

## ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

С. А. Зацепин, А. А. Аузин

*Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 25 января 2017 г.

**Аннотация:** статья посвящена использованию георадиолокации при изучении объектов исторического и культурного наследия. Приведены примеры успешного применения георадиолокации в составе археологических исследований на территории Воронежской области. Показано, что метод, не смотря на очевидные ограничения, является, с точки зрения своих практических возможностей, одним из наиболее универсальных.

**Ключевые слова:** георадиолокационные исследования, археологические объекты.

### GPR RESEARCH AT ARCHAEOLOGICAL OBJECTS

**Abstract:** The article is devoted to the use of GPR in the study of objects of historical and cultural heritage. Examples of the successful application of GPR within the archeological excavations on the territory of Voronezh region. It is shown that the method, despite very prominent restriction is from the point of view of their practical opportunity, one of the most versatile.

**Key words:** investigations with Ground Penetrating Radar (GPR), archaeological objects.

При изучении объектов исторического и культурного наследия метод георадиолокации позволяет решить достаточно широкий круг задач, в частности:

- выявление, локализация и детальное обследование различных погребенных объектов;
- реконструкция исторической планировки несохранившихся усадеб, городищ и поселений, оборонительных сооружений и т.п.;
- обследование подземных частей исторических построек, монументов и т.п. с целью определения их состояния, планировки и конструктивных особенностей;
- поиск и обследование захоронений, определение их глубины и внутренней структуры.

В настоящее время многие археологические исследования не обходятся без георадиолокационного обследования изучаемых объектов. Это связано с тем, что по сравнению с другими геофизическими методами (электротомографией, магнитометрией и т.п.), материалы георадиолокации содержат весьма детальную информацию о внутреннем строении изучаемой среды [1–4]. Кроме того, раскопки археологических памятников обычно приводят к частичному разрушению остатков древних архитектурных конструкций, или нежелательному вскрытию современных инженерных сооружений (кабелей, трубопроводов и пр.), в то время как дистанционные геофизические методы исследования позволяют избежать подобных негативных последствий [5, 6].

Принцип георадиолокации заключается в следующем. Электромагнитные волны, излучаемые передающей антенной георадара, распространяются в подповерхностных отложениях. Если на их пути встречаются различающиеся по электромагнитным свойствам участки среды, они отражаются от этих зон в сторону антенного блока и фиксируются приёмной антенной. Глубину залегания отражающего объекта можно определить по времени прихода сигнала, с учётом скорости распространения электромагнитного излучения в конкретной среде [7]. Глубина проникновения сигнала составляет от десятков метров в сухих песчаных грунтах до первых метров в увлажнённых глинистых отложениях, а разрешающая способность метода варьирует от единиц до десятков сантиметров и метров в зависимости от контрастности свойств объекта, глубины его залегания и размеров, а также параметров сигнала.

Археологические объекты, как правило, отличаются сложным и неоднородным строением, содержат множество различных включений и неоднородностей, часто они неравномерно и прерывисто увлажнены. Все это создает на радарограмме сложную волновую картину и затрудняет интерпретацию материалов [8].

Примеры успешного применения георадиолокации в области археологии, приведенные ниже, заимствованы из результатов работ специалистов кафедры геофизики Воронежского государственного университета. При проведении исследований использовался прибор Zond - 12e, с набором разночастотных антенн.

С целью определения направления и глубины залегания подземного хода, наличие которого предполагалось на территории старинной усадьбы, расположенной в пригороде г. Воронежа, сотрудниками кафедры геофизики было проведено георадиолокационное обследование. Оно выполнялось на профилях ориентированных вкрест предполагаемому направлению подземного хода. При проведении исследований использовались экранированные антенны частотой 500 МГц и 750 МГц. Выбор рабочих частот зондирования определялся необходимостью достигнуть требуемой глубинности исследований без потери детальности изучения разреза. При этом учитывались и достаточно сложными условиями проведения исследований.

По материалам георадиолокации можно сделать заключение о том, что подземный ход направлен от тыльной стороны церкви в сторону старинной усадьбы, расположенной на берегу реки Усманка. В непосредственной близости от церкви кровля хода находится

на глубине около 0,55-0,95 м и постепенно углубляется до 1,85-2,55 м (рис. 1) по мере продвижения в сторону усадьбы.

По результатам георадиолокации на наиболее удаленном от церкви профиле в пределах глубин 0,5-1,5 м был выявлен провал грунта, который может быть связан с обрушением кровли подземного хода. Вблизи усадьбы подземный ход выявлен не был.

При обследовании проблемных участков дорожного покрытия в пределах центральной части Воронежа, в ходе интерпретации полученных материалов, были обнаружены отражения от многочисленных локальных объектов (рис. 2). Характер зарегистрированного волнового поля позволяет утверждать, что в интервале глубин 1,0-1,4 м грунты содержат большое количество достаточно крупных обломков строительных конструкций. Скорее всего, это остатки старинной брусчатой мостовой [7]. Кроме того, на радарограммах отмечаются места пересечения подземных коммуникаций, залегающих на глубинах 0,8-1,0 м.

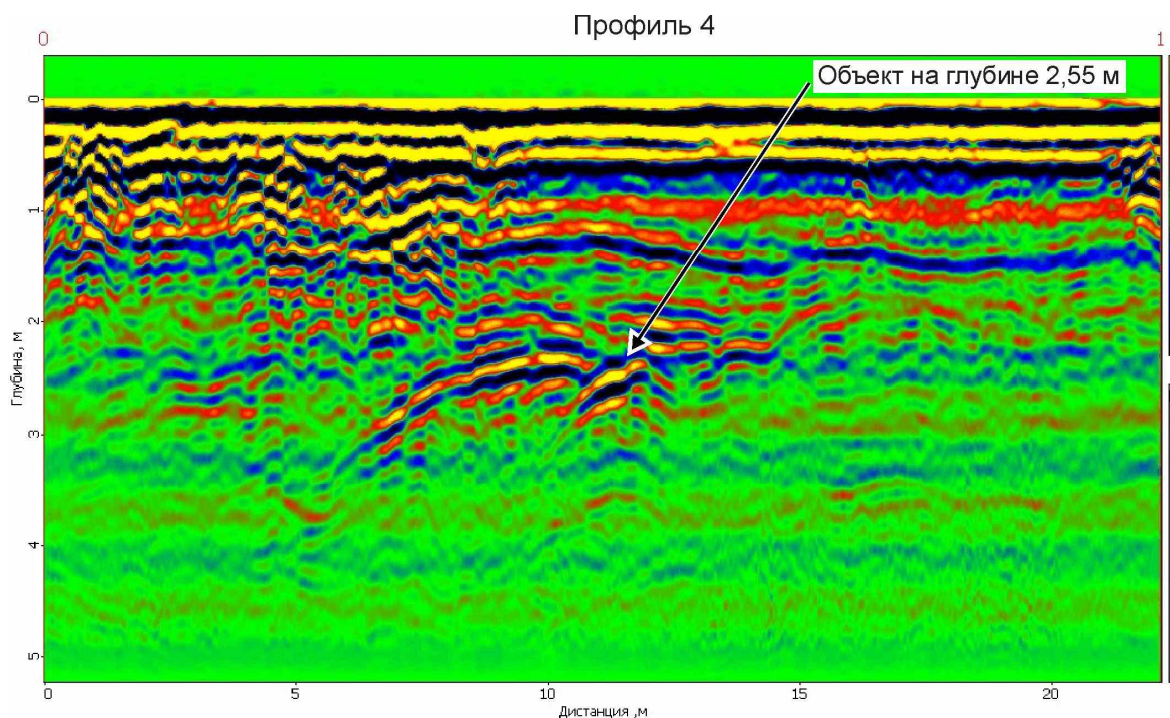


Рис. 1. Результаты георадиолокации по одному из профилей (антенна 500 МГц).

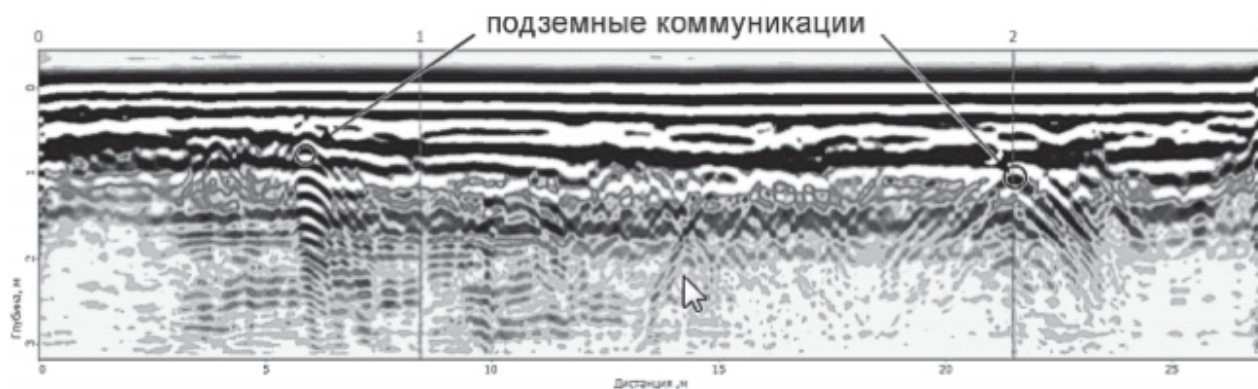


Рис. 2. Результаты георадиолокации (антенна 500 МГц).



Когда встал вопрос об археологических раскопках вблизи главного корпуса ВГУ с целью поисков следов древнего городища, потребовалось определить места наиболее целесообразного заложения археологических раскопов, которые в наименьшей степени были подвержены деструктивным воздействиям в XVII-XX веках, а также выявить объекты, осложняющие археологические изыскания, в том числе и возможно сохранившиеся боеприпасы времен Великой Отечественной войны.

С этой целью кафедрой геофизики были проведены комплексные геофизические исследования на двух площадках, предварительно предложенных к опознанию археологами Воронежского госуниверситета.

В частности были выполнены детальные георадарные исследования для определения пространственного положения техногенных объектов в верхней части насыпных грунтах и картирования их мощности [9]. Некоторые результаты георадиолокации приведены на рис. 3 и 4.

Раскопки, выполненные в последствии на участке работ, подтвердили основные выводы, сделанные по результатам геофизических работ. Нашла подтверждение стратифицированность насыпных грунтов, установленная методом георадиолокации и ВЭЗ. Большинство крупных строительных обломков и металлических предметов, проявившихся в магнитном поле и на радарограммах, были обнаружены в соответствии с результатами интерпретации.

Таким образом, технические возможности данного вида малоглубинной геофизики: высокая производительность исследований, визуализация данных в режиме реального времени, а также конструктивные особенности большинства георадаров (возможность применения экранированных антенн, ослабление помех при съемке и др.) делают георадиолокацию наиболее эффективным современным методом изучения археологических объектов. Программное обеспечение георадара позволяет интегрировать материалы съемок в различные ГИС, создавать 3D модели обследованных погребенных объектов.

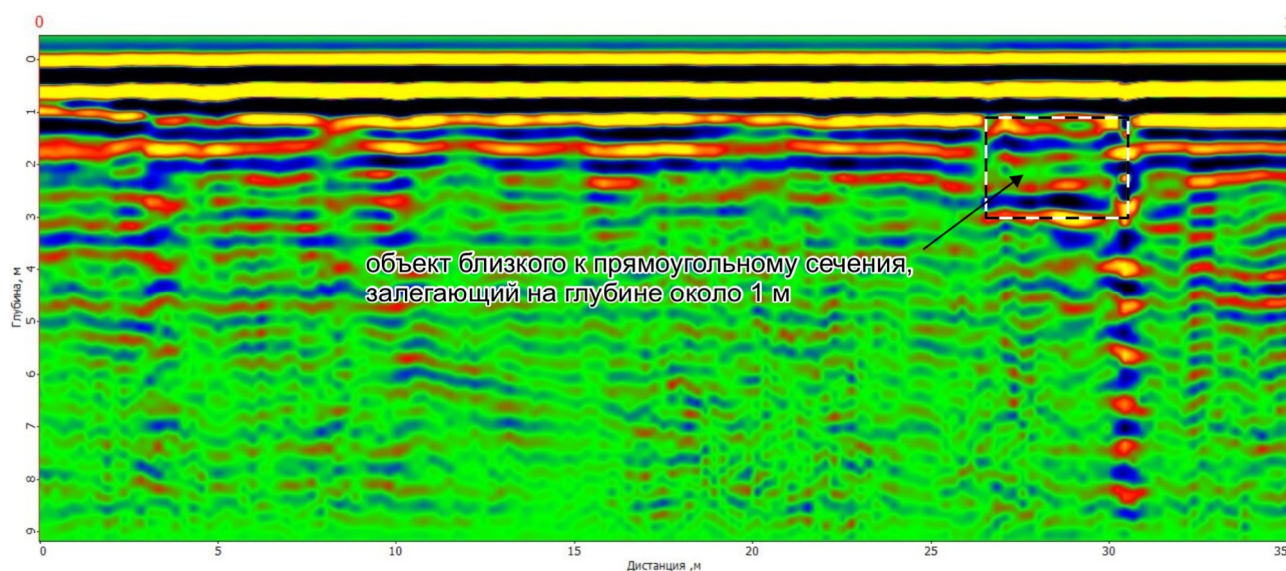


Рис. 3. Георадиолокационный разрез по профилю 6 на участке 2.

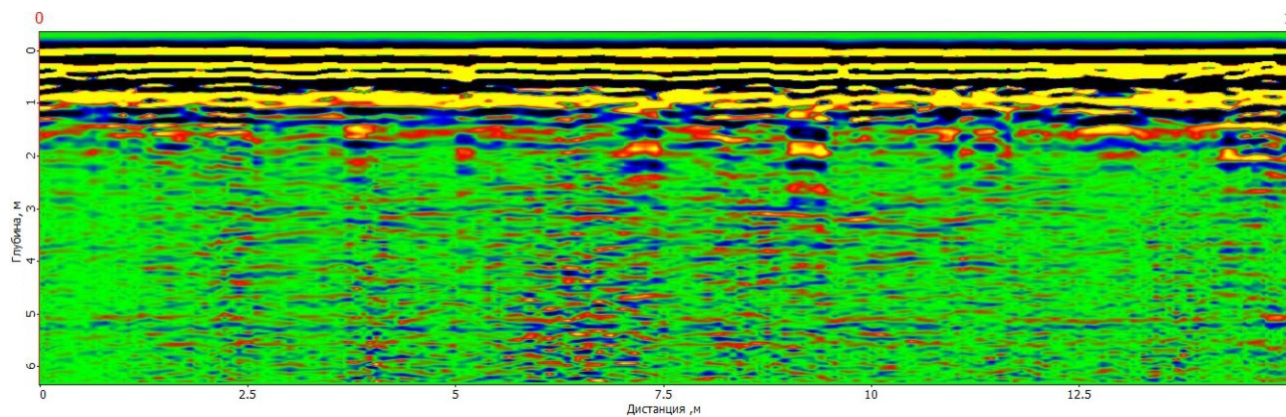


Рис. 4. Георадиолокационный разрез по профилю 10 на участке 1, где было выявлено большое количество разноразмерных обломков строительных конструкций, захороненных в насыпных грунтах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владов, М. Л. Введение в георадиолокацию / М. Л. Владов, А. В. Старовойтов. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 2004. – 153 с.
2. Изюмов, С. В. Теория и методы георадиолокации / С. В. Изюмов, С. В. Дручинин, А. С. Вознесенский. – Москва : Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2008. – 196 с.
3. Маништейн, А. К. Малоглубинная геофизика. – Новосибирск: НГУ, Геол.-геофиз. фак., 2002. – 135 с.
4. Основные задачи и подходы в отечественной инженерной геофизике / Л. А. Золотая [и др.] // Разведка и охрана недр. – 2005. – № 2. – С. 2-5.
5. Глазнев, В. Н. Геофизические методы при археологических исследованиях в условиях городской агломерации / В. Н. Глазнев [и др.] // Вопросы теории и практики геологи-

- ческой интерпретации геофизических полей: Материалы 39-й сессии Международного научного семинара им. Д. Г. Успенского. Воронеж- 2 февраля 2012. – С. 75-78.
6. Аузин, А. А. Георадиолокационное обследование проблемных участков дорожно-транспортной сети / А. А. Аузин, С. А. Зацепин // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2012. – № 2. – С. 242-246.
7. Георадиолокационные исследования на Старорязанском городище / А. А. Клочко, Д. Л. Шишков, А. В. Чернецов // Труды II (XVIII) Всерос. археол. съезда в Суздале. – М. : ИА РАН, 2008. – Т. III. – С. 270-272.
8. Kim J.-H., Yi M.-J., Son J.-S., Cho S.-J., Park S.-G. Effective 3-D GPR Survey and Its Application to the Exploration of Old Remains. – URL: [http://geoelectra.kigam.re.kr/v2/publication/file2/IGARSS\\_JHKiim.pdf](http://geoelectra.kigam.re.kr/v2/publication/file2/IGARSS_JHKiim.pdf)

*Воронежский государственный университет*

*Зацепин С. А., аспирант кафедры геофизики геологического факультета  
E-mail: chilavert@inbox.ru  
Тел.: 8-920-425-20-13*

*Аузин Андрей Альбертович, доктор технических наук, профессор кафедры геофизики геологического факультета  
E-mail: AAuzin@yandex.ru  
Тел.: 8-473-220-83-85*

*Voronezh State University*

*Zatsepin S. A., postgraduate student of the Geophysical department of the of Geological faculty  
E-mail: chilavert@inbox.ru  
Tel.: 8-920-425-20-13*

*Auzin A. A., the Doctor of Technical Science, professor of the Geophysical department of Geological faculty  
E-mail: AAuzin@yandex.ru  
Tel.: 8-473-220-83-85*