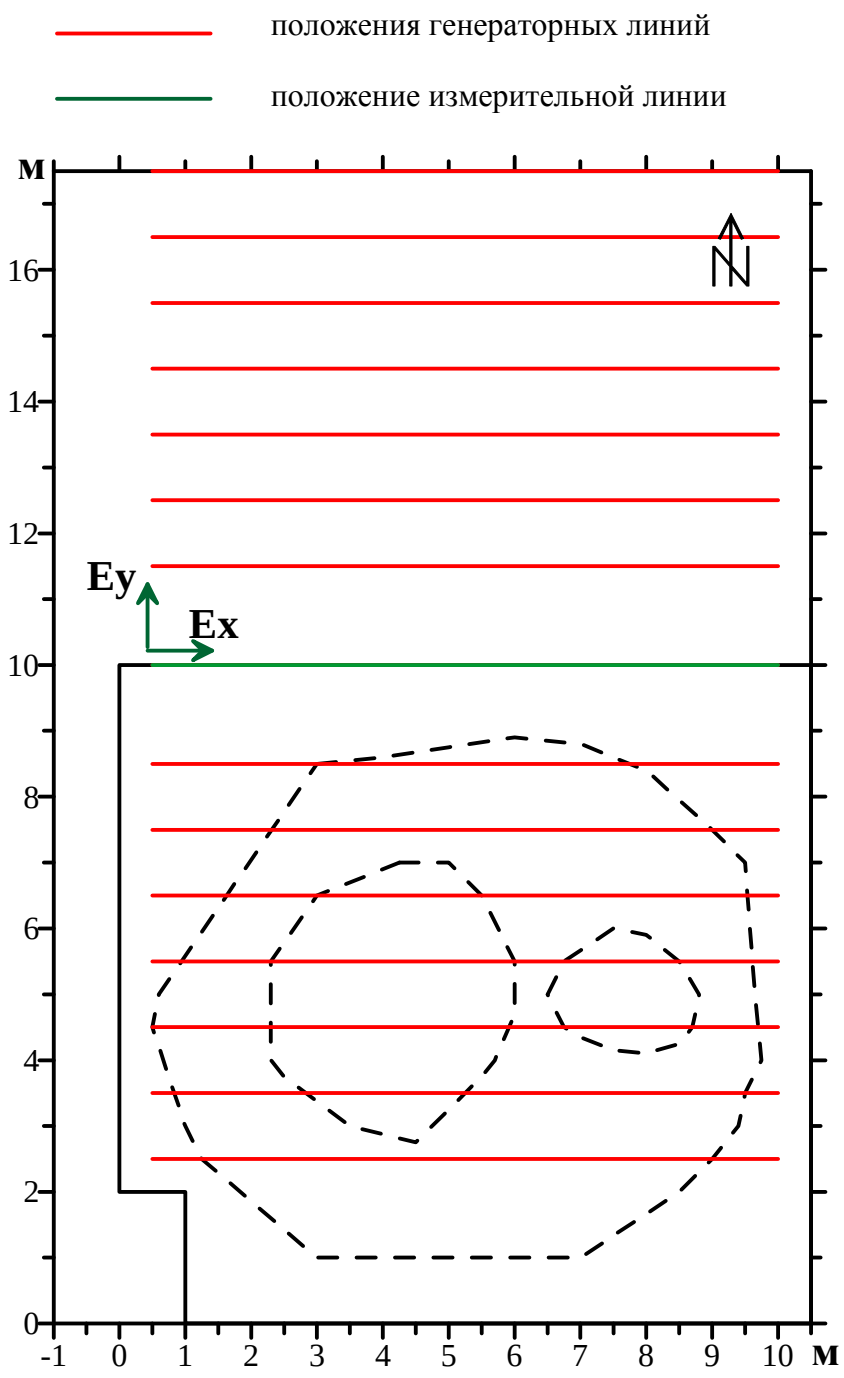


Рис. 1. Схема конфигурации электродной установки при исследовании пазырыкских курганов. Курган №4 Верх-Кальджин II. Плато Укок.

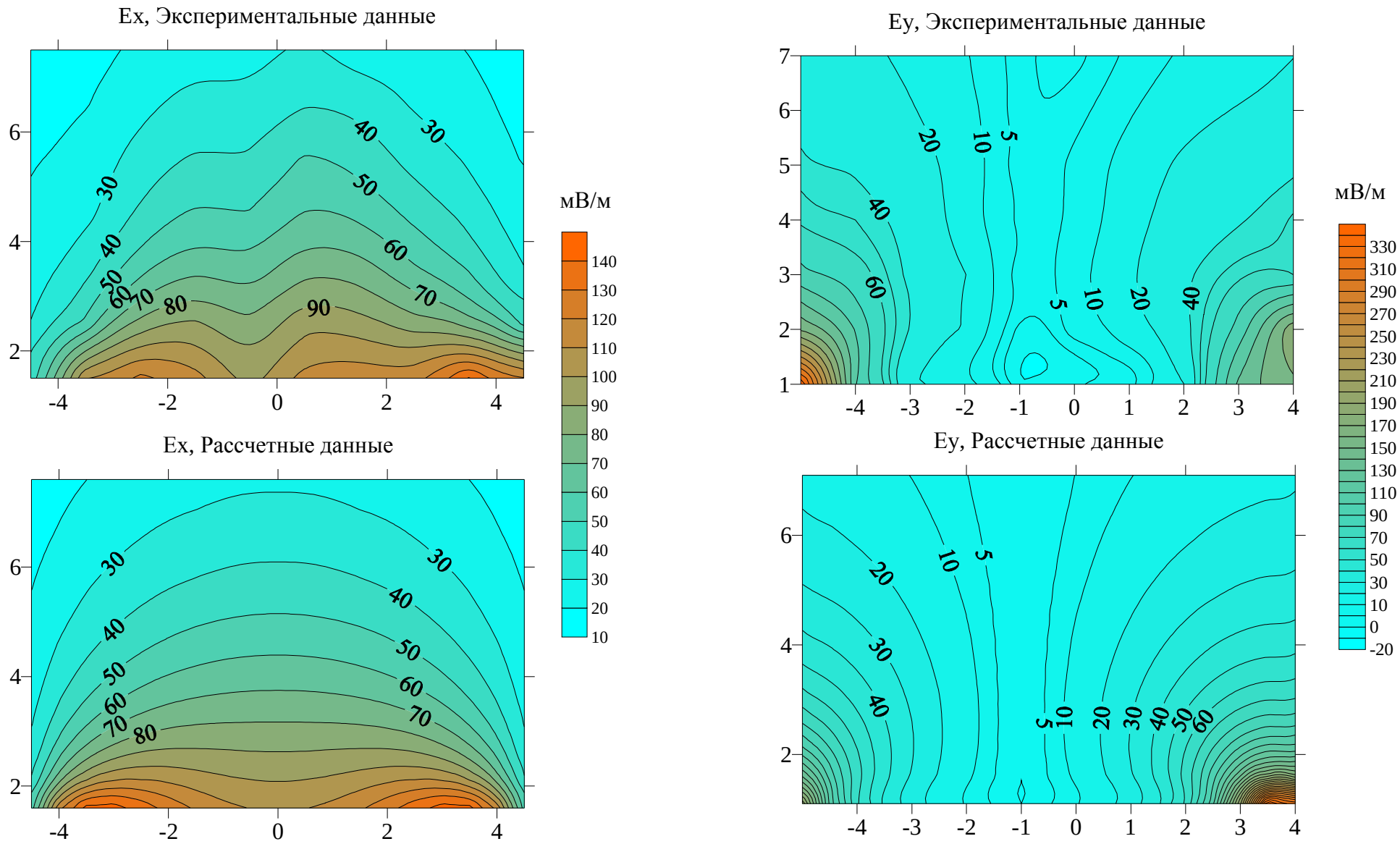


Рис. 2. Курган №4 Верх-Кальджин II. Экспериментальное и синтетическое нормальные поля.

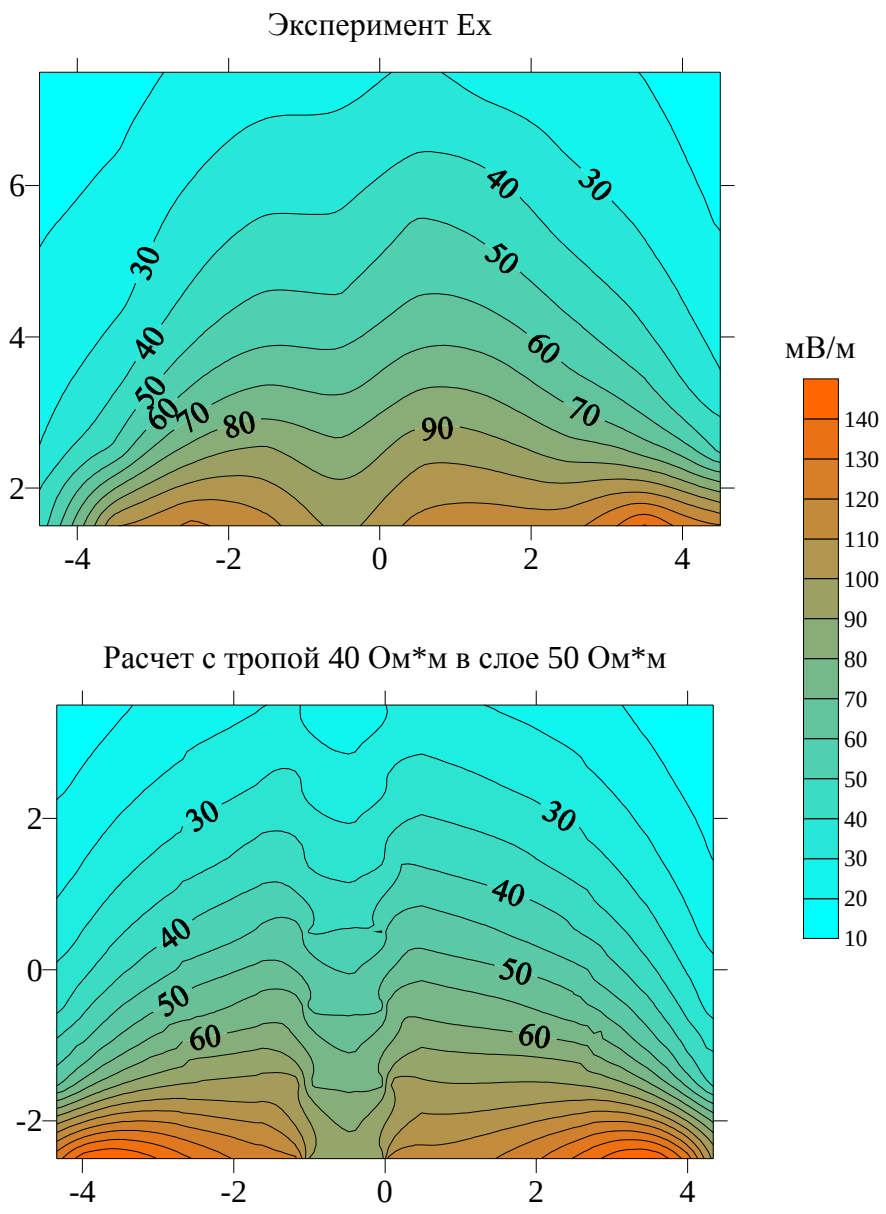


Рис. 3. Моделирование сигнала для неоднородности в виде тропы

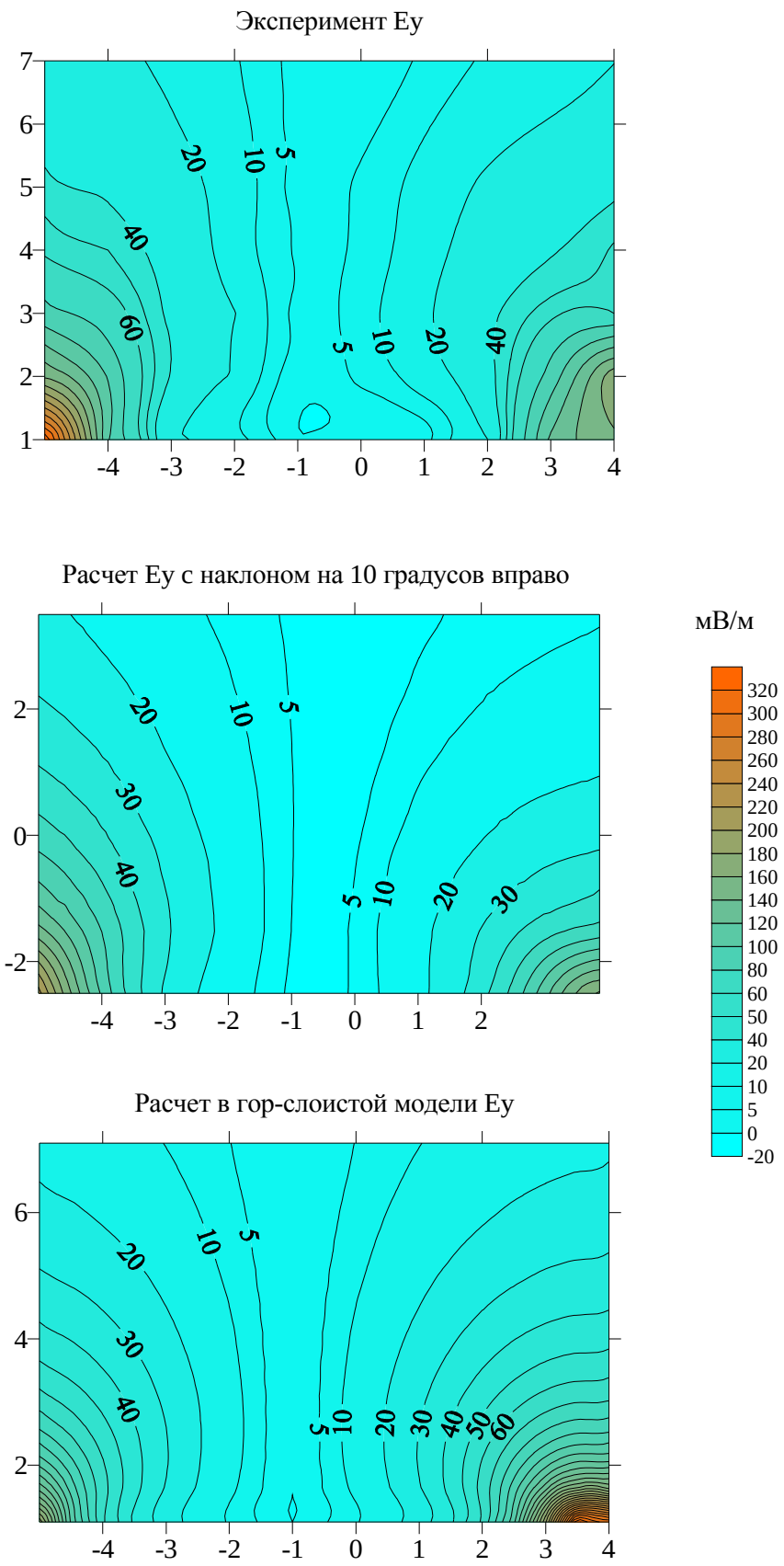
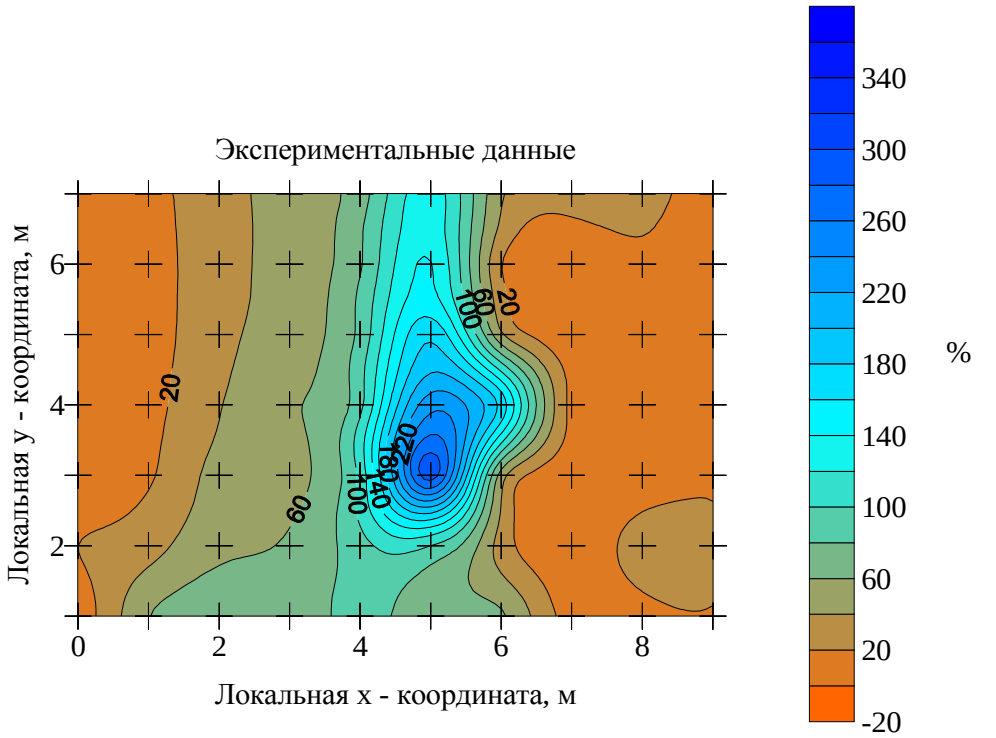


Рис. 4. Нормальное поле. Курган №4 Верх-Кальджин II.
Моделирование наклона плоскостей раздела



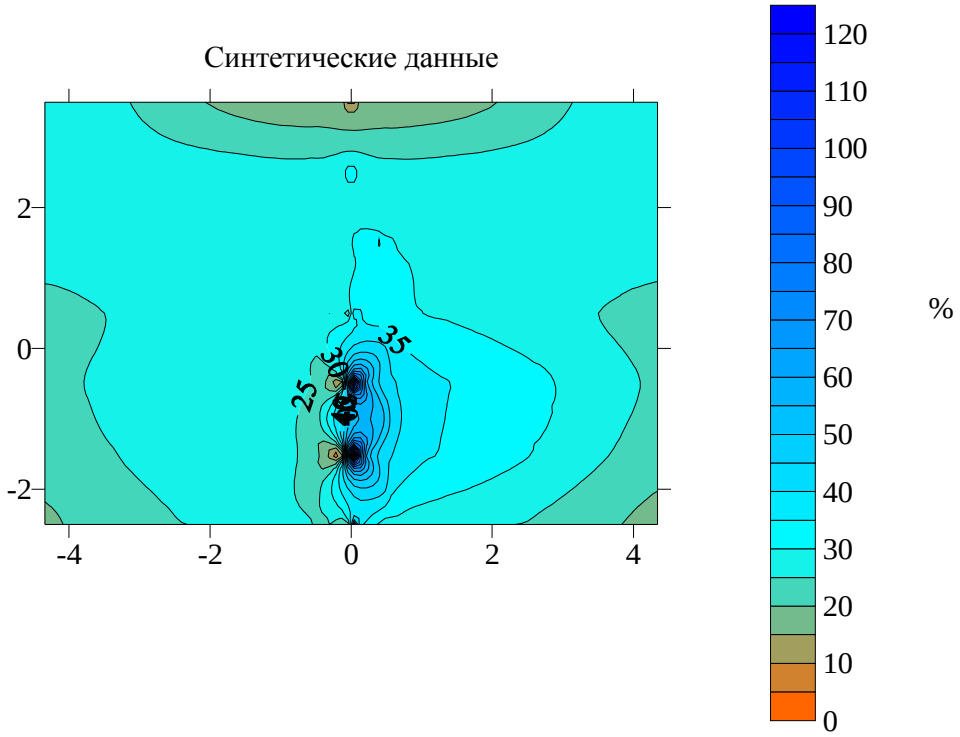


Рис. 5. Относительная аномалия поля Еу. Курган №4 Верх-Кальджин II.

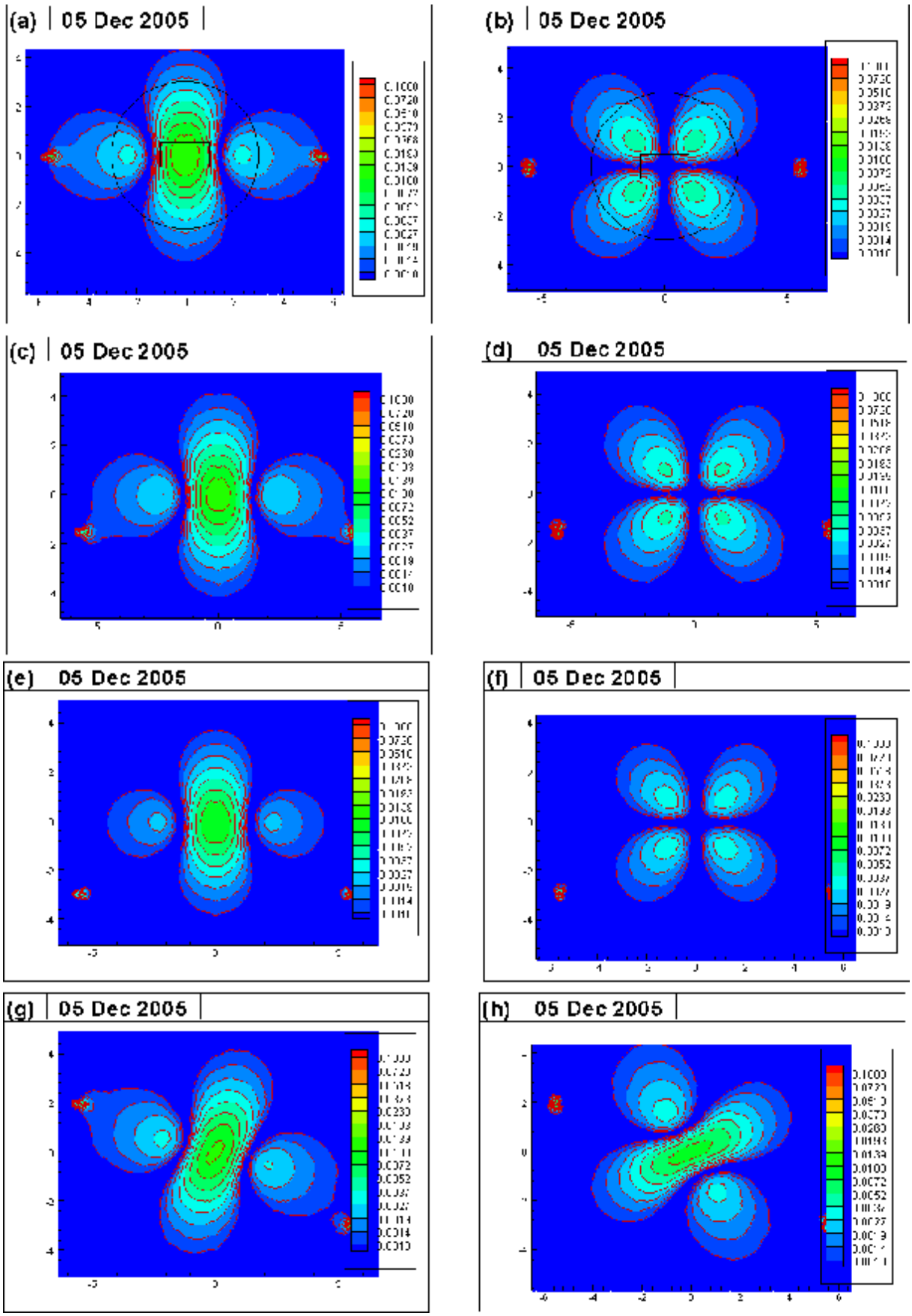


Рис. 6. Моделирование абсолютных аномалий полей Ex и Ey

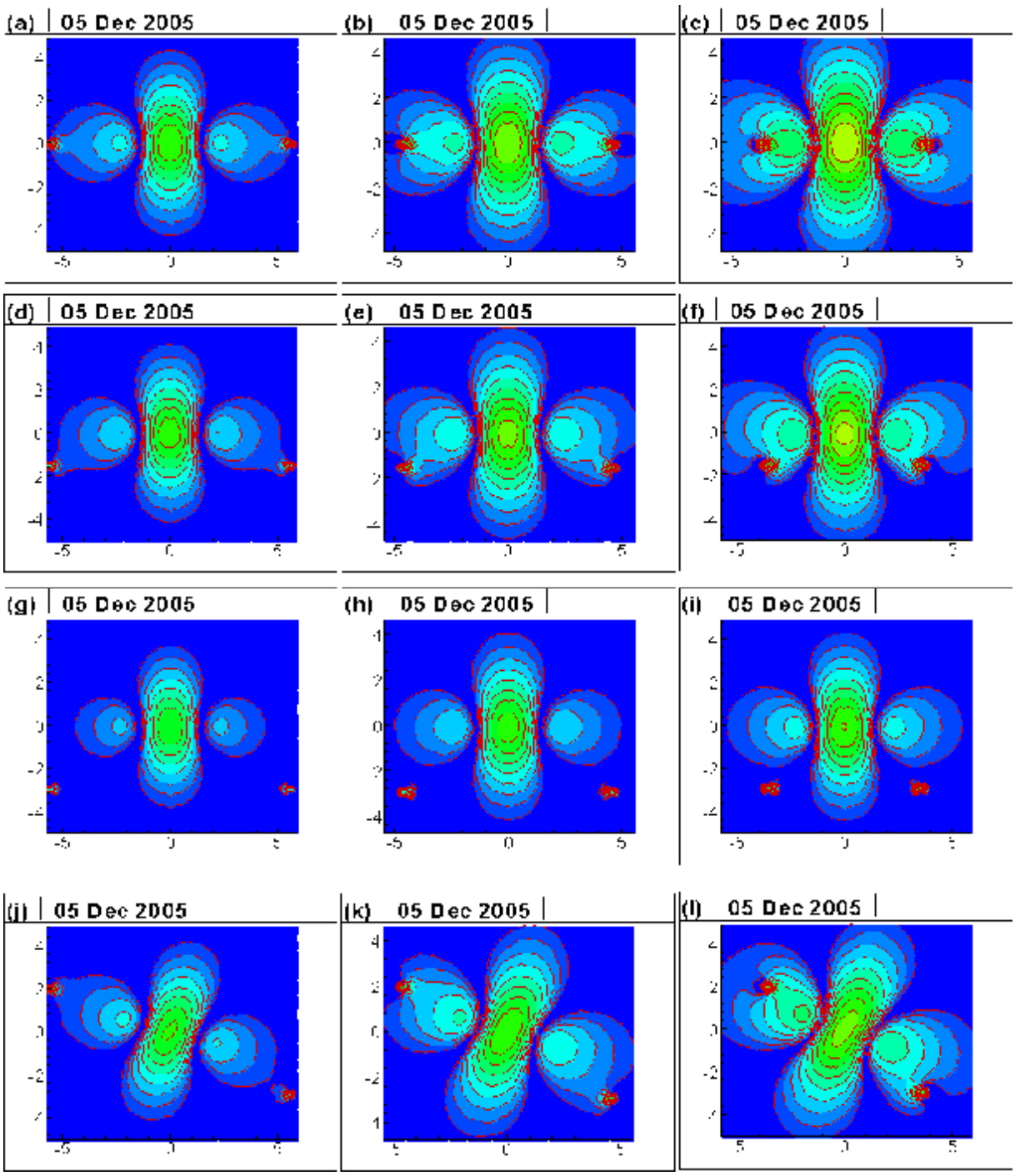


Рис. 7. Моделирование абсолютной аномалии поля Ex при различных положениях генераторных электродов

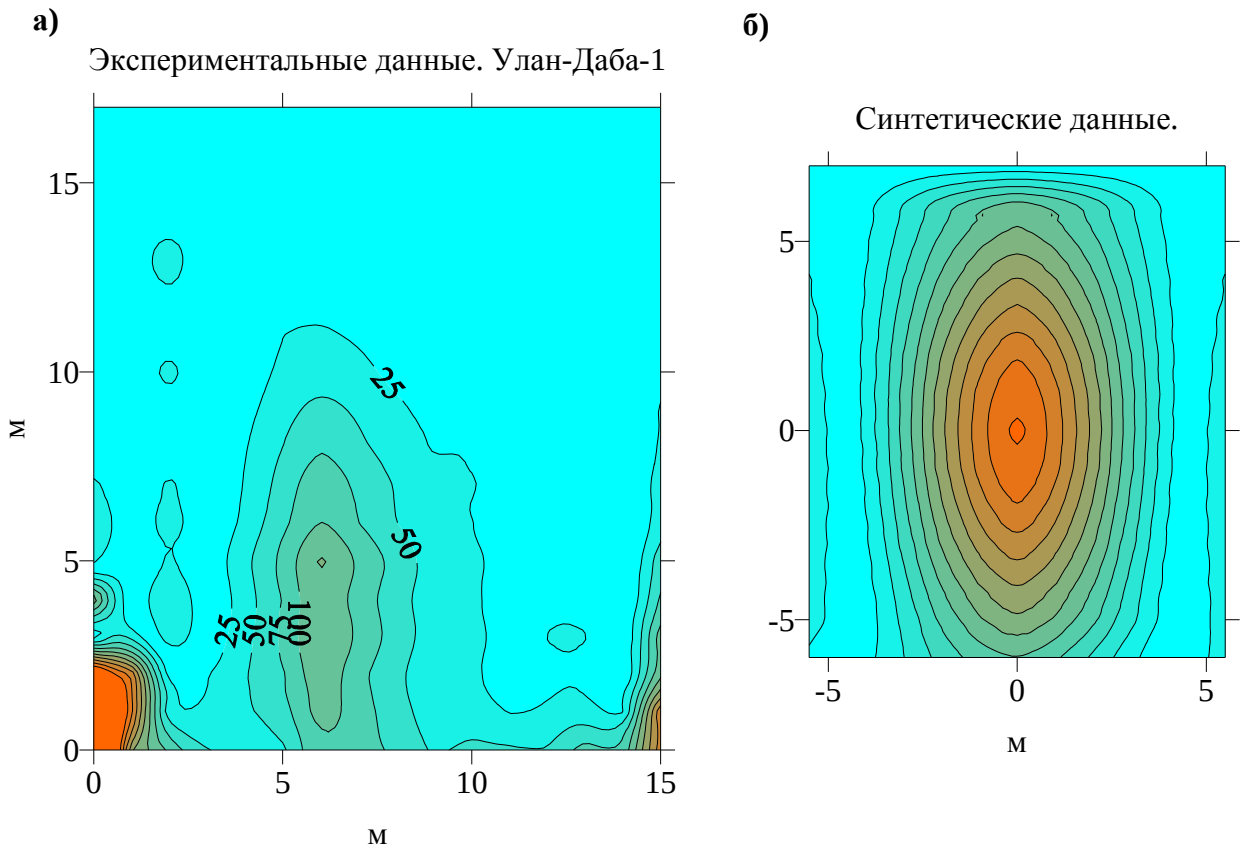


Рис. 8. Абсолютная аномалия электрического поля Ex.
а) Эксперииментальные данные, полученные в 2005 г. при изучении кургана Улан-Даба 1 б) Синтетические данные для размеров установки, применявшейся при изучении кургана Олон-Курин-Гол 6

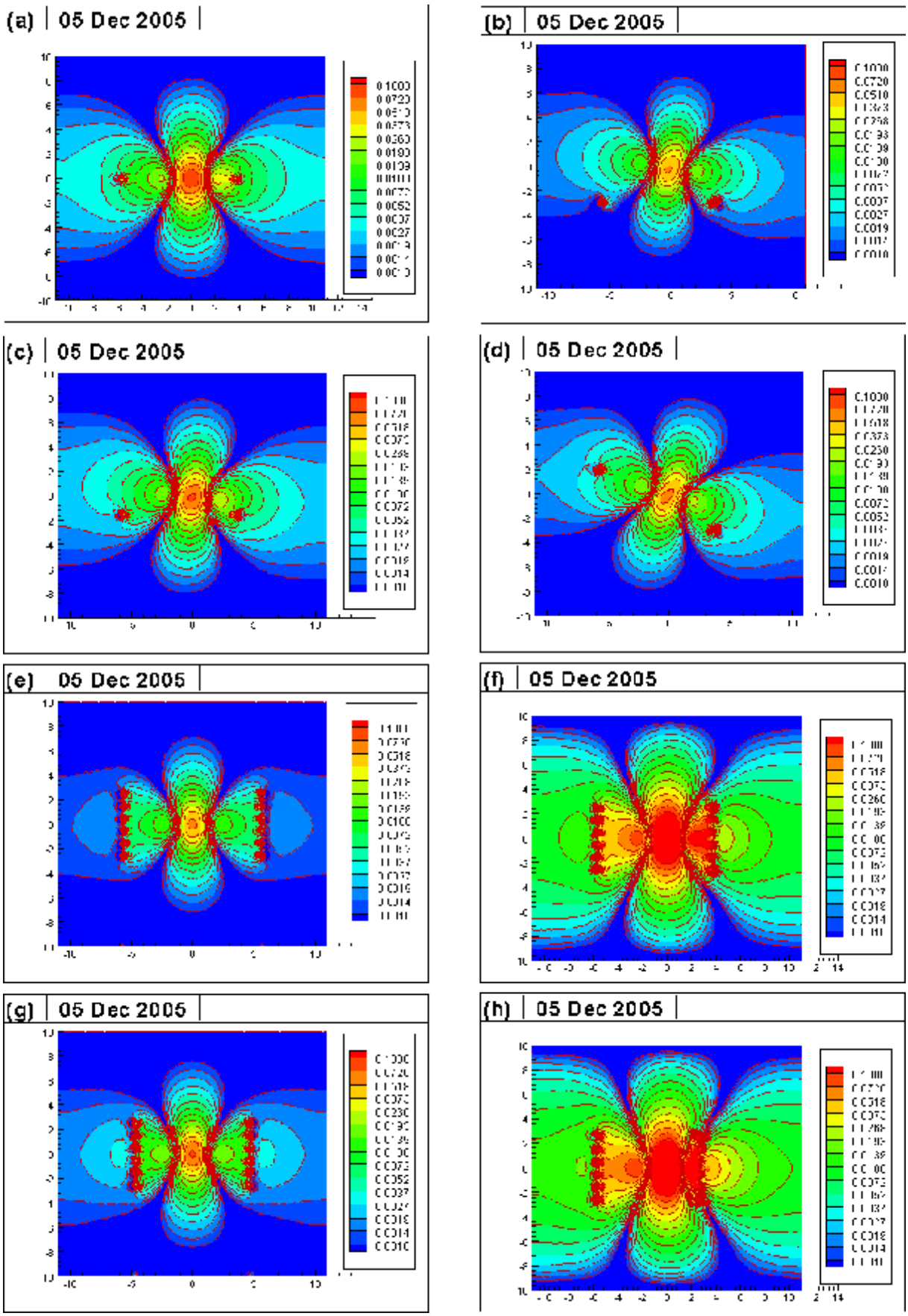


Рис. 9. Моделирование абсолютной аномалии поля Ex. При несимметричном расположении генераторных электродов (a, b, c, d) и для случая одновременного заземления на несколько электродов (e, f, g, h)

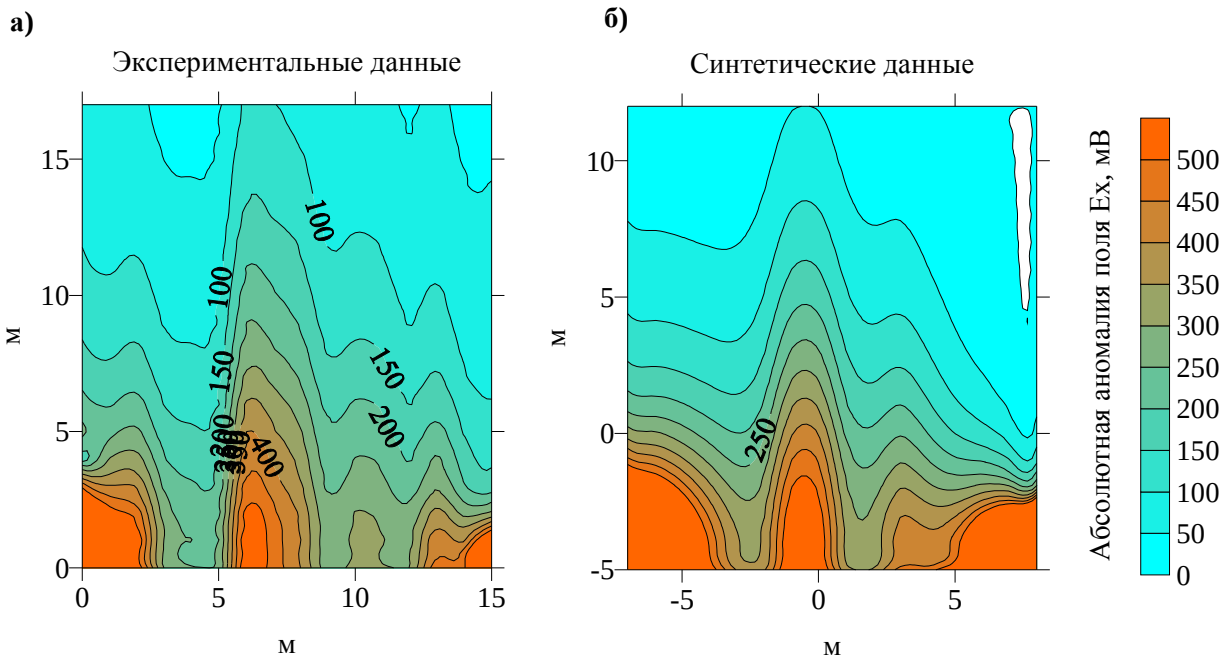


Рис. 10. Горизонтальная компонента электрического поля. Курган Улан-Даба-1.
а) Эксперимeтальные данные 2005 г. б) Синтетические данные.

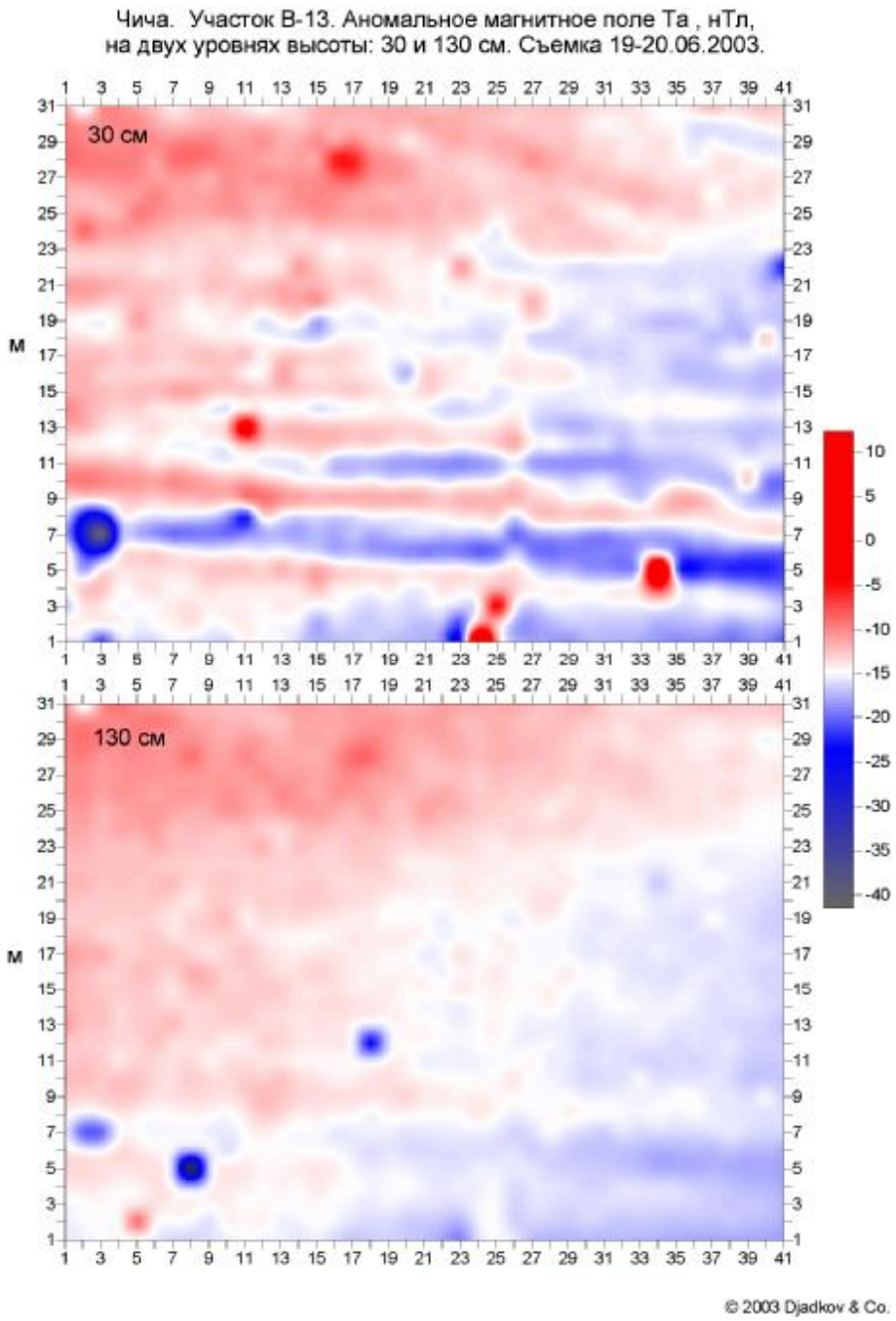
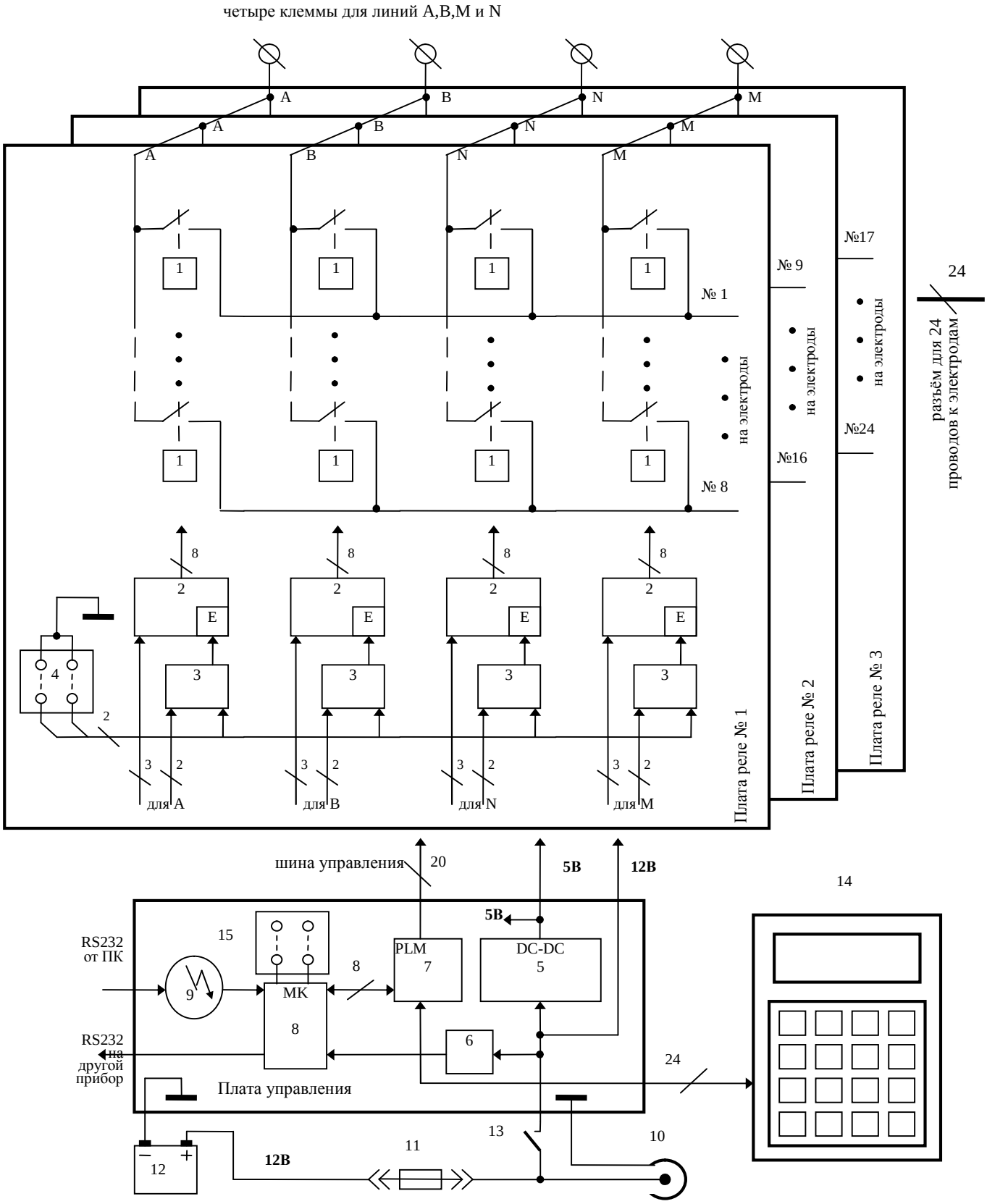


Рис.11. Карты значений аномального поля на двух уровнях высот



Цифрами обозначены: 1-реле; 2-дешифратор; 3-компаратор; 4-перемычки номера платы; 5-преобразователь напряжения 12В в 5В; 6-компаратор слежения за напряжением питания; 7-программируемая матрица; 8-микроконтроллер; 9-оптическая развязка; 10-гнездо подключения внешнего источника питания; 11-предохранитель; 12-аккумулятор; 13-тумблер включения прибора; 14-пульт управления; 15-перемычки номера Коммутатора.

Рис.12. Блок-схема Коммутатора

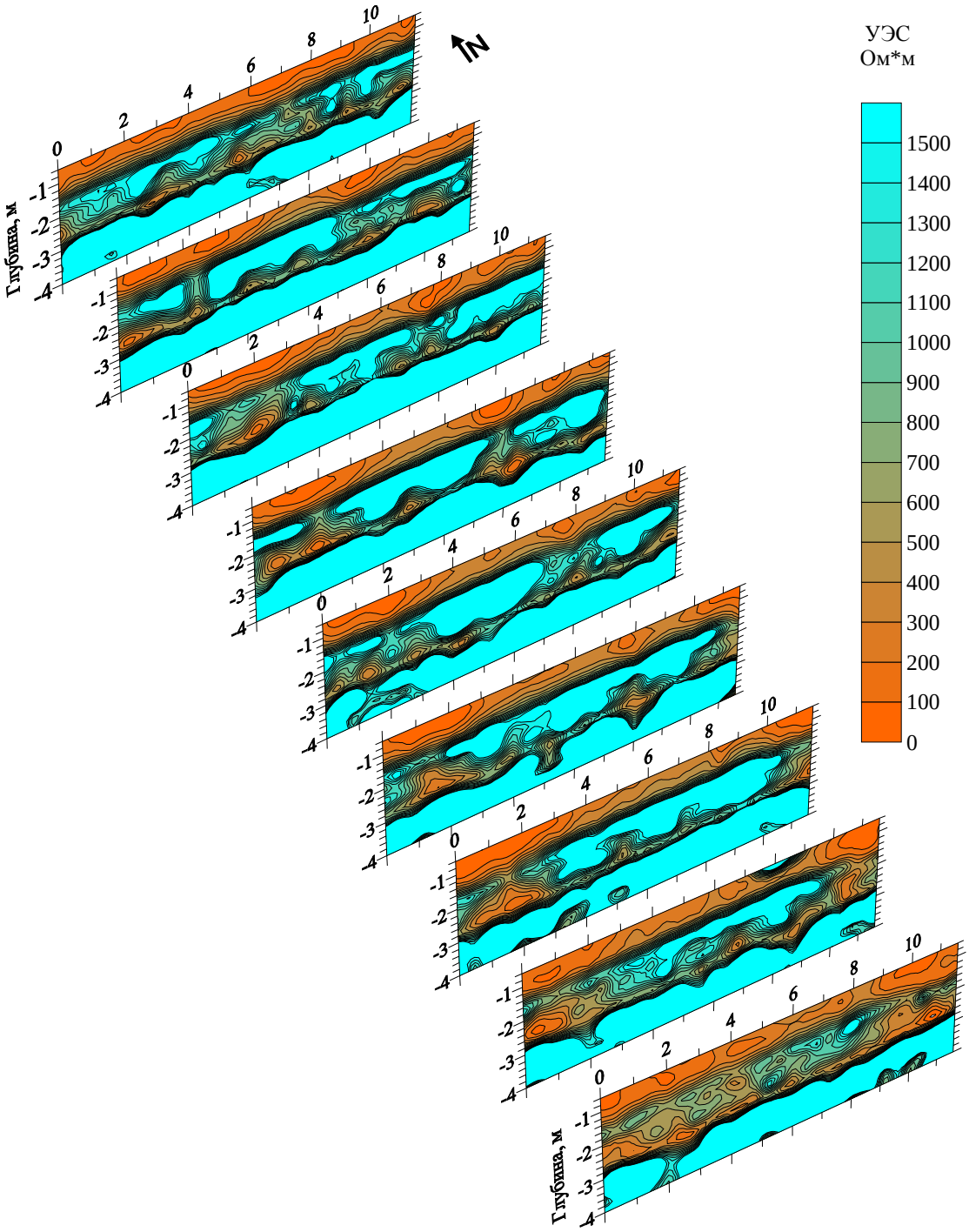


Рис. 13. Геоэлектрические разрезы. Результаты обработки частотных зондирований на участке кургана №4 системы Верх-Кльджин II.

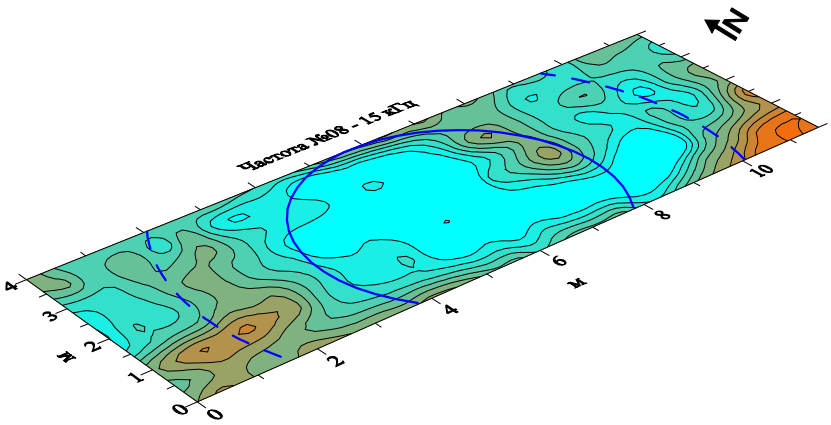


Рис. 14. Верх-Кльджин II, курган №4. Карта распределения кажущегося УЭС на частоте 15 кГц

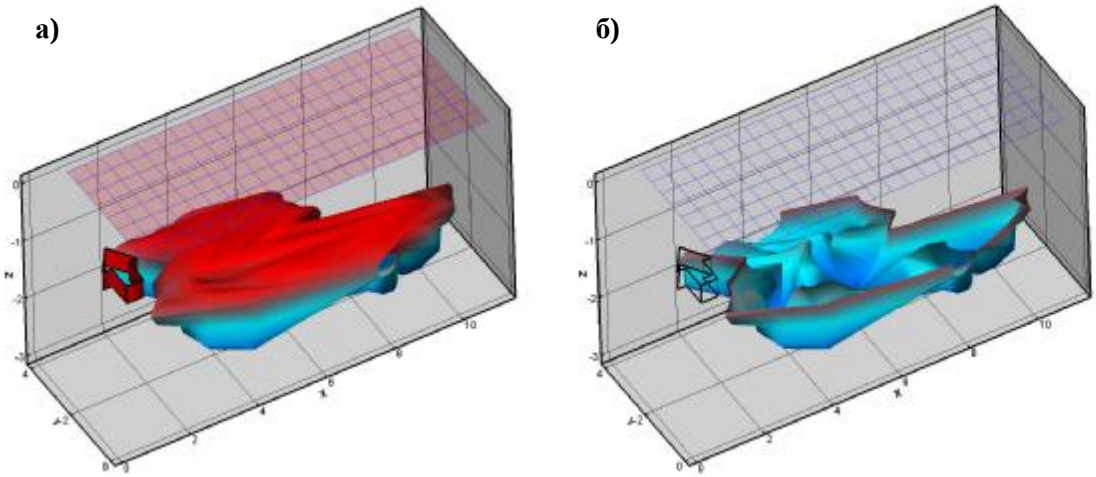


Рис. 15. Верх-Кальджин II, курган №4. а) Изоповерхность УЭС, равного 1.5 кОм, ограничивающая иолирующее тело в центре кургана б) Изоповерхность без верхней своей части

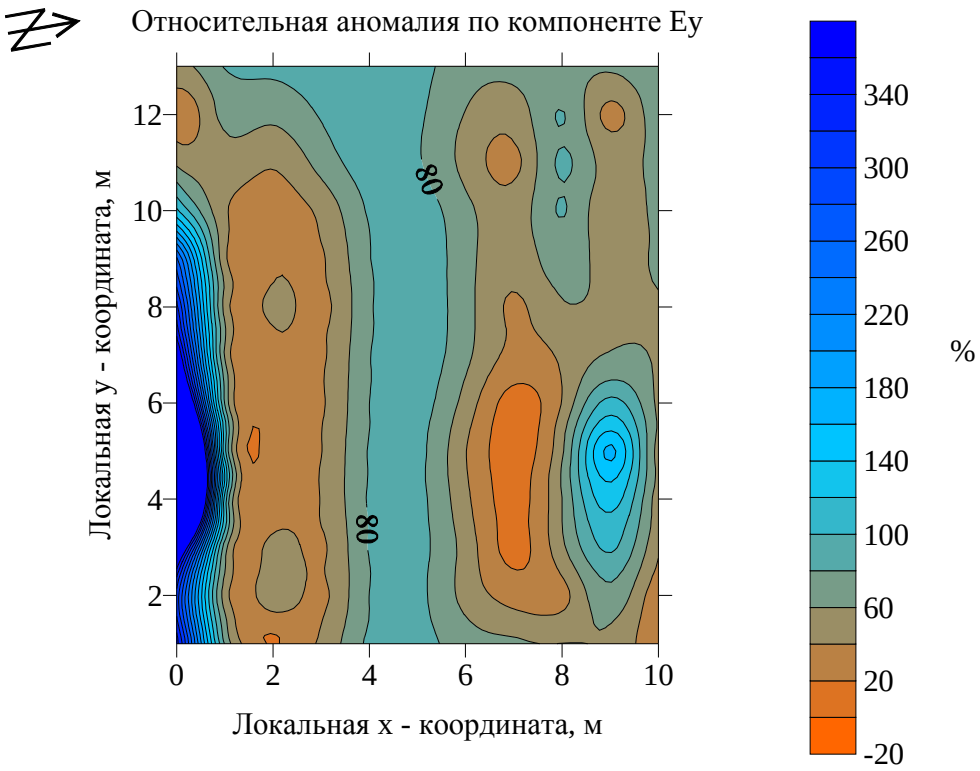


Рис. 16. Бертек 1, курган №4. Карта распределения относительной аномалии

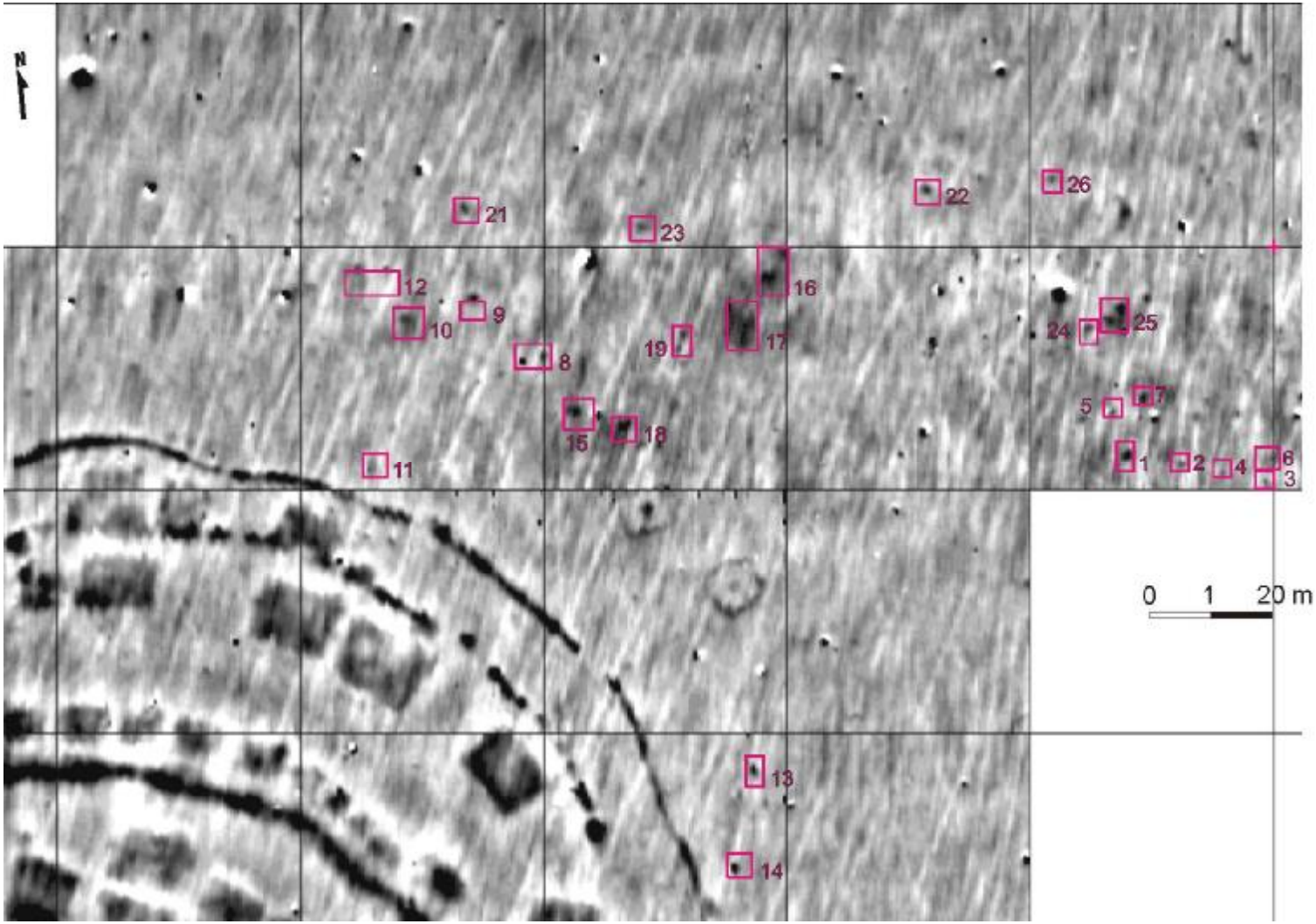


Рис. 17. Чича-1. Схема расположения раскопов некрополя на магнитограмме.

Рис. 18. Чича-1. Некрополь. Раскоп 9/26. Погребение 12. Вид с севера.

Рис. 19. Чича-1. Некрополь.Раскоп 9/ 13. Яма 1 в процессе разборки. Вид с юга.

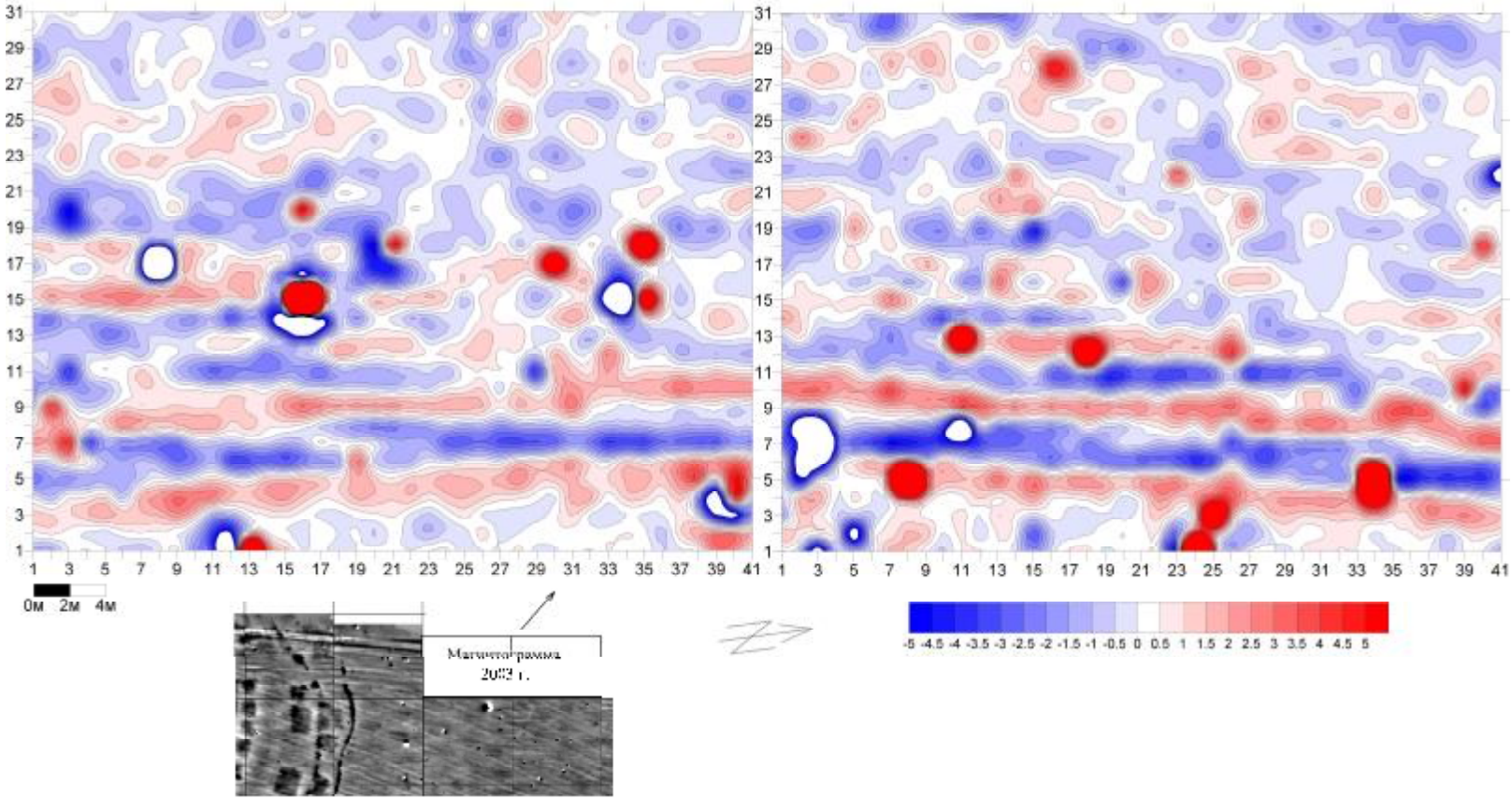


Рис. 20. Чича-1. Магнитограмма участка, прилегающего к северной оконечности городища.

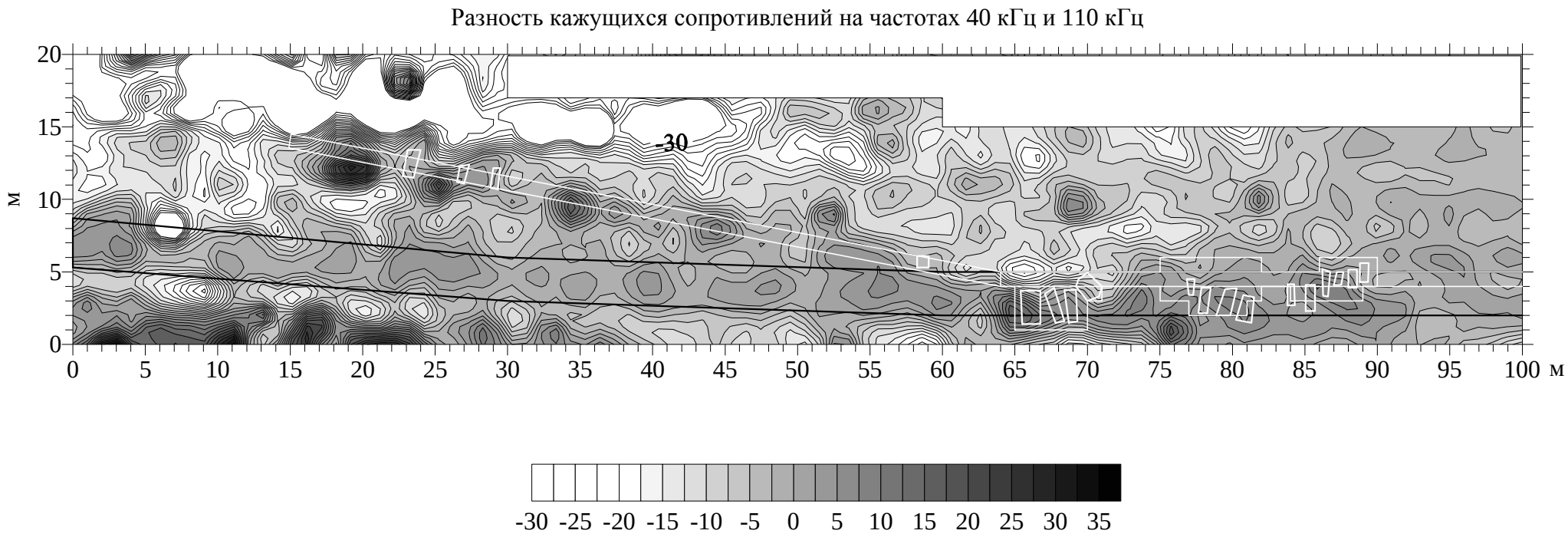


Рис. 21. Тартас-1 .Карта разности сопротивлений на частотах 40 и 110 кГц.

Рис. 22. Тартас-1. Магнитометрическая съемка.

Магнитометр-градиентометр ММПГ-1.

Рис. 23. Тартас-1. Магнитометрическая съемка. Квантовый градиентометр G-858 (фирма “Geometrics”, США).

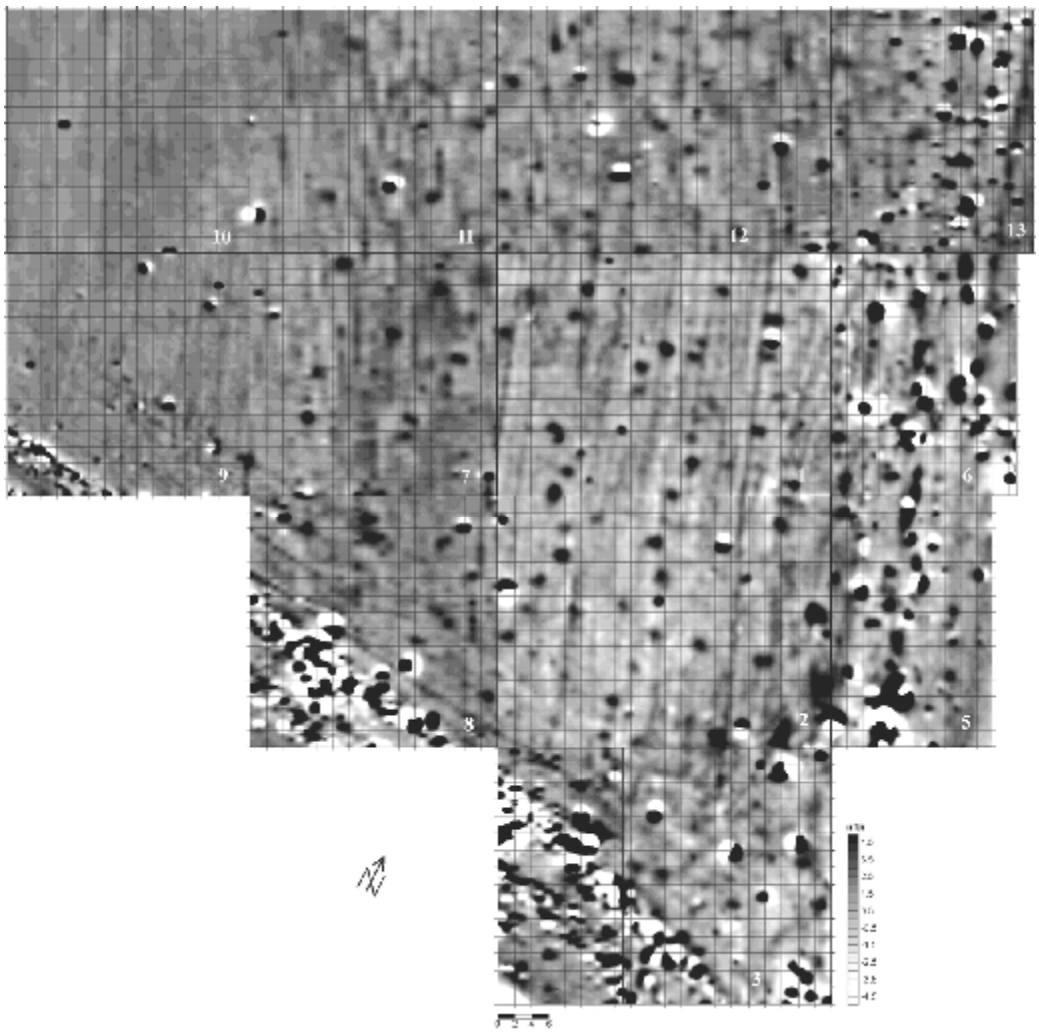


Рис. 24. Тартас-1. Магнитограмма 2004 – 2005 гг.

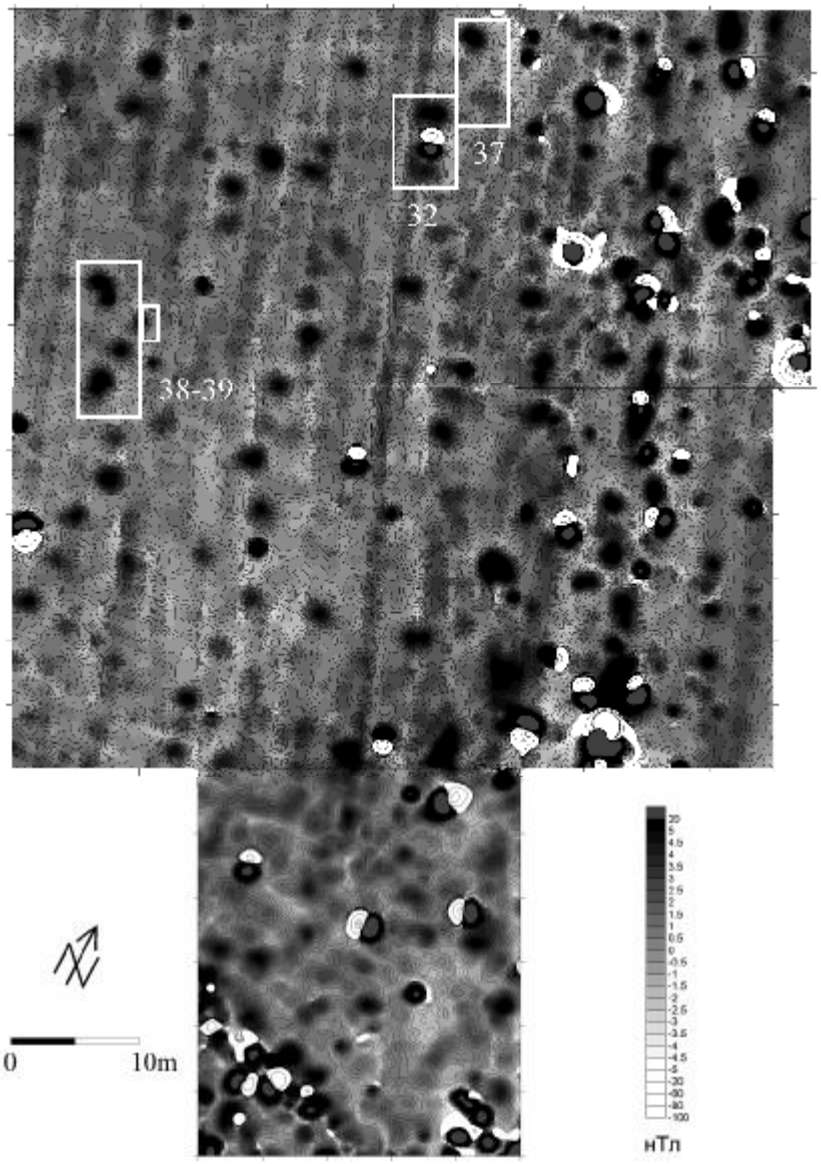


Рис. 25. Тартас-1. Магнитограмма с расположением проверочных раскопов.

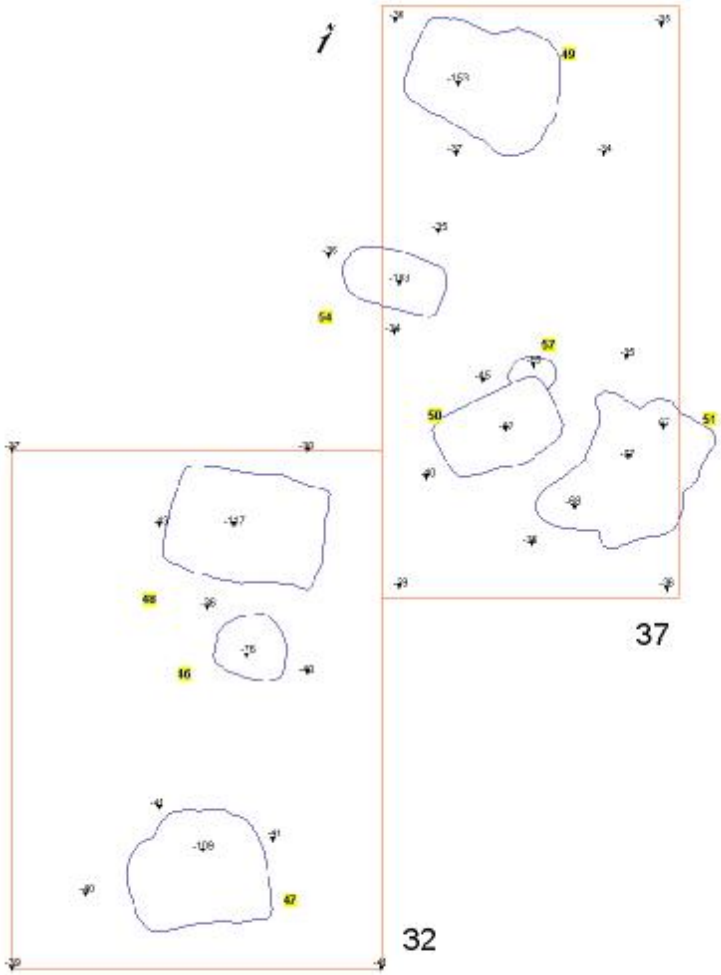


Рис. 26. Тартас-1. План раскопов траншей 32, 37.

Рис. 27. Тартас-1. Зачистка раскопа траншеи 37 на уровне материка. Вид с юга.

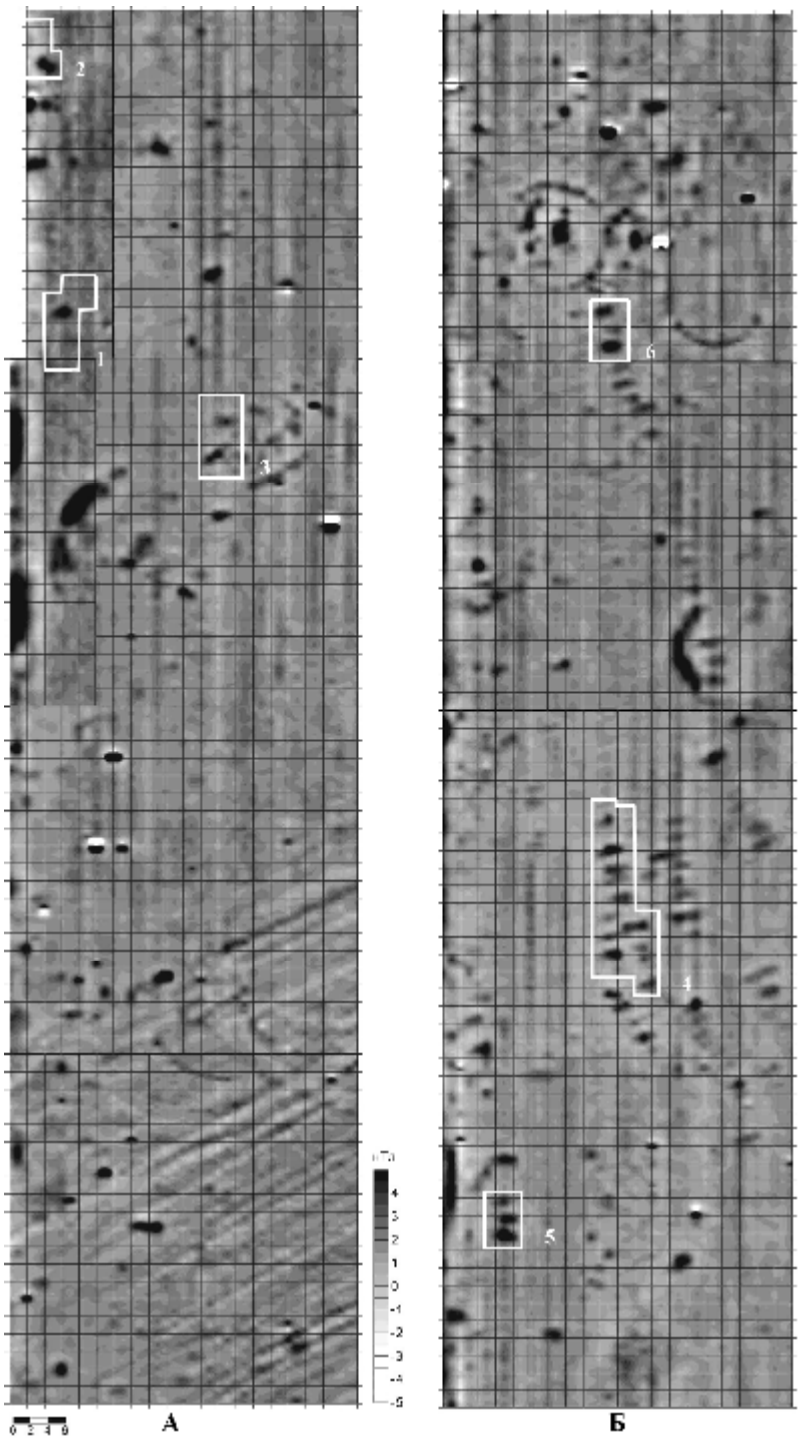


Рис. 28. Преображенка-6. Магнитограмма 2004 – 2005 г. с расположением проверочных раскопов.

Рис. 29. Преображенка-6. Зачистка раскопа 4 после вскрытия пятен.

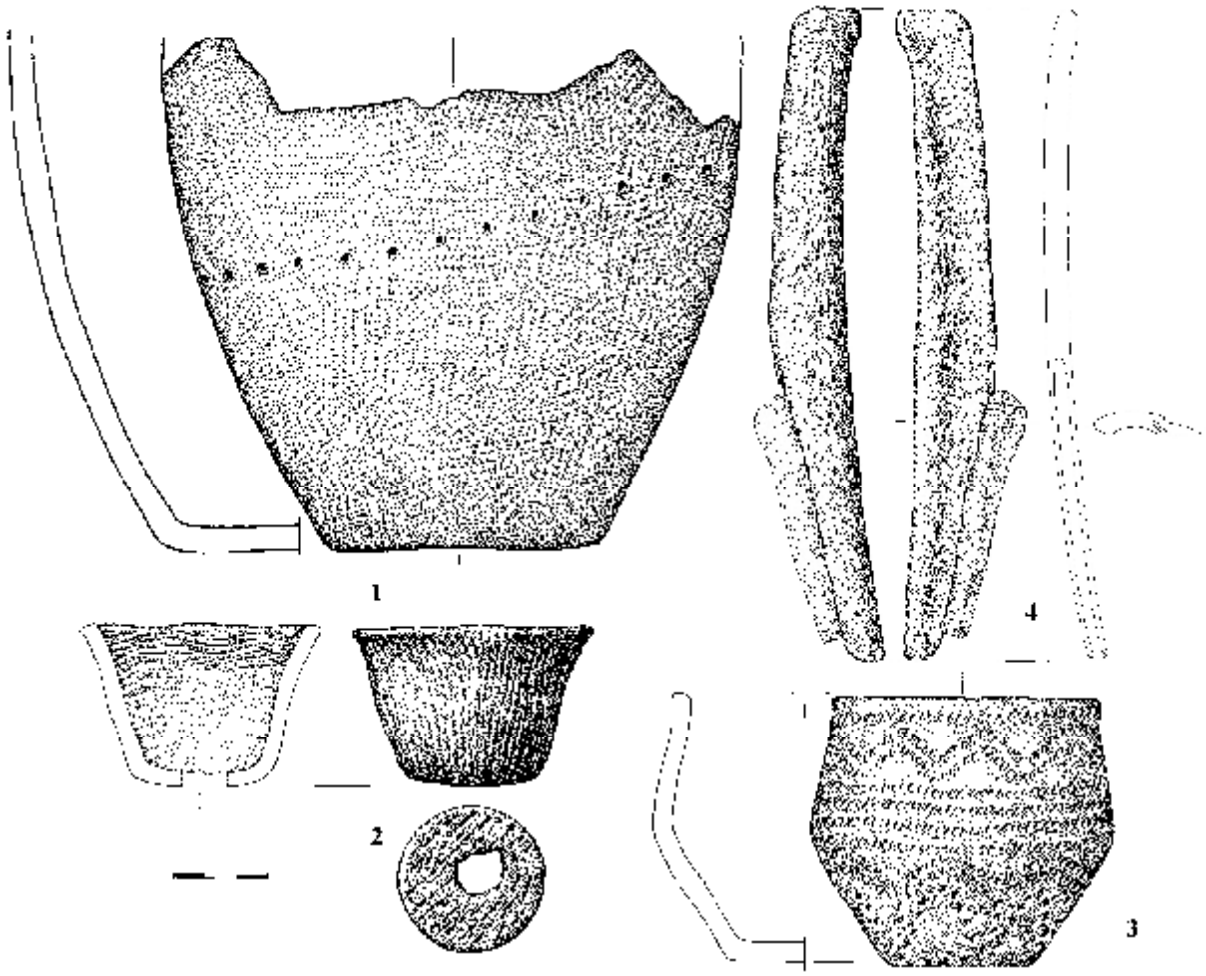


Рис. 30. Преображенка-6, Раскоп № 4. 1 – 3 – керамика; 4 – рог, камень.

Рис. 31. Преображенка-6. Сканирование пашни металлоискателем Крот-2 для локализации подъемного материала из бронзы.

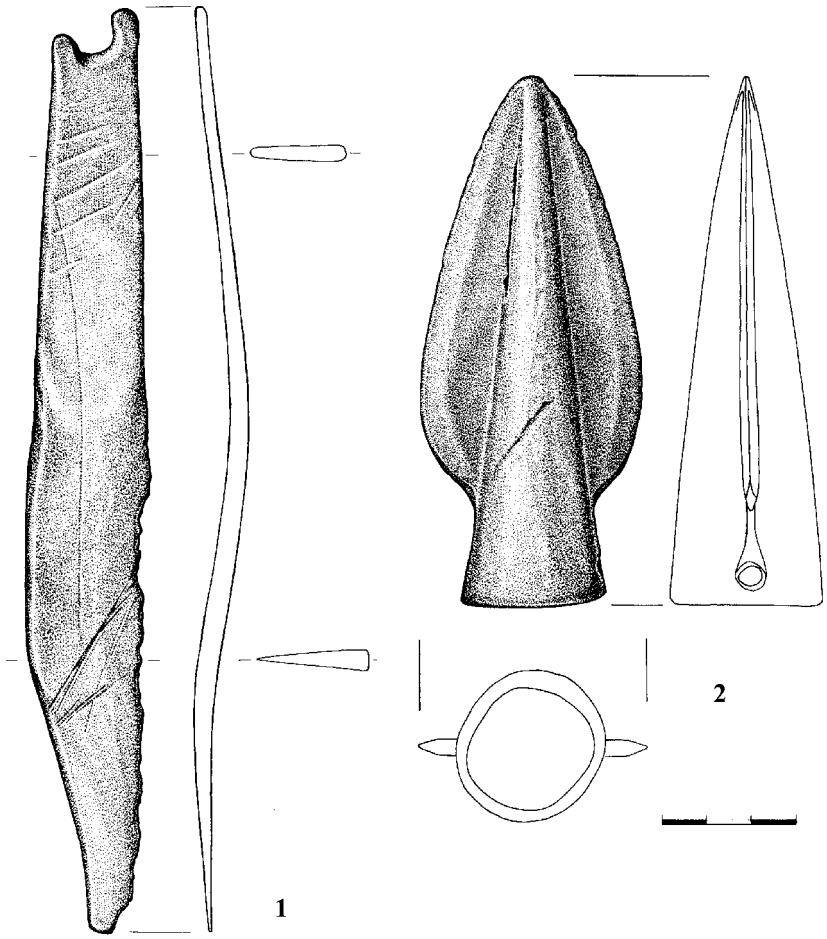


Рис. 32. Преображенка-6. Бронзовые изделия.

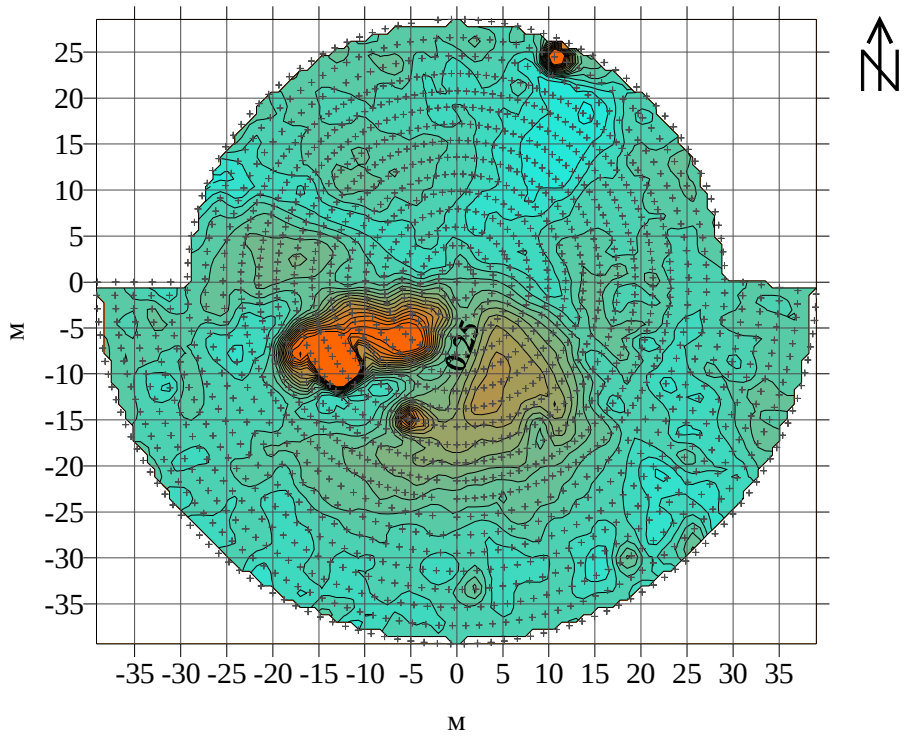


Рис. 33. Барсучий лог. Карта электромагнитного профилирования на частоте 100 кГц.