

УДК 624.13.539.3

Кремнёв Александр Павлович, канд. техн. наук, доц.,

Поляков Алексей Николаевич, ассистент,

*Пивоварова Светлана Викторовна, студентка, Полоцкий
государственный университет, г. Новополоцк, Беларусь*

***Георадарное зондирование при обследовании грунтов оснований
стоящих и существующих зданий***

***Ground Penetrating Radar (GPR) method during examination of base
soils of existing buildings and buildings under construction***

В статье рассматривается метод георадарного зондирования грунтов оснований зданий и сооружений, позволяющий существенно повысить качество проведения инженерно-геологических изысканий особенно в условиях плотной городской застройки. Приведены области применения данного метода, его преимущества и недостатки, а также результаты георадарного зондирования на различных объектах.

In this article the application of Ground Penetrating Radar (GPR) method for the bases and the constructions of building foundations is observed, allowing essentially enhancing quality of conducting engineering-geological examinations especially in the conditions of dense urban site development. Ranges of application of the produced method, its advantage and deficiencies, and also the GPR method results on various installations are resulted.

В современной практике градостроительства все больше внимания уделяется реконструкции существующих зданий и сооружений, а также повышению плотности застройки. Увеличивается этажность существующих зданий, на не застроенных территориях возводятся дома повышенной этажности, сносятся старые постройки и строятся новые.

Опыт проведения изысканий, проектирования и строительства зданий и сооружений в условиях плотной застройки свидетельствует о важности качественного определения строения грунтов основания на этапе проведения инженерно-геологических изысканий.

Результаты инженерно-геологических изысканий во многом определяют конструктивные решения фундаментов, их стоимость, надежность и долговечность. И именно на этом этапе в проектные решения зачастую закрадываются ошибки, которые приводят к развитию повреждений надземных конструкций. При этом ошибки могут быть не только субъективными, связанные с некачественным проведением работ, но и объективного характера, обусловленные несовершенством существующих методов исследования однородности строения грунтовой толщи.

Действительно, общепринятая методика построения геологических разрезов включает в себя проходку геолого-разведочных выработок (скважин, шурфов) в определённых точках. При этом предполагается, что грунтовые условия между этими точками не изменяются. Несовершенство дискретного метода изучения континуума, которым является грунтовая среда, наиболее остро проявляется при проведении инженерно-геологических изысканий в исторических центрах больших городов с богатым историческим прошлым (Минск, Полоцк, Витебск и т.д.).

Условия проведения изыскательских работ на застроенных территориях значительно отличаются от условий свободных территорий. Они характеризуются:

- стеснённой;
- развитой сетью подземных коммуникаций;
- загрязненностью территорий (особенно промышленных предприятий);
- наличием техногенного слоя грунтов большой мощности с остатками старых фундаментов, строительного мусора и других следов деятельности человека;
- большой вероятностью обнаружения пустот, каверн, подземных ходов, заброшенных подземных коллекторов, шахт и т.п.
- возможность возникновения механической суффозии грунта при изменении гидрогеологического режима подземных вод (осушение, подтопление территорий).

Обнаружить все перечисленные признаки неоднородности грунтового основания по общепринятой технологии проведения инженерно-геологических изысканий очень сложно. Уменьшение расстояния между скважинами приводит лишь к значительному удорожанию работ, но в целом проблему не решает.

На помощь геологам в этом случае может прийти метод георадиолокационного поверхностного зондирования грунтов.

Данный метод, основан на изучении распространения сверхширокополосных (наносекундных) импульсов метрового и дециметрового диапазона электромагнитных волн и приеме сигналов, отраженных от границ раздела слоев зондируемой среды, имеющих различные электрофизические свойства. В качестве границ раздела в исследуемых средах являются контакт между сухими и влагонасыщенными грунтами (уровень грунтовых вод), контакты между породами различного литологического состава, между породой и материалом искусственного сооружения, между мерзлыми и тальми грунтами, между коренными и рыхлыми породами и т.д. [1].

Геофизический прибор, принцип действия которого основан на методе георадиолокации, называется георадаром. При помощи георадаров различных типов решается широкий спектр геотехнических, археологических, геологических, экологических, инженерно-строительных, экспертных и других задач, где есть необходимость оперативного мониторинга различной среды (грунт, железобетон, вода, лед и т.п.). Частотный диапазон зондирующих сигналов обычно лежит в пределах 25–2400 МГц.

Низкочастотное зондирование позволяет получать информацию с больших глубин, но имеют довольно низкую разрешающую способность (порядка метра), что связано с большой длиной волны зондирующего сигнала. При повышении частоты зондирования разрешающая способность возрастает, но при этом увеличивается затухание электромагнитной волны в среде, а значит и уменьшается глубина зондирования. Кроме того, со снижением частоты увеличивается зона начальной нечувствительности (т.н. мертвая зона) георадара.

Кроме того, на глубину зондирования и разрешающую способность оказывают влияние и электрофизические характеристики исследуемой среды – диэлектрическая проницаемость ϵ и электропроводность σ . Самая низкая диэлектрическая проницаемость у воздуха ($\epsilon=1$), самая высокая – у воды ($\epsilon=81$). Чем выше значение ϵ , тем меньше скорость волны в среде (то есть при фиксированном времени записи трассы реальная глубина зондирования будет меньше), но выше разрешение этих данных. Кроме того, чем больше разница диэлектрических проницаемостей на границе сред, тем более кон-

трастной она будет и тем легче её выделить при последующей обработке профиля. От электропроводности зависит степень затухания зондирующего сигнала – чем она выше, тем на меньшую глубину он проникает. Наиболее низкие значения σ у воздуха, пресной воды, льда, песчаных грунтов и скальных пород; наиболее высокие – у влажных глин.

Накопленный в мире опыт использования георадара позволяет выделить следующие основные области его применения:

- при инженерно-геологических изысканиях для построения геологических разрезов, определения положения уровня грунтовых вод, свойств различных отложений по их электрофизическим характеристикам, глубины и профиля дна рек и озёр, мощности ледового покрова и сезонного промерзания, границ распространения полезных ископаемых в карьерах, положения карстовых воронок и пус- тот и т.п.;

- для картирования трубопроводов и коммуникаций различных типов, подземных сооружений, старых фундаментов, заброшенных колодцев и т.п.;

- при обследовании конструкций для определения качества и состояния бетонных конструкций (мостов, зданий и т.д.), их армирования, скрытых коммуникаций, состояния дамб и плотин, выявления оползневых зон.

- при экологическом мониторинге среды георадары используются для оценки загрязнения почв, обнаружения утечек из нефте- и водопроводов, мест захоронения экологически опасных отходов.

- при строительстве и во время эксплуатации железнодорожных путей, автомобильных дорог и аэродромных полос для контроля качества выполнения работ и поиска скрытых дефектов.

- в археологии при помощи георадаров устанавливают места нахождения археологических объектов и границы их распространения и т.д.

Основное преимущество георадарного зондирования заключается в том, что данный метод позволяет получить непрерывный профиль исследуемой среды на значительную глубину, обнаружить неоднородности и идентифицировать их. При этом обеспечивается высокая точность локализации объектов, предметов и границ раздела геологических слоев, глубины их залегания.

В тоже время, как и любой другой метод исследований, георадарное зондирование не лишено недостатков. Во-первых, глубина зондирования и разрешение георадара сильно зависят от электрофизических свойств изучаемой среды. В средах с высокой проводимостью метод георадиолокации может быть неэффективным. Во-вторых, для обнаружения объекта или границы необходимо чтобы объект имел существенное отличие диэлектрической проницаемости от вмещающей среды. И в третьих, интерпретация георадарных данных субъективна и во многом зависит от опыта оператора.

В зависимости от области применения при георадарном зондировании используются следующие типы антенных блоков:

- незранированные – наиболее низкочастотные антенные блоки, предназначенные для работы на самых больших глубинах. При этом, из-за отсутствия экрана, очень чувствительны к внешним помехам. Их конструкция позволяет разнести в стороны приемник и передатчик, что дает возможность при работе методом общей глубинной точки получить значения диэлектрической проницаемости исследуемых сред.

- зранированные – бывают как низкочастотные (100 МГц), так и высокочастотные (2300 МГц). В их конструкции применен поглощающий экран, минимизирующий помехи через верхнюю полусферу (т.е. от вышележащих конструкций и воздушных коммуникаций). Этот тип антенных блоков применяется в условиях плотной городской застройки и внутри зданий.

- скважинные – предназначены для работы в буровых разведочных скважинах на глубинах порядка сотен метров. При одновременной работе антенных блоков в соседних скважинах можно получить результаты в виде межскважинных томограмм.

Полоцким государственным университетом в 2007 году был приобретён георадар производства фирмы Mala GeoScience AB (Швеция). Комплект состоит из блока управления ProEx, монитора управления XV11 и комплекта экранированных (100, 250, 500, 800, 1200, 1600, 2300 МГц) и незранированных (25, 50, 100, 200 МГц) антенных блоков.

Георадар был опробован на нескольких объектах:

- здание мастерских машиностроительного факультета УО «Полоцкий государственный университет». Целью исследования явля-

лись свайные фундаменты наружных стен здания. На рис. 1 представлен участок радарограммы, на котором можно определить расстояние между соседними сваями (центры свай промаркированы) и примерную глубину забивки;

– участок свайного поля на территории ОАО «Полоцк-Стекловолокно». Была поставлена задача определить места забивки свай (свайное поле было забито в 70-х годах прошлого века). На рис. 2 представлен участок профиля, на котором можно определить места забивки и количество свай. На рис. 3 представлен участок профиля вдоль двух обнаруженных свай, при этом по боковой поверхности первой сваи видна деформация слоёв грунта при её забивке;

– магазин «Рамонак» по пр. Победителей в г. Минске. Целью исследования являлась конструкция полов магазина, усиленная несколько лет назад буроинъекционными сваями. На рис. 4 представлен участок георадарного профиля, на котором видны 3 сваи усиления, а в верхней части профиля – армирование пола.

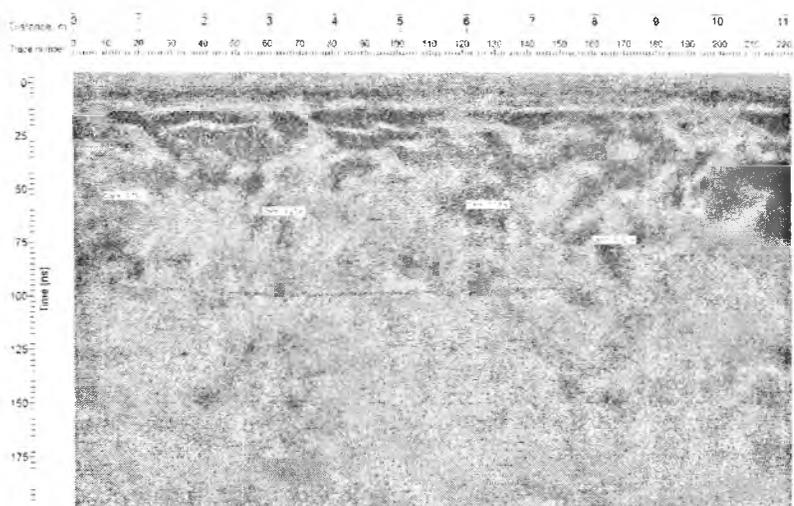


Рис. 1. Георадарный профиль вдоль стены здания мастерских УО «ПГУ»

Полученные данные позволили при принятии проектных решений по строительству и усилению фундаментов перечисленных выше сооружений принять наиболее эффективное решение, наиболее полно учитывающее фактическое строение грунтового основания и фактическое исполнение существующих фундаментов.

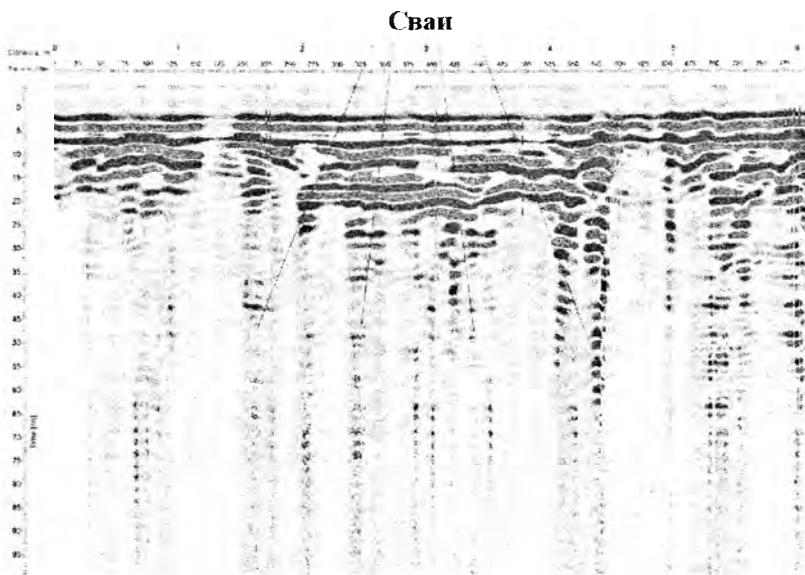


Рис. 2. Георадарный профиль на свайном поле ОАО «Полоцк-Стекловолокно»

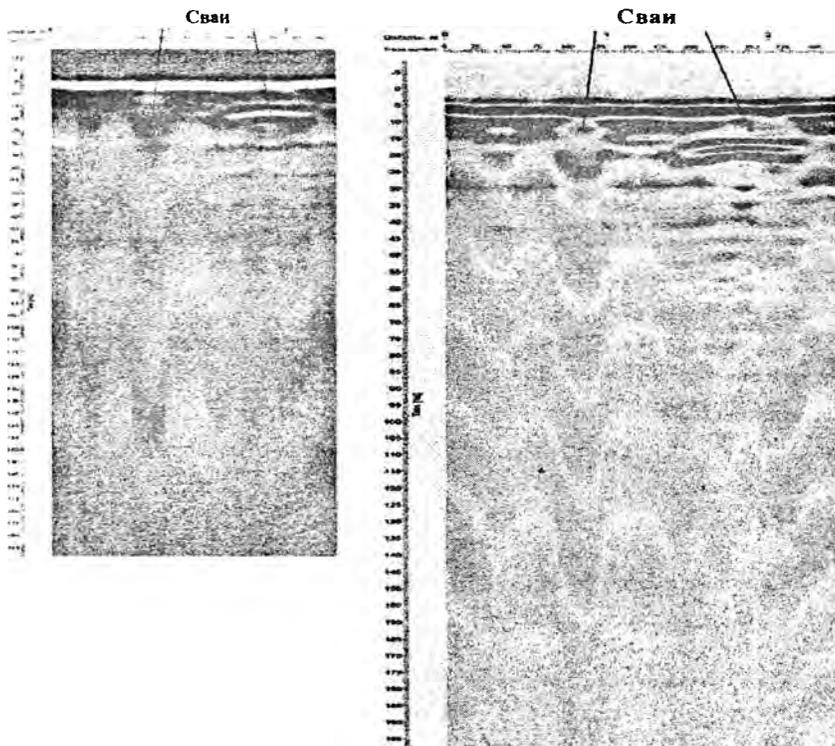


Рис. 3. Георадарный профиль на свайном поле ОАО «Полоцк-Стекловолокно»

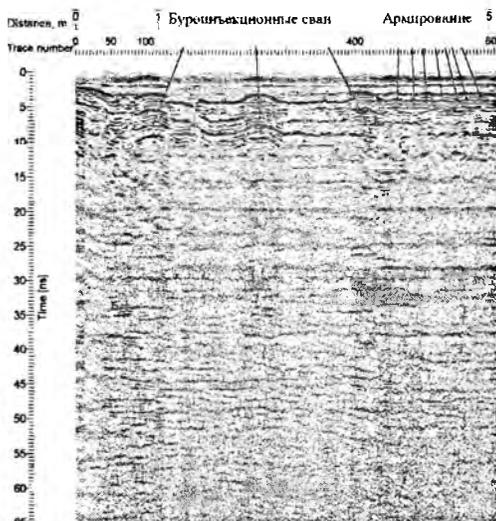


Рис. 4. Георадарный профиль в магазине «Рамонак», г. Минск

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Владов, М.Л. Введение в георадиолокацию: учебное пособие / М.Л. Владов, А.В. Старовойтов. – М.: Издательство МГУ, 2004. – М С. 7–42.