

НУРАКЫНОВ С.М., ШИГАЕВ Д.Т., СЫДЫК Н.К.
ДТОО «Институт ионосферы», г. Алматы, Казахстан
Казахский национальный университет им. Аль-Фараби
NURAKYNOV S.M., SHIGAYEV D.T., SYDYK N.K.
SLLP "Institute of ionosphere", Almaty, Kazakhstan
Kazakh National University named after Al-Farabi,
Institute of the Ionosphere, Almaty, Kazakhstan

ГЕОРАДАРНОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛОКАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Шаар аймагындагы жергиликүү зоналар чыныгы-түзүлүш мүнөздөгүчүн тактоо үчүн георадардык каттоо

Georadar profiling to identify the structural and material characteristics of local areas of urban areas

Аннотация: В данной статье описываются методы георадиолокационного зондирования для изучения строения земляного полотна с целью определения аномальных зон и структурно-вещественных характеристик территории жилых домов микрорайона Зердели (Алгабас-6) в городе Алматы. В ходе обследования территории изложены – глубинные аномалии, изучение состояния подстилающих (коренных) грунтов и причины возникновения деформации жилых домов. Показаны принципы и режимы работы с георадаром, обработка и интерпретация полученных данных, а также, анализ результатов.

Аннотация: Бул макалада георадиолокациялык изилдөөлөрдүн методу, жер бөлүктөрүнүн түзүлүшү, аномалдык зонаны аныктоо жана Алматы шаарындагы Зердели кичи районундагы үйлөрдүн чыныгы-түзүлүш мүнөздөгүчү сүрөттөлөт. Изилдөөнүн жүрүшүндө белгиленген аймак терең аномалиясы, катмардын негизги абалы жана жашаган үйлөрдө деформация пайда болуу себептери изилденген. Алынган маалыматтардын сүрөттөлүшү жана кайра иштөөсү, ошондой эле жыйынтыктын анализи георадар менен иштөө режими жана принциптери көрсөтүлгөн.

Annotation: This article describes the methods of GPR sounding to study the structure of the roadbed to determine the anomalous zones and structural and physical characteristics of the territory of residential houses of Zerdeli micro-district (Algabas6) in the city of Almaty. In the course of the territory survey, deep-seated anomalies, the study of the state of the underlying (indigenous) soils and the causes of the deformation of residential buildings are presented. The principles and modes of work with georadrom, processing and interpretation of the data, as well as analysis of the results are shown.

Ключевые слова: Георадар; глубинные аномалии; поверхностное зондирование; деформация; неразрушающий метод.

Урунттуу сөздөр: Георадар, терең аномалия, беттик изилдөө, деформация, бузбоочу усул

Keywords: Ground-penetrating radar (GPR); deep anomalies; surface sensing; deformation; non destructive method.

Введение

Использование современных геофизических методов с совместным использованием данных инженерно-геологических работ позволяет эффективно изучить верхние литологические слои земной поверхности, здания и сооружения.

Метод георадиолокации основан на изучении высокочастотных электромагнитных волн (частоты от десятков МГц до единиц ГГц). Излучаемый импульс, распространяясь в обследуемой среде или объекте, отражается от границ, которые имеют разные электрические свойства - электропроводность и диэлектрическая проницаемость. Отраженный сигнал принимается приемной антенной, усиливается, преобразуется в цифровой вид и записывается [1]. Георадиолокационные исследования широко распространены в строительных и инженерно-геологических фирмах большинства развитых стран, таких как США, Канада, Швеция, Корея, Россия и др.

Комплектация георадара состоит из антенного блока, состоящий из приемной и передающей антенны, блока управления (БУ) и устройства отображения, в качестве которого используются ноутбук или блок обработки (БО). Для точной пространственной привязки профилей используются GPS-модули и датчики перемещения.

Область применения георадаров довольно широкая, по этому поводу определения правильных целей и задач обследования немаловажно. Касательно обследования, при эксплуатации жилого комплекса возникают вопросы, связанные с изучением строения земляного полотна и оценка его состояния. В данном случае георадары рекомендуется применять для решения следующих задач:

- 1) проверка толщины конструктивных слоев и толщины слоев грунта земляного полотна, а также оценка однородности;
- 2) оценка качества уплотнения и влажности грунтов земляного полотна;
- 3) исследование несущей конструкции основания здания и стен;
- 4) определение глубины залегания уровня грунтовых вод для оценки эффективности работы дренажных устройств;
- 5) определение мощности слабых грунтов, подстилающих земляное полотно и выявление дефектов в грунтах земляного полотна (пустоты, зоны разуплотненных грунтов и инфильтрации воды, зоны переувлажненных грунтов, и т.д.) в процессе эксплуатации [2].

Метод исследования

Изучение толщины конструктивных слоев и толщины слоев грунта земляного полотна методом георадиолокационного зондирования проводится в два этапа. Этап первый, заключается в определении литологического состава грунта, толщины и положения уровня грунтовых вод, для чего, как правило, используются данные бурения. Однако, даже при наличии скважин на профиле, возникает ряд проблем, одной из которых является определение скоростей распространения электромагнитных волн, необходимых для пересчета из временного в глубинный масштаб. Этап второй, исследование несущей конструкции основания здания и стен.

Определение скоростей распространения электромагнитных волн в этом случае выполнялось методом подбора. Метод подбора основывается на экспериментальных данных, полученных в лабораторных условиях. Скорость распространения электромагнитной волны в излучаемую среду равна формуле:

$$V = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}} \quad (1)$$

где, c – скорость распространения электромагнитной волны в вакууме (скорость света). – диэлектрическая проницаемость среды.

В георадиолокации принято измерять скорость распространения электромагнитной волны в см/нс (сантиметры в наносекунду, $1 \text{ нс} = 10^{-9} \text{ с}$). Таким образом, формула для расчета скорости распространения электромагнитной волны выглядит следующим образом:

$$V = \frac{30}{\sqrt{\epsilon}} \quad (2)$$

Привязка диэлектрической проницаемости по распространению электромагнитных волн и по данным скважин показана на рис 1.

Основные электрические характеристики почв и пород приведены в таблице 1.

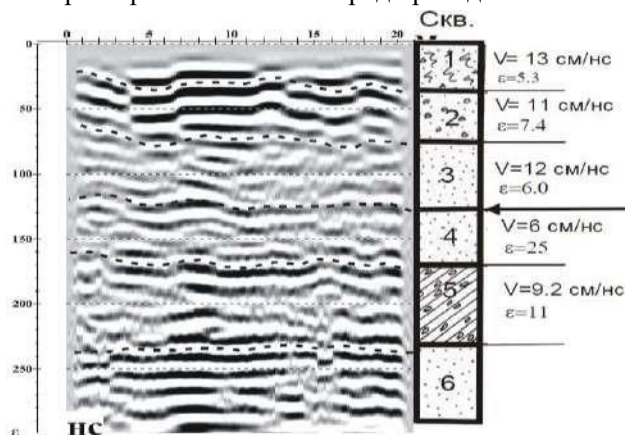


Рисунок 1 – Привязка распространения электромагнитных волн и по данным скважин
(Разрез скважины: 1 – техногенные грунты; 2 – пески гравелистые; 3 – пески мелкие; 4 – пески мелкие влажные; 5 – суглинки с гравием, тугопластичные; 6 – пески мелкие влажные)

Таблица 1 – Основные электрические характеристики почв и пород

Тип	Влажность		Затухание, Г [дБ/м]	Затухание, [разы/м]	Скорость V _ф [см/нс]	Задержка отраж. сигнала,[нс/м]
Пески разно- зернистые	0	3,2	0,05	1	17	12
	4	5	1,8	1,2	13	15
	8	7	3,5	1,5	11	18
	12	11	5,3	1,8	9	22
	16	15	6,5	2,1	8	26
Суглинок серый	0	3,2	0,1	1,01	17	12
	5	4,8	9,9	3,1	14	15
	10	7,0	15,5	6,0	11	18
	20	14,7	26	20	8	26
Суглинок каштановый	0	3,2	0,1	1,01	17	12
	5	4,0	3,2	1,4	15	13
	10	6,5	4,6	1,7	12	17
	20	10	10,8	3,5	10	21
Глина	0	2,4	0,3	1,04	19	10
	4	5,4	23	14,1	13	16
	8	8	27	22,4	11	19
	12	12	40	100	9	23
	16	18,6	53	447	7	29

Интерпретация результатов начинается с первичного анализа данных, во время которого идентифицируются полезные и «неполезные» волны. Следующим этапом является интерпретация полученных данных, которая направлена на выявление конкретных объектов или выделения границ литологических слоев. На основе полученной предварительной информации исследуемой среды определяется состав и электрические свойства слоев. Заключительным этапом интерпретации результатов является выделение толщины конструктивных слоев земной поверхности с привязкой по длине и по глубине и выявить месторасположения аномальных зон.

Основная цель интерпретации георадиолокационных данных – это получение максимально полной информации о строении и свойствах исследуемого объекта в виде георадарограмм.

Результаты исследования

В качестве исследуемой территории был выбран микрорайон Зердели города Алматы. В июне 2016 года жителей дома №136 эвакуировали по причине того, что дом накренился и считался аварийным. По словам жильцов, во время обильных осадков затапливало подвал дома. Был проведен ряд инженерно-геологических исследований и приняты меры пресечения дальнейшей деформации со стороны властей. Но, жалобы от жильцов не остановились, и

было принято решение провести изучение методом георадиолокации в рамках научного проекта.

Для решения поставленных задач получены первичные георадарные данные профилирования с использованием георадарных антенн АБ-400, АБД и АБ-90, с глубиной зондирования от 5 до 25 метров на локальных участках городских территорий в микрорайоне Зердели (рисунок 2).

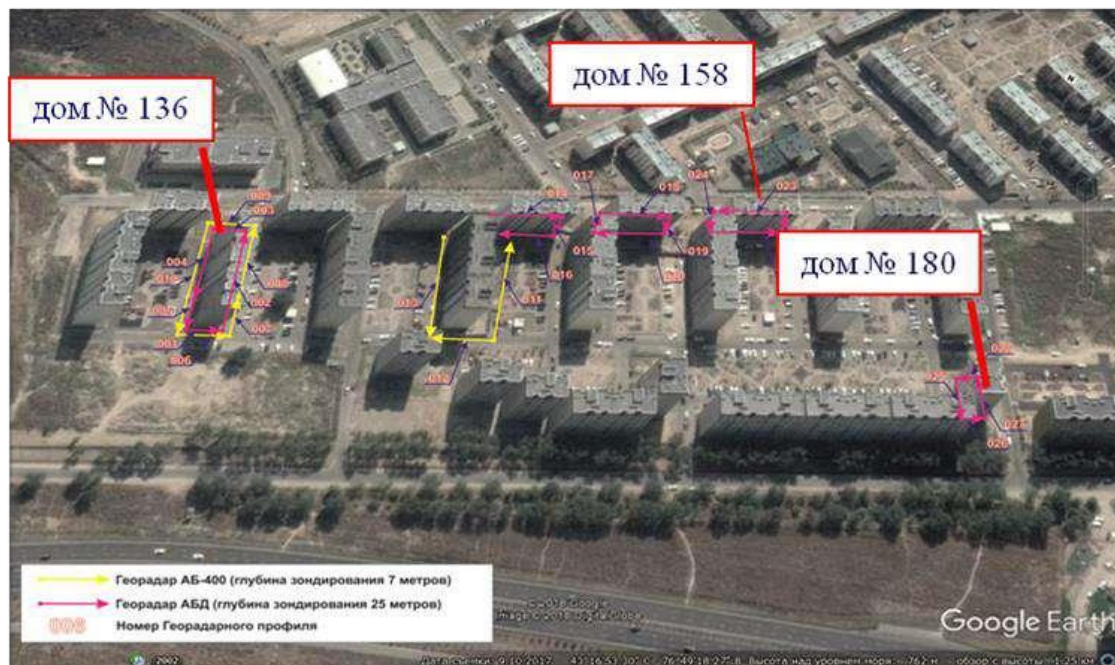


Рисунок 2 – Маршруты движения георадаров в микрорайоне Зердели

В результате интерпретации георадарного профиля были выделены следующие слои (рисунок 3):

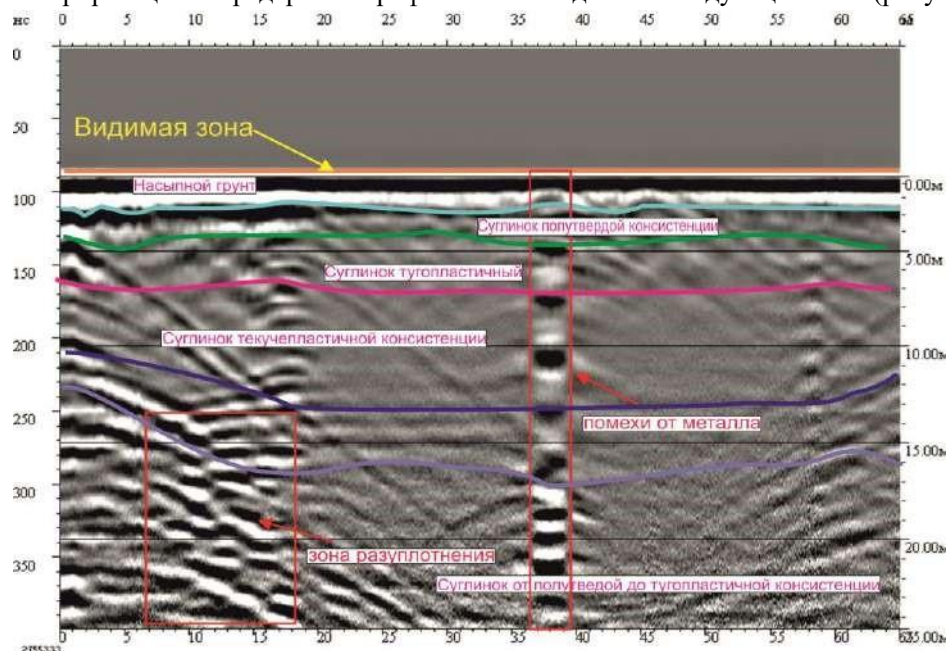


Рисунок 3 – Георадарный профиль №010 вдоль дома № 136

Первый слой (голубая граница) – насыпной грунт, диэлектрическая проницаемость, рассчитанная в соответствии с вышесказанным, равна 3.2, что соответствует данным породам с высокой диэлектрической проницаемостью, мощность слоя глубиной до 2 м.

Второй слой (зеленая граница) – суглинок полутвердой консистенции, диэлектрическая проницаемость равна 4,8, мощность слоя глубиной до 5 м.

Третий слой (роговая граница) – суглинок тугопластичный, диэлектрическая проницаемость равна 6,5, мощность слоя глубиной 6-7 м.

Четвертый слой (фиолетовая граница) – суглинок от текучепластичной консистенции, диэлектрическая проницаемость равна 10, мощность слоя глубиной от 11м перетекает в глубину 13 метров и в конечной глубине на 11,5 м.

Пятый слой (светло фиолетовая граница) – суглинок от полутвердого до тугопластичной консистенции, диэлектрическая проницаемость равна от 11 и выше, мощность слоя глубиной от 13 м перетекает в глубину 16,5 м и в конечной глубине на 15 м.

Область зоны разуплотнения, также, аномальная зона (выделено красным квадратом) говорит о высокой диэлектрической проницаемости, которая составляет 180 и выше. Это свидетельствует о том, что данный участок разуплотнен и может послужить причиной возникновения трещин и деформаций здания.

Кроме того, для детального изучения причин возникновения деформации жилых домов в микрорайоне Зердели были проведены георадарные профилирование в подвале жилого комплекса (рисунок 4).

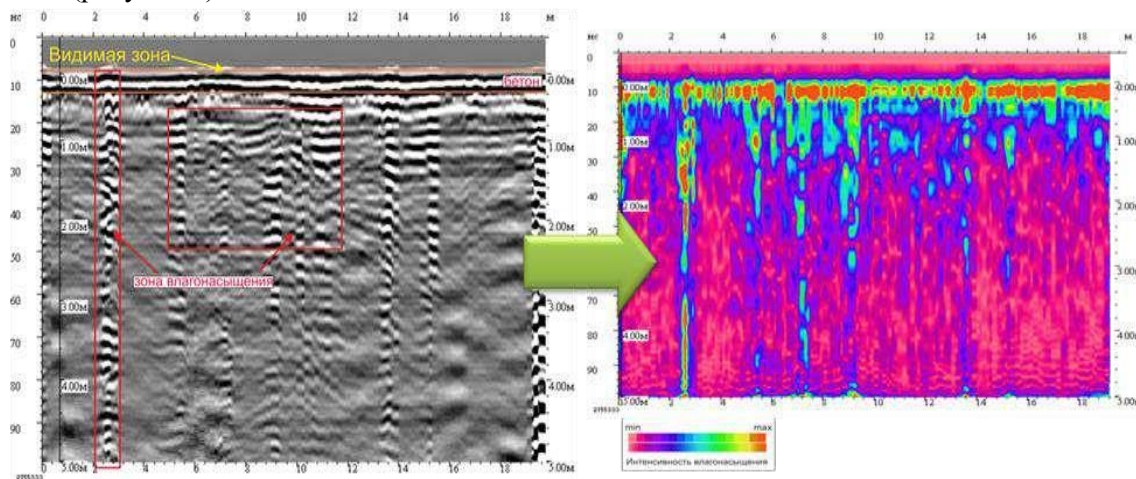


Рисунок 4 – Георадарный профиль подвального помещения жилого дома

В результате оценки основания фундамента в подвале дома с помощью георадарного зондирования антенной АБ-400 выявились несколько аномальных зон в виде высокого влагонасыщения, что подтверждается постоянным скоплением воды в подвале от канализационной системы. Интенсивность влагонасыщения разуплотненной среды показана на рисунке 4 от минимума (розового) к максимуму (красного).

Обсуждение результатов

Таким образом, данные структурно-вещественных характеристик литологического строения верхней части разреза земляного полотна с использованием георадарных технологии дали нам возможность сравнить с инженерно-гелогическими данными предоставленными компанией ТОО «КазГИИС» (рисунок 5) и выявить корреляционную связь между ними. Помимо, этого удалось зафиксировать аномальную зону, что предположительно является причиной возникновения деформации здания.

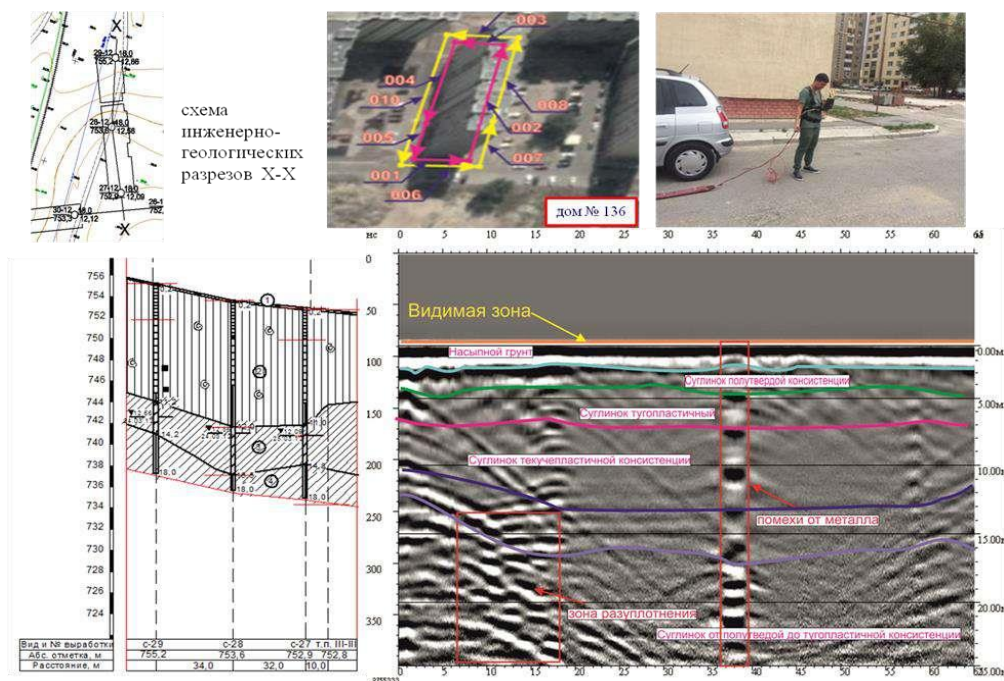


Рисунок 5– Сопоставительный анализ георадарного профиля №010 с геологическим разрезом XX

По сравнению с геологическими данными, георадарные исследования дают нам более ясную картину подошвы здания и протекающими в них процессами с высокой производительностью и высокой разрешающей способностью, как в плане, так и по глубине, требуя гораздо меньше финансовых и временных затрат.

Выводы

Получение георадиолокационных данных – дает нам максимально полную информацию о строении и свойствах объекта исследования, выраженную в виде геологических разрезов поверхностного слоя земли. Георадарные технологии в социально-экономическом понимании, позволяют существенно понизить строительные и эксплуатационные расходы, в то же время значительно повышается оперативность работы за счет увеличения достоверности исходной информации. Раннее обнаружение аномальных зон позволяют избежать чрезвычайные последствия.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательского проекта «Наземно-космический мониторинг техногенных процессов на урбанизированных территориях и оценка состояния крупных технических объектов» при финансовой поддержке «АКК МЦРОАП РК».

Список цитируемых источников

1. Исследование состояния автомобильных и железных дорог с использованием георадара «ОКО-2»// Жантаев Ж.Ш., Бибосинов А.Ж., Шигаев Д.Т., Кайранбаева А.Б.–Алматы, 2015. –79 с.
2. Кулужников А.М. Георадарные технологии в проектах автомобильных дорог// Дороги России XXIвека. – 2003, №4. –С.70-72 З. Изюмов С.В., Дручинин С.В., Вознесенский А.С. Теория и методы георадиолокации. –М.: Горная книга, 2008, –С. 30-88

Рецензенты: Гриценко В. Ф.–кандидат физико-математических наук, профессор