

МЕТОДИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ РАСКОПКАХ В СЕЛЕ БОРОДИНО

Ерохин С.А., Павлова А.М., Балашов А. Ю., Шевнин В.А., Модин И.Н., Бобачев А.А.

Настоящая работа посвящена применению электротомографии при археологических раскопках, которые проводились на территории военно-исторического заповедника в с. Бородино в 2010 году¹. Цель исследований состояла в определении возможностей электротомографии при решении археологических задач. На участке будущего раскопа выполнялись площадные и профильные наблюдения методом электротомографии. Результаты интерпретации полученных данных сравнивались с результатами последующих раскопок.

Работа выполнена сотрудниками кафедры Геофизических методов исследования земной коры МГУ им. М.В. Ломоносова и Можайской экспедиции ИА РАН.

Несмотря на большое количество публикаций и информации в учебных университетских курсах, в отечественной археологической практике геофизические исследования применяются редко. В нашей стране они носят несистематический характер, и их результаты не вызывают доверия у большинства российских археологов. Чаще всего причиной получения отрицательного результата является сложность строения исследуемой среды не только в археологическом аспекте, но и в геологическом. Но если внимательно подходить к вопросу постановки геофизической задачи и выбору геофизического метода, можно добиться значительных успехов, и геофизика в археологии будет более востребована. Технологические достижения последнего десятилетия позволили создать геофизическую аппаратуру, обладающую высоким быстродействием и точностью, и появились новые методики исследования, позволяющие решать более широкий круг задач, в том числе и в археологии

Основное преимущество геофизики для археологии заключается в возможности проведения неразрушающих исследований, а также в высокой скорости выполнения работ

¹ выносим благодарность Б.Е.Янишевскому, К.И.Комарову и И.И. Кондратьеву за право воспользоваться неопубликованными материалами раскопок.

по сравнению с археологическими раскопками. То есть, если знать степень достоверности и детальности геофизических исследований, можно получить представление о структурных особенностях археологического памятника за сравнительно небольшое время. При этом можно проводить раскопки только части объекта, оставляя его большую часть нетронутой для будущих исследователей, обладающих более совершенными инструментами анализа данных.

Обычно любой геологоразведочный процесс изучения территории подразделяется на поиск и разведку. Поиск (исследования более мелкого масштаба) заключается в обнаружении объекта с заданными физическими свойствами, разведка (исследования более крупного масштаба) – в дополнительном изучении, качественном и количественном описании выделенной структуры. Такое же разделение существует и для задач, которые ставятся перед геофизикой в археологии.

Наиболее активно в археологии используются георадиолокация и магниторазведка, с помощью которых выполняется примерно 75% всех геофизических работ в силу простоты и быстроты их проведения и получения результата. В археологии эти методы наиболее успешно позволяют решать поисковые задачи (Глазунов, Плоткин, 1978; Старовойтов, 2008; Балашов и др., 2010). При решении разведочных задач археологии также существуют положительные результаты² (Ross et al, 2009). Однако эти методы обладают целым рядом ограничений по сравнению с электротомографией именно при детальном описании структуры и свойств уже выявленных археологических объектов (например, ограничения с привязкой в плане и по глубине или невозможность определения физических свойств и, как следствие, ее литологии). Поэтому одним из наиболее перспективных методов, способным занимать основное место в комплексе методов разведки, является электротомография. Другие методы в этом случае могут выступать в роли дополнительных.

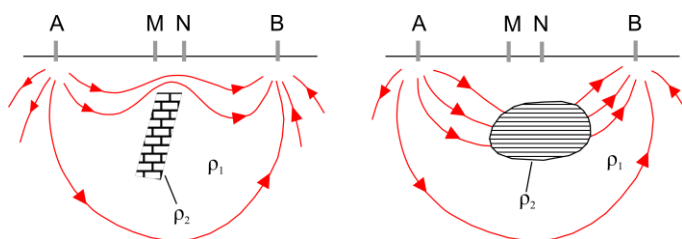


Рис. 1. Линии тока для объектов высокого (слева) и низкого (справа) сопротивления.

Метод электротомографии основан на изучении структуры электрического поля искусственных источников в земле, которое определяется характером распределения электрического

сопротивления грунта (рис. 1). Сопротивление грунта зависит от его вещественного

² Под ним понимается соответствие информации о структуре объекта, получаемой при раскопках и при геофизических исследованиях. Если разрезы и карты по результатам раскопок не содержат общих черт с результатами геофизических исследований, последние можно считать практически бесполезными для археологов.

состава (глинистости, песчанности) и влажности. Поскольку у всех объектов, включая археологические, удельное электрическое сопротивление разное, существует объективная возможность их изучения с поверхности, что является задачей электротомографии.

Измерения проводятся по профилям. Их результатом является разрез электрического сопротивления с глубиной. В случае системы параллельных профилей могут быть построены карты сопротивления на различных глубинах.

Сам метод появился в середине 90-х годов и является одним из ведущих методов археологической геофизики (*Geophysical Survey...*, 2008; *Gaffney*, 2008; *Eppelbaum*, 2010). Заметное место занимают примеры его применения в статьях журнала *Archaeological Prospecting*, посвященного применению геофизических методов в археологии. В России замечательные примеры применения электротомографии получены И.В. Журбиным (*Журбин*, 2006) и И.Н. Модиним (*Модин*, 2010).

Задачей настоящего исследования являлось определение методических возможностей электротомографии как основного метода геофизического комплекса при проведении археологических работ. Для этого построенные карты и разрезы сопротивления сравнивались с планами и разрезами, полученными археологами в ходе проведения раскопок. Также для обоснования применения электротомографии и обоснования интерпретации результатов электротомографии были проведены лабораторные исследования образцов грунта, взятых из раскопок. Таким образом, описываемые исследования представляют уникальный пример полного комплекса исследования – лабораторные измерения, полевые измерения, проведение геофизической интерпретации, сравнение результатов интерпретации с результатами раскопок.

Поскольку применение любого геофизического метода основано на различии физических свойств находящихся под поверхностью земли объектов, а эти свойства в общем случае заранее неизвестны, возможность четко сопоставить их значения и соответствующие археологические комплексы появляется, только если на некотором небольшом участке проведены и геофизические исследования, и раскопки. Примером может служить исследование пространства между шурфами или раскопками или исследование участка с последующей заверкой археологическим раскопками. В этом случае задача геофизики – качественное и количественное описание выделенных структур, изучение их планового положения, выявление связей между геофизическими аномалиями и объектами, выделенными археологами. На этой основе интерпретация данных получается более надежной, в том числе и на соседних участках, где археологических раскопок не проводилось. Описываемые исследования, подчиненные

данной идеологии, являются примером практических возможностей электротомографии при решении типичных археологических задач.

Исследования проводились на западной окраине села Бородино Можайского района Московской области на территории Бородинского военно-исторического музея заповедника (рис. 2).



Рис. 2. Карта фактического материала работ..

Лабораторные исследования образцов

Лабораторные измерения удельного электрического сопротивления для 28 образцов из разных участков раскопа "Пожарный" были проведены по методике, изложенной в работе (Shevnin et al., 2007). На основе результатов, полученных по этим измерениям (рис. 3), можно сделать несколько важных выводов. Во-первых, установлено, что сопротивление пород культурного слоя достоверно и существенно отличается от сопротивления пород материка. В частности, средние значения по выборкам составляют, соответственно, 32 и 25 Ом·м (отличие в 1.3 раза). При этом выборки, что очень важно для интерпретации электротомографических данных, не перекрываются по значениям сопротивлений. Это говорит о принципиальной возможности различить материк и культурный слой по удельному электрическому сопротивлению. Во-вторых, внутри каждой из выборок образцов (как культурного слоя, так и материка) фиксируется значительная разница в удельных сопротивлениях. В частности, значения электрического

сопротивления образцов культурного слоя меняются от 28 до 34 Ом·м (в 1.2 раза), материка – от 22 до 27 Ом·м (в 1.2 раза). Это указывает на возможность расчленения по сопротивлению культурного слоя, а также на возможность обнаружения аномалий

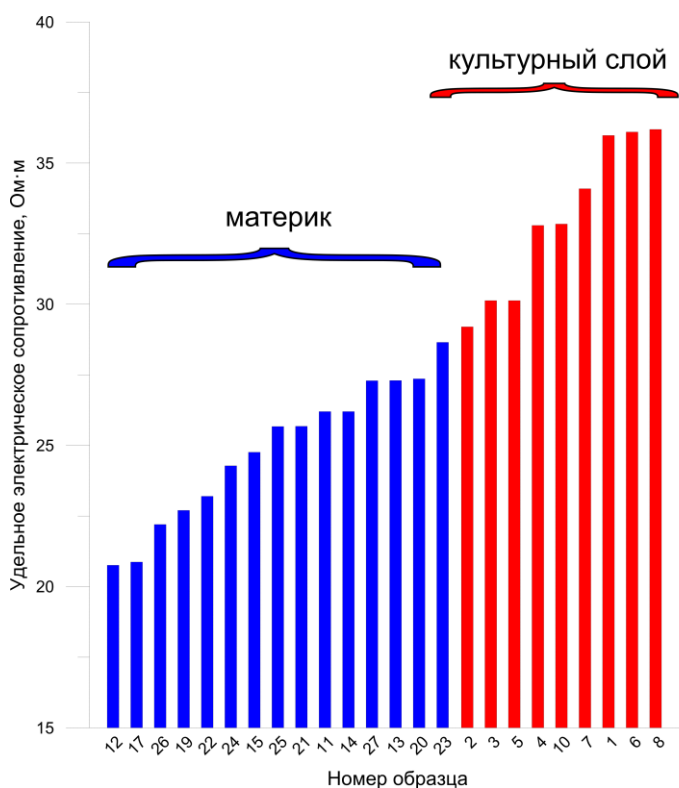


Рис. 3. Значения удельного сопротивления для образцов из материка и культурного слоя.

неантропогенной природы.

Рассмотрим результаты, полученные по нескольким объектам в селе Бородино (рис. 2).

Раскоп Пожарный

Раскоп Пожарный располагался в юго-западной части нынешнего парка Бородинской больницы (ранее – парк Императорского дворца) в с. Бородино Можайского района Московской области, к юго-западу от здания Бородинской больницы, к северу от Новой Смоленской дороги (ныне автодорога Можайск – Уваровка). Площадь

исследованной геофизикой

восточной части раскопа составила 65 м^2 ($5 \times 13 \text{ м}$). Поверхность раскопа имела наклон к югу, в сторону реки Колоочь (60 см на 13 м).

Стратиграфия: дерн (парковый слой – серая супесь) – от 5 до 8 см, ниже – слой серого суглинка с примесью кирпичной крошки, глины и фрагментов керамики в южной части. Материк – коричневая глина.

В исследованной восточной части открыта группа из 4-х ям округлой формы, диаметром от 40 см до 80 см, глубиной от 20 см до 40 см. В заполнении ям: серый суглинок с примесью светло-коричневого. В северной части наблюдался перекоп от ямы советского периода. Вокруг этого перекопа выявлена серия почти одинаковых ям диаметром от 30 до 40 см.

На основании сопоставления результатов электротомографии и археологических планов (рис. 4) можно сделать следующие выводы. По удельному электрическому сопротивлению отложения культурного слоя заметно отличаются от пород материка. Особенно хорошо это видно в северной части раскопа (квадраты А и Б по линиям 5-7), где остатки угла постройки, обладающие повышенными значениями сопротивления (100

Ом·м и более), отличаются от окружающего материка, характеризующегося более низкими значениями сопротивления (50 Ом·м и менее). В южной части раскопа в плане по сопротивлению выделяется граница между культурным слоем и материком с азимутом простирания юго-запад – северо-восток. Сопротивление культурного слоя на отметке -360 см превышает сопротивление на отметке -380 см, где по результатам раскопок фиксируется материк.

Сравнение карт сопротивления и археологических планов, особенно для южной части раскопа (квадраты линий Г, Д, Е, Ж, рис. 4, А, Б), показывает, что картина по сопротивлению оказывается значительно более разнообразной. Это происходит по двум

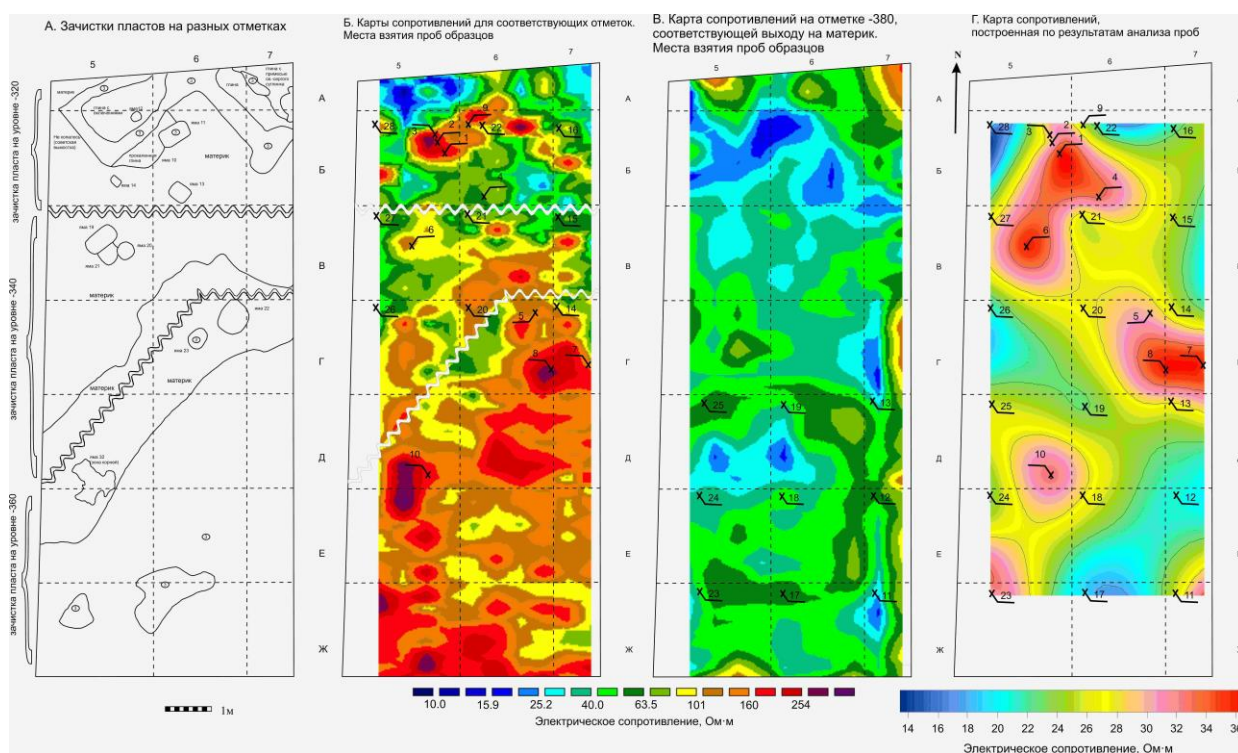


Рис. 4. Результаты исследований раскопа Пожарный: электротомография и лабораторные определения сопротивлений образцов грунта.

причинам. Во-первых, некоторые объекты могли быть объединены археологами в силу общей этимологии в один слой. Поэтому некоторые границы внутри этого слоя, проявляющиеся на картах сопротивления, могут отсутствовать на археологических планах. Во-вторых, возможно, некоторые аномалии имеют неархеологическую природу и связаны с изменением влажности или другими причинами. Однако можно уверенно сказать, что они объективно существуют. Это подтверждается картой сопротивления, построенной по результатам измерений на образцах (рис. 4, Г). Редкая сеть отбора проб, взятых с разных отметок, не позволяет четко сравнить карты сопротивлений, построенные по результатам лабораторных измерений и карты, построенные по полевым измерениям. Однако, в целом, положение основных аномалий на этих картах соответствует друг другу.

Профиль через яму 44

Объект археологического исследования – яма 44 – находилась в раскопе Усадьба, который располагался в западной части нынешнего парка Бородинской, в 160 м к юго-западу от дворца, в 60 м к северу от Новой Смоленской дороги на мысу левого берега р. Воинка. Яма имела четырехугольные очертания, линейные размеры ямы 44 составляли 6.4 м x 7.6 м. Заполнение ямы: 4 основных пласта. Самый верхний – мусор, заполнивший просеившую яму после того, как сгнила органика. Второй – захоронения: кости животных и людей, сброшенных в яму разрушенной некоторое время назад постройки (предположительно, сброшены весной 1813 г.). Третий – заполнение времени после разрушения постройки (грунт с камнями от фундамента из валунного камня). Материк – песок.

Электротомографические исследования были проведены по дневной поверхности края раскопа, когда его глубина составляла около 1.5 м. Впоследствии оказалось, что профиль пересек яму практически по центру (рис. 5, А).

Для электротомографии данный профиль является достаточно сложным по нескольким причинам. Во-первых, раскоп находится в непосредственной близости от обрывистого берега реки, и зона вблизи крутого обрыва характеризуется сравнительно резкой изменчивостью геологического разреза. Во-вторых, строительный мусор, залегающий над ямой, является источником дополнительных помех. И в-третьих, важную

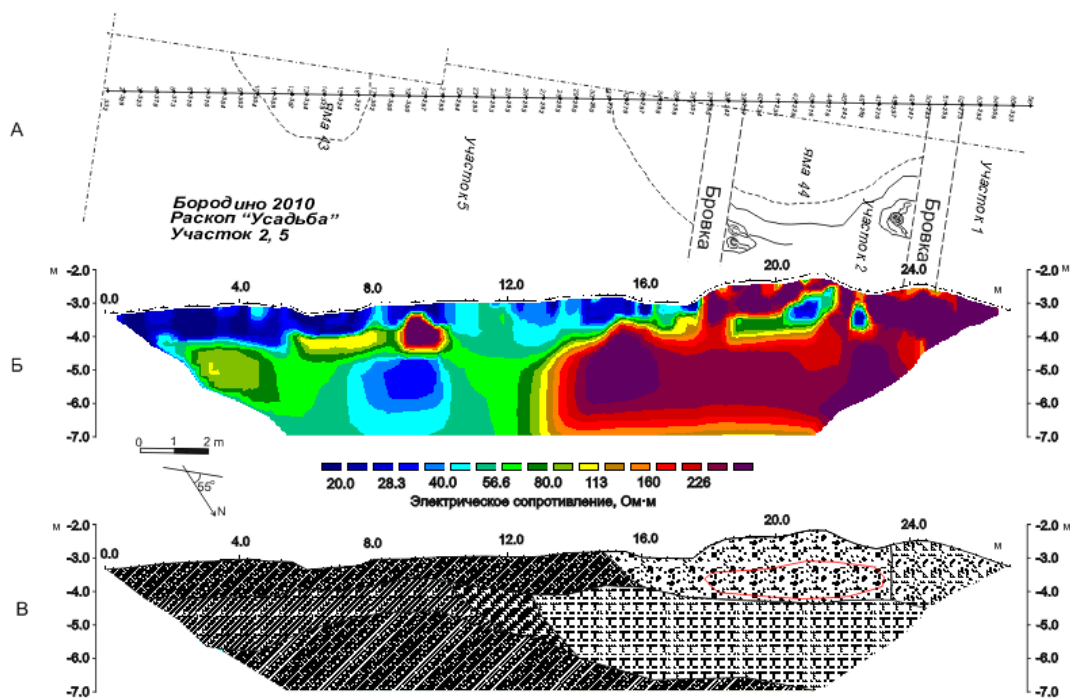


Рис. 5. Результаты исследований по профилю через яму 44. А - план с указанием положения ямы 44 и профиля наблюдений, Б - геоэлектрический разрез по методу электротомографии, В - результат геофизической интерпретации (красной линией показаны границы захоронения по археологическим данным)..

роль может играть сам раскоп: находящаяся сбоку от профиля выбранная глубокая яма приводит к оттеснению тока и соответственно к увеличению значений сопротивления в этой части профиля

В геологическом строении по профилю наблюдений выделяются несколько комплексов грунтов (рис. 5, Б, В) – более глинистые в верхней части разреза в юго-восточной части профиля, более песчаные в средней части разреза и суглинки в основании. Северо-западная часть профиля (со стороны обрыва) сложена, вероятно, ледниковыми отложениями. Их сопротивление составляет около 200 Ом·м. Над ними четко выделяется зона пониженного сопротивления, соответствующая заполнению супесчаным и суглинистым веществом ямы 44 (сопротивление около 40 – 60 Ом·м). Границы ямы в плане достаточно четко совпадают с границами аномалии. Глубина пола постройки по электротомографии оказывается несколько заниженной (на 0.5 м). Это может быть связано с разнородностью заполнения нижней части ямы – суглинком, песком, валунами.

Раскоп Усадьба II

Раскоп располагался в западной части нынешнего парка Бородинской больницы, в 160 м к юго-западу от дворца, в 60 м к северу от Новой Смоленской дороги, на мысу левого берега р. Воинка (левого притока р. Колочь).

Два наиболее крупных сооружения на участке раскопа – «блиндаж 2» и «яма 88» (рис. 6, В).

Блиндаж 2 был расположен в средней части раскопа (юго-западная часть участка геофизических работ). Размеры (на уровне материка) 8.60 м x 4.20 м. Глубина блиндажа 2 от поверхности раскопа 2.60 см (в восточной части) и 2.90 см в западной. Заполнение этого сооружения представляло собой по краям материковый коричневый суглинок, в середине котлована постройки завал представлен серо-коричневым суглинком с мусором. Заполнение котлована происходило два раза с последующей просадкой в середине котлована, цвет и состав заполнения не менялся, граница между двумя периодами заполнения отмечена более темным слоем с листами кровельного железа. Во второй период в засыпку попал водогрейный титан.

Яма 88 располагалась в северо-восточной части раскопа. Яма сразу на уровне зачистки материка читалась как подпрямоугольная, однако в раскоп яма 88 не входила полностью, уходя в северную бровку. Позже, при расширении раскопа был обнаружен завал бревен, представляющий собой упавшие остатки верхней части срубной конструкции. Само сооружение в яме 88 интерпретировано как колодец-отстойник для канализации 2-ого и 3-го Кавалерских корпусов. Размеры ямы - 4,5x3,2 м. Заполнение ямы

88: по бокам – коричневый обвалившийся со стенок материковый суглинок, который лег на провалившуюся бревенчатую крышку колодца. Под бревнами провалившейся крышки – темно-коричневая гумусированная прослойка заполнения колодца-септика толщиной 20-30 см, под этой прослойкой – камни, кирпичи, сброшенные в колодец, видимо, для предотвращения размывания песка, а под ними – слоистые прослойки песка-фильтра с зеленоватым отливом от фильтрата. Глубина колодца не установлена, прослежена на глубину до 2,2 м от современной поверхности.

Целью исследований на данном участке являлось определение глубины подошвы культурного слоя, выявление неоднородностей в культурном слое, оконтуривание ям и других возможных объектов в плане. На момент проведения электротомографических измерений в западной части раскопа археологами были сняты верхние 40-50 см грунта, в восточной части раскопок не производилось. Не проводилась также зачистка в западной части, то есть при интерпретации данных мы не имели никакой априорной информации и опирались только на результаты лабораторных исследований на образцах (взятых из раскопа Пожарный, см. выше).

Исследования разреза по северо-западному профилю состояли из нескольких этапов. Сначала был построен геоэлектрический разрез по данным метода электротомографии (рис. 6, А). Затем на основании полученного разреза была создана интерпретационная геофизическая модель разреза (рис. 6, Б). Используя известное по измерениям на образцах соотношение сопротивлений материка и культурного слоя, мы построили границу подошвы культурного слоя и границы внутри культурного слоя. И, наконец, полученные разрезы были сопоставлены с результатами археологических раскопок (рис. 6, Г и 6, Д).

Согласно данным электротомографии, разрез по северо-западному профилю представлен следующими комплексами отложений: отложениями культурного слоя и материка. Отложения материка представлены двумя видами пород: вышележащими глинами (суглинками) и нижележащими супесями. Комплексы четко разделяются по характерным значениям удельного электрического сопротивления. Отложения культурного слоя обладают сопротивлением от 30 до 60 Ом·м, материковые суглинки – 20-25 Ом·м, супеси, залегающие ниже отметки -100 см, – более 80-100 Ом·м.

Основная граница, интересовавшая нас при проведении исследований, – подошва культурного слоя. Ее положение в археологическом разрезе хорошо согласуется с положением градиентных зон по сопротивлению на геоэлектрическом разрезе. В центральной части разреза кровля материка (верхняя граница слоя низкого сопротивления) находится на отметке 0 – 30 см. К западу и востоку соответствующая

градиентная зона (интерпретируемая как граница) достаточно резко опускается до отметок -100 см.

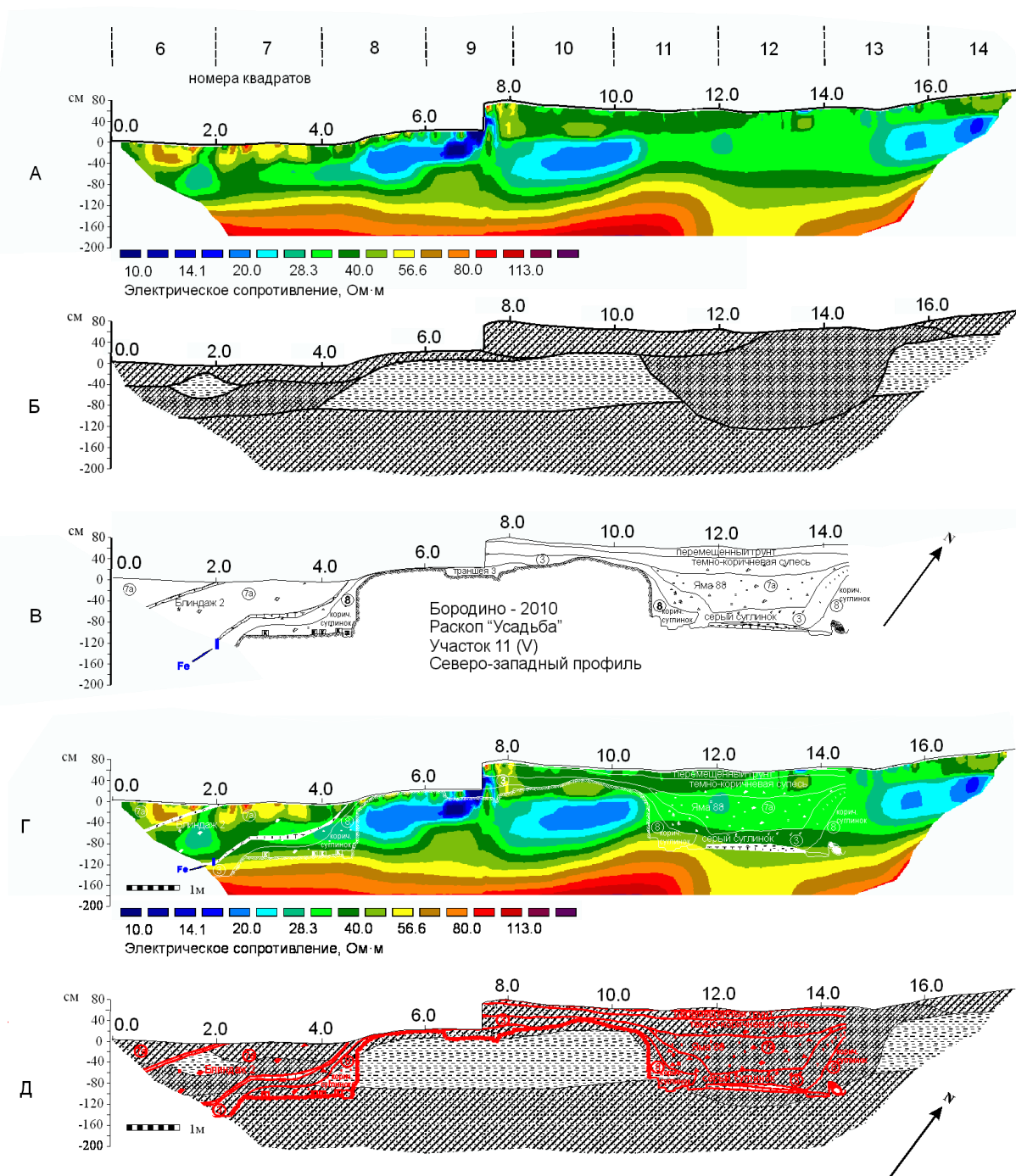


Рис. 6. Результаты исследований по северо-западному профилю раскопа “Усадьба 11”. А – геоэлектрический разрез по методу электротомографии, Б – результат геофизической интерпретации, В – разрез по результатам раскопок, Г – наложение результатов раскопок и геоэлектрического разреза, Д – наложение результатов геофизической интерпретации и результатов раскопок.

Особенно ярко проявляется в геоэлектрическом разрезе аномалия на ПК 11 – 15 м во всем диапазоне исследуемых глубин. Здесь в слое суглинков фиксируется повышение сопротивления, в слое супесей (в основании разреза) – понижение. Определение нижней границы аномалии оказывается затруднительным. При проведении геофизической интерпретации данная аномалия была отмечена как яма.

Результаты раскопок подтвердили правильность проведенной интерпретации. Основные выделенные по геофизике границы соответствуют границе культурный слой – материк. Соответствующие понижения границы являются ямами Блиндаж 2 (западная часть профиля) и яма 88 (восточная часть). Ошибка определения глубины положения границ оказывается в пределах 20 см. Исключение составляет глубина ямы 88, но низкая степень точности определения глубины здесь была оговорена при интерпретации. Падение стенок ямы, определенное по интерпретации, оказалось менее крутым, чем истинное. Это явилось следствием двух факторов: недостаточного опыта археологической интерпретации геоэлектрических разрезов и градиентном характере границы. Последний определяется тем, что коричневый суглинок, заполняющий края ямы, по значениям сопротивления занимает промежуточное положение между мешаной глиной, заполняющей яму, и материком (рис.6, Д).

Исследования по системе параллельных профилей позволили проследить в плане структуры, выделенные на северо-западном профиле. С помощью полученных карт изолиний удельного сопротивления удалось локализовать в плане основные объекты (рис. 7). В частности, в повышении электрического сопротивления выразились Блиндаж 2 и Яма 88. При этом плановое положение этих объектов по данным раскопок совпадает с положением аномалий удельного электрического сопротивления. Отмеченная на рис.7 Траншея 3 была выявлена по результатам раскопок, но не представляла археологического интереса. Она пересекает уступ в рельефе, что, скорее всего, повлияло на возможность ее обнаружения.

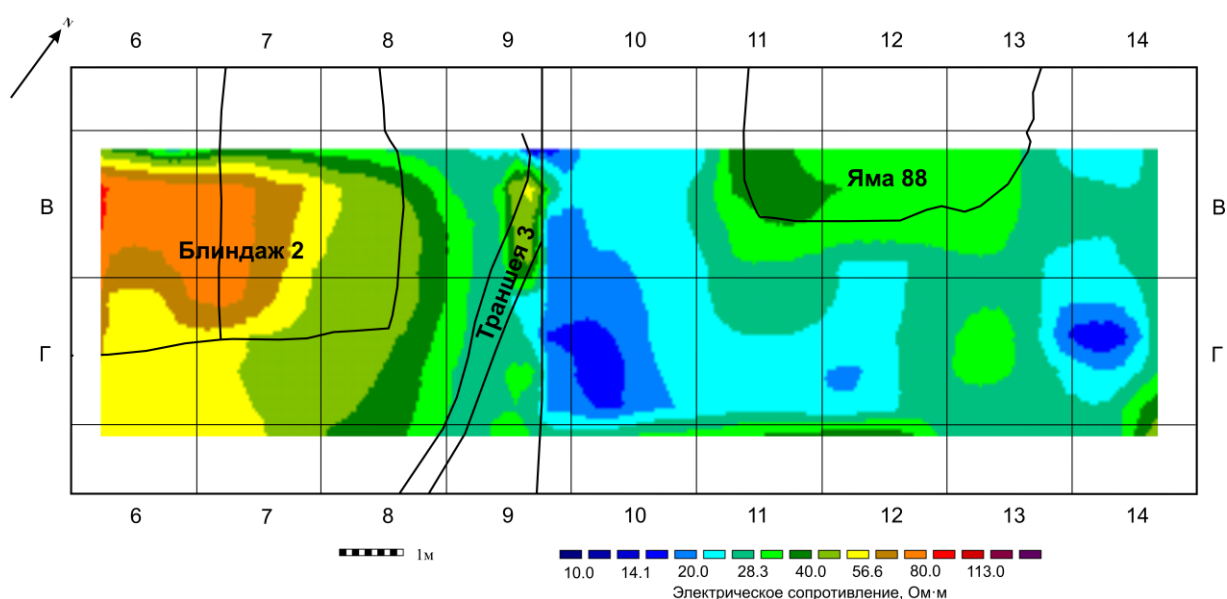


Рис. 7. Результаты площадных электротомографических измерений на участке “Усадьба 11”. Сопоставление распределения сопротивления на глубине 80-100 см от поверхности и плана-схемы части раскопа.

Приведенные результаты по раскопу «Усадьба 11» иллюстрируют возможности электротомографии при определении границы культурный слой-материк как в случае ее субгоризонтального залегания, так и в случае наклонного. На северо-западном профиле практически без использования априорной информации были выделены объекты Блиндаж 2 и яма 88, с достаточной точностью определены положение границ в плане и по глубине. Это – показательный пример ситуации, когда в структурном отношении количество информации, полученной по электротомографии и по археологическим раскопкам, сопоставимо.

Профиль Траншея

Раскоп Трассы (Профиль Траншея) назван по коммуникациям водопровода и канализации, под которые он закладывался. Раскоп располагался в центральной части нынешнего парка Бородинской больницы. Раскоп Трассы проходил параллельно дороге Можайск-Бородино в 70 – 60 м к северу от нее.

Исследования методом электротомографии проводились в соответствии с проектным положением трассы. Реальное положение стенки раскопа не везде точно соответствовало профилю измерений по электротомографии, однако, расхождение для представленных разрезов составляет не более 1 м.

В целом, разрезы и глубины выделяемых слоев на геоэлектрическом разрезе и по археологическому описанию соответствуют друг другу (рис. 8). Достаточно точно определяется положение границы культурного слоя.

На геоэлектрическом разрезе не видны некоторые детали, отраженные в археологическом описании. В значительной степени это связано с шагом между электродами, сопоставимым с мощностью культурного слоя.

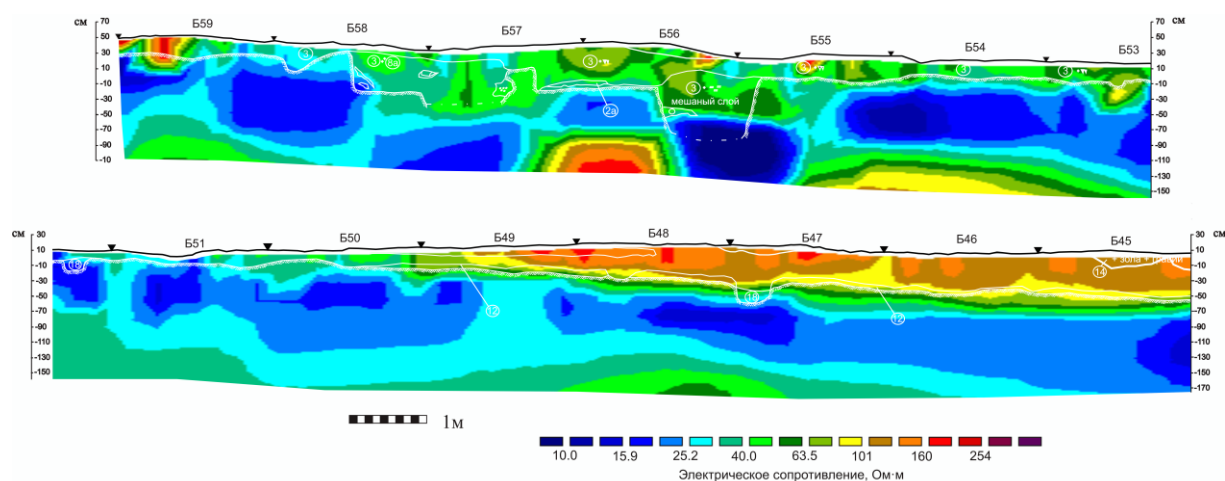


Рис. 8. Результаты электротомографии по профилю «Траншея» и археологические границы.

Однако обращает на себя внимание большое количество деталей геоэлектрического разреза, которые не отражены в археологическом разрезе. С одной стороны, эти аномалии могут быть неинтересны археологам при составлении разреза. С другой стороны, это может говорить о существовании аномалий, не всегда заметных археологу при описании. Последнее указывает на возможность получения дополнительной информации из результатов электротомографических исследований.

Раскоп Почтовый

Раскоп Почтовый располагался в юго-восточной части нынешнего парка Бородинской больницы, в 30 м к северу от дороги Можайск-Бородино, в 10 м к С и СЗ от здания почты. В центральной части раскопа по одному профилю были произведены исследования методом электротомографии (рис 9). На линии профиля археологи зафиксировали 7 погребений, относящихся к периоду ВОВ (ямы 20, 19, 8-12). Ямы 20, 19, 8-11 представляли собой одиночные захоронения, яма 12 – групповое. Кроме того, был обнаружен кабель ВОЛС, пересекающий яму 12. На момент геофизических исследований на площади раскопа был снят почвенный слой и частично вскрыта яма 12, при выборке которой обнаружены человеческие останки, после чего они были накрыты полиэтиленом и засыпаны землей.

На полученных геоэлектрических разрезах (рис. 9) погребения выразились в виде

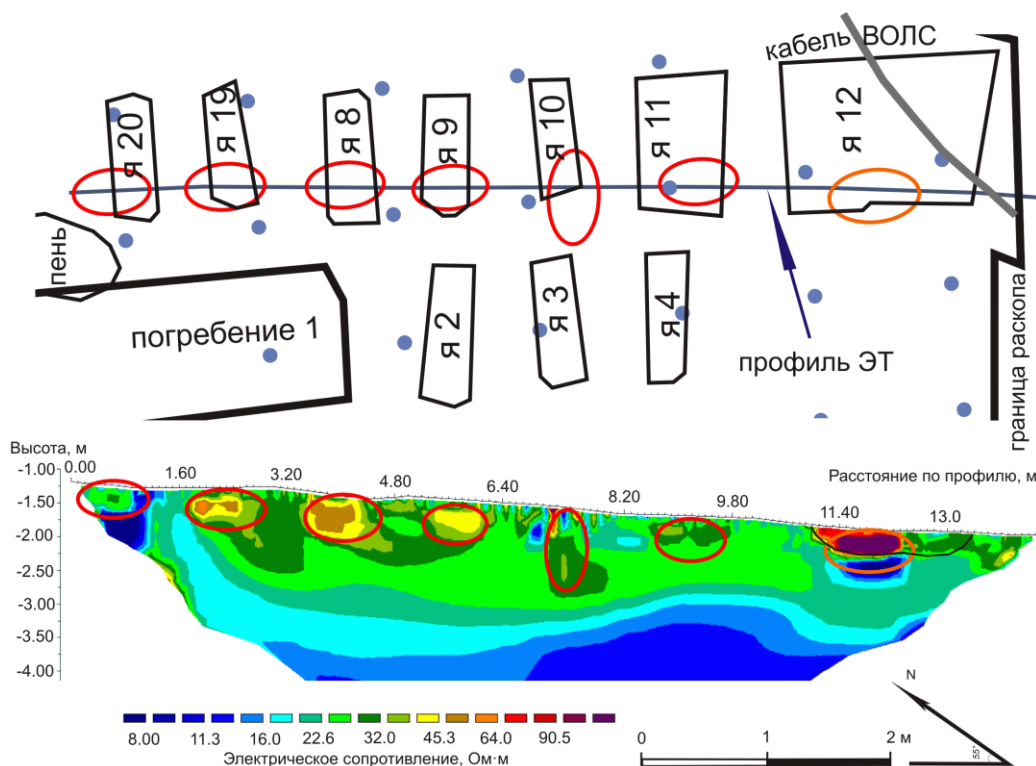


Рис. 9. Результаты электротомографии по профилю через немецкое кладбище. Сопоставление геоэлектрического разреза и данных археологии.

семи локальных областей повышенного сопротивления, плановое положение которых совпало с определенным по результатам раскопок положением захоронений. Повышение сопротивления в области захоронения соответствует результатам, полученным при лабораторных исследованиях на образцах (см. выше), согласно которым отложения культурного слоя обладают более высоким сопротивлением, чем отложения материка.

Аномалии на геоэлектрическом разрезе, соответствующие ямам 19, 8 и 9, характеризуются значениями сопротивления 35 – 40 Ом·м, а аномалии, соответствующие ямам 20, 10 и 11, – 30 - 35 Ом·м. Сопротивление материковых отложений составляет 25 - 30 Ом·м. Ширина аномалий составляет 60-80 см, глубина нижней границы – около 50 см. Отдельный интерес вызывает аномалия, соответствующая яме 12. Она состоит из двух частей: повышенного сопротивления на ПК 11-12.3 м (более 100 Ом·м) и пониженного (около 35 Ом·м, ПК 12.3-13.3 м). Первая объясняется закопанным археологами полиэтиленом, вторая соответствует неизменной части ямы. Глубина нижней границы такая же, как и у других ям.

В самом конце профиля на глубине около 30 см фиксируется аномалия повышенного сопротивления, в этом месте профиль электротомографии пересекает кабель ВОЛС.





2а) - перемещенная глина	12) - серый суглинок с известью	 - глина
3) - серый суглинок	12г) - подзол	 - суглинок
4г) - битый кирпич, щебень	14) - песок	 - супесь
7а) - мешанная коричневая глина с кирпичной крошкой	14а) - песок с мелким гравием	 - песок
8а) - коричневый суглинок с известковой и кирпичной крошкой	15) - каменный уголь	
9) - темно-серый суглинок	18) - светло-серый суглинок	

Рис. 10. Условные обозначения..

Выводы

Приведенные сопоставления результатов раскопок и данных электротомографии показывают, что электротомография может являться основным методом геофизического комплекса при решении археологических задач по следующим причинам:

1. Положение границ культурный слой – материк и границ внутри культурного слоя на геоэлектрических разрезах и по результатам раскопок, в целом, совпадает. Различие касается деталей. Это говорит о том, что по результатам электротомографии можно делать прогноз мощности культурного слоя, геометрии границ и литологического состава.

2. На основе результатов электротомографических измерений по системе параллельных профилей можно строить карты распределения сопротивления на заданной глубине и проводить археологическую интерпретацию построенных карт.
3. При исследованиях на новом участке целесообразно производить лабораторный анализ проб грунта и проводить последующую интерпретацию на основании его результатов, что позволяет повысить их достоверность.

Использованная литература

1. *Модин И.Н.*, 2010 «Электроразведка в технической и археологической геофизике». Автореферат на соискание ученой степени д.т.н. М.
2. *Журбин И.В.*, 2006. Геофизика в археологии: методы, технология и результаты применения: Дис. ... д-ра ист. наук. М.
3. *Балашов А.Ю., Смольников К.А., Прохоровский А.С., Куликовский К.В., Симочкин П.И.*, 2010. Геофизические исследования территории Лужецкого монастыря города Можайска// Археология Подмосковья, выпуск 6.
4. *Глазунов В.В., Плоткин К.М.*, 1978. Археолого-геофизическое изучение городища Камно. //Вопросы теории и методологии археологической науки. М.,. Краткие сообщения института археологии. № 152.
5. Geophysical Survey in Archaeological Field Evaluation. English Heritage. 2008.
6. *Shevlin V., Mousatov A., Ryjov A., Delgado O*, 2007. Estimation of clay content in soil based on resistivity modeling and laboratory measurements// Geophysical Prospecting, 55. Nedherlands.
7. *Eppelbaum L.V.*, 2010. Archaeological geophysics in Israel: past, present and future// Advances in Geosciences, 24. Germany.
8. *C. Gaffney*, 2008. Detecting trends in the prediction of the buried past: a review of geophysical techniques in archaeology// Archaeometry, Volume 50, Issue 2. Oxford, Great Britain.
9. *C. S. Ross, M. Merino, L. Sherrod*, 2009. Reconstruction of lost burial plots records with ground penetrating radar// The Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems. Denver, USA.