

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 550.837

Е.В. Денисова, А.П. Хмелинин

**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОРАДАРА SIR-3000
ПРИ БЕСТРАНШЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОКЛАДКИ ПОДЗЕМНЫХ
КОММУНИКАЦИЙ**

Основное преимущество использования георадара - это возможность детально исследовать геологическое строение грунтов за малый промежуток времени¹. Только с помощью георадара можно получить четкое представление о расположении подземных коммуникаций на сложных участках в городских условиях, где применение других геофизических методов невозможно из-за наличия сильных электромагнитных помех.

Георадар, в отличие от других приборов, может откартировать положение не только металлических труб и кабелей, но и пластиковых труб, железобетонных коллекторов. Геофизические работы с применением георадара при проектировании трассы при горизонтальном направленном бурении (далее ГНБ) проводятся в два этапа [1].

На первом этапе выполняются полевые работы - разметка проектируемой трассы от входного до выходного приямка. Проводится калибровка георадара на известной коммуникации, с целью определения усредненных физических свойств грунтов. Далее выполняются основные работы - георадарное обследование вдоль проектируемой трассы ГНБ по сети параллельных профилей, что позволяет картировать протяженные линейные объекты (кабеля, трубопроводы) [2-3].

На втором этапе выполняется обработка и интерпретация георадарных данных. По результатам обработки строится уточненная схема коммуникаций вдоль проектируемой трассы. На георадарных разрезах выделяются возможные локальные объекты в грунтах - валуны, выходы коренных пород, карсты, зоны увлажнения грунтов, возможно связанные с утечками из канализаций. Все эти данные используются для корректирования траектории строительства скважины, что позволит избежать непредвиденных техногенных аварий и нарушения целостности различных коммуникаций.

Для выполнения экспериментальных исследований был выбран георадар SIR-3000 (производство компании Geophysical Survey Systems Inc). На фоне существующих систем георадиолокационно-

го исследования приповерхностного слоя земли на наличие в нем неоднородностей георадар SIR-3000 обладает следующими преимуществами [4-5]:

- Возможность проведения работ в режиме «реального времени» благодаря блоку обработки и визуализации данных со встроенным 8,4" SVGA дисплеем.
- Возможность решения многих задач поиска непосредственно на месте, без использования обработки на компьютере, широкие возможности визуализации.
- Простота использования - в прибор вшиты стандартные блоки обработки для решения следующих задач: поиск коммуникаций, изучение структуры бетонных плит (выделение арматуры), 3D съемка для поиска локальных неоднородностей, геологическая съемка.
- Высокая разрешающая способность по дальности, возможность проведения исследований в широком частотном диапазоне (обеспечивается применением различных приёмо-передающих антенн).
- Специализированное программное обеспечение Radan 6.6 для профессионального решения задач георадиолокации

Экспериментальные исследования грунтового массива проводились в реальных условиях, в грунте типа суглинок с влажностью менее 10%. На глубине 35 и 60 см в приемный приямок запускалась пневмударная машина с длиной рабочего органа 55 см и диаметром 5 см. Георадар SIR-3000 располагался на поверхности Земли, приемопередающая антенна перемещалась вдоль траектории движения машины. Фотография оборудования для экспериментальных исследований представлена на рис. 1.

На рис. 2, б отчетливо видно слоистую структуру исследуемой геосреды: верхний слой (около 20 см) представляет собой суглинок с большим содержанием твердых породных включений различного диаметра; далее идет суглинок и глина (каждый слой толщиной около 20 см). Ниже представлены результаты обработки экспериментальных данных для двух типов антенн: 2600 МГц и 900 МГц.

¹ Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.»

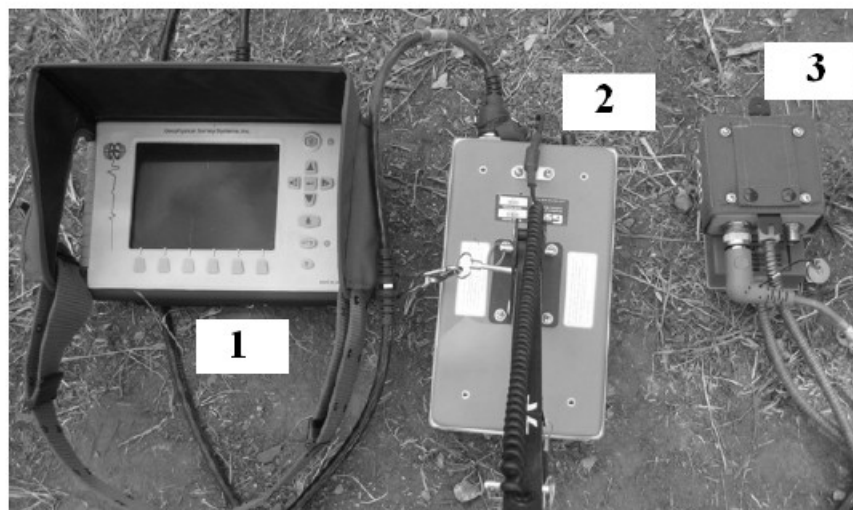
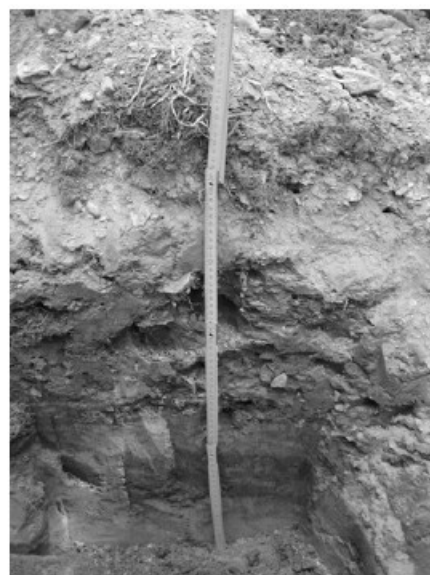


Рис. 1. Фотография оборудования для проведения эксперимента: 1 – георадар SIR-3000; 2 – антенна на 900 МГц; 3 – антенна на 2600 МГц



а)



б)

Рис. 2. Фотография расположения антенны на поверхности земли (а) и разрез исследуемой среды (б)

При наличии в грунте двух скважин сооруженных пневмопробойником на глубине 35 и 60 см (диаметр скважин 5 см). Использовалась антенна на 900 МГц (максимальная дальность до 100 см), выдержка 20 нс (выдержка соответствует времени, когда георадар излучает и принимает отраженный сигнал, то есть времени распространения зондирующего сигнала от антенны до объекта поиска и обратно, и однозначно связано с дальностью). Антенна перемещается перпендикулярно скважинам, результаты исследований представлены на рис. 3. Для повышения точности интерпретации экспериментальных данных использовалось программное обеспечение Radan 6.6.

Для улучшения наглядности полученного изображения производят увеличение контрастности изображения (с помощью команды «Усилить изображение»).

Далее корректируют начало отсчета для того, чтобы удалить со снимка область «мертвой зоны»

георадара, которая не несет полезной информации.

После этого проводят анализ обработанного изображения. При необходимости программа позволяет применять фильтры высоких и низких частот для исключения влияния помех на результаты эксперимента.

На рис. 3 отчетливо видны дифрагированные волны от обеих скважин на глубине 35 и 60 см. Также присутствуют дифрагированные волны от мелких твердых породных включений. Эффект возникновения дифрагированной электромагнитной волны, обусловленный явлением дифракции электромагнитных волн на границе раздела двух сред [6] – это важное для георадиолокационных исследований явление позволяет определить глубину залегания неоднородностей при примерно известной диэлектрической проницаемости среды.

Ниже представлены результаты эксперимен-

тов для антенны 2600 МГц (рис. 4), выдержка 20 нс, глубина до скважины 35 см, антенна движется перпендикулярно скважине.

На рис. 4,б после обработки в программе Radan 6.6 отчетливо видны дифрагированные волны (в месте нахождения скважины и от твердых породных включений). Использование антенны на 2600 МГц позволило получить более четкую картину о наличии неоднородностей в верхнем слое земли (до 40 см), но при этом уменьшилась дальность действия георадара.

С помощью георадара SIR-3000 можно обнаруживать границы раздела сред с различными электромагнитными свойствами. Объекты с резко отличающимися свойствами будут обеспечивать формирование дифрагированной волны. Причем протяженные дифрагированные волны на снимках соответствуют границам раздела естественных слоев, а значительно более короткие – имеющимся в грунте неоднородностям. Для четкого определения неоднородности в исследуемом грунте необходимо перемещать приемо-передающую антенну в плоскости перпендикулярной неоднородности. В таком случае на дисплее георадара будут формироваться последовательно несколько дифрагированных волн, когда антенна пересекает неоднородность (например, скважину или кабель).

По результатам обработки экспериментальных данных невозможно оценить, из какого материала состоит объект, и измерить его точные координаты. Можно примерно оценивать форму объекта, его протяженность и дальность до него. Для более точного определения протяженности объекта, а также для построения наглядных трёхмерных изображений георадарные исследования рекомендуется проводить с измерительным колесом. В таком случае к снимкам георадара добавляется информация о пройденном расстоянии во время георадарной съёмки. При дальнейшей обработке результатов в программе Radan 6.6 возможно построение наглядных срезов грунта с присутствующими в нем неоднородностями. Соответственно, обработка георадарных снимков с помощью Radan 6.6 позволяет существенно повысить информативность и разрешающую способность.

Выводы. В статье экспериментально исследована возможность использования георадара SIR-3000 при бестраншейных технологиях прокладки подземных коммуникаций. Результаты исследований показали возможность получать информацию о наличии в грунте не только самой машины и скважины от нее, но и о иных включениях, которые могут препятствовать сооружению подземных переходов. Использование SIR-3000 совместно с

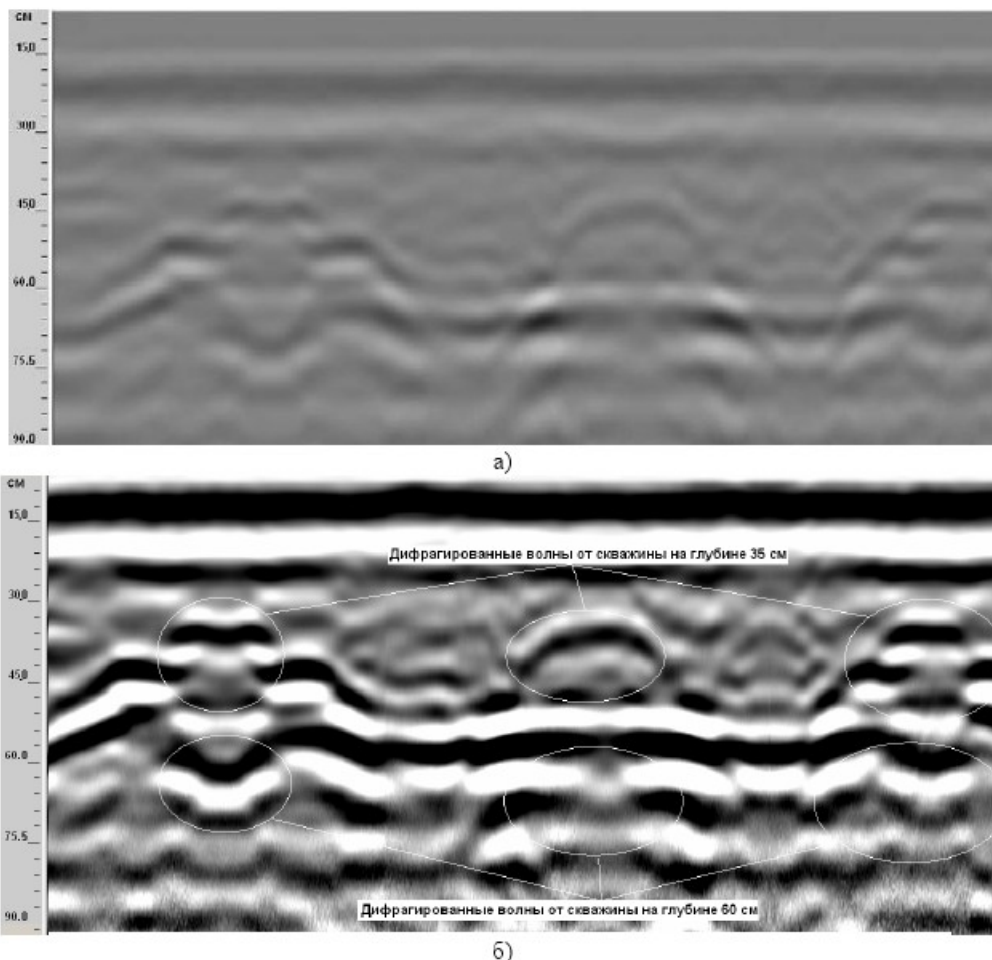


Рис. 3. Снимок георадара SIR-3000, частота приемной антенны 900 МГц, антенна расположена перпендикулярно скважинам: а) до обработки; б) после обработки в программе Radan 6.6

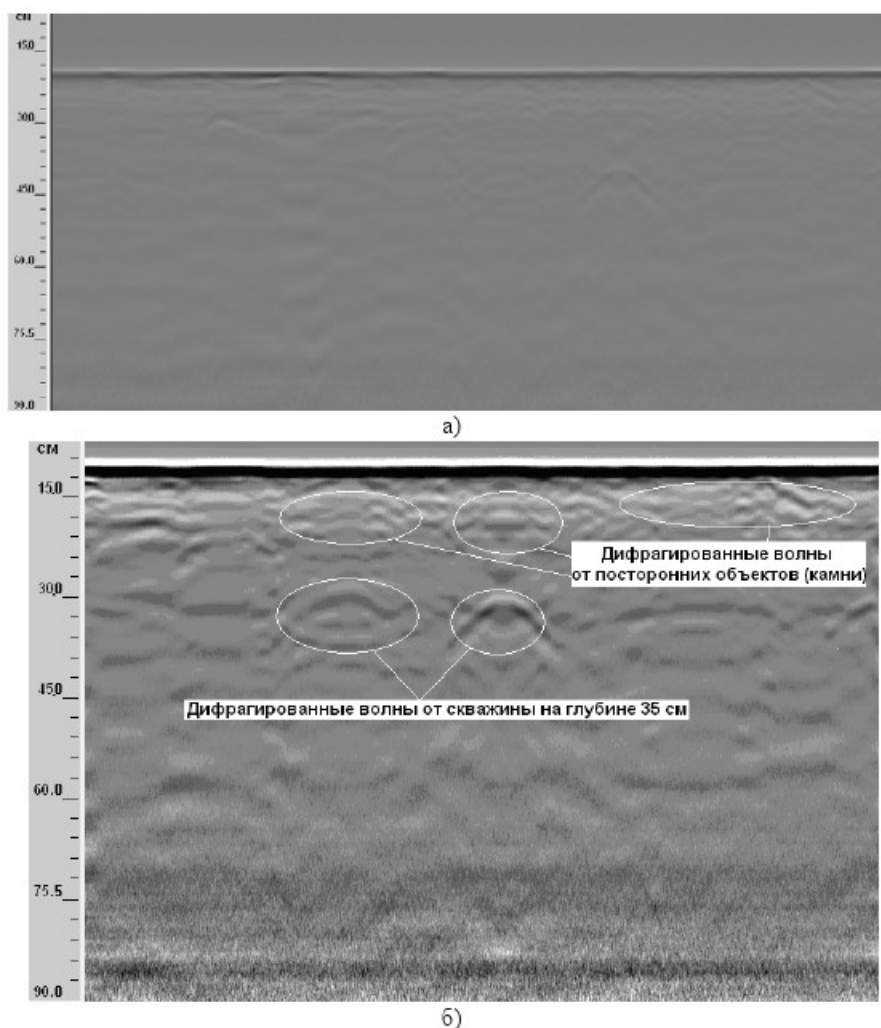


Рис. 4. Снимок георадара SIR-3000, частота приемной антенны 2600 МГц, антенна расположена перпендикулярно скважинам: а) до обработки; б) после обработки в программе Radan 6.6

системами локации для ГНБ позволило бы существенно повысить качество ведения строительных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интернет ресурс: ГЕОФИЗПРОЕКТ / <http://georadar.com.ua>
2. Опарин В.Н., Денисова Е.В. Принципы построения радиочастотных систем навигации для бестраншейных технологий прокладки подземных коммуникаций. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2011. – 132 с.
3. Рыбаков А.П. Основы бестраншейных технологий (теория и практика). – М.: ПрессБюро №1, 2005. – 304 с.
4. Владов М.Л., Старовойтов А.В. Введение в георадиолокацию. Учебное пособие. – М.: Издательство МГУ, 2004. – 153 с.
5. Вопросы подповерхностной радиолокации. Коллективная монография /Под ред. А. Ю. Гринева. — М.: Радиотехника, 2005. — 416 с.: ил.
6. Рубан А.Д., Бауков Ю.Н., Шкурятник В.Л. Горная геофизика. Электрометрические методы геоконтроля. Ч.3. Высокочастотные электромагнитные методы. – М.: МГГУ, 2002. – 147 с.

□ Авторы статьи

Денисова
Екатерина Вячеславовна,
к.т.н., старший научный сотрудник
ИГД СО РАН,
e-mail: slimthing@mail.ru

Хмелинин
Алексей Павлович,
аспирант ИГД СО РАН,
тел. (383) 217-09-52