

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ИСТОРИИ

УДК 902:624.131

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ДИНАМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В АРХЕОЛОГИИ

А.В. КОРОБЕЙНИКОВ¹⁾

В.В. МИНГАЛЕВ²⁾

Н.В. МИТЮКОВ³⁾

»Удмуртский государственный университет

e-mail: alexeika@udm.net

»Пермский государственный педагогический университет

e-mail: vmingalev@yandex.ru

»Ижевский государственный технический университет

e-mail: nico02@mail.ru

К настоящему времени динамические зонды нашли широкое применение во многих отраслях народного хозяйства. Авторы предлагают использовать малоразмерные и недорогие зонды при проведении археологических разведок и раскопок. Показано на практике, что эти устройства способны значительно снизить трудоемкость работ и прояснить структуру культурных напластований на археологических памятниках разного типа: могильниках, поселениях, стоянках.

Ключевые слова: археологические изыскания, междисциплинарный подход, динамический зонд, механика грунтов, археологические разведки, археологические раскопки.

В соответствии с применяемыми сегодня методиками археологи используют в своей практике некоторые известные свойства грунтов, которые позволяют применять методы неразрушающего исследования. Существует целая гамма геофизических методов¹. Они дают информацию о физических свойствах слоев грунта (электропроводности, плотности и т.д.) и позволяют обнаруживать крупноразмерные следы человеческой деятельности, которые не имеют следов на современной дневной поверхности. Однако все геофизические способы требуют применения дорогостоящей аппаратуры, исследования в поле привязаны к источникам электроэнергии, требуют значительных финансовых вложений и трудозатрат, что ограничивает сферу и частоту их применения. Кроме того, эти способы не нацелены на получения данных о строительных свойствах грунтов.

Более простой способ исследования земли с помощью щупа позволяет в некоторых случаях выявить неоднородность грунтовой толщи и сделать предположения об антропогенном характере такой неоднородности. Таким способом определяют приблизительное расположение жилищных, хозяйственных и иных ям, следы которых не

¹ Журбин И.В. Геофизика в археологии: методы, технологии и результаты применения. Ижевск: УИИЯЛ УрО РАН, 2004.

видны на современной дневной поверхности². Однако этот способ имеет существенный недостаток – он крайне субъективен, поскольку оценивать качества грунта приходится ориентируясь лишь на собственные ощущения, пользуясь критерием “тверже–мягче”. Градации признака тут хотя и возможны, но они сильно зависят от квалификации исследователя, а какая-либо фиксация значений сопротивления проникновению щупа в зависимости от глубины его погружения невозможна просто в принципе. Следовательно, невозможна и формализация результата для создания базы данных об исследованной площади. (“Тверже–мягче” – это качественный параметр, а на плане раскопа следует указать конкретно, на какой глубине и на сколько тверже). Кроме того, глубина зондирования здесь ограничивается физической силой конкретного индивида, и в соответствии с принятой методикой³ прощупывание не решает задачу исследования физических свойств грунтовых строительных материалов. Тем не менее, прощупывание грунта, вследствие его простоты и дешевизны можно принять в качестве **прототипа** предлагаемого метода.

Отмеченные недостатки существующих методов ставят на повестку дня вопрос о разработке простой и эффективной методики получения и интерпретации цифровых данных о физических свойствах грунтов.

Разумеется, механика грунтов является объектом исследования во многочисленных работах строительной направленности⁴. Однако строители решают свои задачи. К примеру, для выделения инженерно-геологических элементов, исследования несущей способности свай или основания под фундаментом они изучают слои грунта на глубину до двадцати метров, куда археолог, как правило, не попадает, и объектов своего интереса там не имеет. 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 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, поскольку на общий расчет прочности грунтового основания влияние свойств этого элемента ничтожно.

Кроме того, существующие способы исследования свойств грунтов в лабораториях строительных организаций⁵ во-первых, весьма затратны, а во-вторых, вряд ли могут быть конвертированы для реконструкции древних технологий и сооружений. Кроме того, строитель везет грунты в лабораторию, а не исследует на месте, исключительно 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 реконструктора может быть исправлена его коллегами в ходе научной дискуссии, а исследование в поле не намного увеличит трудоемкость раскопок, ведь труд археолога пока остается ручным.

Тем не менее, авторы полагают оправданным обратиться к использованию давно апробированных строителями принципов полевых испытаний⁶, приняв в качестве ближайшего аналога метод и устройство для динамического зондирования по ГОСТ 19912-81. Также в качестве аналога может выступить ручной пенетромтр-ударник У-1, который используется в аэродромной службе для оценки проходимости грунтовых летных полей⁷.

Описание предлагаемого метода. Строителями отмечена зависимость между тремя параметрами грунта: его составом, сопротивляемостью проникновению при зондировании и углом естественного откоса. Кроме того, такой параметр, как величина сопротивляемости дает ярко выраженные различия для глины, супеси, песка и т.п.:

² Авдусин Д.А. Полевая археология СССР. М., 1980. С. 86, 99, 117.

³ См. Авдусин Д.А. Полевая археология СССР. М., 1980.

⁴ ГОСТ 19912-81. Грунты. Метод полевого испытания динамическим зондированием.

⁵ Ельцов Ю.А. Методы определения механических свойств грунтов малогабаритными устройствами. Дисс. ... канд. техн. наук. Ижевск, 1975.

⁶ Ельцов Ю.А. Исследование грунтов на стройке и в лаборатории. Ижевск, 1979.

Ельцов Ю.А. Воздействие наконечников на грунт и определение его механических свойств. Дисс. ... д-ра техн. наук. Ижевск, 1987.

⁷ Черкасов И.И., Шварев В.В. Начала грунтоведения Луны. М.: Наука, 1971.

показатели сопротивляемости здесь отличаются в разы и перепутать различные грунты по данному признаку практически невозможно. Иными словами, если нам известен один из параметров грунта, то можно делать обоснованные предположения и о его неизвестных параметрах, а результаты зондирования, подкрепленные данными раскопок могут быть интерпретированы для всей территории памятника.

Указанные обстоятельства позволяют исследовать такие антропогенные слои грунта как насыпи (валы) и в целом культурный слой археологических памятников простейшим неразрушающим (безраскопочным) методом. Для того чтобы установить послойные параметры грунтов конкретного археологического памятника, например, слоев грунта на городище или насыпи вала, культурный слой, однажды разрезанный раскопом и изображенный в произвольной номенклатуре грунтов, зондируется штангой (с коническим наконечником). По штанге наносят стандартные удары молотом, сбрасывая его каждый раз с постоянной высоты. При этом фиксируют количество ударов, необходимых для заглубления зонда на величину 5 см. Результаты заносят в таблицу, на основании которой строят график зависимости сопротивляемости грунта от глубины погружения зонда (рис. 1)⁸. Такой график в соответствующем масштабе может быть наложен на вертикальный разрез культурного слоя для того, чтобы исследователь сразу видел характеристики сопротивляемости каждого из слоев грунта. Там, где насыпей нет, но присутствуют иные антропогенные слои (например, при раскопках поселения или могильника), прибор может быть градуирован после того, как стратиграфия археологического памятника будет выявлена с помощью шурфа.

Приведенный абстрактный пример (рис. 1) позволяет дешифровать график зондирования приблизительно так:

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

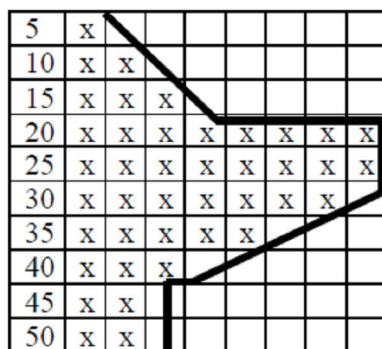


Рис. 1. Таблица и график зондирования (символ "x" означает один удар, а цифры – глубину погружения зонда)

На рис. 2 видно, что перегибы линий графика зондирования совпадают с границами слоев. Резкое увеличение сопротивления проникновению наблюдается при вхождении зонда в глину, а резкое падение сопротивления происходит, когда зонд входит в песок.

⁸ Очевидно, что при значительном погружении зонда может увеличиваться его суммарное сопротивление за счет "запирания" в скважине. Поэтому зонд имеет наконечник, диаметр которого несколько превышает диаметр погружной штанги. Таким образом, увеличенный диаметр скважины позволяет снизить влияние трения о ее стенки. Однако для глубин до полутора метров по ГОСТ 19912-81 величиной трения штанги в общем расчете следует пренебрегать. Испытанный нами зонд имел длину погружной части 1,3 м.; поэтому величина трения в скважине нами не учитывалась.

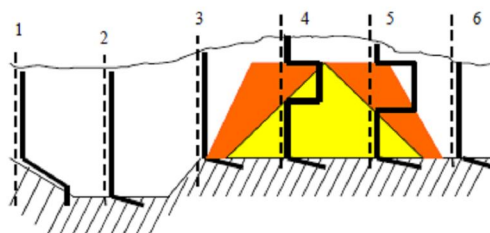


Рис. 2. Дешифровка графиков зондирования – ров и вал: вертикальными пунктирными линиями с цифрами показаны скважины зондирования, рядом с ними сплошными толстыми – графики зондирования. Резкий рост сопротивляемости грунта (на графиках зондирования линия резко отклоняется вправо) можно интерпретировать как материнскую породу. Аномалии протоколов зондирования скважин 4 и 5 могут показывать оборонительный вал, сделанный из песка, с откосами из прочного грунта

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.

Апробация метода и результаты. Полевые испытания разработанного прибора и метода проводились в сезонах 2005–2007 гг. в ряде археологических экспедиций Пермского государственного педагогического университета. Допустимость применения ударного зонда была оправдана тем, что работы производились на разрушающихся памятниках, на которых ранее была отмечена малая насыщенность культурного слоя артефактами. Обоснование метода, технические параметры применяемого устройства (динамического зонда) и обобщенные результаты, отраженные в отчетах о раскопках трех археологических памятников, были опубликованы авторами в книге⁹.

Селище Запоселье I изучалось в сезонах 2005–2007 гг. 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.

Применение динамического зондирования было обусловлено, во-первых, необходимостью выделения без трудоемкого снятия пахотного слоя наиболее перспективных участков, на которых имеются планиграфические объекты для дальнейшего увеличения площади раскопа (прирезки), а во-вторых, потребностью практической проверки метода для внедрения его в практику полевых исследований. Точки зондирования (скважины) отмечались на плане раскопа, результаты каждого зондирования заносились в протокол, и по этим результатам строились графики сопротивляемости культурного слоя в зависимости от глубины погружения зонда.

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.

Выбор начальной области исследования на раскопе был обусловлен тем, что в сезоне 2004 г. была обнаружена яма, уходившая за бровку раскопа. Тогда же данная яма предположительно была атрибутирована в качестве жилищной. Однако конфигурация ямы не была неизвестна. Стратиграфия слоев 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 количеством ударов молота, необходимых для заглубления на 5 см.

Отмеченные закономерности и данные зондирования позволили без раскопок очертить на полевом плане границы обнаруженной ранее жилищной ямы и отметить вновь обнаруженную яму. Очерчивание границ ранее обнаруженной ямы и обнаруже-

⁹ Коробейников А.В., Мингалев В.В. *Опыты динамического зондирования в археологии.* Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2006.



ние новых аномалий материкового слоя позволило сделать вывод о том, что место прирезки раскопа сделано верно, то есть в направлении распространения исследуемого планиграфического объекта.

Кроме того, было произведено зондирование за известными (установленными раскопками) границами археологического памятника. Было установлено, что на приречной террасе (между раскопом и р. Камой) начиная с удаления 25–30 м от бровки раскопа на протяжении до 100 м зонд дает отказы на глубине 50–60 см. После извлечения зонда из скважины на его конце можно было обнаружить частицы бело-желтого камня. Таким образом, логично было предположить, что здесь имеется сплошной слой подпочвенного камня, 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 позволил более точно обрисовать границу археологического памятника. Выявленное обстоятельство глубины залегания каменистого слоя в качестве маркирующего признака может быть использовано при поиске поселений в исследуемом регионе. Апробированный метод и устройство использовались Запосельским отрядом по описанному назначению и в сезонах 2006 и 2007 г. с аналогичными результатами.

В ходе раскопок сезона 2005 г. на неолитической стоянке Чашкинское озеро VI (руководитель Лычагина Е.Л.) применение динамического зондирования было обусловлено необходимостью получить точные данные о границах данного памятника и проверить пригодность метода зондирования для поиска аналогичных памятников. 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 ранее производилась методом шурфования на приречной террасе. Установлено, что многие из обнаруженных стоянок располагаются на берегах ручьев. Однако, на изучаемом памятнике водоисточника не было, и лишь в результате зондирования по резкому падению сопротивляемости грунта и на основе увлажнения шупа на глубине около 1 м был выявлен “подземный ручей” шириной 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 в целях поиска неолитических стоянок следует сделать тысячу зондирований. Эмпирически установленный норматив трудоемкости зондирования позволил прогнозировать, что бригада из двух человек может исследовать в день не менее двухсот скважин, и трудоемкость сплошного обследования одного километра террасы составит десять человеко-дней. Затем наиболее перспективные участки могут быть проверены традиционным методом шурфовки.

При исследовании могильника Пыштайн II (сезон 2006 г., руководитель Мингалев В.В.) удалось обнаружить несколько захоронений, перекрытых прослойкой плотного материкового (известкового) грунта, которые могли бы остаться найденными при использовании традиционных методов раскопок (рис. 3–7).

Избранный шаг зондирования (расстояние между скважинами) 0,5 м дал возможность фиксировать подземные объекты с размерами не менее указанной величины – именно таковыми являются жилищные и хозяйственные ямы, а также могилы. Тактика сгущения сети измерений при обнаружении скрытых западений культурного слоя путем уменьшения шага зондирования до 0,1 м также полностью оправдалась. Полученные графики зондирования позволили составить трехмерные изображения крупноразмерных объектов культурного слоя по четырем археологическим памятникам. В дальнейшем адекватность этих изображений была подтверждена раскопками.

Таким образом, было установлено, что предлагаемый способ и устройство для его осуществления дают объективную информацию о составе культурного слоя, они пригодны для безраскопной оценки структуры культурных напластований, а их широкое внедрение решает задачу снижения трудоемкости полевых исследований.

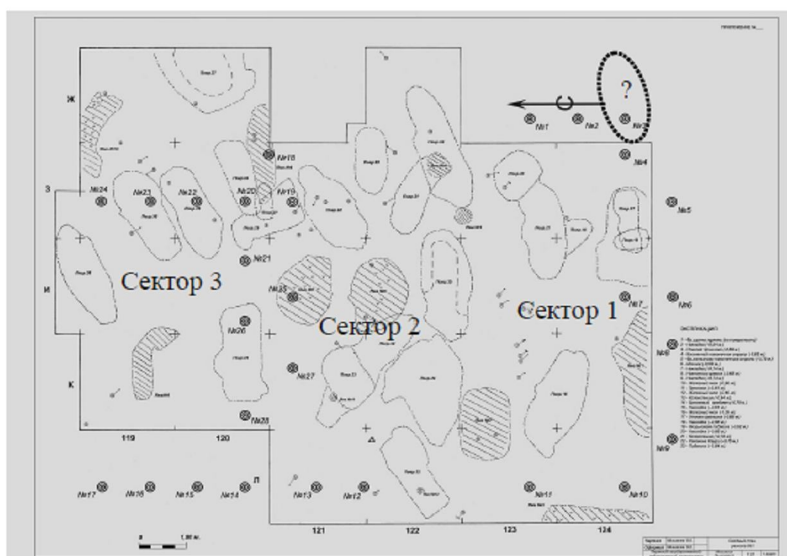


Рис. 3. Общий план раскопа могильника Пыштайн II. Концентрическими окружностями отмечены скважины, рядом проставлен их номер

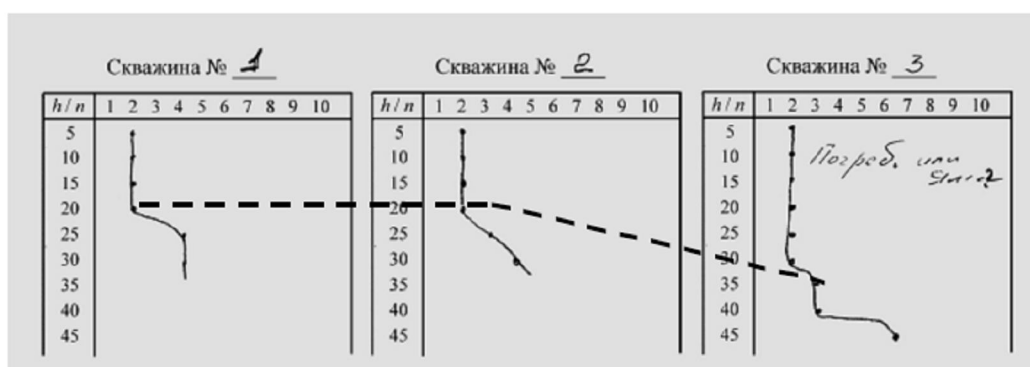


Рис. 4. Полевой протокол зондирования скважин 1–3 (горизонтальная ось – количество ударов зонда, вертикальная – заглубление, м): на скважине № 3 видно западение материкового слоя, что может свидетельствовать о наличии могильной ямы (область отмечена на рис. 3 в правом верхнем углу знаком вопроса в пунктирном овале)

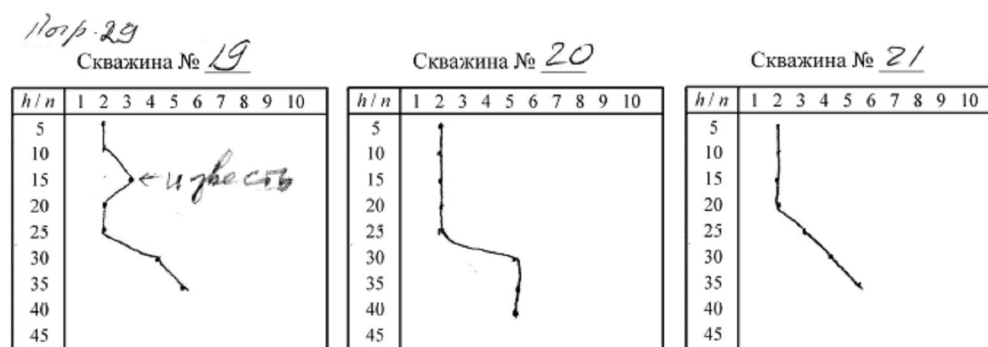


Рис. 5. Полевой протокол зондирования скважин 19–21 (горизонтальная ось – количество ударов зонда, вертикальная – заглубление, м): на скважине № 19 отмечена аномалия



Рис. 6. Стратиграфия в области скважины № 19. Стрелкой отмечен слой прочного известняка поверх костяка который был выявлен зондированием

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 слоев 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 путем 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.



Рис. 7. Погребение №29, открытое в районе скважины № 19, вид с юга. Материковый грунт с известковыми включениями вокруг и поверх костяка показан стрелками



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

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

ABOUT POSSIBILITIES OF THE DYNAMIC STACK PROBE ON ARCHEOLOGICAL EXCAVATIONS

A.V. KORBEINIKOV¹

V.V. MINGALEV²

N.W. MITIUKOV³

¹Udmurt State University

e-mail: alexeika@udm.net

²Perm State Pedagogical University

e-mail: vmingalev@yandex.ru

³Izhevsk State Technical University

e-mail: nicoo2@mail.ru

To present time the dynamical stack probe has a wide useful on various fields of national economy. Authors offered to use a dynamical stack probes for archeological pioneering. It was showed, that method can to reduce working hours of archeological excavation and to detect underground structures, that can't to be discovered by a traditional methods of research.

Key words: archeological pioneering, interdisciplinary method, dynamical stack probe, ground's mechanic, archeological excavations.