

А.В. Коробейников
В.В. Мингалёв

**ОПЫТЫ ДИНАМИЧЕСКОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ В АРХЕОЛОГИИ**

Ижевск 2006

УДК 902.322+550.3
К 68

Рецензенты:

А.М.Белавин, доктор ист. наук, профессор Пермского Государственного университета, Пермь

Ю.А.Ельцов, канд. техн. наук, главный специалист-геофизик ООО ПКФ “ЕС”, Ижевск

EXPERIMENTS WITH DYNAMIC STACK PROBE
IN COURSE
OF ARCHAEOLOGICAL EXCAVATIONS
A.V.Korobeinikov, V.V.Mingalev
Izhevsk, 2006
(See p.53, please)

Глава “Динамическое зондирование на раскопках могильника Пыштайн II в сезоне 2005г.” написана В.В.Мингалёвым и А.В.Коробейниковым.
Остальные главы- А.В.Коробейниковым.

Коробейников А.В., Мингалёв В.В.

Опыты динамического зондирования а археологии. – Ижевск: НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2006. –60 с.

Книга посвящена описанию простого способа и устройства для неразрушающего исследования культурного слоя. Авторы описывает геофизические основания и результаты применения ударного зонда на нескольких археологических памятниках Прикамья.

ISBN 5-93972-557-0

© А.В. Коробейников, 2006
© В.В. Мингалёв, 2006

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Изучение специальной литературы приводит нас к заключению, что историки в массе своей реконструируют оборонительные, жилые и хозяйственные сооружения древности руководствуясь либо собственной интуицией, либо по аналогии с современными постройками. Недостатки такого подхода очевидны: интуиция индивида ограничена его жизненной опытностью, а современный фортификатор и строитель руководствуются частными мотивами, которые могут не совпадать с мотивами исторического субъекта. Таким образом, приходится констатировать, что реконструкции, не подкреплённые точным расчётом и теоретически не верифицируемые, являются реконструкциями гадательными и в силу своей неопределённости вряд ли могут быть приняты в качестве базы данных для исторических концепций.

Историк, поставивший перед собой задачу реконструировать доисторическое грунтовое сооружение, может делать обоснованные предположения о его устройстве и габаритах, исходя из того, что свойства грунтовых строительных материалов неизменны в исторической ретроспективе. (Так, если угол естественного откоса для песка определённой крупности и влажности равен 35 градусам, то штабель примет такой угол откоса вне зависимости от того, в каком веке его насыпали.) Для реконструкции надо лишь обладать базой данных о свойствах материалов и базой правил для умозаключений. Но как получить нужные данные?

Для того, чтобы прояснить специфику археологического исследования обозначим круг задач реконструктора грунтовых сооружений, обрисовав доступный ему объём информации.

Как правило, археологическая публикация о раскопках древнего городища сопровождается изображением разреза вала. На таких изображениях видно, что раскопанная насыпь:

- имеет многослойную структуру,
- габариты слоёв (их проекции на горизонталь) могут быть определены измерением по чертежу,
- толщина слоёв может быть определена измерением по масштабу,
- углы откоса слоёв могут быть обозначены приблизительно, как касательные от горизонтали к их поверхности,
- состав слоёв в соответствии с некоторой номенклатурой (например: жёлтый плотный песок) может быть установлен по легенде к плану,
- гребень вала в массе случаев разрушен, и слои, составляющие вал, разрываются в гребневой части,
- в некоторых случаях гребневая часть и откосы имеют следы деревянных конструкций или каменных выкладок,
- в теле вала может быть каркас из дерева или камня

Конечно, такое изображение историк имеет после того, как археологи в ходе раскопок получили непосредственный доступ к грунту, который служил строительным материалом для доисторических сооружений. Они идентифи-

цируют грунты, как правило, в трёх связанных номенклатурах: визуально по цвету (серо-коричневый, пестроцвет и т.д.), субъективно по плотности (рыхлый, плотный), и, опять же, на глаз, по составу (глина, суглинок, супесь, песок и т.п.).

Выделенные слои изображаются на вертикальных и горизонтальных разрезах раскопа для стратиграфической и планиграфической оценки состава культурного слоя. При этом аномалии грунтовой толщи (органические и иные включения) видны на разрезе и отражаются на планах в виде контрастных пятен. Однако, этот способ исследования и фиксации имеет свой недостаток-тот или иной археолог изображает слои грунта в соответствии со своим субъективным восприятием цвета и плотности, с использованием если не собственной, то произвольной, или во всяком случае, не универсальной номенклатуры. Следовательно, такой разрез не несёт информации о строительных, прочностных (или, в широком смысле физических) свойствах использованного древним строителем материала, ведь изучение физических свойств должно производиться инструментально. Видимо, такое положение обусловлено прежде всего тем, что в соответствии с общепринятой практикой ни у зарубежного [1], ни у российского археолога нет пока ни задачи [2] ни метода [3] для изучения строительных (физических) свойств грунтового материала. Но можно ли повысить информативность полевых отчётов исходя из потребностей реконструкции грунтовых сооружений?

Представляется справедливым, что естественнонаучные методы, в случае внедрения их в практику извлечения и анализа археологических источников, могут дать массивы объективной информации. Для реконструкции надо лишь обладать базой данных о свойствах материалов и базой правил для умозаключений. Так как же получить нужные данные? Каковы объём и содержание этих данных?

Понятно, что если историк поставил перед собой задачу восстановить, к примеру, первоначальный облик оборонительных сооружений, то первое, что он должен сделать, так это восстановить вал, ибо он служил основанием для построек (навалных сооружений). С другой стороны, достоверно реконструированные параметры вала несут информацию об оружии, которое преимущественно применяли его защитники и позволяют оценивать оборонительные качества всей фортификации [4,5,6]. Но первоначальная высота вала вследствие разрушения насыпи часто не фиксируется. Иногда она может быть вычислена как высота трапеции или треугольника, у которого известно основание, и могут быть известны углы при основании т.е. откосы. Однако, что делать, если насыпь имеет слоистую структуру, и слои почти горизонтальны, то есть касательная к ним не даст линии откоса? Или откосы не видны вследствие оплывания или распахивания? Тогда за исходное значение для реконструкции сооружения полагаем принять угол естественного откоса для грунта насыпи, если рассматривать её в качестве многослойного штабеля (в предположении отсутствия внутривальных конструкции и укрепления откоса облицовкой, каменной крепидой и пр.). Как этот угол определить? Проще всего это сделать опытным путём на натуре, когда археологи разрезают

вал раскопом. Грунт (разумеется, не весь) каждого из идентифицированных слоёв (отдельно песок, отдельно обнаруженный в насыпи тот или иной пестроцвет и т.д.) можно свалить в небольшой штабель конической или призматической формы. Откос такого штабеля по отношению к горизонту может быть измерен в простейшем случае рейкой и транспортиром. Для чистоты опыта грунт, видимо, следует взять в его наилучшем, сыпучем (то есть, сухом) состоянии и уплотнить его ударами лопатой плашмя по поверхности откоса.

В основу данного способа реконструкции может быть положена закономерность, эмпирически установленная и используемая в практике современного строительства: известно, что “при напластовании различных видов грунтов крутизну откоса для всех пластов надлежит назначать по наиболее слабому виду грунта” [7, с.163]. Следовательно, если для слоя песка получено значение 30° , а для слоя пестроцвета 40° , то откос всей насыпи в то время, когда она стояла, был близок к 30° . А можно ли получить данные о строительных свойствах грунтов древних сооружений без масштабных раскопок?

Можно попытаться это сделать через исследование грунта, обнажённого вертикальным разрезом (например, разведочным шурфом). В соответствии с разработанными у строителей методиками, в грунт каждого слоя вдавливают конический наконечник, к которому присоединён динамометр. Показатели сопротивления песка и глины, например, отличаются в разы, и перепутать эти грунты по данному параметру невозможно. То есть теоретически, имея в руках данные о сопротивляемости каждого из слоёв насыпи на всём её протяжении, можно обоснованно реконструировать её первоначальный вид.

Конечно, в соответствии с применяемыми методиками археологи уже используют в своей практике некоторые известные свойства грунтов, которые позволяют применять методы неразрушающего исследования.

На сегодняшний день в археологии для исследования грунта на площадке раскопа (культурного слоя) применяется целая гамма геофизических методов (См. их подробное описание: [9]). Эти методы дают информацию о физических свойствах слоёв грунта (электропроводности, плотности и т.д.) и позволяют обнаруживать крупногабаритные артефакты или следы сооружений (валы, жилищные и хозяйственные ямы, западения культурного слоя и т. п.), которые не имеют следов на современной дневной поверхности. Однако, все геофизические способы требуют применения дорогостоящей аппаратуры, исследования в поле привязаны к источникам электроэнергии. Они требуют значительных финансовых вложений и трудозатрат, что ограничивает сферу и частоту их применения.

Способ исследования земли с помощью щупа намного проще и позволяет выявить неоднородность грунтовой толщи и сделать предположения об антропогенном характере такой неоднородности. Таким способом определяют приблизительное расположение жилищных, хозяйственных и иных ям: счи-

тается, что заполнение ямы мягче её дна [10, с.86, 99, 117].¹ Однако этот способ имеет существенный недостаток: погружая щуп в исследуемую среду (культурный слой) исследователь оценивает разницу сопротивления проникновению в зависимости от глубины погружения, но при этом он руководствуется собственными ощущениями и оперирует критерием “твёрже-мягче”. Градации признака тут хотя и возможны, но они субъективны, поэтому невозможна и фиксация абсолютных значений сопротивления проникновению щупа в зависимости от глубины его погружения. Следовательно, невозможна и формализация результата для создания базы данных об исследованной площади. (“Твёрже-мягче”- это относительная оценка, а при моделировании культурного слоя следует знать абсолютные значения сопротивляемости на разных глубинах). Кроме того, глубина зондирования здесь ограничивается физической силой конкретного индивида. Тем не менее, прощупывание грунта, вследствие его простоты и дешевизны можно принять в качестве прототипа метода, описанного ниже.

Разумеется, строительные и иные (прочностные, деформационные и пр.) свойства грунтов изучаются строителями [11]. Однако, строители решают свои задачи. К примеру, для выделения инженерно-геологических элементов, исследования несущей способности сваи или основания под фундаментом они изучают слои грунта путём зондирования на глубину до двадцати метров, куда археологи, кроме, пожалуй, “палеолитчиков” как правило, не попадают, и объектов своего интереса там не имеют (культурный слой или искусственный грунт на поселениях и могильниках не имеет такой мощности). Кроме того, строителей интересуют сильные взаимодействия и громадные величины нагрузок от современных сооружений, которых просто нельзя было ожидать от рукотворных насыпей и деревянных построек древности. И если для археолога слой инородного грунта в насыпи вала или в заполнении могильной ямы в 5...10 см. может многое сказать, то современный строитель, изучая стройплощадку такой слой или линзу просто не заметит, а заметив, не станет изучать их свойства, ибо влияние последних на общий расчёт прочности грунтового основания ничтожно. Наконец, применяемые строителями зондировочные приборы громоздки (штанга с молотом перевозится на грузовом автомобиле), а стандартный зонд (его диаметр более 4 см.) может разрушить артефакты, содержащиеся в культурном слое и оставить следы на горизонтальной зачистке.

¹ Пожалуй, первыми свидетельствами применения щупов в Российской археологии в целях получения стратиграфической информации можно считать датируемые 1859 годом “Правила производства археологических изысканий в Керчи”. В соответствии с названным документом предписывалось использовать щуп, имеющий “во всю длину от одного конца до другого ложбину с круто загнутыми боками, для того, чтобы при вытягивании его оставшаяся в ней земля показывала, через какие слои он проходит” [12].

Видимо, первым свидетельством применения щупа в целях выявления грунтовых аномалий и поиска крупноразмерных артефактов следует признать датируемое 1851 годом “Наставление, как надлежит поступать при открытии древностей”, утверждённое Одесским Обществом истории и древностей, в соответствии с которым следовало: “Внизу разреза <кургана> во все стороны посредством щупа, разведывать, нет ли складенных стен или гробниц...” [13, с. 637]

Кроме того, существующие способы исследования свойств грунтов в лабораториях строительных организаций [14], во-первых, весьма затратны, а во-вторых, вряд ли могут быть конвертированы для реконструкции древних технологий и сооружений. Например, для того чтобы опытным путём определить угол естественного откоса сыпучего грунта, лаборант-строитель помещает образец (например, поднятый буром) в коробочку с прозрачной стенкой, либо высыпает пригоршню грунта на стол и производит измерения. При этом инструкция к проведению опыта особо подчёркивает, что грунт не должен иметь комочков и посторонних включений. Разумеется, древние насыпи не строились из стерильных и просеянных грунтов, укладываемый грунт уплотнялся (трамбованием? проливался водой?) поэтому историк, следуя принципу достоверности должен искать иные методы. Кроме того, строитель везёт грунты в лабораторию, а не исследует на месте просто в силу тотальной механизации работ на стройплощадке, а также потому, что ошибка лаборанта может привести к фатальным последствиям (просадкам фундамента и т.п.). В нашем же случае, ошибка историка-реконструктора может быть исправлена его коллегами в ходе научной дискуссии, а исследование в поле не намного увеличит трудоёмкость раскопок, ведь труд археолога пока остаётся ручным.

Таким образом, исследовательские задачи реконструктора и отмеченные недостатки существующих методов ставят на повестку дня вопрос о разработке простой и эффективной методики получения и интерпретации цифровых данных о физических свойствах грунтов в целях археологических раскопок и разведок.

Тем не менее, чтобы не изобретать велосипеда, полагаем оправданным обратиться к использованию давно апробированных строителями принципов полевых испытаний [15,16, 17], приняв в качестве ближайших аналогов предлагаемому методу и устройству метод и устройство для динамического зондирования по ГОСТ 19912-81 [11], а также ручной пенетромтр-ударник У-1, который используется в аэродромной службе для оценки проходимости грунтовых лётных полей [18].

Описание метода

Отмеченная зависимость между сопротивляемостью погружению и составом грунта позволяет исследовать культурный слой (искусственный грунт) простейшим методом, который не оказывает сколь-нибудь заметного разрушающего воздействия. Для того, чтобы установить эту зависимость для грунтов конкретного археологического памятника, например, для насыпи вала, эта насыпь, разрезанная раскопом (или стратиграфия культурного слоя, разрезанного разведочным шурфом) и изображённая в произвольной номенклатуре грунтов, зондируется штангой (с коническим наконечником или с коническим заострением). По штанге наносят стандартные удары молотом, сбрасывая его каждый раз с постоянной высоты. (Следовательно, энергия каждого из ударов составляет постоянную величину.) При этом фиксируют количество ударов, необходимых для заглупления зонда на определённую

глубину (например, на 5 см.). Для более точной фиксации заглубления относительно поверхности земли в условиях рыхлого грунта или дёрна эту поверхность маркируют любым подходящим плоским предметом. Например, на траву можно положить лезвие лопаты, наступить на него ногой и отмечать заглубление зонда относительно этого лезвия.

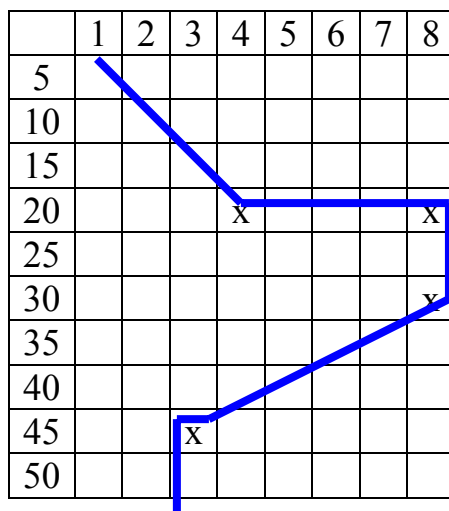


Рис.1

График зондирования:

Цифры на горизонтальной оси указывают количество ударов п, а цифры на вертикальной оси- глубину погружения зонда, см.

Результаты заносят в таблицу, на основании которой строят график зависимости сопротивляемости грунта от глубины погружения зонда (*Рис. 1*). Такой график в соответствующем масштабе может быть наложен на вертикальный разрез вала, для того чтобы исследователь сразу видел характеристики сопротивляемости каждого из слоёв культурного слоя. В соответствии с названным ГОСТом, для глубин не более 100 см. за величину сопротивления зонда принимают значение лишь его лобового сопротивления, а силами трения в скважине пренебрегают.

Приведённый пример позволяет дешифровать график зондирования приблизительно так:

- на глубине до 15 см. рыхлая сыпучая почва (например, тёмно-серая супесь),
- на глубине от 20 до 35 см. слой прочного грунта (например, красная глина),
- под ним снова рыхлый сыпучий грунт (например, жёлтый песок).

Полученные при пробном зондировании цифровые значения сопротивляемости для разных грунтов могут быть приняты в качестве эталонных для данного раскопа. С их помощью можно дешифровать результаты остальных зондирований.

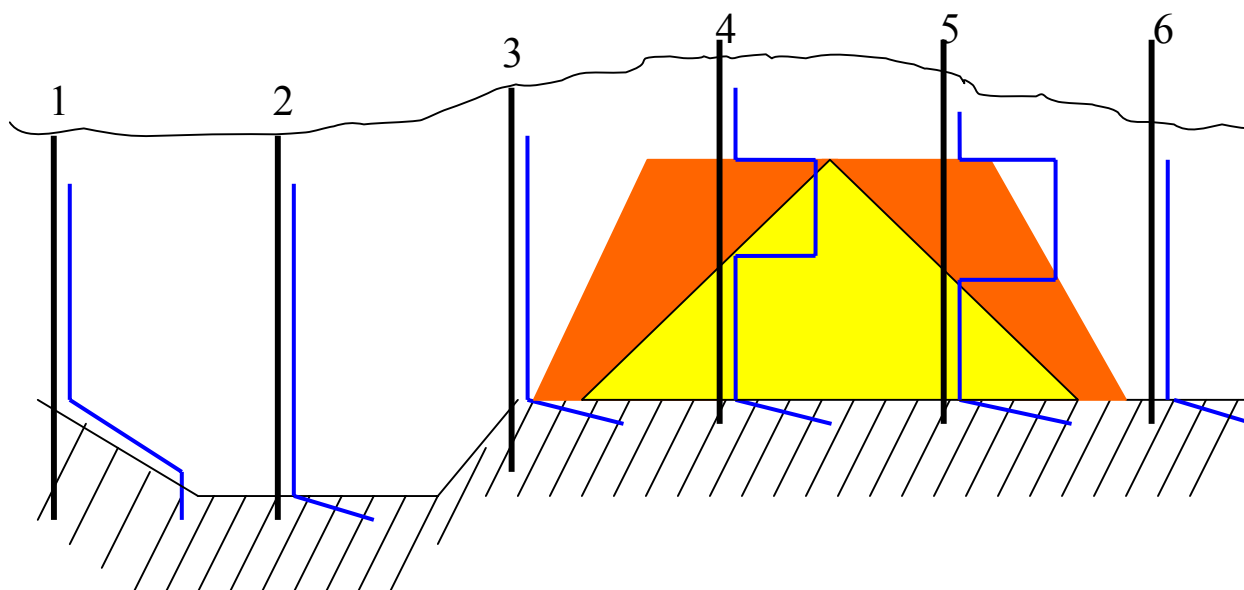


Рис.2

Дешифровка графиков зондирования- ров и вал.
(Внутри вала песок, наружные откосы из прочного грунта).

При отсутствии точных данных о стратиграфии культурного слоя, то есть до разведочного шурфования и до раскопок памятника, состав и мощность слоёв могут в первом приближении оцениваться по изменению сопротивления слоёв друг относительно друга. Так, на *Рис.2* видно, что перегибы линий графика зондирования совпадают с границами слоёв. Резкое увеличение сопротивления проникновению наблюдается при вхождении зонда в глину (материк, отмеченный штриховкой), а резкое падение сопротивления происходит когда зонд входит в песок. Соответственно, выделить стратиграфические объекты можно будет прямо в поле, обрисовав вероятные границы слоёв. Для этого достаточно соединить изолиниями точки перегибов графика.

Расчётные параметры ударного зонда

На наш взгляд, применение используемого строителями оборудования для зондирования неприемлемо в условиях археологического раскопа. Судите сами: стандартная штанга зонда имеет диаметр 42 мм. Следовательно, она массивна, и требует применения молота с наименьшим весом 30 кг.[11]. То есть, энергозатраты этого способа весьма значительны и применение такого зонда требует специальной установки с двигателем. Кроме того, диаметр основания конуса на конце зонда составляет 74мм., следовательно, он произвёл бы весьма ощутимые разрушения культурного слоя и артефактов. Применяемый для исследования полевых аэродромов пенетромтр-ударник У-1 снабжён в нижней части цилиндрическим штоком длиной 03 м.; такой длины явно недостаточно для исследования культурного слоя.

Каковы расчётные параметры оптимального зонда? Для ответа на этот вопрос необходимо вкратце прояснить физический смысл процесса ударного зондирования.

Удар (или **соударение**) – это столкновение двух или более тел, при котором взаимодействие длится очень короткое время. В нашем случае мы говорим об осевом соударении двух твердых тел: молота и штанги. Силы, взаимодействующие между телами (*ударные* или *мгновенные силы*) столь велики, что внешними силами, действующими на них, можно пренебречь. Это позволяет систему тел в процессе их соударения приближенно рассматривать как замкнутую систему и применять к ней законы сохранения. Сущность удара заключается в том, что кинетическая энергия относительного движения соударяющихся тел на короткое время преобразуется в энергию упругой деформации. Во время удара имеет место перераспределение энергии между соударяющимися телами. Наблюдения показывают, что относительная скорость тел после удара не достигает своего прежнего значения. Это объясняется тем, что нет идеально упругих тел и идеально гладких поверхностей. Отношение нормальных составляющих относительной скорости тел после удара и до называется **коэффициентом восстановления** ε .

$$\varepsilon = \frac{v'_n}{v_n}, \quad (1)$$

где v_n – скорость тела до удара, а v'_n – скорость после удара.

Если для сталкивающихся тел $\varepsilon = 0$, то такие тела называются **абсолютно неупругими**, если $\varepsilon = 1$ – **абсолютно упругими**. На практике для всех тел $0 < \varepsilon < 1$, а в некоторых случаях тела можно с большой степенью точности рассматривать либо как абсолютно упругие, либо как абсолютно неупругие. Прямая, проходящая через точку соприкосновения тел и нормальная к поверхности их соприкосновения, называется линией удара. Удар называется центральным, если тела до удара движутся вдоль прямой, проходящей через их центр масс.

Таким образом, пренебрегая силами упругой деформации в рассматриваемой нами системе тел мы имеем дело с моделью неупругого центрального удара ($\varepsilon = 0$). Молот весом G_1 падает с высоты h на зонд весом G_2 и забивает его в грунт.

Обозначим массами G_1 и G_2 вес молота и вес штанги соответственно, скорости молота и штанги до удара – через v_1 и v_2 . Здесь $v_2 = 0$, так как ударяемое тело первоначально было неподвижным,

$$v_1 = \sqrt{2gH},$$

где $H = h + \frac{s}{2}$ – средняя высота падения молота за n ударов, м; s – расстояние на которое углубилась штанга в грунт за n ударов, м.

В процессе соударения молота и штанги между ними действуют силы, зависящие не от самих деформаций, а от их скоростей, то мы имеем дело с силами, подобными силам трения, поэтому происходит потеря кинетической

энергии. Эту потерю можно определить по разности кинетической энергии тел до удара T_0 и после удара T .

$$T_0 = \frac{m_1 v_1^2}{2} = G_1 H. \quad (2)$$

$$\Delta T = \frac{m_1 m_2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)} = \frac{G_1 G_2 H}{G_1 + G_2}. \quad (3)$$

По теореме кинетической энергии:

$$T = T_0 - \Delta T = G_1 H - \frac{G_1 G_2 H}{G_1 + G_2} = \frac{G_1^2 H}{G_1 + G_2} = R \frac{s}{n} \quad (4),$$

где T – удельная энергия зондирования, Дж; R – среднее сопротивление грунта, Дж/м.

Известно, что для прочных глинистых грунтов величина сопротивления погружению зонда с конусом 30° достигает $2,5 < R < 5$ кг/см², а для песков – от $0,3 < R < 1,5$ кг/см² [8, с.29]. По ГОСТу среднее динамическое сопротивление грунта при ударном зондировании надлежит вычислять по формуле (5).

Выразим среднее сопротивление грунта:

$$R = \frac{n G_1^2}{(G_1 + G_2) s} \left(h + \frac{s}{2} \right) = \frac{n G_1^2}{(G_1 + G_2)} H \quad (5)$$

$$T_0 > T,$$

$$m_1 g h + h m_2 g > m_1 g h + m_1 g \frac{s}{2},$$

$$h m_2 > m_1 \frac{s}{2}$$

Тогда для $R \leq 2,5$ кг/см², $s = 5$ см = $5 \cdot 10^{-2}$ м, а $n \geq 1$

$$T \leq R s / n$$

Получаем: $T \leq 2,5$ кг/см² · 5 см/1, или: $T \leq 12,5$ кг/см

Следовательно, для проникновения в прочный грунт зонд должен передавать на грунт энергию до двенадцати с половиной килограммов силы за один удар.

Для того чтобы зонд погружался в грунт, надо, чтобы энергия зондирования превышала величину сопротивления и преодолевала инертность самого зонда. Источником энергии является молот, который падает под действием силы тяжести и в момент удара передаёт кинетическую энергию зонду. Величина этой энергии для молота определяется по формуле

$$E_p = M_m g h$$

где M_m – масса молота, кг; g – ускорение свободного падения, равное $9,8$ м/с²; h_m – высота подъёма молота, м.

Тогда процесс зондирования можно описать неравенством:

$$T_0 > T$$

$$A + M_3 < M_m \cdot g \cdot h_m,$$

где M_3 – масса зонда, кг.

Представляется очевидным, что зондировочный прибор, удовлетворяющий требованиям портативности для использования археологами “в поле” должен иметь небольшие габариты и массу, например:

Диаметр штанги – 0,8 см;

Площадь поперечного сечения наконечника зонда (основание конуса) – 1 см²;

Длина погружаемой части (штанги зонда) – 1,5 м;

Масса зонда $\approx 1,2$ кг;

Высота подъёма молота $h_m = 0,5$ м.

Тогда массу молота можно определить по формуле:

$$M_m > (A + M_3) / g \cdot h_m$$
$$M_m > (12,5 + 1,2) / 9,8 \cdot 0,5 = 2,8 \text{ кг}$$

При массе цилиндрического молота в 2,8 кг, при плотности материала (сталь) $\approx 7,8$ г/см³ и диаметре 6 см высота цилиндра $\approx 12,8$ см.

Иными словами, такой зонд более чем с одного удара пробьёт песок любой прочности (или другой грунт), но даст отказы в прочной глине (то есть, в материковой глине ненарушенной структуры).

Устройство зонда

Ударный зонд (*Рис.3*) представляет из себя штангу из стального прутка диаметром 0,8 см., длиной 150...160 см. Штанга разъемная; она состоит из двух отрезков- длинного 100 см. и короткого- 60 см, которые соединяются между собой резьбовой муфтой. Длинный отрезок имеет с одной стороны коническое заострение, а с другой стороны резьбу. Короткий отрезок штанги имеет резьбу на обоих концах. На короткий отрезок штанги надет молот, представляющий из себя стальной цилиндр 6х12 см, со сквозным вертикальным отверстием, диаметр которого несколько превышает диаметр штанги. На свободный конец этого отрезка накручена гайка, ограничивающая движение молота.

Длинная штанга имеет запилы (кольцевые проточки) через равные промежутки (например 5 см.). (В случае, если проектные параметры зонда соответствуют приведённому примеру, а площадь поперечного сечения штанги менее 1 см², то для упрощения расчётов сопротивления грунта возможно на свободный конец длинного отрезка штанги можно накручивать наконечник в форме конуса с углом при вершине 30°, с площадью поперечного сечения 1 см². (*Рис.4*). Также наконечник, диаметр которого превышает диаметр штанги, может быть рекомендован при большой длине штанги, когда эта штанга “затирается в скважине”. В этом случае наконечник оставляет за собой отверстие несколько большего диаметра, чем диаметр погружаемой штанги. Соответственно, для изготовления зондировочного прибора с длинной штангой и наконечником потребуются другие расчёты.)

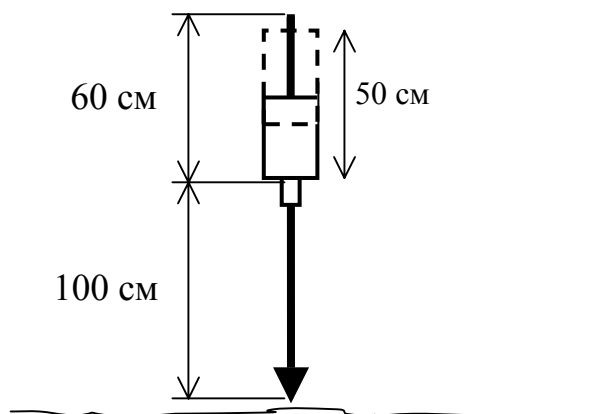


Рис.3
Ударный зонд

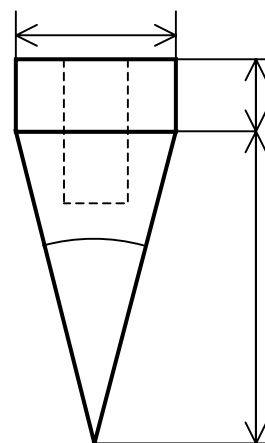


Рис.4
Конический наконечник

В ходе применения устройства расположение точки зондирования (скважины) отмечают на плане раскопа (месте дислокации предполагаемого археологического памятника). Зонд ставят на грунт вертикально остриём вниз, удерживая его в этом положении за муфту. Поднимают молот на высоту 50 см. (до ограничительной гайки) и отпускают, позволяя ему свободно падать. Падая, молот наносит удар по соединительной муфте (эта деталь играет роль выступа штанги). Таким образом, молот передаёт свою энергию штанге. При этом визуально оценивают величину заглубления зонда, и повторяют удары, считая их до тех пор, пока зонд не углубится в грунт (относительно поверхности грунта или относительно иного маркера) на 5 см., то есть до кольцевой проточки. Фиксируют полученный результат в протоколе зондирования. Затем цикл повторяют, отмечая количество произведённых ударов, которое потребовалось для заглубления зонда до следующей проточки. Зондирование в каждой скважине производят до резкого увеличения сопротивления проникновению, когда зонд перестаёт погружаться на 5 см. после 5-6 ударов по нему (до отказа). Извлекают устройство и переставляют его на следующую точку зондирования.

Вычисления по результатам зондирования

Справочные пособия [19, с.179] предлагают вычислять среднее сопротивление грунта R по формуле, может быть записана в виде:

$$R = \frac{n \cdot M_m^2}{(M_m + M_\phi) \cdot s} \cdot \left(h + \frac{s}{2} \right)$$

Где:

s -глубина погружения зонда за один удар (залог), см.

h -высота подъёма молота, см.

Или, по теореме кинетической энергии для зонда:

$$E=R \frac{s}{n}$$

Откуда:

$$R=\frac{E \cdot n}{s} \text{ или } n=\frac{R \cdot s}{E}$$

Подставив в эту формулу параметры нашего зонда, получаем, что, если $R=5$; $s=5$, а $E=12,5$, то $n=2$. Иными словами, если пренебречь собственной массой зонда и силами упругости, то теоретически, в прочный глинистый грунт с показателем сопротивляемости $R=5$ зонд заглубится на 5 см. после двух ударов, а менее прочный грунт он пробьёт на величину одной риски за один удар. Разумеется, реальные показатели могут отличаться от расчётных, и устройство должно быть проградуировано опытным зондированием на каждом раскопе, как было указано выше.

Разными исследователями могут быть использованы зонды иного диаметра. Для того чтобы получать сравнимые результаты, в идеальном случае следует использовать наконечник зонда с поперечным сечением 1 см^2 . При его отсутствии можно пересчитать результат с использованием поправочного коэффициента K (Табл.1). Так, например, если при зондировании был использован щуп диаметром 0,7 см. (площадью сечения $0,38 \text{ см}^2$), то полученный результат R следует умножить на 2,63 и т.п.

Табл.1 Переводной коэффициент K для приведения вычисленного сопротивления зонда R к нормальному сечению в 1 см^2

Ø Зонда, см.	$S=\pi r^2$ см^2	K
0,5	0,19	5,26
0,7	0,38	2,63
0,8	0,5	2
1	0,79	1,27
1,13	1	1

По результатам работ составляют график зондирования, который позволяет оценивать пространственную изменчивость состава и свойств грунтов на обследуемой площади.

Таким образом, предлагаемый метод и устройство для динамического зондирования могут отвечать потребностям археологии и их применение позволит получать не только дополнительную, но и качественно новую информацию о параметрах сооружений древности.

Библиография

1. *Thomas D.H.* Archaeology.-Harcourt College Publishers, 1998.-730 p.
Bahn P.G. Archeologie.-Paris, 2002-432 p.
2. *Мартынов А.И.* Археология: Учебник.-М., 2002.-439 с.
3. *Мартынов А.И., Шер Я.А.* Методы археологического исследования.- М.,2002.-240с.
4. *Коробейников А.В.* Об оценке уровня защиты древних городищ.//Режим доступа: [<http://v3.udsu.ru/item-ipsub/meth-v/obj-08499.htm>].
5. *Коробейников А.В.* Ментальная основа деятельности фортификатора-создателя городища Иднакар.//Режим доступа: [[mhtml:http://sib-subethnos.narod.ru/p2005/korobeinikov.mht](mailto:http://sib-subethnos.narod.ru/p2005/korobeinikov.mht)]
6. *Коробейников А.В.* Городище Кучино I : эволюция фортификации.// Вопросы истории и культуры Пермского Прикамья: “Строгановские чтения”.- Материалы Всероссийской научно-практической конференции.-Березники, 2004.-С.53-59
- 7.Справочник строителя.-Киев, 1979.-536 с. СНИП
8. *Ельцов Ю.А., Ельцов А.Ю.* Грунтоэкология Удмуртии.-Ижевск, 2003.-86с.
9. *Журбин И.В.* Геофизика в археологии: методы, технологии и результаты применения.-Ижевск, 2004.-152 с.
10. *Авдусин Д.А.* Полевая археология СССР М.: "Высшая школа",1980.-316 с.
11. ГОСТ 19912-81. Грунты. Метод полевого испытания динамическим зондированием.
- 12.РА ИИМК, ф.14, д.6, л.21-21 об. Цит. По: *Тункина И.В.* Русская наука о классических древностях юга России (XVIII- середина XIX в.)-СПб,: Наука,2002.- С.307.
13. *Тункина И.В.* Русская наука о классических древностях юга России (XVIII- середина XIX в.)-СПб,: Наука,2002.-676 с.-156 ил.
14. *Ельцов Ю.А.* Методы определения механических свойств грунтов малогабаритными устройствами. Дисс. На соискание учёной степени кандидата технических наук. -Ижевск, 1975.-199с.
- 15.*Ельцов Ю.А.* Исследование грунтов на стройке и в лаборатории.-Ижевск, 1979.-62.с.
- 16.*Ельцов Ю.А.* Воздействие наконечников на грунт и определение его механических свойств. Дисс. На соискание учёной степени доктора технических наук. -Ижевск, 1987.-280 с.
- 17.*Ельцов Ю.А.* Исследование грунтов наконечниками (экспериментально-теоретические положения). -Ижевск,1991.-112с.
18. Черкасов И.И., Шварев В.В. Начала грунтоведения луны.-М.,:Наука, 1971.-200с.
19. Справочник металлиста.-М., 1957, Т.1.,-604с.

ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЛИЩА ЗАПОСЕЛЬЕ

Селище Запоселье I расположено приблизительно на равном удалении от городов Березники и Соликамск Пермского края на восточном берегу протоки р.Камы, называемой Чашкинское озеро. Оно лежит на юго-западном склоне пологого холма высота которого от уреза воды составляет около 7 м. К югу от селища протекает небольшая речка, впадающая в Каму. Общая площадь памятника составляет около 60 тыс. м². Основная часть площади памятника на протяжении длительного времени распахивалась. Около четверти памятника уничтожено при строительстве железной дороги.

Селище было открыто в 1978 г. при обследовании берегов Чашкинского озера отрядом КАЭ ПГУ под руководством А.Ф.Мельничука. По мнению Ю.А.Полякова, селище Запоселье I являлось жилой частью производственного поселка IX-XII вв., каким является Чашкинское II селище [5]. В 1983 г. на селище силами археологической экспедиции под руководством А.М.Белавина производились раскопки, целью которых было установить связь Запосельского поселения с Чашкинским II селищем.

Названный археологический памятник изучался в июле 2004 года Запосельским отрядом Камской археолого-этнографической экспедиции Пермского государственного педагогического университета (КАЭЭ ПГПУ) под руководством с.н.с. Пермского отделения Института истории и археологии Уральского отделения РАН Крыласовой Н.Б. Работы осуществлялись на основании Открытого листа по форме № 1 за № 466, выданного ОП ИА РАН 11 июня 2004 года и Разрешения № 207

Раскопочные работы велись по методике, принятой в КАЭЭ для исследования средневековых поселений, с соблюдением новейших требований методики полевых исследований ОПИ ИА РАН.

Вскрытие культурного слоя осуществлялось методом сплошной зачистки. Выявленные планиграфические особенности слоев и детали заносились на план раскопа. Планы и профили раскопов были составлены в масштабе 1:20. Планы и разрезы ям фиксировались в масштабе 1:10. Раскопки памятника, проводившиеся в 2004 г., показали, что он представляет значительный интерес для дальнейших исследований. Особенно перспективным в этом отношении является раскоп VI, на котором выявлено наибольшее количество интересных планиграфических объектов, часть из которых из-за окончания сроков археологической практики не удалось вскрыть полностью. В связи с этим, а также имея в виду разработку проекта расширения железной дороги и возможного разрушения памятника, его раскопки были продолжены в полевом сезоне 2005г [2].

При раскопках сезона 2005 года применялось динамическое зондирование культурного слоя памятника по предложенной методике [3]. Применение динамического зондирования было обусловлено, во-первых, необходимостью выделения наиболее перспективных участков, на которых имеются планиграфические объекты без трудоёмкого снятия пахотного слоя для дальнейше-

го увеличения площади раскопа (прирезки), а во-вторых потребностью практической проверки метода для внедрения его в практику полевых исследований (Рис.1). Точки зондирования (скважины) отмечались на плане раскопа (Рис.2), результаты каждого зондирования заносились в протокол (Рис.3), и по этим результатам строились графики сопротивляемости культурного слоя в зависимости от глубины погружения зонда.²



Рис.1

Способ применения ударного зонда

Допустимость применения метода с точки зрения сохранности археологического материала на данном памятнике была обоснована малой насыщенностью культурного слоя артефактами. Таким образом, возможность разрушения датирующих предметов зондом не рассматривалась в качестве вероятной.

² Данная работа была бы невозможна без деятельной помощи наших коллег: О.О.Малых, В.В.Мингалёва, Ю.А.Подосёновой, А.Н.Сарапулова, Д.В.Шмуратко. Приносим им нашу искреннюю благодарность. Основную часть протоколов зондирования нарисовала Е.В.Шайдурова (Лосёнок). Ей особое спасибо.

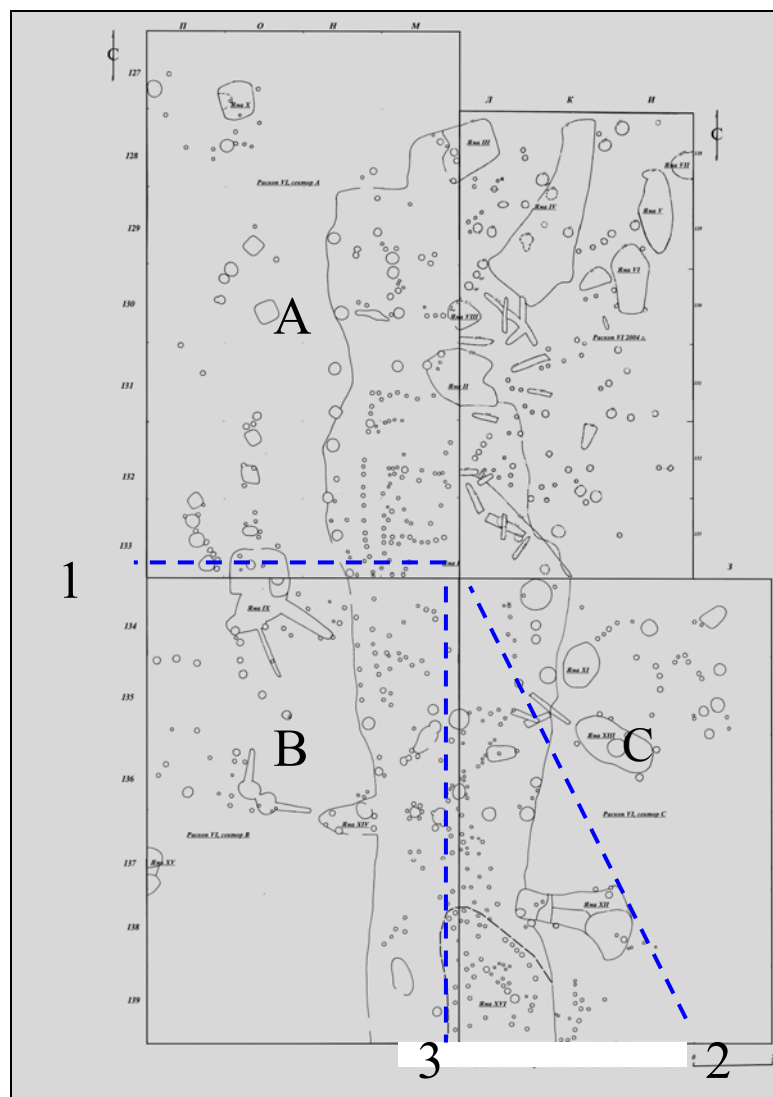


Рис.2
Сводный план раскопа 2005г.
Некоторые линии зондирования показаны пунктиром

Линия 1

Зондирование началось после снятия дёрна в секторе А на урне условного горизонта по линии №1 на удалении 20 см. от края бровки с интервалом между скважинами в 50 см. (См. *Рис.5*). Планиграфические объекты на поверхности после снятия дёрна и горизонтальной зачистки визуально не фиксировались. Выбор области исследования был обусловлен тем, что в сезоне 2004г. в квадрате Л-133 была обнаружена яма, уходившая за бровку раскопа. Тогда же данная яма предположительно была атрибутирована в качестве жилищной. Однако конфигурация ямы была неизвестна. Стратиграфия слоёв грунта вблизи точки первого зондирования была известна по результатам работ прошлого года. Поэтому для первичной дешифровки последующих графиков была использована отмеченная зависимость между видом грунта и ко-

личеством ударов молота, необходимых для заглубления на 5 см. (См. Табл.1, Рис.6).

Таблица 1. Сопrotивляемость слоёв грунта

Грунт №	Его описание	Кол-во ударов
8	Светло-серая супесь с вкраплением угля	3-4
10	Плотная серая пестроцветная супесь	1-2
13	Тёмно-серая гумусированная супесь	~6
14	Тёмно-коричневая гумусированная супесь с керамической крошкой и мелкой галькой	3-5
18	Материк	Отказ после 5-6

В результате зондирования было установлено, что в скважинах 1-3 отказ зонда (отсутствие продвижения после 6 ударов при попадании в материк) наблюдается на глубине 85-90 см., в скважинах 5-6 отказ наблюдался на глубине 70-80 см, (См. протокол зондирования Рис.3) а в скважинах 7, 8, 9 и 10 на глубине 70, 60, 50 и 50 см. соответственно.

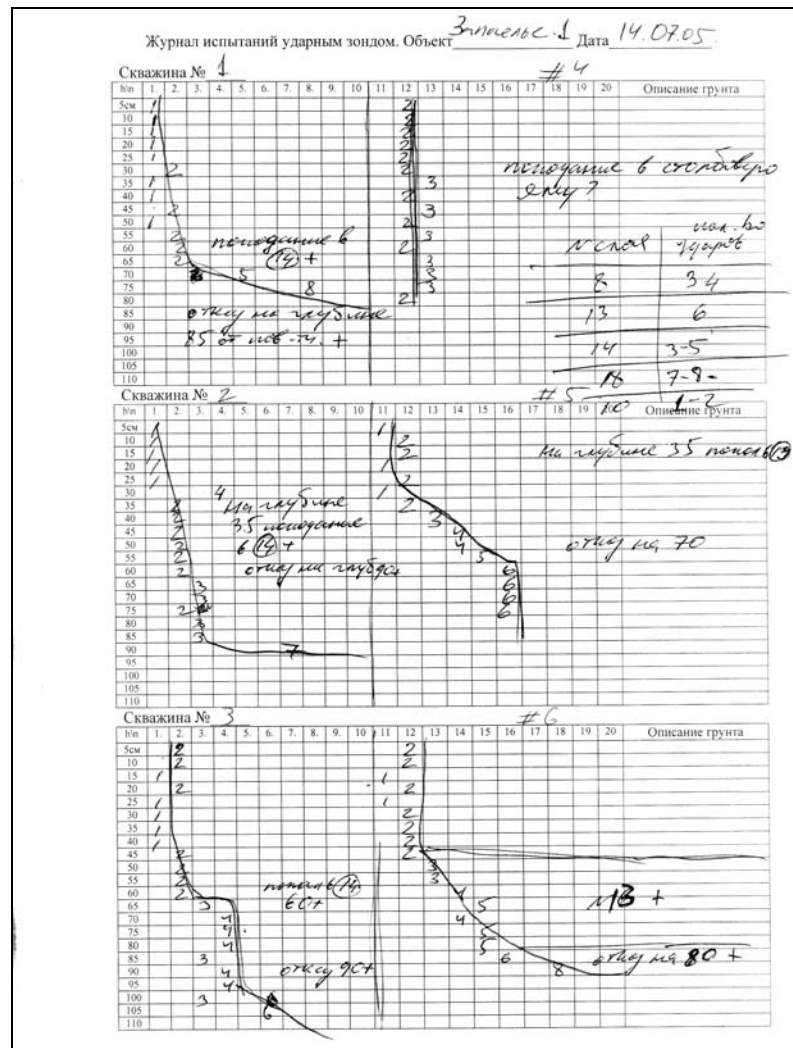


Рис.3

Образец полевого протокола зондирования (Скважины 1-6)

В скважины 11 и 12 зонд погружался на максимальную глубину после двух ударов. Скважины 13-15 показали резкое нарастание сопротивляемости проникновению на глубине менее 50 см. Отмеченные закономерности позволили очертить на полевом плане границы обнаруженной ранее жилищной ямы приблизительно по середине квадрата Н-133 и отметить вновь обнаруженную яму в квадрате О-133 (См. фрагмент полевого плана на *Рис.4*, где эти ямы отмечены пунктиром и знаками вопроса). Очерчивание границ ранее обнаруженной ямы и обнаружение новых аномалий материкового слоя позволило сделать вывод о том, что место прирезки раскопа сделано верно, то есть в направлении распространения исследуемого памятника.

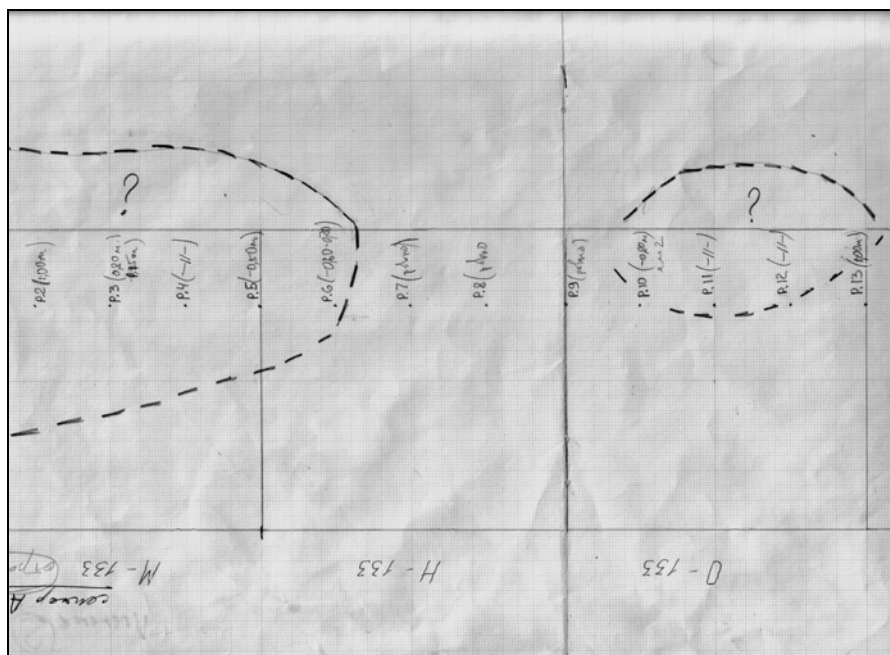


Рис.4

Фрагмент полевого плана зондирования: Сектор А, линия 1
(Повёрнуто на 180° по отношению к общему плану раскопа)

В ходе дальнейших раскопок по линии зондирования в секторе А после горизонтальной зачистки были выявлены планиграфические объекты: жилищная яма с границей по середине квадрата Н-133 и яма IX, расположенная в квадрате О-133,134 (См. *Рис. 2*, *Рис. 5*, вверху), что подтвердило данные зондирования. Внутри последнего объекта были обнаружены столбовые ямы, фиксируемые на уровне материка. Расположение этих столбовых ям близко соответствует локализации точек зондирования, и заглубление зонда с малым сопротивлением в скважинах 4, 11 и 12 может быть объяснено попаданием в столбовые ямы, заполненные грунтом с малой сопротивляемостью. После вертикальной зачистки горизонта было установлено, что скважины зондирования вследствие своего малого диаметра следов на горизонтальном разрезе раскопа не оставляют.

После обнажения бровки по линии М-П-133 была зафиксирована стратиграфия вертикального разреза культурного слоя (Рис.5, внизу). На этом разрезе видно, что материковый слой имеет понижение в квадратах М-Н-133. Графики зондирования, наложенные на профиль разреза, позволяют утверждать, что перегибы графиков, указывающие на возрастание сопротивления при попадании в материковый слой, во многих случаях отражают реальную стратиграфию в исследованной области раскопа.

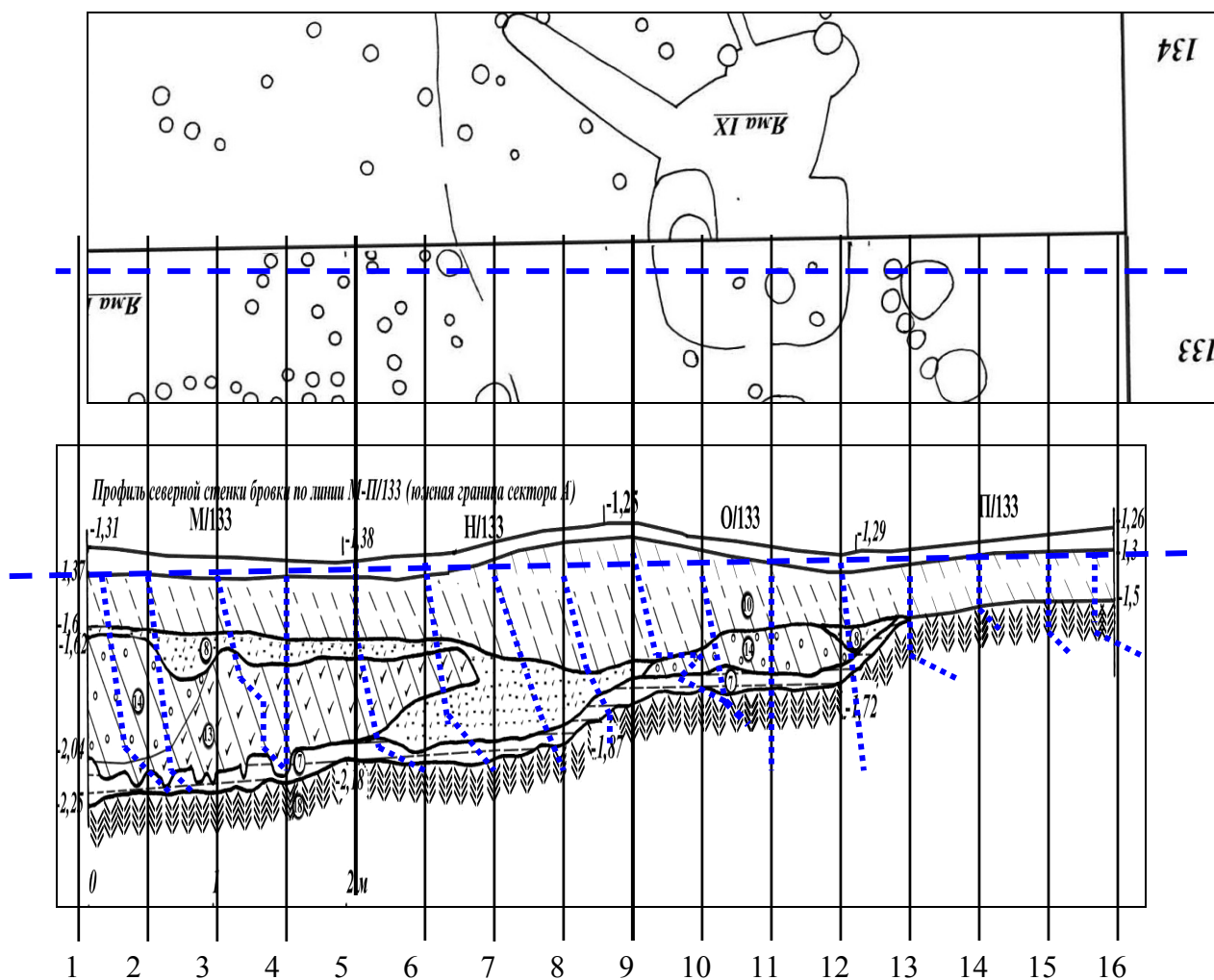


Рис.5

Вверху: фрагмент плана раскопа, сектор А, повернуто на 180°, пунктиром показана линия зондирования.

Внизу: профиль вертикального разреза по линии зондирования с наложенными графиками сопротивляемости культурного слоя (Масштаб профиля по вертикали увеличен для наглядности, графики зондирования показаны пунктиром, линия условного горизонта- крупным пунктиром.)

Однако полного совпадения здесь нет как в силу погрешности фиксации количества ударов (не всегда заглублению зонда на 5 см. соответствует целое число ударов молота), так и в силу того, что разрез культурного слоя был по-

лучен по линии бровки, а линия зондирования пролегла на некотором удалении от бровки сектора А. Тем не менее, как нам представляется, поставленные задачи уточнения границ ямы были выполнены в полевых условиях до раскопки сектора А (Ср. Рис. 4 и 5), а корреляция между стратиграфией грунта и его сопротивляемостью установлена.

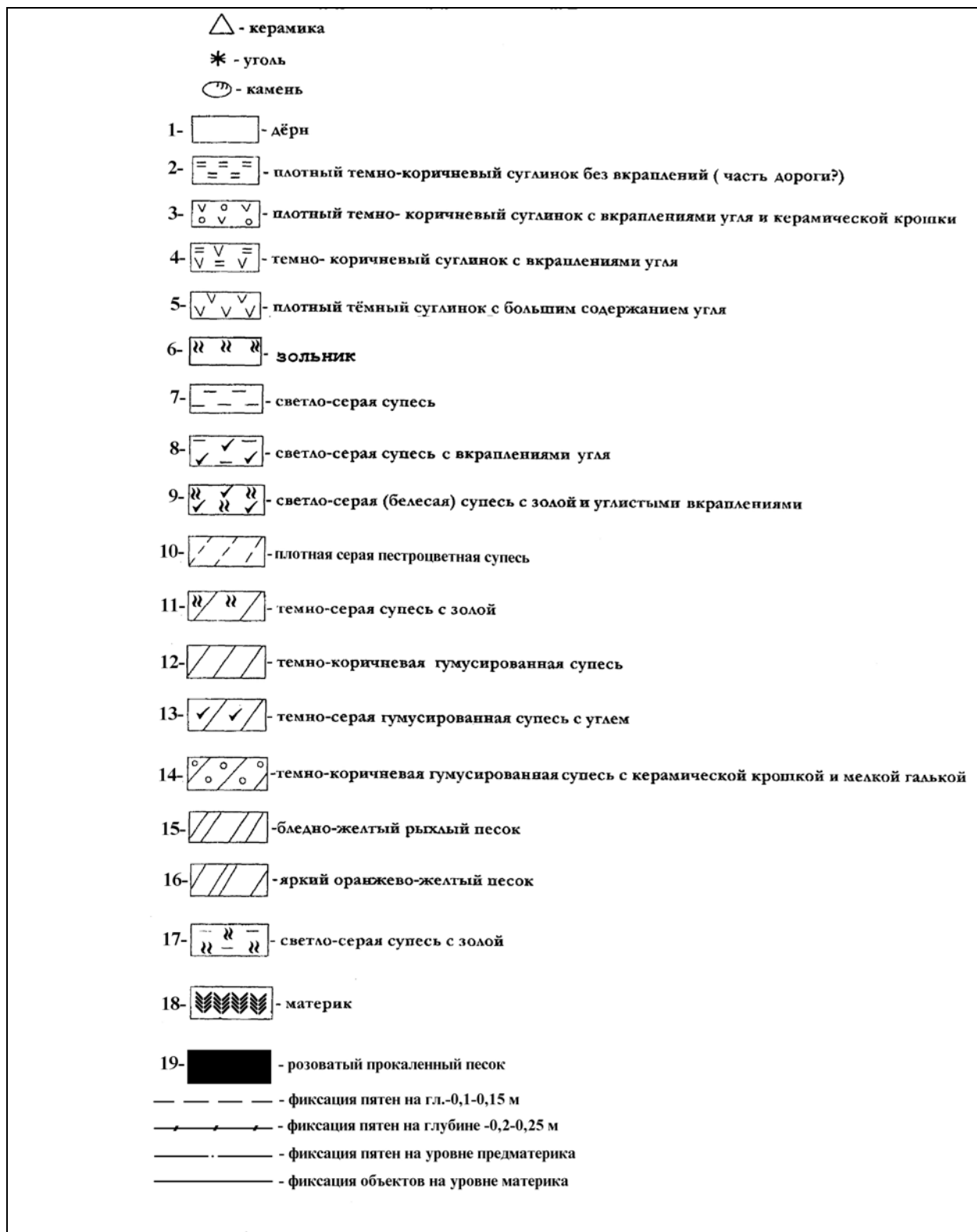


Рис. 6
Условные обозначения к профилю разреза

Линия 2

Следующая линия зондирования (Рис. 7) была проложена по диагонали сектора С. Здесь также необходимо было оконтурить ранее обнаруженную яму (см. выше) и выявить возможные аномалии у южной границы раскопа, где наблюдалось резкое понижение дневной поверхности к руслу реки.

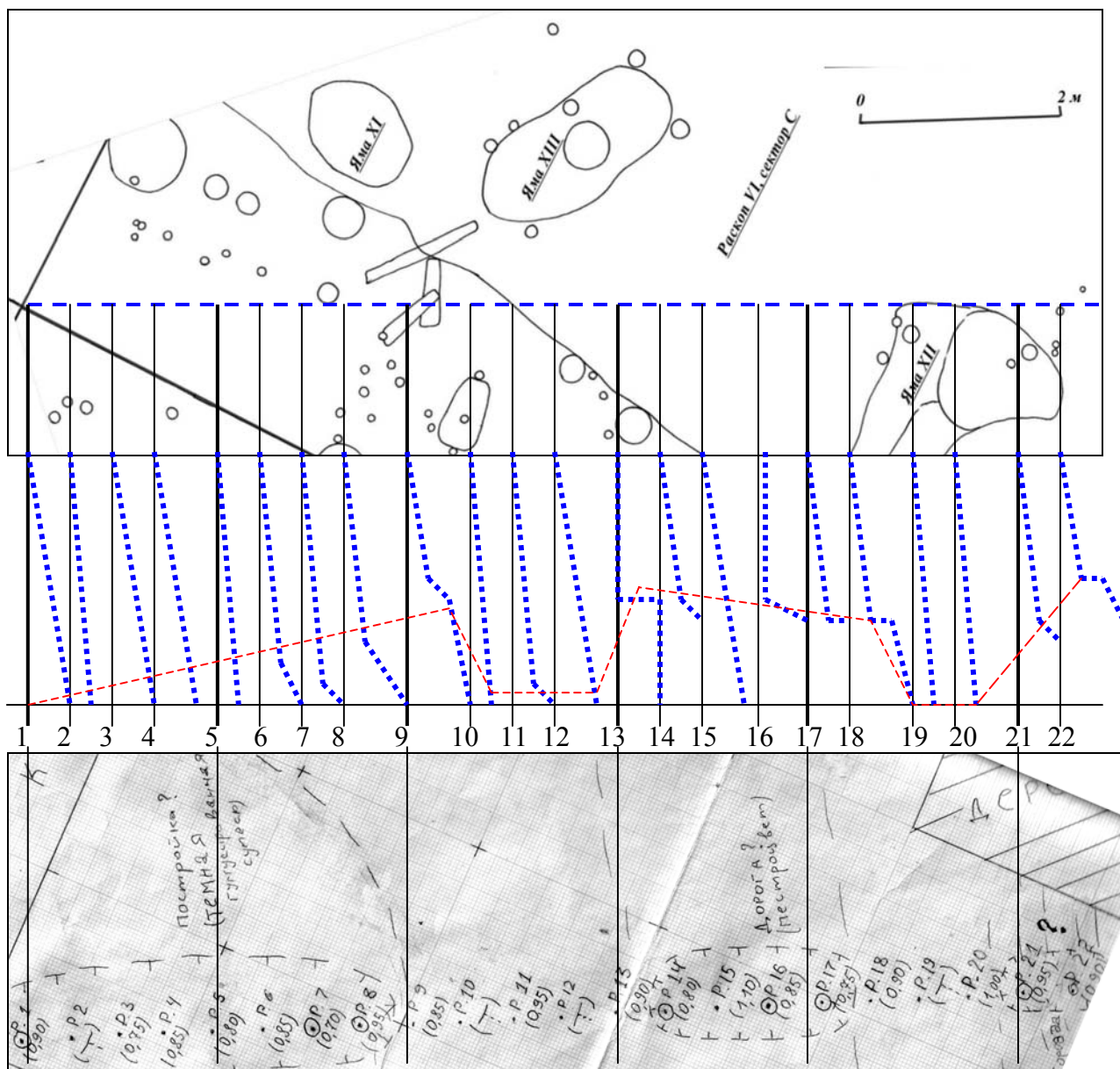


Рис.7

Вверху: Фрагмент плана раскопа, сектор С. Повернуто на 67°.

Пунктиром показана линия зондирования.

В центре: Графики сопротивляемости культурного слоя (пунктиром).
Реконструкция профиля материка (мелким пунктиром, не в масштабе)

Внизу: Тот же участок раскопа на полевом плане зондирования

Построение профиля вертикального разреза по диагонали сектора С в поле не производилось, поэтому в нашем распоряжении кроме протоколов зондирования имеются лишь полевой план зондирования (*Рис. 7*, внизу) и план раскопа с обозначением планиграфических объектов (*Рис. 7*, вверху).

Анализ протоколов зондирования *in situ* позволил предположительно отметить на плане зондирования следующую реконструкцию профиля материкового слоя:

Скважина 1-9: жилищная яма с повышением уровня дна к Юго-Востоку (отмечена пунктиром и надписью “Постройка?” на полевом плане зондирования- *Рис. 7*, внизу.)

Скважины 9-10: откос жилищной ямы

Скважины 11-12-жилищная яма (Ср. с планом раскопа- *Рис. 7*, вверху.)

Скважины 13-18: уплотнение грунта- Дорога на поле? Скважина 15: отсутствие уплотнения в колее. –См. надпись “Дорога?” и овал возле неё на полевом плане зондирования.

Скважины 18-22:яма- См. знак вопроса на полевом плане зондирования.

Наложение графиков зондирования на фрагмент плана раскопа по линии исследования позволяет отметить корреляцию данных зондирования с планиграфией, полученной в результате последующих раскопок (См. *Рис. 7*).

Линия 3

Линия зондирования в секторе В была проложена на уровне условного горизонта в направлении Север-Юг вдоль бровки на расстоянии 20 см (*Рис. 2*).

Анализ протоколов зондирования не позволил здесь выявить значительных западений культурного слоя, так как не было получено перегибов графика, которые могли бы свидетельствовать о границах ям (*Рис.8*). Видно, что линия зондирования здесь лежит в пределах длинной ямы, вытянутой в направлении Север-Юг. Наложение графиков зондирования на профиль вертикального разреза, полученного на бровке свидетельствует о том, что мощность культурного слоя в целом адекватно отражается зондированием. Некоторые погрешности отражения стратиграфии зондированием можно объяснить тем, что по соображениям вёрстки текста мы приводим данные только по чётным скважинам, что само по себе загроубляет рисунок, а во вторых, как и в предыдущих случаях линия зондирования хотя и располагается близко, но не совпадает с линией вертикального разреза. Тем не менее, и здесь можно утверждать, что применяемый метод срабатывает.

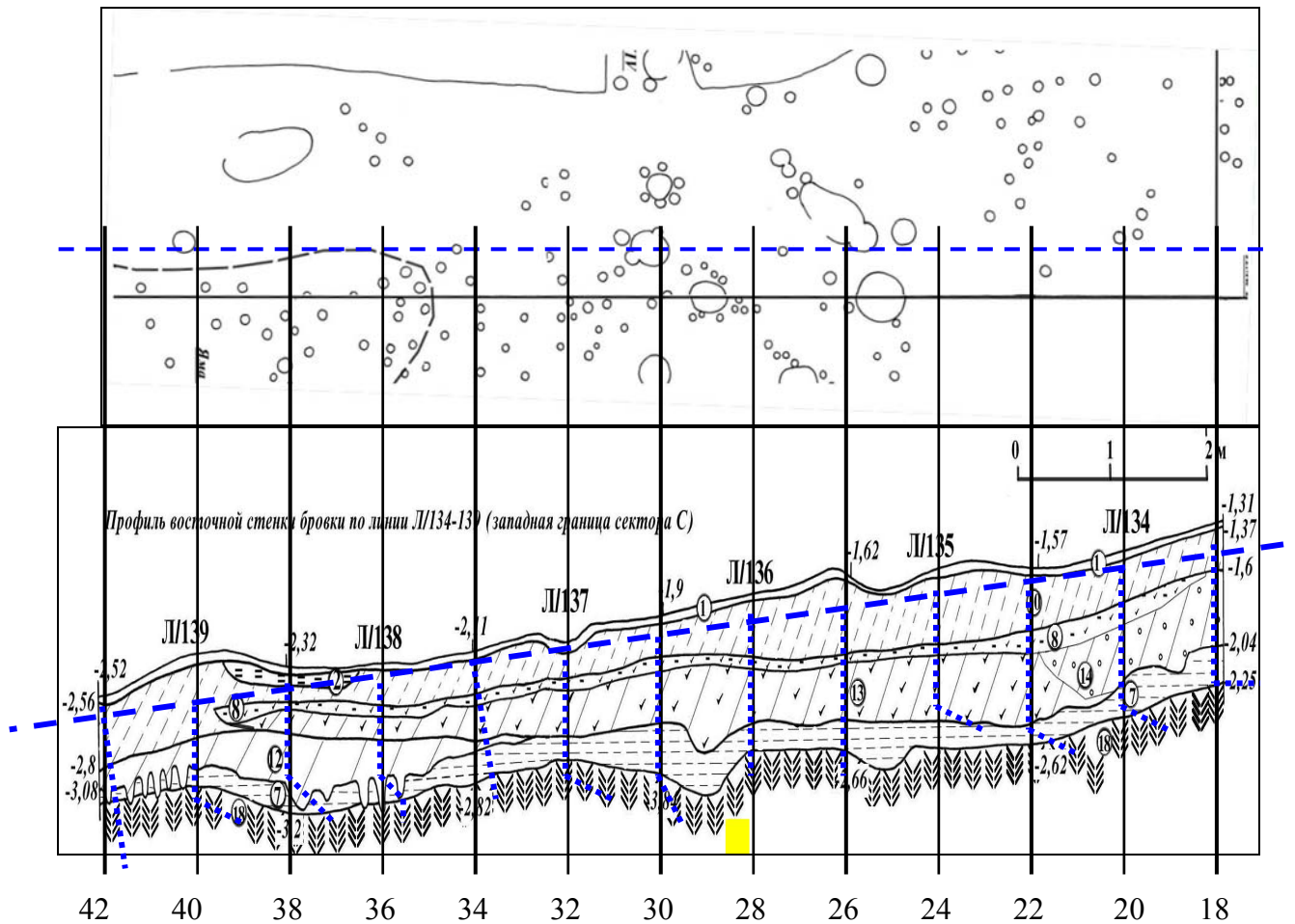


Рис.8

Вверху: фрагмент плана раскопа, сектор В, повёрнуто на 90°.

Пунктиром показана линия зондирования, под ней линия вертикального разреза.

Внизу: Профиль вертикального разреза (для наглядности масштаб увеличен по вертикали). На профиль наложены графики зондирования (показаны пунктиром, только чётные скважины, не в масштабе)

Кроме того, было произведено зондирование за известными границами археологического памятника. Было установлено, что на приречной террасе (между раскопом и р.Камой) начиная с удаления 25-30м. от бровки раскопа на протяжении до 100м. зонд даёт отказы на глубине 50-60 см. При падении молота зонд заметно изгибается, стремясь обойти встреченное препятствие, а сам молот при падении на втулку отскакивает от неё, показывая соударение с абсолютно упругим телом. После извлечения зонда из скважины на его конце можно было обнаружить частицы бело-жёлтого камня. Таким образом, логично было предположить, что здесь имеется подпочвенный камень, который являл собой препятствие для выкапывания жилищных и хозяйственных ям. Следовательно, место для поселения известного под именем Запоселье было выбрано там, где слой мягкого грунта составляет не менее метра. Такой вывод позволяет более точно обрисовать границу археологического памятника, а также использовать выявленное обстоятельство глубины зале-

гания каменистого слоя в качестве маркирующего признака при поиске поселений в исследуемом регионе.

Выводы

В ходе исследования предложенным методом селища Запоселье в сезоне 2005 г. за два рабочих дня было произведено зондирование по восьми линиям, всего сделано около 250 скважин. Использование прибора требовало двух работников. Таким образом суммарная трудоёмкость составила 4 человеко-дня. Применение устройства и метода для динамического зондирования при раскопках поселения позволило получить результаты, на основании которых можно утверждать, что метод и устройство вполне пригодны для реконструкции в первом приближении уровня материка в целях выявления жилищных ям. Применение метода и устройства позволило подтвердить обоснованность решений о выборе наиболее перспективных участков раскопок, что в конечном итоге привело к снижению трудоёмкости земляных работ. Следовательно, несомненным достоинством предложенного метода в сочетании с малой ценой прибора и его независимостью от источников электроэнергии является дешевизна и экономическая эффективность. Было установлено, что зонд не переносит в глубину частиц грунта из верхних слоёв, скважины зондирования никак не отражаются на планиграфии раскопа, а сам метод не конфликтует с исследовательскими процедурами, принятыми при археологических раскопках. Ни один из артефактов при зондировании повреждён не был.

Первые результаты применения ударного зонда позволили сформулировать предложения по его совершенствованию.

Перспективы совершенствования устройства и метода

1. Для повышения чувствительности прибора к изменениям сопротивляемости слоёв грунта предполагается в дальнейшем снабдить устройство набором грузов разного веса с тем чтобы исследователь получил возможность подбирать оптимальный груз в соответствии со стратиграфией археологического памятника, добываясь пробными зондированиями того состояния, когда проникновению в любой из слоёв соответствует целое число ударов.
2. Для повышения избирательности прибора и уменьшения трудоёмкости его использования представляется целесообразным рекомендовать исследователям малоинформативные с точки зрения изменения сопротивления верхние слои грунта - дёрн, пахоту и подпочву на глубину 20-30 см. "проходить" без использования молота, путём нажатия на зонд рукой.
3. Для облегчения визуального контроля величины заглубления штанги признано целесообразным на штанге вместо запилов через 5 см. сделать кольцевые проточки шириной до 0,5 см., либо перед каждым зондированием делать на погружаемой штанге меловые отметки.
4. Для более точной дешифровки графиков зондирования признано целесообразным производить пробные зондирования по краю шурфа и градуировку

слоёв по уровню их сопротивляемости на этапе археологической разведки памятника.

5. В целях автоматизации обработки результатов зондирования и более объективного отражения полученных данных признано необходимым использовать соответствующее программное обеспечение, позволяющее накладывать графики зондирования на профили раскопов, а также создавать трёхмерную модель культурного слоя на основе сопротивляемости грунта.

Библиография

1. Поляков Ю.А. Отчет о раскопках Чашкинского II селища в 1980г. Пермь, 1981./ Кабинет археологии ПГПУ.
2. Крыласова Н.Б. Отчёт о раскопках селища Запоселье I в 2004-2005г. Пермь, 2005./ Кабинет археологии ПГПУ.
3. Коробейников А.В. Опыт динамического зондирования в археологии.// Геолого-археологические исследования в Тимано-Североуральском регионе. Доклады 8-й студенческой научной конференции.-Сыктывкар: Геопринт, 2005.-Том VIII.- С.126-131

ЗОНДИРОВАНИЕ НЕОЛИТИЧЕСКОЙ СТОЯНКИ ЧАШКИНСКОЕ ОЗЕРО VI

Археологический памятник Чашкинское озеро VI расположен приблизительно на равном удалении от городов Соликамск и Березники на берегу протоки р.Камы. Протока здесь имеет множество заливов, движение воды в ней почти не ощутимо. Видимо, поэтому водоём называется озером.

Памятник расположен на приречной террасе высотой около 8 метров от уреза воды и атрибутирован как неолитическая стоянка. В сезоне 2005г. здесь работал отряд Камской археолого-этнографической экспедиции Пермского педагогического университета под руководством Лычагиной Е.Л. [1]. Раскопки производились на основании открытого листа №403 (форма №1) от 3 июня 2005 г. и разрешения на производство научно-исследовательских работ на памятниках археологии №235, выданного Областным центром охраны Памятников 28 июня 2005 г.

Особенностью неолитических стоянок на берегу Чашкинского озера является их множественность и сравнительно высокая плотность: на протяжении до километра разведками обнаружено не менее восьми памятников, которые расположены цепочкой вдоль берега. Разведка в целях обнаружения памятников производилась методом шурфования на приречной террасе. Обнаруженные стоянки получили одинаковые названия по наименованию водоёма и различаются порядковой нумерацией. По мнению Е.Л.Лычагиной: “Местонахождение всех поздненеолитических памятников имеет общие черты. Они чаще всего располагались на борových террасах р.Камы при впадении в неё мелких речек и ручьёв” [2].

В ходе раскопок сезона 2005 года применялось динамическое зондирование культурного слоя памятника по предложенной методике. Применение динамического зондирования было обусловлено необходимостью практической проверки метода фиксации послойного сопротивления грунта для внедрения его в практику полевых исследований. Кроме того, руководителем раскопок было высказано пожелание получить точные данные о границах памятника.

Точки зондирования (скважины) отмечались на плане раскопа, результаты каждого зондирования заносились в протокол (См. Рис. в тексте), и по этим результатам строились графики сопротивляемости культурного слоя в зависимости от глубины погружения зонда.³ Применение ударного зондирования с точки зрения сохранности археологических артефактов было обусловлено на данном памятнике тем, что основной формой обнаруживаемых орудий здесь являются каменные скребки. Также находятся небольшие фрагменты сосудов. Таким образом, материал артефактов, мало подверженный разрушению в сочетании с незначительной насыщенностью культурного

³Выражаем глубокую признательность руководителю раскопок Лычагиной Е.Л. за предоставленный доступ к объекту исследования. Наша особая благодарность студенту ПГПУ О.О.Малых, который вынес основную тяжесть физических работ при зондировании.

слоя позволили полагать, что вероятность разрушения находок в ходе зондирования является крайне низкой.

1.

К началу зондирования не менее 60м² поверхности уже было вскрыто раскопом. Под дёрном следовал слой тёмно-коричневой плотной супеси с редкими углистыми включениями, идентифицируемый в качестве культурного слоя. По аналогии с неолитическими стоянками, ранее изученными в этой местности, было известно, что мощность этого культурного слоя составляет в среднем 25-30см., а в жилищных и хозяйственных ямах 60-70 см. [2]. Под культурным слоем на 20-25см. располагается жёлтый песок без включений, ещё глубже- крупный красноватый железистый песок с редкими красно-коричневыми агломератами, которые крошатся в руках при значительном усилии.⁴ Таким образом, раскопки производились с контрольным прокапыванием орсанда, как последнего из стерильных слоёв. Однако, четкого стратиграфического деления слоёв по цвету произвести было невозможно по причине размытости границ слоёв. Поэтому перед исследователям встала задача выделения слоёв по признаку их сопротивляемости зонду.

Итак, на подпочвенном слое после его зачистки, а также на одном из горизонтов культурного слоя в качестве планиграфических объектов визуально фиксировались пятна прокалённого грунта, столбовые ямы, а также ямы около полутора метров в диаметре, предположительно образовавшиеся от выбрасывания грунта корневой системой упавших деревьев. У западной бровки раскопа (наиболее удалённой от реки) в квадрате О-43 к началу зондирования культурный слой был выбран на небольшом участке на глубину до 45 см. от дневной поверхности. Таким образом в этом месте обнажилась стратиграфическая колонка. Поэтому здесь было произведено пробное зондирование для фиксации сопротивляемости каждого слоя. Данные послойной сопротивляемости использовались для дешифровки последующих графиков.

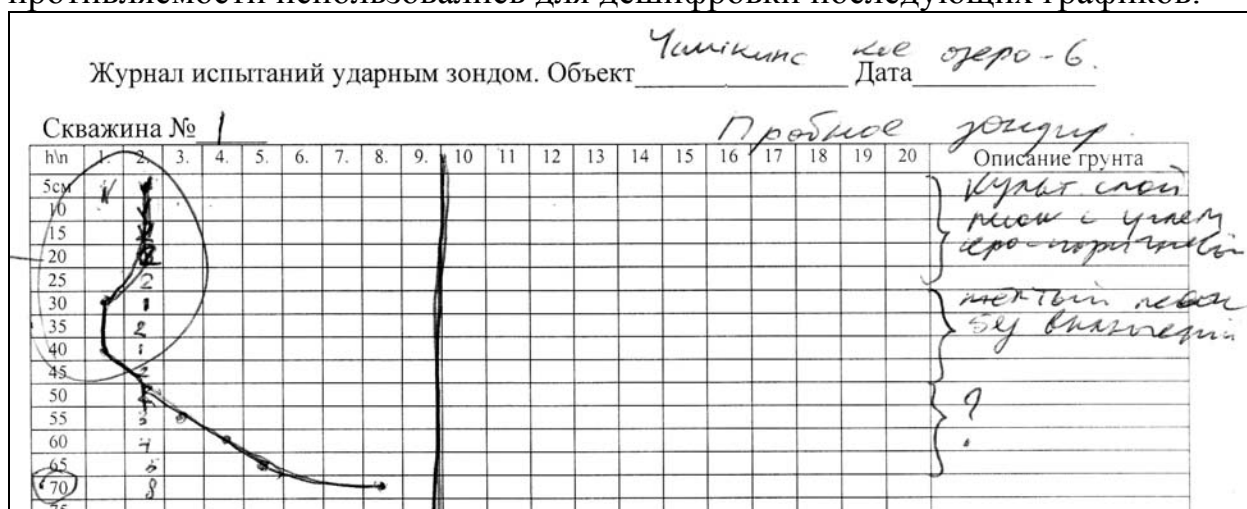


Рис.1

Фрагмент протокола зондирования: скважина №1

⁴ Такой грунт может обозначаться термином *Oresand*- от английского *ore*-руда и *sand*-песок.

Зонд был установлен на дневную поверхность в 10 см. от бровки.
 Сопоставление протокола зондирования первой скважины (*Рис.1*) со стратиграфической колонкой показало, что:
 -культурный слой (См. надпись на протоколе “Культурный слой” песок с углем серо-коричневый”) залегает на глубине 0-25 см., и для прохождения зонда через него требуется два удара;
 -на глубине 25-50 см. залегает слой жёлтого песка без включений, для преодоления которого требуется один-два удара;
 -на глубине 50-70 см. залегает слой, сопротивление которого намного больше.
 -на глубине 70 см. наблюдается отказ зонда- он перестаёт погружаться после 8 ударов.

Для проверки результата было произведено зондирование на 50 см. к востоку от первой скважины. Результаты зондирования здесь были несколько иными (*Рис.2*).

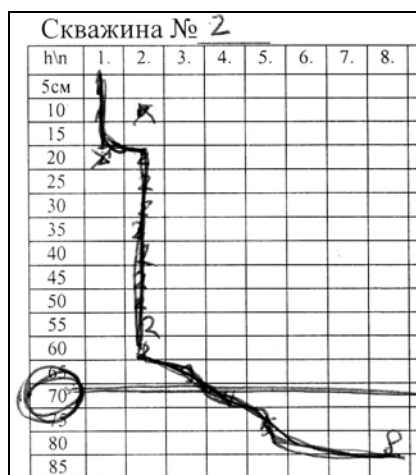


Рис.2

Протокол зондирования: скважина №2

-на глубине 0-20 см. (в слое почвы) отмечено ничтожное сопротивление проникновению- зонд погружался на 5 см. от одного удара молота;
 -на глубине 20-60 см. требовалось два удара, здесь нет прослойки с меньшей сопротивляемостью;
 -затем прибор показывал отказ на глубине около 80 см.

Последующие зондирования в направлении с Востока на Запад (от реки к лесу) показали картину (См. *Рис.3-б*), которая в принципе повторяет протокол №1: значения сопротивляемости слоёв от скважины к скважине могут несколько изменяться, так показатель сопротивления культурного слоя составляет от двух до трёх, а показатель песчаной прослойки под ним- один удар.

На представленных графиках не всегда совпадают абсолютные значения сопротивления для той или иной глубины, однако, все графики имеют весьма

характерную фигуру, которая похожа не перевернутую букву S (См., напр. протоколы № 1, 3, 4, на которых она была обведена сплошной линией прямо в поле и протоколы № 5, 6, 7, 8, 10-15, на которых она указана стрелкой.).

Некоторые расхождения абсолютных показателей легко объяснимы здесь как отсутствием опыта у лиц, производивших зондирование, так и недостаточной чувствительностью прибора на песчаных грунтах с малыми абсолютными значениями сопротивляемости. Практика показала, что погружению на заданную величину в 5 см. весьма часто не соответствует то или иное число ударов: условно говоря, два бывает мало, а три уже много.

Тем не менее, характерная форма графика отражает то обстоятельство, что относительная сопротивляемость культурного слоя на данном памятнике в среднем больше, чем сопротивляемость слоя песка, расположенного ниже.

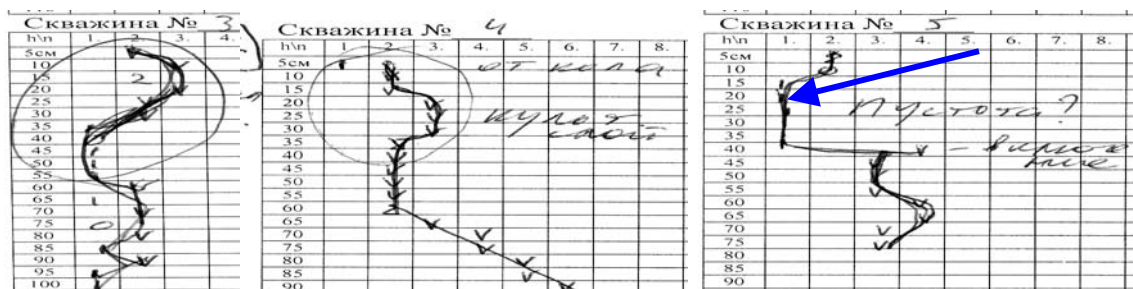


Рис.3

Протоколы зондирования: по вертикали уменьшено в два раза

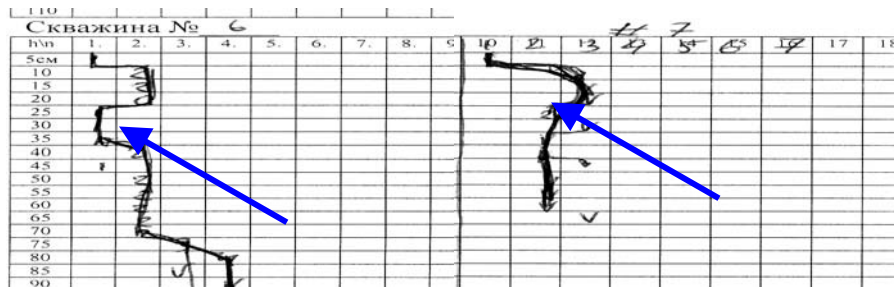


Рис.4

Протоколы зондирования: по вертикали уменьшено в два раза

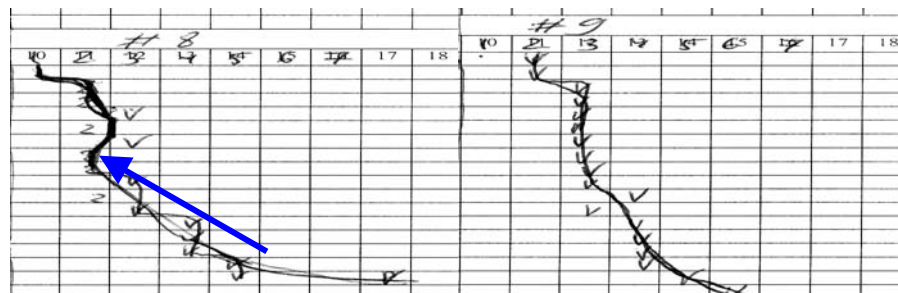


Рис.5

Протоколы зондирования: по вертикали уменьшено в два раза

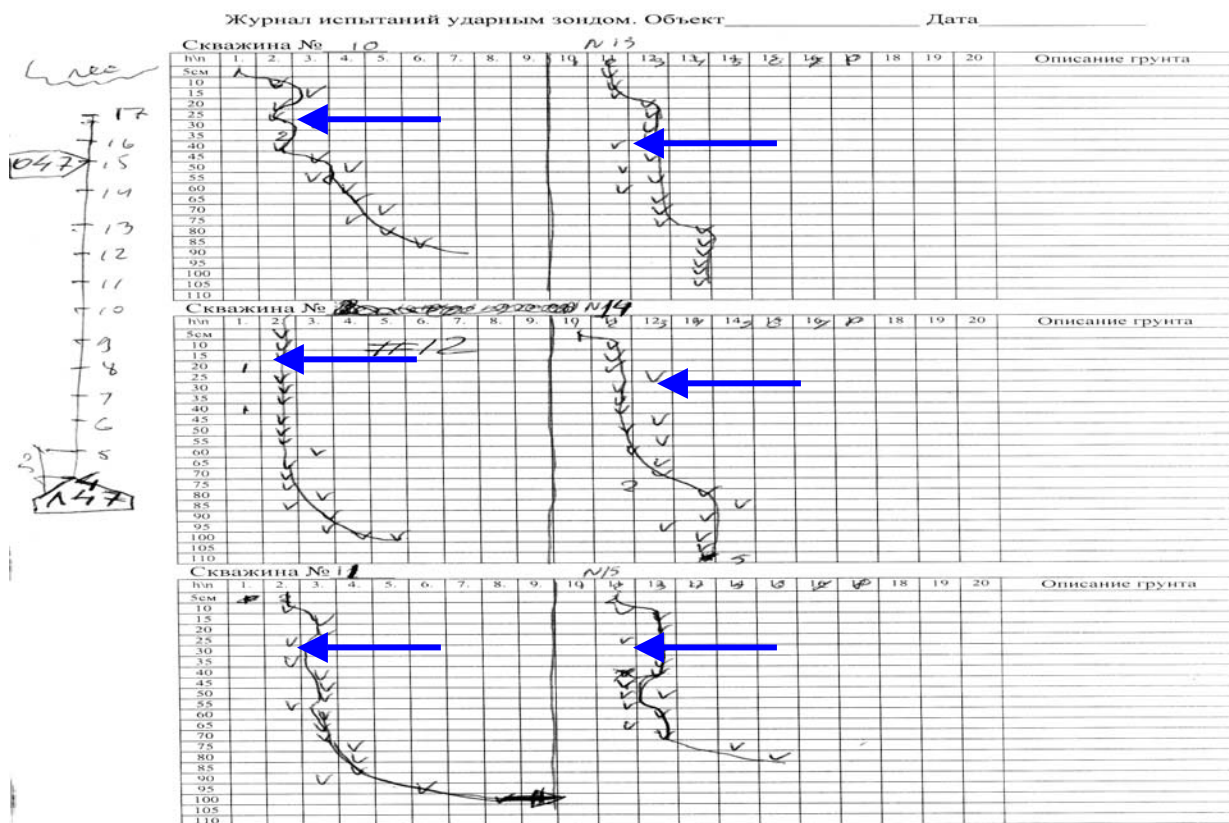
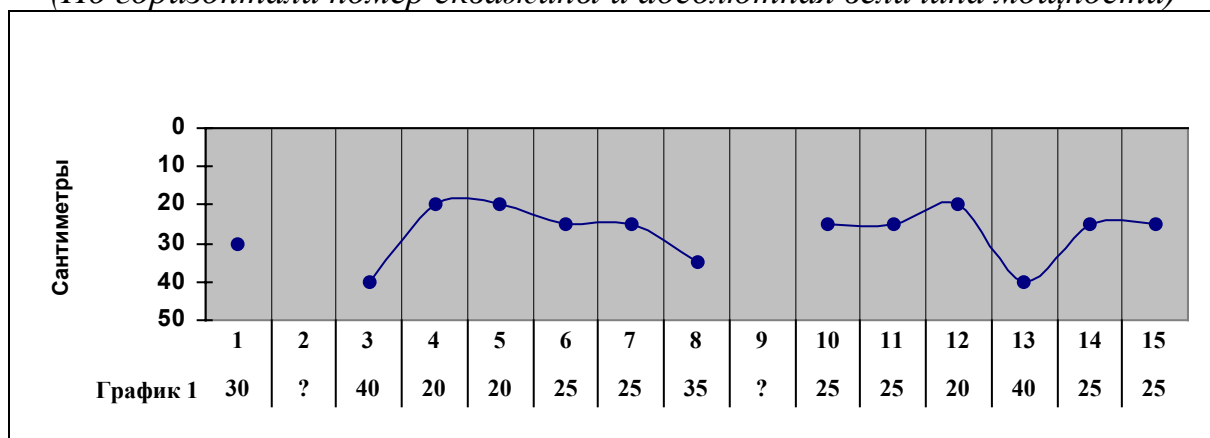


Рис.6

Протоколы зондирования: по вертикали уменьшено в два раза

Сводный график мощности культурного слоя, составленный по результатам обработки нескольких протоколов зондирования (График 1), позволяет в первом приближении оценить стратиграфию памятника.

График 1. Динамика мощности культурного слоя
(По горизонтали номер скважины и абсолютная величина мощности)



2.

Отмеченная корреляция состава грунтов и степени их сопротивляемости позволила выдвинуть обоснованные предположения о границах распространения культурного слоя.

Так были произведены зондирования грунта ненарушенной структуры в районе раскопа 2004г.(Рис.7) Этот раскоп был заложен в своё время между кромкой берегового откоса и дорогой, которая идёт вдоль реки.

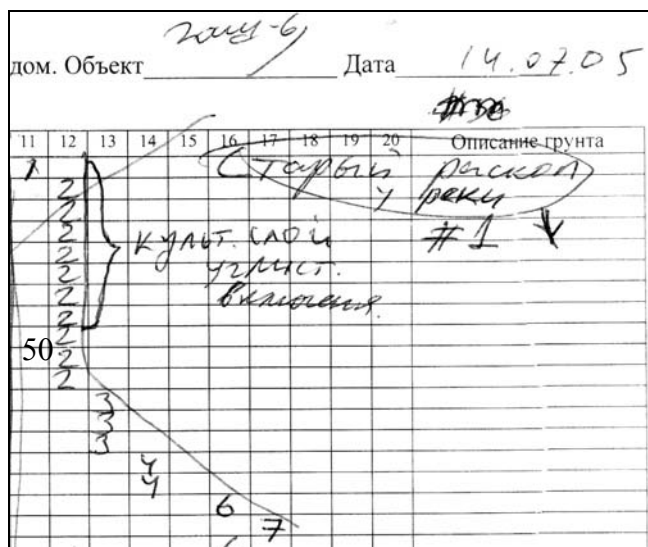


Рис.7

Здесь график зондирования (в подпочвенной части) практически идентичен тому, что мы видели на скважине №2, относящейся к раскопу 2005г; мощность слоя, который требует двух ударов в обоих случаях составляет около 50см., а песчаной прослойки, в которой сопротивление падает до одного удара в обоих случаях нет (Ср. Рис.2 и 7). Таким образом, если невозможность фиксации этой прослойки не относить на погрешность измерения, то и там и здесь можно предполагать, что природная стратиграфия была нарушена антропогенным вмешательством; слой песка малой сопротивляемости был удалён (возможно, при рытье жилищной ямы), либо был перемешан с органическими остатками и приобрёл свойства культурного слоя.

Следующая скважина показала падение сопротивления на глубине 35 см. (Рис.8).

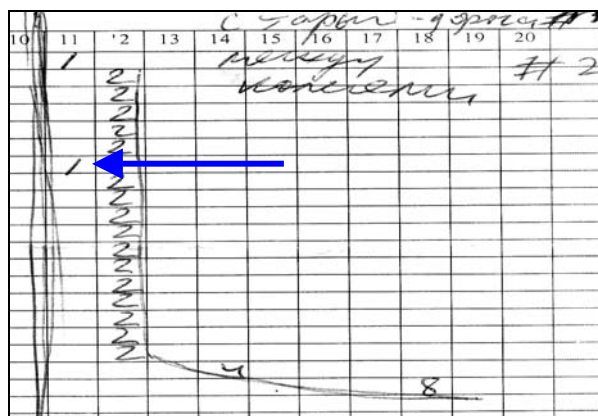


Рис.8

По вертикали уменьшено

Проверочная скважина №3 показала, что на удалении 350 см. от дороги в сторону леса наблюдается картина (См. Рис.9), характерная для стратиграфии раскопа 2005г.(См. выше). Абсолютные значения сопротивления верхнего слоя составляют от двух до трёх ударов, а мощность этого слоя - около 30 см.

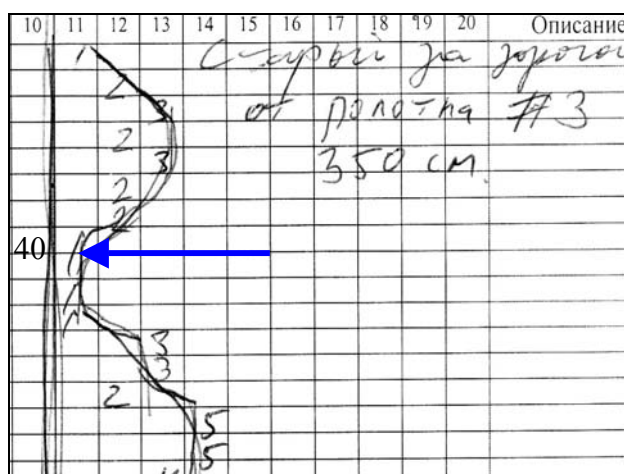


Рис.9

На удалении 400 см. от дороги мы видим на графике ту же “петлю” с падением сопротивления до одного удара на песке, расположенном ниже культурного (?) слоя (Рис.10). Мощность слоя, который показывает сопротивление два-три удара составляет 55-60 см.



Рис.10

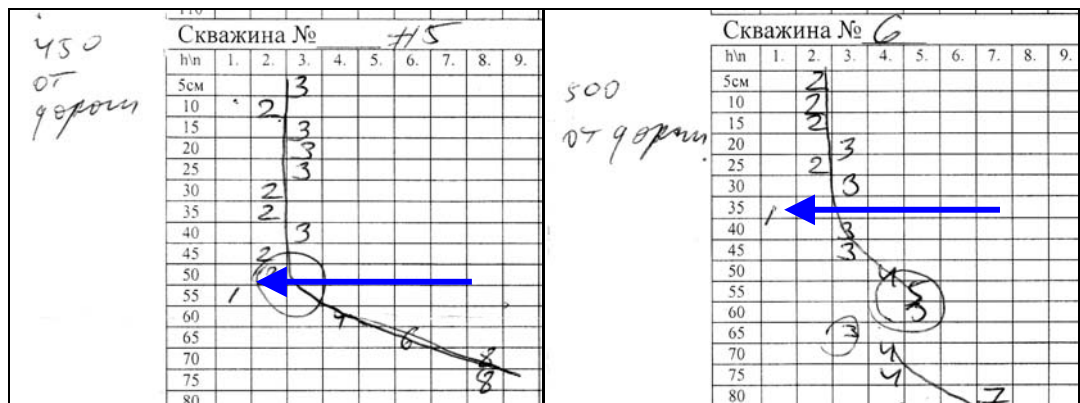


Рис.11

По мере удаления от дороги происходит уменьшение мощности слоя, расположенного выше песка: на удалении 20 метров от дороги мы видим, что над песчаной прослойкой лежит слой иного грунта мощностью 20 см. (Рис.12, слева), а на удалении 30м.- мощностью 30 см.

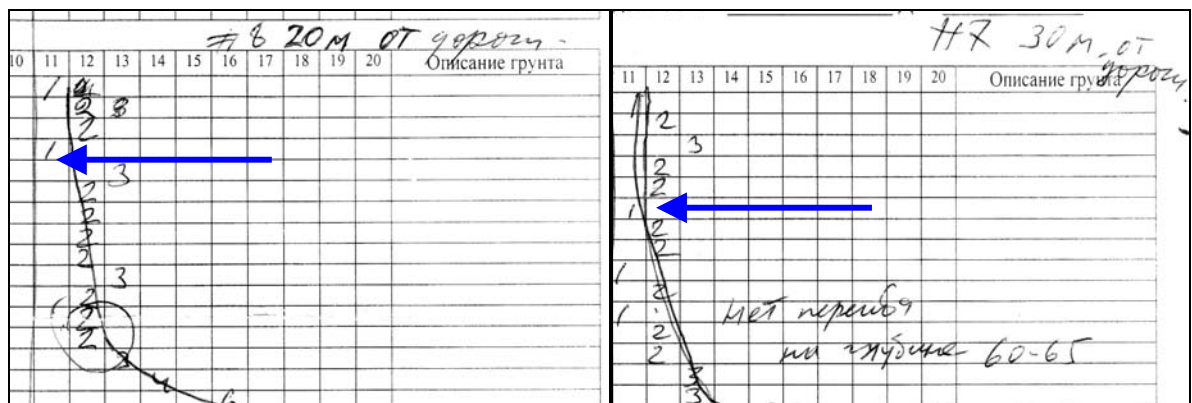


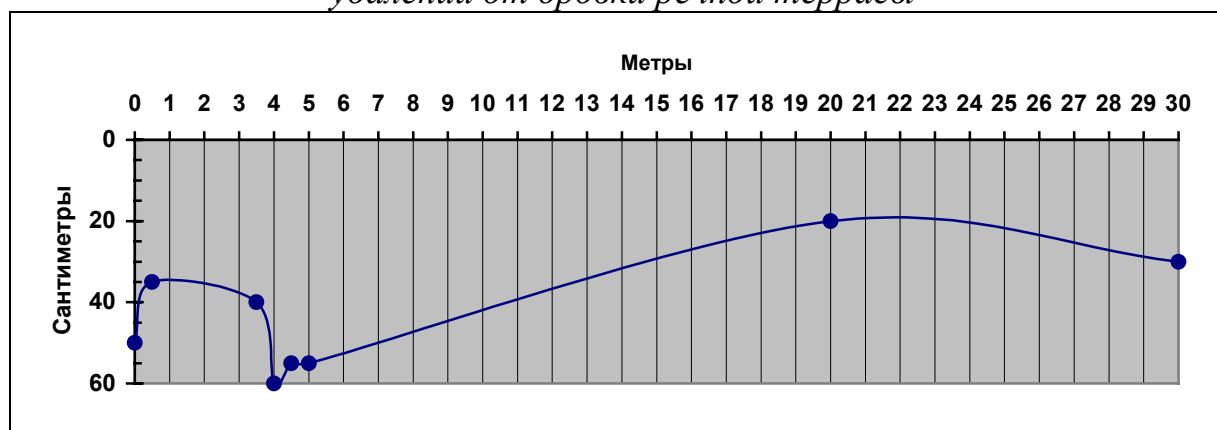
Рис.12

Сводные данные о глубине залегания слоя с малым сопротивлением, (Таблица 1, График 2) даже при грубой аппроксимации позволяют заключить, что по мере удаления от береговой террасы прослеживается тенденция уменьшения толщины слоя с большим сопротивлением. Уклон поверхности здесь совершенно незначителен, распашка террасы не производилась, а самопроизвольное сползание слоя темно-коричневой плотной супеси маловероятно. Следовательно, наиболее логичной становится предположить антропогенную модель формирования этого слоя. Тогда границу распространения памятника вглубь террасы следует искать здесь на удалении около пяти метров от дороги.

Таблица 1. Динамика мощности культурного слоя

Скважина №	1	2	3	4	5	6	7	8
Удаление от приречной дороги, м.	-	-	3,5	4	4,5	5	30	20
Мощность слоя плотной супеси, см.	50	35	40	60	55	35	30	20

График 2. Динамика мощности культурного слоя при удалении от бровки речной террасы



3.

Как мы отмечали выше, многолетняя практика исследования неолитических стоянок позволила Е.Л.Лычагиной прийти к заключению о том, что археологические памятники такого типа “чаще всего располагались на бортовых террасах р.Камы при впадении в неё мелких речек и ручьёв” [2]. Однако, в непосредственной близости от стоянки Чашкинское озеро VI никаких “мелких речек и ручьёв” сегодня нет. Не видим мы их и в радиусе двухсот метров от раскопа. Гидрофильная растительность на террасе присутствует, но для того, чтобы каждый раз увязывать её наличие с локализацией археологического памятника данных пока явно не достаточно. Не вступают ли эти обстоятельства в противоречие с выводом археолога о приуроченности неолитических стоянок к определённым гидрогеологическим объектам? Динамическое зондирование помогло внести ясность в этот вопрос.

Линия разведочного зондирования была проведена вдоль бровки приречной террасы, в северном направлении от раскопа.

На графиках полевого исследования видно (Рис.13), что падение сопротивления отмечается на глубине 25-30 см. (Графики № 20, 21, 23, 24) и 40 см. (График № 25). В соответствии с принципами, сформулированными выше, названные показатели глубины можно было бы принять за нижнюю границу распространения культурного слоя. Однако, на исследованном памятнике, как мы видели (Графики 1 и 2) мощность слоя, образовавшегося в результате человеческой жизнедеятельности в большинстве случаев всё-таки превышает 25см., а показатель глубины нижней границы слоя тёмно-коричневой плотной супеси в 20-25 см. характерен для естественного грунта (Таблица 1, График 2). Таким образом, логичным становится предположение о том, что обнаруженный подпочвенный слой большей сопротивляемости имеет природное происхождение. Но как бы то ни было, графики, приводимые на Рис.13 отмечают гидрогеологическое состояние в окрестности раскопа.

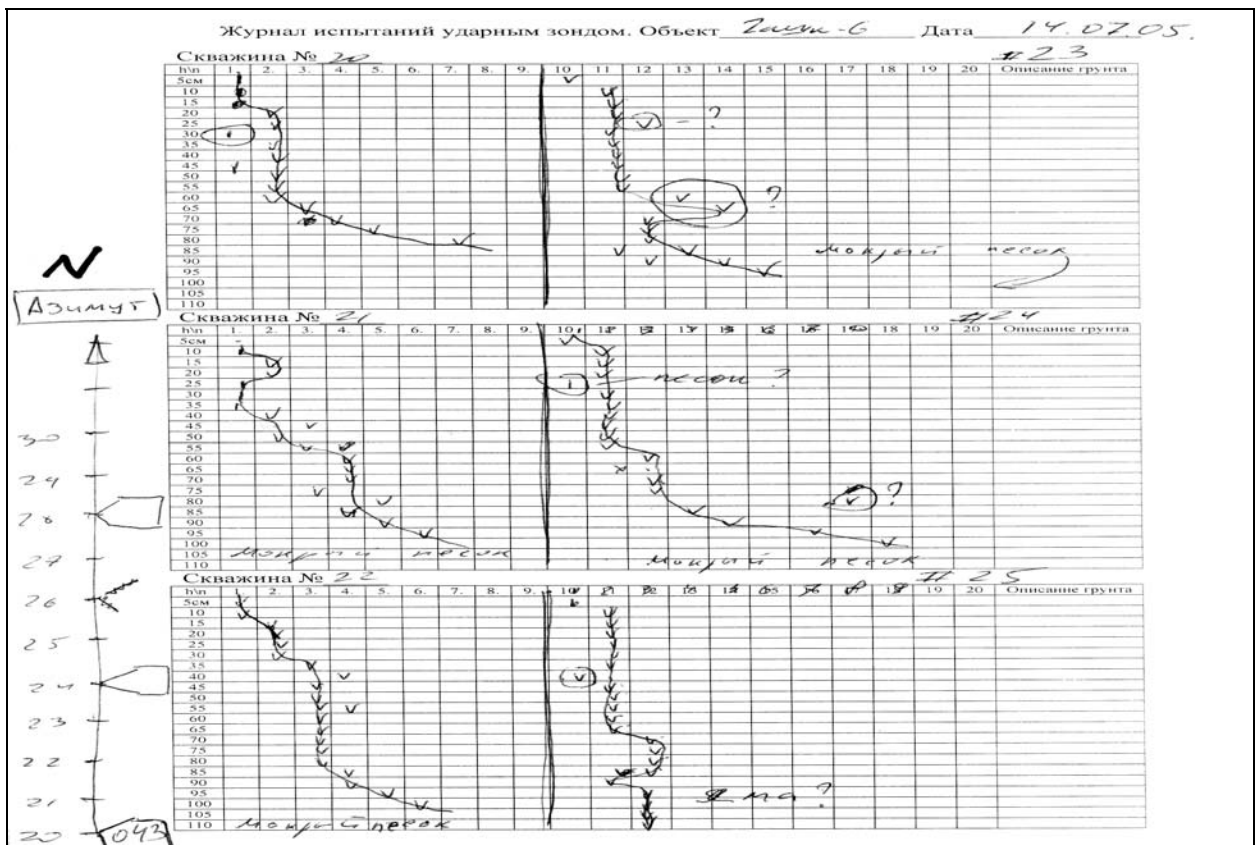


Рис.13
Графики зондирования скважин №20-25.
По вертикали уменьшено в два раза.

В соответствии с этими графиками, глубина залегания прочного слоя, который требует 5-6 ударов находится в интервале 80-95 см. Этот показатель соответствует данным предыдущих зондирований. Однако, при извлечении зонда из скважины нами отмечалась увлажнённость его нижней части, а на коническом заострении можно было видеть столбик прилипшего мокрого песка (См. надписи “Мокрый песок” на графиках № 21-24 на Рис.13). Следовательно, исследуемый глубинный слой орсаанда здесь является, во-первых, водоносным, а во-вторых, он не теряет своих прочностных характеристик при замачивании (возможно, вследствие наличия скелета из крупного песчаника и железных агломераций). Таким образом, падение сопротивления в скважине не может служить признаком увлажнённости орсаанда (для сравнения: общеизвестно, что замачивание, к примеру, лёссовых пылевидных грунтов снижает показатель их прочности в 300 раз!). Следовательно, несомненным признаком водоносного слоя является здесь увлажнённость зонда. Однако, на наш взгляд, верхняя граница увлажнённого участка поверхности инструмента вряд ли может быть безоговорочно принята в качестве показателя границы залегания увлажнённого слоя (границы капиллярного поднятия): ведь при извлечении из скважины зонд “обтирается” её стенками. Тем не менее, полученные данные позволяют констатировать, что в непосредственной близости от исследуемой стоянки в настоящее время имеется источник грунтовых вод, а глубина залегания водоносного горизонта близка к показателю

телю величины промерзания. Следовательно, извлечение воды здесь возможно круглогодично путём устройства неглубокого колодца-копанки с горизонтальной поверхности земли, либо путём устройства простейшего каптажа на откосе береговой террасы. (Откос береговой террасы во время зондирования данного памятника не обследовался, но на удалении около 150-200 метров в аналогичных условиях на откосе имеется водоисточник, который используется двумя лагерями археологов).

Источник на стоянке Чашкинское озеро VI на дату исследования имеет воду; он не пересох в середине июля. Это позволяет полагать, что он имеет круглогодичный дебит, величина которого в древности, до сведения леса в ходе постройки железной дороги (которая параллельна реке) была выше. Отмеченные обстоятельства приводят нас к заключению об осуществимости нового малозатратного и неразрушающего метода археологической разведки в целях выявления вероятных мест расположения неолитических стоянок на приречных террасах. Ширина зафиксированного “подземного ручья” составила не менее двух метров. Значит, для того, чтобы аналогичные объекты были с абсолютной вероятностью обнаружены в других местах, интервал между точками зондирования следует назначать в один метр. Таким образом, для сплошного гидрологического обследования одного километра береговой террасы следует сделать тысячу зондирований. Эмпирически установленный норматив трудоёмкости зондирования позволяет прогнозировать, что бригада из двух человек может исследовать в день не менее двухсот скважин, и трудоёмкость сплошного обследования одного километра террасы составит десять человеко-дней. Затем наиболее перспективные участки могут быть проверены традиционным методом шурфовки.

Библиография

1. Лычагина Е.Л. Отчет об исследовании поселения Чашкинское озеро VI в Соликамском районе Пермской области в 2005 году.- Пермь, 2006./ Архив Кабинета археологии ПГПУ.
2. Лычагина Е.Л. О соотношении памятников с гребенчатой и накольчатой керамикой в неолите Среднего Предуралья.// Режим доступа: <http://www.kaee.pspu.ru/sootnoshenie.html>

ДИНАМИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ НА РАСКОПКАХ МОГИЛЬНИКА ПЫШТАЙН II В СЕЗОНЕ 2005г.

В 1886 г. И.Я.Кривошеков приобрел в дер.Пыштайн несколько бронзовых предметов Пермского звериного стиля. В 1889 г. В.Л.Борисов обследовал окрестности названной деревни и выявил курганные насыпи, а через год провел стационарное исследование могильника. Им было вскрыто 3 кургана и найдены: медная пряжка, удила, остатки кольчуги и пр. Находки из раскопок В.Л.Борисова хранятся в Эрмитаже (коллекция № 576). В 1951 г. могильник обследовал В.А.Оборин. Местоположение памятника было определено к юго-западу от дер.Пыштайн, где на пашне имелось около тридцати распаханых курганов, но находок не было. В 1962 г. могильник был обследован Поляковым Ю.А. Расположение памятника со слов местных жителей было определено к югу от дер.Пыштайн, однако не удалось обнаружить ни следов курганов ни находок. В 1964 г. в ходе строительства пионерского лагеря к югу от места раскопок В.Л.Борисова А.И.Верещагиным было выявлено погребение X в., и для стационарного исследования района пионерского лагеря, прибыл отряд КАЭ под руководством В.А.Оборина. В ходе раскопок было вскрыто 362 м², и выявлено ещё 15 погребений, пять из которых были окружены курганной канавкой. В погребениях были найдены серебряные и бронзовые украшения, стеклянные и янтарные бусы, костяные наконечники стрел, предметы Пермского звериного стиля, саманидские и иранские монеты. По характеру находок могильник был атрибутирован как памятник ломоватовской культуры и, в связи с неоднозначностью вещевого материала, был датирован широко – в интервале VI-X вв. В отчете и в ранних публикациях могильник назывался Пыштайным. Позднее Пыштайнский могильник, который протянулся более чем на 500 м. вдоль Прикамской террасы, был разделен на Пыштайн I, который исследовал в 1889 г. Борисов В.Л. и на Пыштайн II исследованный Обориным В.А. в 1964 г. Памятники разделяет р.Данилиха: могильник Пыштайн I расположен на левом берегу реки, а могильник Пыштайн II на правом. Попытку разобраться с месторасположением Пыштайных могильников 1987 г. предпринял Макаров Э.Ю. В ходе его исследований было выявлено несколько погребений, разрушенных при строительстве дороги Пыштайн-Харино на юго-западной окраине дер.Пыштайн. Были исследованы три разрушенных погребения, найдены детали поясной гарнитуры, наконечники стрел, украшения. По характеру находок погребения были отнесены к харинскому этапу Ломоватовской культуры и датированы VI-VII вв. Автор раскопок посчитал, что им исследовалась часть могильника Пыштайн I. Общая протяжённость могильника определялась им не менее 400 м., а приблизительная площадь 2,5 га. Однако в настоящее время могильник найденный Макаровым Э.Ю., принято считать могильником Пыштайн III, так как в отличие от могильника Пыштайн I, он приурочен к р.Каме и находится на высокой пойменной террасе.

Несмотря на проведение трех стационарных исследований и выявление богатого вещевого материала, ситуация с границами, характером и хроноло-

гией Пыштайских могильников остается до конца не разрешенной. В связи с чем очень часто в научной литературе возникает путаница, что приводит к смешиванию материалов двух, вероятно, разновременных могильников Пыштайн I (материалы 1889-90 гг.) и Пыштайн II (материалы 1964 г.).

Находки с могильника Пыштайн II на сегодня считаются наиболее показательными для характеристики позднехаринского вещевого комплекса и экспонируются в основной экспозиции Пермского краеведческого музея. Но нерешенность ключевых вопросов касающихся памятника, ставит в затруднительное положение исследователей харинской проблематики.

В 2004-2005 гг. на могильник Пыштайн II, стали приезжать, так называемые, “черные” археологи для проведения несанкционированных раскопок. В ходе их деятельности частично или полностью было разрушено 200 погребений. С учётом данного обстоятельства в рамках федеральной программы аварийных раскопок памятников Гайнского района было принято решение о проведении стационарных исследований на могильнике Пыштайн II. Могильник входит в Гайнский куст археологических памятников; рядом с ним расположены могильники Пыштайн I и III, селища Пыштайн I-III и селище Данилово I. Памятник вытянулся по оси юго-запад – северо-восток. Границы памятника были обрисованы на основании имеющихся следов грабительских раскопов и вкопов, площадь памятника составила 4,5 га. Вместе с расположенными вплотную к нему могильниками Пыштайн I и III, площадь захоронений достигает 12 га., что позволяет считать данный археологический памятник самым большим из известных некрополей Прикамья [1].

В сезоне 2005 года в состоялись раскопки могильника Пыштайн II, которыми руководил В.В.Мингалёв. Работы велись на основании Открытого листа №993 (Форма №4) от 01.08.2005 и Разрешения на производство НИР на памятниках археологии в Гайнском районе №4 от 10.08.2005, выданного Управлением культуры администрации Коми-Пермяцкого автономного округа. Перед археологами стояла задача определить границы памятника, оценить плотность захоронений и степень их сохранности. Работы производились разведочным отрядом численностью 8 человек в течение 12 дней.

Особенностью исследований было то, что они проводились на памятнике, который в течение 2004-2005 гг. подвергался систематическим грабительским раскопкам “черных” археологов. В ходе их противоправной деятельности было частично или полностью уничтожено 200 погребений. Поэтому, раскоп был заложен в той части могильника, которая подверглась более интенсивному разрушению.

Для уменьшения объёмов перемещаемого грунта в целях уточнения границ археологического памятника и выявления наиболее перспективных направлений раскопок в рамках одного полевого сезона было произведено динамическое зондирование культурного слоя по методике, предложенной А.В. Коробейниковым [2].

Допустимость применения метода и устройства для зондирования с точки зрения сохранности археологического материала на данном памятнике была обоснована малой насыщенностью культурного слоя артефактами (известно,

что многие могилы здесь были ограблены в древности и в наши дни “черными археологами”). С другой стороны, предполагалось, что керамические и костяные предметы находятся здесь в окружении плотного грунта, а, следовательно, при попадании зонда в них они разрушены не будут; зонд лишь пробьёт в них ровное отверстие малого диаметра. Кроме того изначально планировался значительный интервал между скважинами, величина которого сравнима с параметрами объектов, подлежащих обнаружению (длиной и шириной могильных ям). Таким образом, исследователями предполагалась крайне низкая вероятность разрушения зондом датировующих предметов.

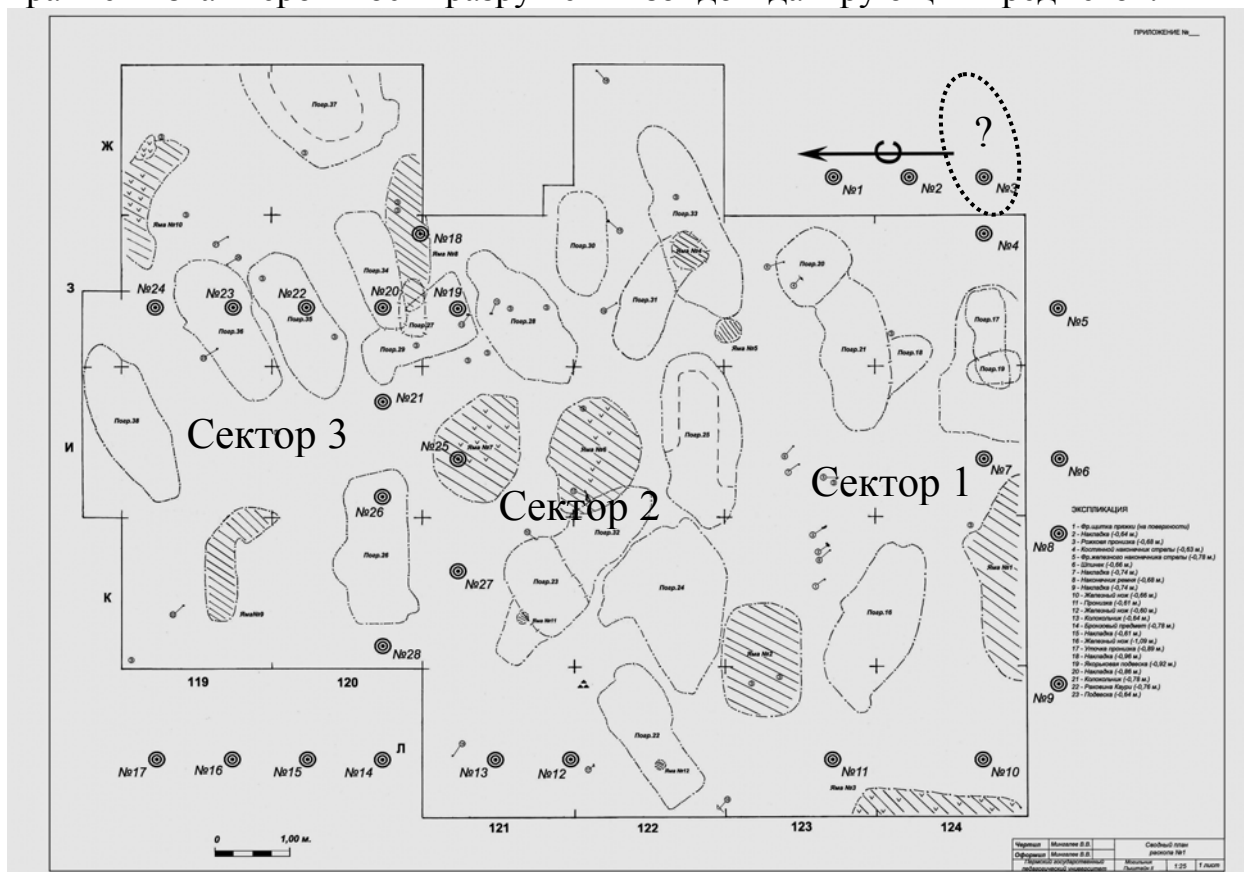



Рис.1

Общий план раскопа:  № - символ скважины

Зондирование производилось прибором, штанга которого имела диаметр 0,8 см., длину 150 см., вес молота составил 2 кг., а высота его поднятия-50 см. В соответствии с предложенным методом, по штанге наносили удары молотом, сбрасывая его каждый раз с постоянной высоты. Таким образом, энергия каждого удара составляла постоянную величину, что позволило обнаруживать изменения лобового сопротивления погружаемой части зонда. Для этого фиксировалось количество ударов, необходимых для заглубления зонда на величину 5 см. Для контроля величины заглубления штанга имела риски (запилы треугольным напильником) через 5 см. Точки зондирования (скважины) располагались с интервалом 100-200 см. Они отмечались на плане раскопа специальным значком и имели сквозную нумерацию (Рис.1), а результаты каждого зондирования заносились в протокол (Рис.2-4). По этим

результатам строились графики сопротивляемости культурного слоя в зависимости от глубины погружения зонда.⁵ По вертикальной оси графиков откладывалась величина заглубления, а по горизонтальной оси - количество ударов молота.

1.

Раскоп состоял из трех секторов, каждый из которых являлся продолжением предыдущего по линии юг-север. Небольшой размер секторов - 8x4 м. был обусловлен соображениями сохранности памятника: предполагалось, что в случае вскрытия большой площади природно-климатические факторы могли оказать негативное воздействие на соседние площади, где также могли располагаться погребения, а точная конфигурация и плотность расположения погребений не были известны. Кроме того, работа по секторам позволяла использовать имеющиеся трудовые ресурсы с наибольшей производительностью.

Первая линия зондирования была проложена по краю предполагаемого сектора №1. До начала работ по опыту предыдущих исследований было известно, что погребения на могильнике находятся в известковых ложах, которые перекрыты слоем почвы толщиной около 30 см. Данное обстоятельство позволило однозначно дешифровать графики зондирования: так, скважины №1 и 2 показали, что на глубине свыше 25 см. наблюдается резкое увеличение лобового сопротивления зонда, что отражается перегибом графика зондирования (См. Рис.2).

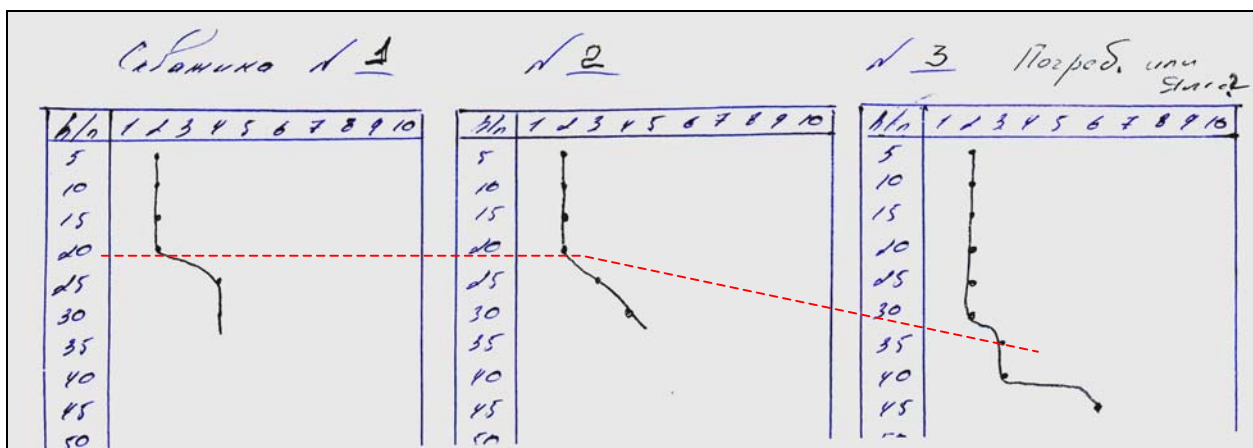


Рис.2

Протокол зондирования: скважины 1-3

Логично было полагать, что скачкообразное увеличение сопротивления здесь происходит при попадании в материковый грунт ненарушенной структуры и совпадает с глубиной залегания материкового слоя. А в скважине №3 сопротивление до четырёх ударов возросло на глубине 40-45 см., что могло свиде-

⁵ Наши коллеги А.Н.Сарапулов, Е.В.Шайдурова (Лосёнок) и Д.В.Шмуратко приняли самое деятельное участие в работах по динамическому зондированию и подготовке материалов для данной публикации. Большое спасибо им за это.

тельствовать о западении материкового слоя и о наличии здесь могильной ямы. Таким образом, вероятное расположение захоронения было выявлено и зафиксировано в полевых материалах (См. *Рис.1*, пунктирный овал со знаком вопроса внутри в правом верхнем углу, *Рис.2*, надпись на протоколе зондирования №3: “Погреб<ение> или яма?”).

Скважины №4 и 5 показали известную картину залегания материкового слоя на глубине 15-20 см.; для большего заглубления требовалось более четырёх ударов молота.

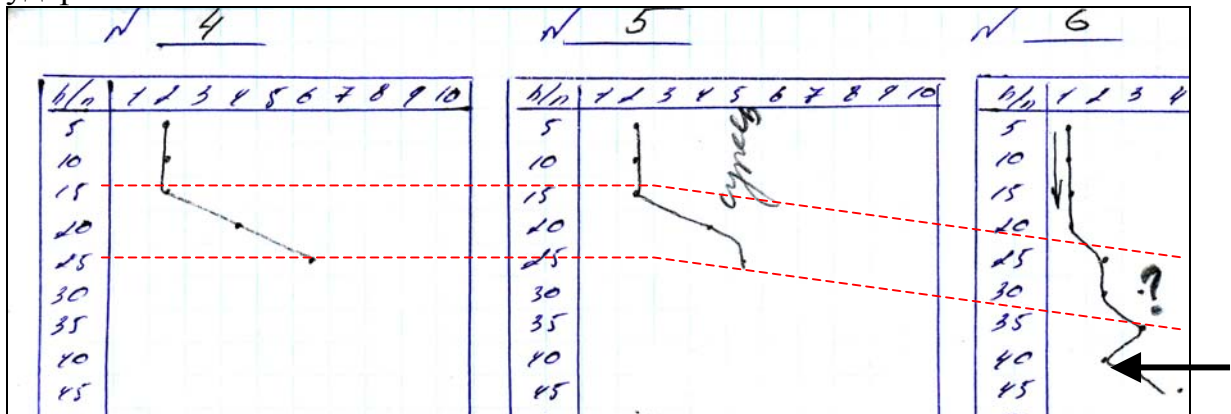


Рис.3

Протокол зондирования: скважины 4-6

График зондирования №6 отличается от двух предыдущих и представляет несомненный интерес (*Рис.3*).

Во-первых, здесь нарастание сопротивления происходит после прохождения зондом слоя супеси на глубине 35-30 см, и не так резко, как при попадании в материк (об этом свидетельствует более пологая линия графика), а во-вторых, на глубине 40 см. отмечается резкое падение сопротивления, что свидетельствует о попадании зонда в более мягкий слой (показано на *Рис.3* стрелкой). Учитывая артибуцию памятника в качестве могильника, стратиграфию на месте шестой скважины можно было гипотетически реконструировать следующим образом:

- на глубину до 20 см. пахотный слой (супесь), для прохождения через который требуется 2 удара
- на глубине 20-35 см. заполнение могильной ямы грунтом, сопротивляемость которого находится в интервале между сопротивляемостью поверхностного слоя и материка. Для прохождения через этот слой требуется до четырёх ударов молота. В качестве такового можно предположить смесь грунтов (искусственный грунт). Следовательно, закономерным становится предположение о том, что это засыпка могильной ямы.
- на глубине 40 см. грунто-органическое заполнение могилы, а далее- материк.

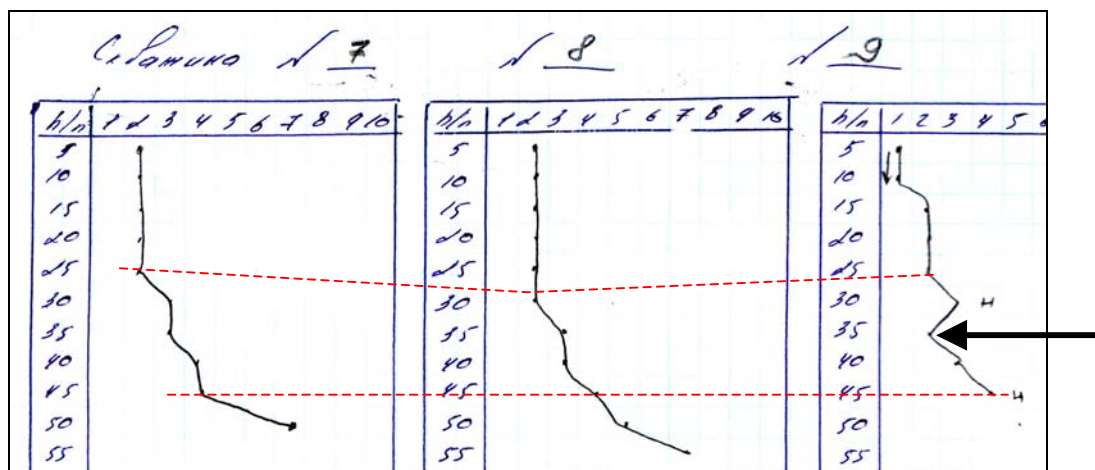


Рис.4

Протокол зондирования: скважины 7-9

Однако, прирезка сектора №1 в южном направлении не предполагалась, поэтому для того чтобы оконтурить яму, гипотетически обнаруженную скважиной №6, было произведено зондирование вокруг неё. Последующие графики зондирования (Рис.4) показали, что:

-слой рыхлого грунта малой сопротивляемости имеет мощность 25-30 см. (См. Рис.5)

-западение материкового слоя отмечается на месте скважины №8 (Рис.4, западение отмечено мелким пунктиром). На глубинах 25-45 см. во всех трёх скважинах сопротивление постепенно нарастает, а глубже 45 см. оно достигает той величины, которая характерна для материкового грунта ненарушенной структуры (Ср. с графиками №1,2,3.) То есть, логично связывать слой 25-45 см., видимый не графике, со смешанным грунтом, а глубину залегания материка на дне могильной ямы определять в 45 см.

-график зондирования в точке №9 близок той картине, что мы видели в точке №6.; в предматериковой области, а на глубине 35-40 см. имеется зона инородного грунта с меньшей сопротивляемостью. Следовательно, логично полагать, что скважины № 6,7,8,9 показывают яму (См. Рис.7).



Рис.5

Стратиграфия в области ямы №1.

На горизонтальной зачистке яма указана пунктиром приблизительно.

Причём скважины 7 и 8 показывают области, где грунт мог быть перемешан (грабительским вкопом?), а №6 и 9 отмечают её края, где стратиграфия грунта не была нарушена (?).



Рис.6

Раскоп, сектор 1

Вид с Запада. Зачистка на уровне фиксации очертаний могильных ям.
Яма №1 указана стрелкой.

Вскрытие поверхности было организовано тремя секторами последовательно. Сначала был вскрыт сектор №1 в южной части раскопа (*Рис.1*, линии квадратов 124-123). В результате горизонтальной зачистки визуально, по разнице цвета грунта были выявлены и зафиксированы планиграфические объекты-пятна могильных ям (*Рис.6*, стрелкой показана яма №1; Ср. с *Рис.7*). Таким образом, данные зондирования были подтверждены.

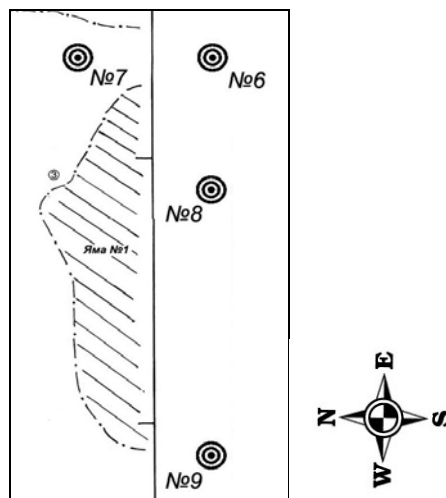


Рис.7

Скважины вокруг ямы №1

2.

Следующая линия зондирования была заложена вдоль западной границы предполагаемого раскопа (*Рис.8*).

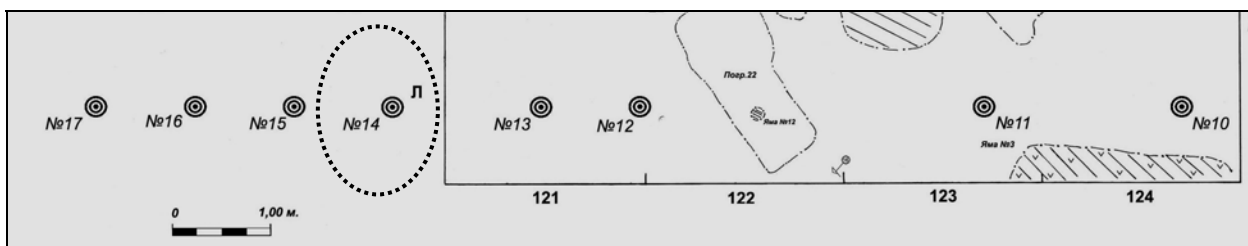


Рис.8

Фрагмент плана раскопа- скважины № 10-17

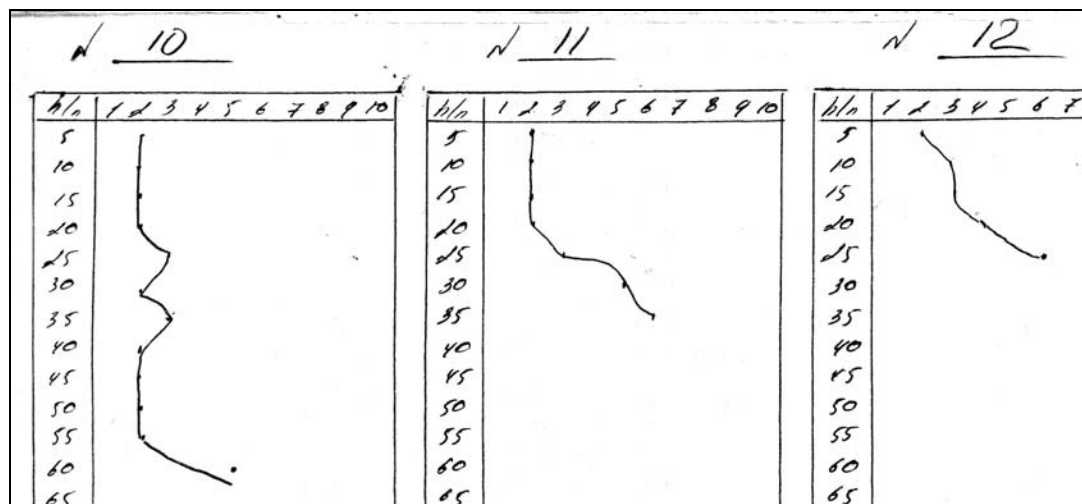


Рис.9

Протокол зондирования: скважины 10-12

Скважина №10 показала аномалию культурного слоя с нарастанием сопротивления на глубине 45-40 см. и резким падением сопротивления в предметниковом слое на глубине 40-55 см. Во время зондирования происхождение этой аномалии не поддавалось объяснению. После снятия слоя грунта никакой объект в месте фиксации скважины на плане раскопа не выделялся цветом грунта на горизонтальной поверхности после её зачистки. Таким образом, эта аномалия не имеет удовлетворительного объяснения и теперь. Поэтому можно допустить, что этот график зондирования отражает в реальности попадание в край близлежащей ямы, и речь может идти об ошибке, возникшей при переносе координат скважины на план. Скважины №11 - 17 показывают нормальную глубину залегания материкового слоя на глубине 20-25 см. с единственным незначительным западением - до 30 см. в скважине №14, где можно со слабой степенью вероятности предполагать наличие могильной ямы (См. Рис.8, обозначено овальным пунктиром). Последнее предположение не было проверено: прирезка раскопа в этом направлении не производилась. Такое решение было принято на основании того, что зондирование в направлении указанных скважин не выявило признаков погребений, а вскрытие новых квадратов и сплошное прокапывание прочного грунта, насыщенного известковыми включениями было признано слишком трудоёмким для малочисленного разведочного отряда.

Ещё одна цепочка зондирований (Скважины №18-24) проходила по линии квадратов 3 119-120 (Рис.10).

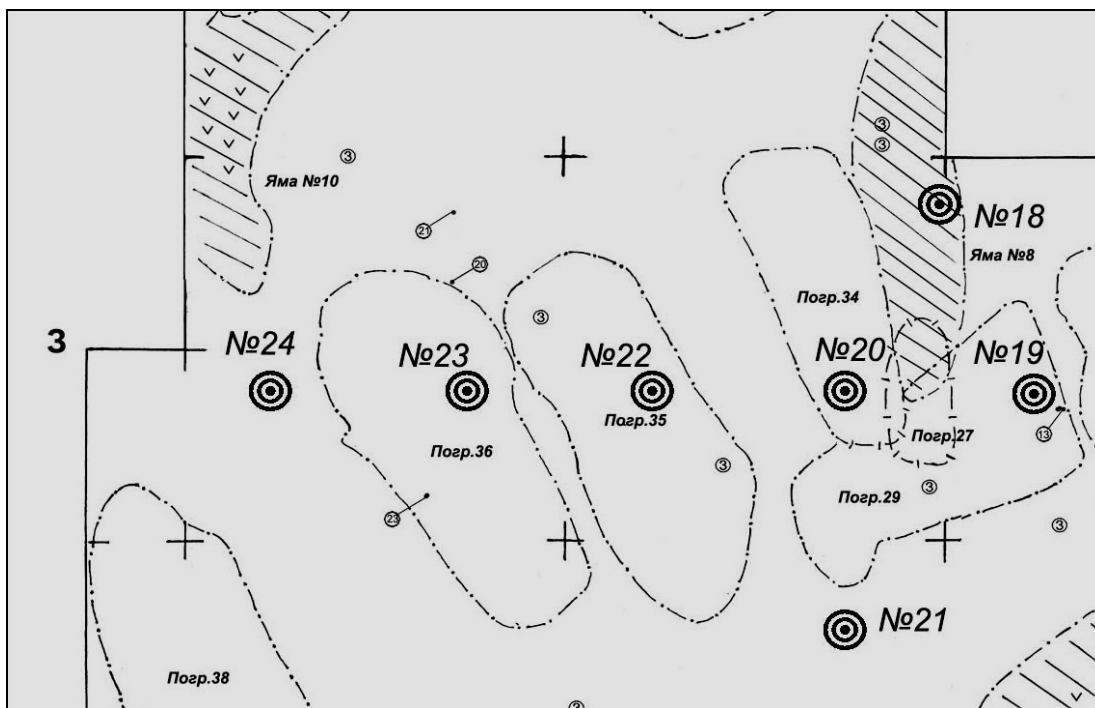


Рис.10

Фрагмент плана раскопа- скважины № 10-17

Скважина №18 показала западение материкового слоя до 35 см., что однозначно указывало на наличие здесь могильной ямы.

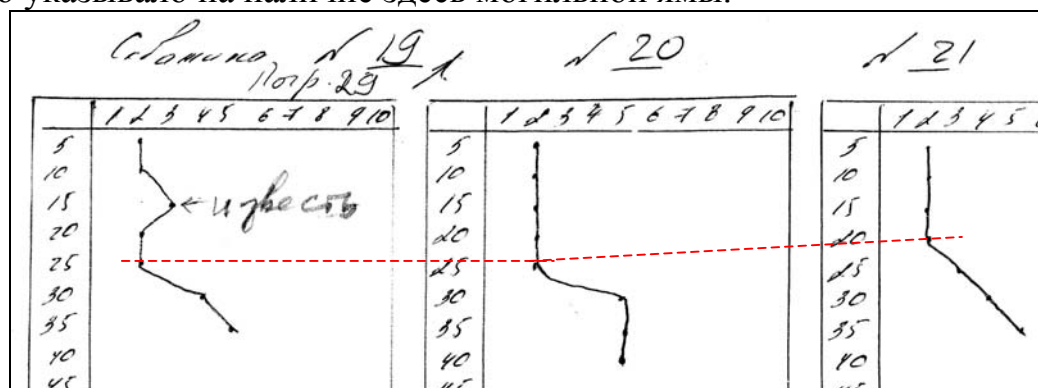


Рис.11

Протокол зондирования: скважины 19-21

Скважины №19 и 20 дали резкие перегибы графика на глубине 25-30 см., а скважина №21 – на глубине 20-25 см. Это свидетельствовало в пользу возможного наличия ям в месте дислокации скважин № 19 и 20. Интересно, что В скважине № 19 было отмечено нарастание сопротивления на глубине 10-15 см., с падением в интервале глубин 20-30 см.

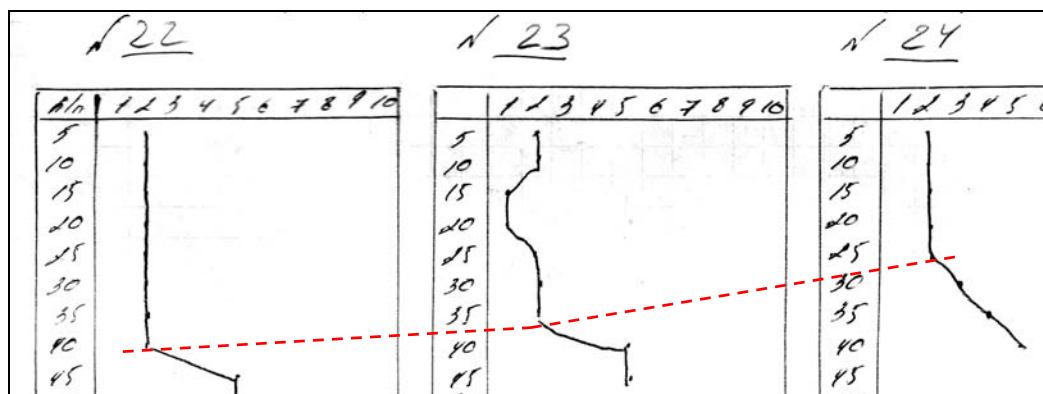


Рис.12

Протокол зондирования: скважины 22-23.

Перегибы графика соединены пунктирной линией для сравнения.

Сравнение протоколов зондирования №22, 23 и 24 после соединения точек перегиба изолинией явно указывало на то, что последняя скважина указывает на нормальное залегание материка, а две предыдущие попали в ямы (Рис.12).

Сектор № 2 был прирезан к сектору №1 с северной стороны (См.Рис.1). Особенностью сектора №2 было то, что планиграфические объекты с большим трудом определялись на горизонтальной зачистке, так как они не были контрастны по цвету и составу грунта. Кроме того, в месте расположения скважины №19 можно было видеть материковый слой, и ничто не указывало здесь на наличие погребения (См. Рис.13, на котором можно видеть стратиграфию, материковый грунт со светлыми известковыми включениями показан стрелкой.).



Рис.13

Сектор 2; Стратиграфия в области скважины №19

Дальнейшие раскопки здесь показали, что под слоем плотного материкового грунта с известковыми включениями было расположено погребение № 29 (См. Рис.1 и Рис.14.).



Рис.14

Погребение №29, вид с Юга;
Материковый грунт с известковыми включениями
вокруг и поверх костяка показан стрелками.

Следовательно, падение сопротивления в скважине №19 было вызвано попаданием в заполнение могилы после прохождения зондом слоя материкового грунта, который перекрывал погребение и, видимо, попал на могилу при копании соседней ямы. (См. Рис.11, надпись карандашом “Известь” на полевом протоколе зондирования).

Исходя из того, что обнаруженное с помощью зондирования погребение уходило за северную бровку раскопа, а также с учётом того, что графики скважин № 20, 22 и 23 указывали на вероятное наличие здесь могильных ям прирезка раскопа была произведена в наиболее перспективном направлении (См. Сектор 3 на *Рис.1*). Дальнейшие раскопки в секторе №3 подтвердили, что погребения №34, 35 и 36 были обнаружены в тех местах, где западения материкового слоя были отмечены скважинами №20, 22 и 23 соответственно (См. *Рис.10*).

Выводы

Разведочное обследование предполагаемого курганного могильника Пыштайн II (руководитель работ Мингалёв В.В.) позволило подтвердить предварительную интерпретацию памятника, получить данные о вероятном количестве погребений, их точном расположении и организовать работы так, чтобы получить максимальный результат в рамках полевого сезона. Полученные данные будут использованы для дальнейших раскопок.

Фиксируемые при динамическом зондировании значения сопротивляемости грунта имеют привязку в пространстве. Следовательно, их можно использовать для создания трёхмерных изображений объёмов, скрытых современной дневной поверхностью.

Артефакты и костные останки в ходе зондирования повреждены не были. Таким образом, динамическое зондирование грунтов может найти широкое применение в археологии. По результатам использования описанного метода и устройства был получен Акт внедрения. В настоящее время устройство и метод находятся в стадии патентования.

Для выявления невидимых глазом планиграфических объектов на зачищенной площади раскопа могильника было бы целесообразно использовать прибор-прочномер с коротким шиловидным наконечником по методу Ю.А.Ельцова [3]. Наконечник этого прибора, погружаемый в грунт, передаёт усилие на пружину, степень деформации которой фиксируется микрометром. Таким образом можно было бы выявить разницу в прочностных характеристиках грунта ненарушенной структуры вокруг могил (грунта естественного залегания) и насыпного грунта (из засыпки могильной ямы) и очертить границы могильных ям, которые не выделяются цветом. Применение данного способа обусловлено физическими свойствами объекта исследования: большая прочность грунта ненарушенной структуры объясняется тем, что он подвергся естественному уплотнению в пределах геологических эпох (миллионы лет), в то время как грунт могильной засыпки находился в условиях естественного уплотнения лишь в пределах исторического периода (тысячи лет).

Библиография

1. Мингалёв В.В. Отчёт о научно-исследовательской работе. Археологические раскопки могильника Пыштайн II в Гайнском районе Коми-Пермяцкого автономного округа в 2005 году.//Архив кабинета археологии и этнографии кафедры древней и средневековой истории Отечества Пермского государственного педагогического Университета.-Пермь, 2006
2. Коробейников А.В. Опыт динамического зондирования в археологии.// Геолого-археологические исследования в Тимано-Североуральском регионе. Доклады 8-й студенческой научной конференции.-Сыктывкар: Геопринт, 2005.-Том VIII.- С.126-131
3. Ельцов Ю.А. Методы определения механических свойств грунтов малогабаритными устройствами.// Дисс. На соискание учёной степени кандидата технических наук. -Ижевск, 1975.-199с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, предложенный метод и устройство для динамического зондирования доказали свою работоспособность в условиях археологических раскопок неолитической стоянки, средневекового селища и средневекового могильника. Какой технический эффект можно ожидать в случае широкого внедрения предлагаемого метода?

1. Имеющийся разрез культурного слоя в сравнении с графиком зондирования, который получен вблизи этого разреза, дают информацию для оценки стратиграфии всего памятника. Однако даже если в распоряжении исследователя нет стратиграфической колонки, (то есть никаких раскопок и разведок на памятнике не было, либо данные о них не сохранились) резкие перегибы графиков зондирования могут указывать на границы залегания слоёв грунта. Например, данные о глубине залегания материкового слоя во множестве точек могут быть использованы непосредственно “в поле” при планировании раскопок: для выявления и уточнения конфигурации валов, рвов, и западений материкового слоя (жилищных, хозяйственных и могильных ям) и эффективного планирования раскопок. Конечно, любая выявленная аномалия поверхности материка или линза в составе насыпи могут быть обрисована более точно путём уменьшения интервала между точками исследования (скважинами).

2. Цепочки зондирований и дешифровка множества их графиков, на которых отмечены величины сопротивления для каждого слоя, могут давать информацию о стратиграфии и приблизительной консистенции грунтовой толщи, например, в теле вала.

3. Получаемые при зондировании значения сопротивляемости грунта имеют привязку в пространстве. Следовательно, их можно использовать для компьютерного моделирования культурного слоя путём создания трёхмерных изображений объёмов, скрытых современной дневной поверхностью.

4. Кроме того, данные о составе грунта земляных сооружений, полученные путём зондирования, уменьшают погрешность вычисления трудоёмкости земляных работ, произведённых фортификатором; ведь этот показатель различен для разных грунтов.

5. Дополнительным результатом пробных зондирований явилось выявление гидрогеологической обстановки и глубины залегания твёрдых включений (камня) в окружении раскопа. Выявленные таким образом признаки могут быть использованы для инструментальной разведки в целях обнаружения неизвестных пока археологических памятников.

Безусловно, предлагаемый метод исследования культурного слоя и устройство для его осуществления имеют свои ограничения: наиболее ярким из них является ограниченность глубины исследования длиной зонда в один метр. Предполагается, что увеличение длины зонда приведёт к его затиранию в скважине, и лобовое сопротивление в общем значении сопротивления в этом случае определить будет сложно без серии опытов с разными грунтами,

для которых придётся определить коэффициенты трения. Тем не менее, увеличение глубины зондирования и уменьшение затирания возможны через снабжение погружаемой части прибора коническим наконечником. Однако, это приведёт к некоторому утяжелению молота, что увеличит трудозатраты по использованию прибора и скажется на его портативности. Однако, испытания прибора производились нами в условиях археологической экспедиции, в которой не было “лишних людей”, и трудоёмкость наших экспериментов была внеплановой. Следующим недостатком нам видится трудность фиксации точного количества ударов, требуемых для заглубления на установленную величину 5 см. Однако, этот недостаток, как и тот что был отмечен выше, на наш взгляд можно преодолеть, если с прибором станет работать специально выделенный и обученный персонал из числа археологов (возможно, студентов), имеющих некоторый опыт полевых исследований.

Наши затраты на изготовление опытного образца ударного зонда составили триста рублей. Значит, такие устройства могут быть производимы в массовом количестве, их может иметь каждая археологическая экспедиция.

Всё сказанное позволяет надеяться, что динамическое зондирование войдёт в арсенал современного археолога и позволит ему работать более эффективно.

Авторы будут рады получить читательские отклики по адресу alexeika@udm.net и постараются ответить на каждое письмо.

METHOD OF DYNAMIC STACK PROBE IN COURSE OF ARCHAEOLOGICAL EXCAVATIONS

Description of the situation

At present time archaeologists study ground throughout excavation area by applying to great variety of geophysical techniques (Zhurbin, 2004). They reveal a lot of physical properties of encountered ground (i.e. electric conductivity, density, etc.) which allows to detect large-sized artifacts or remnants of different facilities (ramparts, dwelling or household constructions, etc.) which do not exhibit any traces on the day-light surface. Meantime, such geophysical techniques require application of expensive equipment. The equipment in its turn demands electric power which may be not available at field excavations. Finally, geophysical techniques implicate high expenses and labor-consumption which are significantly limiting their efficiency.

Studies of ground by means of probing rod are much cheaper and easier. What is more, in some cases this method is able to detect heterogeneity of the ground mass which may indicate remnants of ancient constructions. The mentioned technique may determine approximate location of household caves - it is generally accepted that material filling the cave is softer than the cave's bottom (Avdustin, 1980, pages 86, 99 and 117). Although, such method possesses one significant drawback: the researcher estimates density of cultural layer depending on resistance of the rod's penetration. Such estimation is based upon his personal sensations – i.e. he operates with criteria “more hard” or “less hard”. Rough gradation of the encountered properties is quite possible, but it is rather subjective since no numeric values referred to the depth of the rod's penetration get registered in course of such job. It implies impossibility to obtain any formal result which is absolutely necessary for elaboration of data-base revealing properties of the studied area. The mentioned criteria “more hard” or “less hard” are really important for an archeologist, but this information doesn't give answer to the questions: “At what depth the

ground becomes harder?” and “How much harder the discussed layer of the ground is?” Another drawback of this method is that depth of penetration is limited by physical abilities of the researcher. Despite all drawbacks, application of probing rod (as a kind of cheap and simple tool) may serve as a prototype of the method which is described below.

Abundance of drawbacks related to the existing techniques requires elaboration of a simple and reliable method how numeric values of ground properties can be acquired and processed.

Obviously, properties of various grounds are very important to modern builders who pay great attention to the density of grounds, collapse resistance, etc (Standard GOST 19912-81). Although contemporary builders need such information for solution of their specific problems. For instance, before driving piles or placing foundation they may study properties of underling ground even at 20 meters depth. No archeological excavations are usually implemented so deeply. Besides that, builders need to predict behavior of the ground suffering from great pressure of contemporary constructions. Such values are incomparable to the pressures characteristic to medieval hand-made ramparts or wooden facilities. Each archeologist would surely pay attention to even 5-10 cm. inclusion of alien ground being confined to rampart’s body. Compared to him, the methods are in usage of contemporary builders would not even notice this thin layer since its influence upon properties of the total mass of ground is almost worthless.

How the proposed method works

Correlation between the resistance of ground to rod’s penetration (i.e. ground’s density) and its composition allows to probe the cultural layer by applying to a simple and cheap non-expensive and non-destructive method. The essence of this method is as follows: A prospecting shaft within the area selected for excavations should be dug. The shaft shall exhibit cross-section of local ground (sequence of layers composing the area of our study) till so-called “sterile” layer of the native soil (i.e. that one which was never penetrated by constructors). After that we com-

mence introducing the rod into ground pretty closely to the shaft's edge. This job should be done by special appliance possessing sliding hammer whose each strike is implemented with the same strength and from the same height. Quantity of strikes required to penetrate the rod for each 5 cm. interval of the depth should be counted and registered in record-table. This information allows to draw a diagram showing resistance of ground to rod's penetration in different intervals of the cross-section (*Figure 1*). Should the mentioned diagram possess a proper scale, the researcher is able to monitor alteration of ground's density throughout the cross-section and also simultaneously consider composition of each interval of the prospecting shaft.

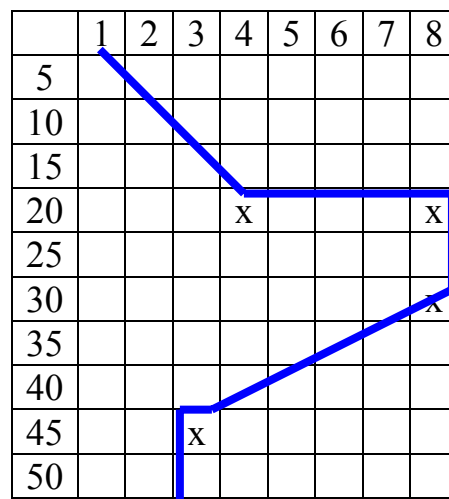


Fig.1

Diagram showing results of ground's study by introduction of the rod
 Numeric values of abscissa axis mean strikes of hammer.
 Y-axis corresponds to the reached depth (equal 5 cm. intervals of cross-section.)

Example shown on Figure # 1 reveals the following composition of the encountered ground:

- From surface to 15 cm – friable shifting ground (for example: sandy soil);
- From 15 to 35 cm – mass of solid ground (for example: clay);
- From 35 to bottom – again shifting ground (for example: black earth).

Numeric values obtained during the piloting study can serve as a certain standard attributed to different types of grounds, so it can reveal composition of mass encountered in course of further excavations in adjoining area.

Figure # 2 brings us to the conclusion that each dogleg of diagram shows results of the ground's study is corresponding to alteration of its composition. In other words, dramatic increase of material's density is characteristic to formations composed clay or native soil, while slump in resistance is registered as soon as the rod reaches a horizon built by sand or humus .

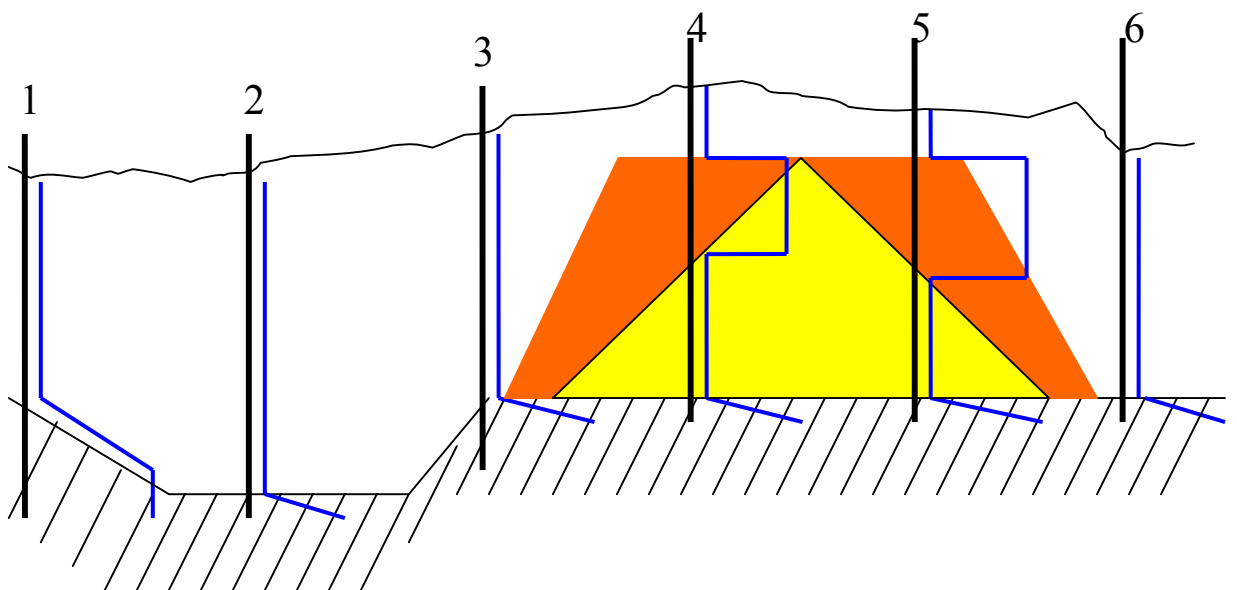


Fig. 2.

Interpretation of obtained numeric values revealing a moat and rampart (Rampart's body is filled with sand while its slopes are covered with more hard material).

For practical implementation of the above-described method a portable appliance purposed for dynamic sounding of ground has been designed and elaborated.

Probe effect

In season of 2005 the above-described method of traveling probe as well as the appliance were successfully tested in course of field studies implemented in the

Perm Region (Russian Federation) by members of archeological expedition of Perm State Pedagogical University (headed by Prof. Andrew Belavin). A variety of objects of quite different ages were studied by applying to this technique. The expedition obtained the following results:

1. Inspection of the river bank terrace adjoining to the Chaskinskoye Lake VI which presents a Neolithic settlement site (headed by Dr. Eugenia Ly-chagina) revealed the following: In 20 meters out of the terrace's territory the ground presents an interlaying of two differently dense grounds. It allowed to make a grounded conclusion that real boundaries of the discussed object have to be extended so the most promising areas for future excavations were selected.
2. Studies in the medieval settlement Zapolesye of the Rodanovskaya Culture (headed by Dr. Natalya Krylasova) detected an interlaying structure characteristic to household caves. Additional works discovered new household caves which were still unknown. Based upon this information the inhabited area of this settlement was determined more precisely so the territory of excavations was enlarged. It allowed to discover new sites of dwelling constructions. As a result, labor consumption and expense for excavation activities were significantly reduced.
3. Prospecting studies of the contemplated burial ground Pyshtain (headed by Vitaly Mingalev) proved the assumed interpretation of this object. Also, it revealed quantity of graves as well as their exact distribution throughout the discussed object. Next Summer this information will be used in course of excavations.

Conclusion

In all cases the numeric values obtained by means of the described technique possess particular coordinates which were properly registered. It means that the acquired data allow to elaborate 3D models of archeological objects still being

buried by mass of ground. That is why the proposed method can be widely used in contemporary archeological researches. At present time the described device and the method itself are under procedure of patenting in the Russian Federation

Bibliography

- Avdusin D.A..Polevaya arheologia.-Moscow:Vysshaya shkola, 1980.- 316 p.
- Standard GOST 19912-81. "Grounds. Method of field studies by dynamic sounding."
- Zhurbin I.V. Geofizika v arheologii.- Izhevsk:UdNII, 2004.- 152 p.

СОДЕРЖАНИЕ

Способ и устройство для динамического зондирования	3
Исследования селища Запоселье	16
Зондирование неолитической стоянки Чашкинское озеро VI	28
Динамическое зондирование на раскопках могильника Пыштайн II в сезоне 2005 г.	39
Заключение	51
Summary	53

Монография

Коробейников Алексей Владимирович
Мингалёв Виталий Викторович

Опыты динамического зондирования в археологии

Печатается в авторской редакции с оригинал-макета заказчика

Подписано в печать 3.10.2006 Формат 60×84/16. Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 3,23.

Тираж 200 экз. Заказ № 160.

Научно-издательский центр “Регулярная и хаотическая динамика”
426034, г.Ижевск, ул. Университетская, 1