

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОРАДАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АНТРОПОГЕННОГО СЛОЯ

*ИВАНОВ Д. В., МОСКАЛЬКОВА Ю. Г., ГОМЕЛЮК И. В.*  
Белорусско-Российский университет

**Введение.** При проведении подготовительных работ при строительстве часто возникает проблема нахождения в грунте остатков искусственных сооружений (фундаменты и их части, подземные коммуникации, подвалы и т. д.). Подобные объекты обычно имеют небольшие размеры и могут находиться на разной глубине. При проведении традиционных инженерно-геологических изысканий эти объекты не всегда могут быть обнаружены [2].

Геофизические изыскания являются частью инженерно-геологических исследований. К преимуществам таких исследований можно отнести скорость исследования, низкую стоимость и неразрушающий метод определения предварительного расположения объектов искусственного происхождения, находящихся в грунте.

В данной статье рассмотрено применение геофизического метода для уточнения положения искусственных объектов в верхних слоях грунта.

**Основная часть.** При инженерно-геологических работах в условиях города не всегда возможно проведение механического бурения в достаточном объеме, т. к. возникают трудности с доставкой установки на объект. Кроме того, результаты буровых работ не позволяют получить полные данные об участке, поскольку имеют низкую дискретность, т. е. информация о грунтах основана на исследованиях, проведенных в отдельных точках, расстояние между которыми обычно превышает 20 м [3].

Изыскатели могут судить об изменении геологического строения грунтового массива между скважинами, а также об объектах, не попавших в объем буровой скважины, опираясь лишь на свой опыт. При бурении, проводимом для исследования застраиваемой территории, удастся обнаружить только те объекты, которые непосредственно попали в точку бурения.

Обычно применяемые инженерно-геологические изыскания не дают полной картины о находящихся в грунтах коммуникациях, подземных сооружениях и других объектах, особенно если о них нет предварительной информации.

Для уточнения положения грунтовых слоев между скважинами и обнаружения искусственных объектов целесообразно применять геофизические изыскания. Данные, получаемые этим методом, позволяют составить полную картину распространении геологических слоев и находящихся в грунте объектов. Геофизические исследования обладают высокой производительностью, являются неразрушающими и экологически чистыми методами и требуют незначительного количества сверхочного бурения. Комплексирование геофизических методов, например, георадарных исследований с электроразведкой, с высокочастотной сейсморазведкой, позволяет получать более достоверные и полные данные о грунтах и объектах в грунтовом массиве [4].

В рамках представленной работы были проведены георадарные исследования на правом берегу реки Днепр в г. Могилеве. Данная территория на протяжении многих веков неоднократно застраивалась и подвергалась разрушению. В начале XX века на исследуемой территории были расположены жилые кварталы, разрушенные в годы Великой Отечественной Войны. С 2015 года начато благоустройство территории, в настоящий момент ведется строительство парка. Участок исследования на данный момент представляет собой незастроенную выровненную площадку (рис. 1).



Рисунок 1. Участок проведения исследований

Методика георадарных исследований зависит от особенностей территорий и объектов, для поиска которых необходимо ее применение. Принцип работы георадара состоит в излучении сверхкорот-

кого импульса и приеме отраженного сигнала. Основным определяемым параметром среды при георадиолокационных исследованиях является диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$  [1].

Отражение электромагнитного импульса происходит на границах изменения диэлектрической проницаемости. Объекты, имеющие искусственное происхождение, резко отличаются от вмещающих пород по электромагнитным характеристикам. Они имеют резкие границы с большими углами падения, небольшие размеры, плоскую или сферическую верхнюю границу. Часто эти объекты расположены локальными группами с небольшими расстояниями между ними.

При проведении исследований был применен георадар ОКО-3 АБ-150, который имеет разрешающую способность 0,35 м в зависимости от состава грунта, а также антенный блок на 150 МГц, что позволяет проводить исследования на глубине до 12 м. Для оптимального изучения территории на участке было проложено 9 профилей, каждый длиной 20 м (общая площадь участка 380 м<sup>2</sup>).

Обработка снятых георадарных профилей проводилась посредством программного обеспечения GeoScan и CartScan. При обработке были усилены определенные частоты полученных трасс, убраны шумы с использованием метода вычитания среднего и проведена фильтрация георадарограммы линейными граничными и полосовыми фильтрами. Для расчета глубины залегания обнаруженных объектов и интерпретации полученных данных использовались табличные значения диэлектрической проницаемости грунтов.

В результате применения предложенного метода обработки полученных данных с их последующей интерпретации было установлено, что грунтовая толща в пределах исследуемого участка состоит из трех инженерно-геологических элементов.

В нижней части разреза выделяется инженерно-геологический элемент, характеризующийся однородным залеганием грунта, по параметрам диэлектрической проницаемости этот слой соответствует суглинистым или супесчаным отложениям ( $\epsilon = 5,7$ ).

Выше этой толщи с несогласием в залегании на глубине от 5–7 м располагается слой грунта с  $\epsilon = 14,3$ , который скорее всего является песчаными водонасыщенными отложениями, что объясняется близким расположением реки.

Верхняя часть разреза представлена антропогенными отложениями с  $\epsilon = 5,4$ . Этот слой содержит включения объектов искусственного происхождения, предположительно остатки старых фундаментов. На некоторых профилях в приповерхностной части прослеживаются уплотненные слои, связанные с планировкой территории.

Интерпретация георадарных профилей позволила выделить несколько искусственных объектов, находящихся в грунтовой толще. На профилях ПР-1-ПР-5 в пикетах 40–60 на глубине 1,3–1,8 м выделяется линейный объект, предположительно являющийся остатками фундамента. На ПР-1 в пикетах 10–15 явно выделяется объект, расположенный на глубине 2,2 м, отличающийся повышенными отражающими свойствами и, вероятно, имеющий металлическую природу.

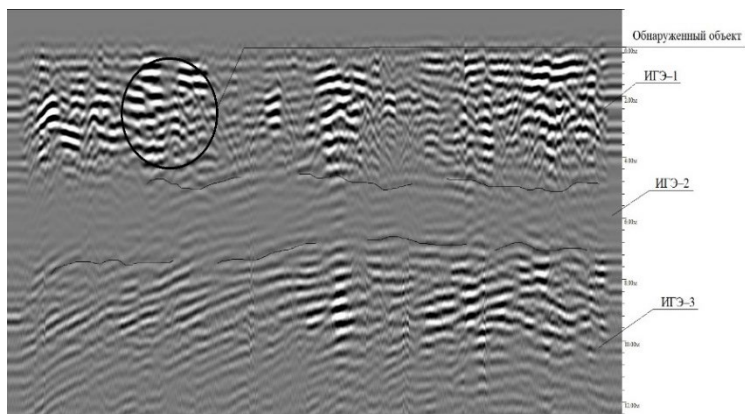


Рисунок 2. Профиль с обозначенными на нем объектами и слоями грунта

Таким образом, путем инженерно-геофизических (георадарных) исследований удалось определить границы инженерно-геологических элементов и выделить предположительные остатки фундаментов.

**Заключение.** Георадарные исследования позволили получить информацию о антропогенном слое грунта, объектах, расположенных в этом слое, а также о границах между геологическими слоями.

Применение георадарного метода позволило провести инженерно-геологические изыскания с высокой дискретностью, обнаружить объекты небольших размеров, определить их реальные размеры и

конфигурацию, в результате чего с достаточной достоверностью удалось их идентифицировать: обнаруженные неоднородности в грунте хорошо соотносятся с предполагаемыми объектами искусственного происхождения.

Точность определения положения в грунте искусственных объектов может быть достигнута только геофизическими методами. На этом основании при проведении инженерно-геологических изысканий помимо традиционных буровых работ для исследования территории перспективным представляется обязательное применение геофизических исследований. Это позволяет сократить количество буровых скважин, ускорить проведение изысканий и получить точную информацию о строении подповерхностного пространства.

#### Список использованных источников:

1. Владов, М. Л. Введение в георадиолокацию : учеб. пособие / М. Л. Владов, А. В. Старовойтов. – М.: Издательство МГУ, 2004. – 153 с.
2. Гомелюк, И. В. Георадарные исследования объектов искусственного происхождения / И. В. Гомелюк, Т. С. Самолыго // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.–техн. конф., 25 – 26 апр. 2019 г. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Белорус.-Рос. Ун-т ; редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. Ун-т, 2019. – С. 236–237.
3. Инженерные изыскания для строительства = Інжынерныя вышуканні для будаўніцтва: СН 1.02.01–2019. – Введ. 26.12.2019 (с отменой СНБ 1.02.01-96). – Минск: Министерство архитектуры и строительства республики Беларусь, 2019. – 113 с.
4. Моргунов, А. А. Инженерно-геологическое изыскание с помощью георадара / А. А. Моргунов, И. В. Гомелюк, Е. А. Шаройкина, В. В. Шаповалов // Традиции, современные проблемы и перспективы развития строительства: сб. науч. ст. / ГрГУ им. Янки Купалы ; редкол.: А. Р. Волик (гл. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2020. – С. 150 – 152.