

УДК 550.837.76 (470.21)

ПРИМЕРЫ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.Ю. Демахин¹, Д.В. Запорожец², А.Ю. Дьяков³

¹инженер, e-mail: demahin@goi.kolasc.net.ru

²ведущий инженер, e-mail: zaporojec@goi.kolasc.net.ru

³научный сотрудник, e-mail: dyakov@goi.kolasc.net.ru

^{1,2,3}Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты, Россия

Аннотация: Данная статья содержит примеры георадарного исследования под-поверхностных сооружений и объектов. Проведенные исследования показали, что георадарные определения для целей подконтурного зондирования объектов являются современным и информативным средством неразрушающих измерений, позволяющим получать результаты в режиме реального времени. Георадарные определения информативны как для естественных грунтовых и породных массивов, так и для искусственных грунтовых сооружений, дамб, плотин, оснований (фундаментов) и позволяют осуществлять оценку исходного (первоначального) состояния и структуры, а также мониторинг развития деформационных процессов, развитие трещиноватости, изменения структуры и т.п. природно-технических систем.

Ключевые слова: георадарные технологии, подземные объекты, подповерхностное зондирование, изучение структуры.

EXAMPLES OF GEORADAR SURVEYS OF CONDITION SUBSURFACE OBJECTS

Andrei Demahin¹, Dmitry Zaporozhets², Andrei Dyakov³

¹Engineer, e-mail: demahin@goi.kolasc.net.ru

²Leading engineer, e-mail: zaporojec@goi.kolasc.net.ru

³Scientific Researcher, e-mail: dyakov@goi.kolasc.net.ru

^{1,2,3}Mining Institute KSC RAS, Apatity, Russia

Abstract. This article contains examples of a Georadar research of subsurface constructions and objects. The conducted researches have shown Georadar definitions for subplanimetric sounding of objects are the modern and informative means of nondestructive measurements allowing to receive results in real time. Georadar definitions are informative as for natural soil and pedigree massifs, and for artificial soil constructions, dams, dams, the bases (bases) and allow to carry out an assessment of an initial state and structure, and also monitoring of development of deformation processes, development of a jointing, change of structure, etc. of natural and technical systems.

Keywords: Georadar technologies, underground objects, subsurface sounding, structure studying.



Введение. Георадиолокация – так сейчас называют радиолокацию подземных или подповерхностных объектов – возникла из обычной радиолокации самолетов, кораблей, поверхности земли, моря и т.д., окруженных воздушным пространством.

Сама идея «посмотреть» под землю, как неоднократно упоминали разработчики радиолокационной техники 50-х годов прошлого века, приходила в голову многим. Но попытки направить антенну радиолокатора в землю, ни чем не заканчивались – сигналы из-под земли не регистрировались.

Первое зафиксированное радиоотражение от подповерхностных структур было получено случайно на ледовом аэродроме в Антарктиде А. Уэйтом в 1957 г. Он обратил внимание на то, что радиовысотомер показывал высоту 900 футов еще до момента отрыва самолета от взлетной полосы. Оказалось, что радиовысотомер, который представлял собой импульсный радиолокатор, фиксировал отражение от нижней границы ледника.

Это послужило началом исследований вопроса об использовании радиолокации в геофизике. Вскоре было выяснено, что применение стандартных радиолокаторов возможно только в очень ограниченном количестве случаев, когда затухание радиоволн в среде мало, например, для льда, сухих песчаников, каменной соли. Для подавляющего большинства земных пород затухание радиоволн очень велико и отраженные от самых близких объектов сигналы затухают столь быстро, что накладываются на зондирующий импульс, который к этому моменту еще не успел закончиться. По этой причине они не могут быть зарегистрированы [1].

Обычная радиолокация воздушных целей использует в качестве зондирующих импульсов радиоимпульсы, которые имеют несущую частоту и модулированы тем или иным способом. В георадиолокации подобный тип сигналов не может быть использован по причине сильного затухания радиоволн в подстилающей поверхности. Пространственный размер радиоимпульсов в обычных локаторах составляет единицы – сотни метров, а это максимальная глубина зондирования георадаров, обусловленная затуханием. Здесь не приходится говорить о временном разрешении объектов, поскольку отраженные от подземных объектов сигналы затухают раньше, чем успеет закончиться зондирующий импульс [2].

Выход из положения был найден тогда, когда вместо обычного радиолокационного импульса с высокочастотным заполнением, стали применять импульс без несущей, который представляет собой одно или несколько колебаний тока в антенне и имеет относительную полосу спектра, близкую к единице. Такой сверхширокополосный моноимпульсный сигнал



обладает наилучшими характеристиками для подповерхностного радиолокатора, поскольку обеспечивает одновременно максимальную глубину зондирования и максимальное разрешение. Его можно рассматривать как предельный случай трансформации обычного радиосигнала, когда мы начинаем уменьшать частоту несущей, чтобы увеличить глубину, и иметь максимальное разрешение [1].

Возможности георадиолокационного зондирования окончательно еще не изучены, однако, уже имеющиеся результаты позволяют говорить о широком спектре решаемых задач в инженерной геологии, промышленном строительстве, строительной экспертизе и др.

Некоторые примеры практического применения георадарных технологий помогут получить представление о потенциале георадиолокационного метода изучения подповерхностной структуры геотехнических объектов, как составных частей природно-технической системы.

Цель работы: освещение некоторых аспектов георадиолокации природных сред и представление примеров использования георадарных технологий для решения прикладных задач гражданского и промышленного строительства, мониторинга состояния геотехнических объектов в процессе их эксплуатации.

Материалы и результаты исследований.

Определение местоположения и трассирование подземных инженерных коммуникаций. Проведено георадиолокационное обследование с целью поиска инженерных коммуникаций (рис. 1). С определённой достоверностью, было выявлено месторасположение и глубина залегания труб, силовых кабелей [3].

Георадарное обследование заглубленного бетонного фундамента. Целью работы являлось определение геометрических размеров одного основания стойки под кран (рис.2).

Геометрические параметры подземного фундамента обследованной стойки крана на котельной, определенные георадарными измерениями, составляют: длина 5,0 м, ширина 2,0 м, мощность (толщина) 3,0 м. Верхняя часть фундамента располагается на глубине 3 м от дневной поверхности.

Георадарное обследование водных объектов. Георадарное обследование на озере Имандра с целью определения толщины ледового покрова, и мощности слоя илстых отложений (рис. 3).

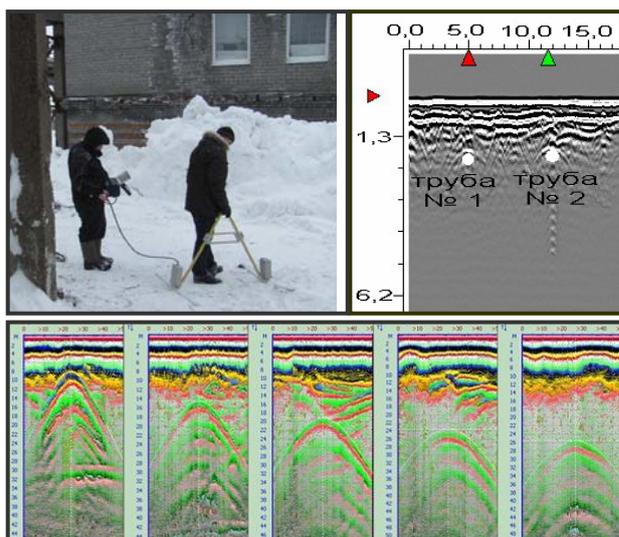


Рисунок 1 - Георадарная съемка и результаты обследования инженерных коммуникаций

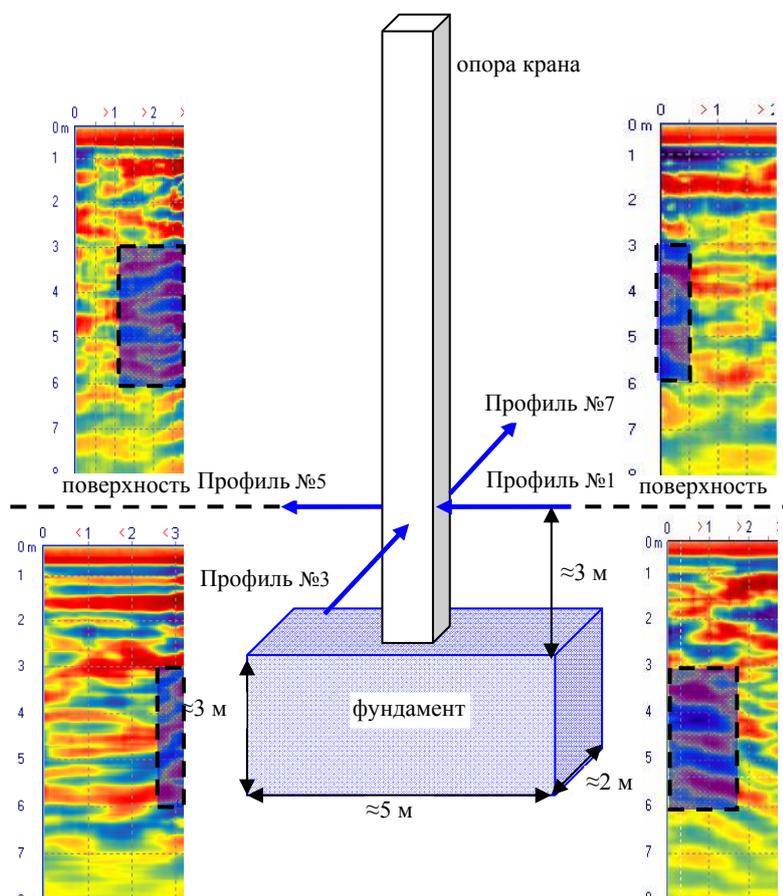


Рисунок 2 - Схема профилирования и результаты георадарного обследования заглубленного бетонного фундамента стойки крана

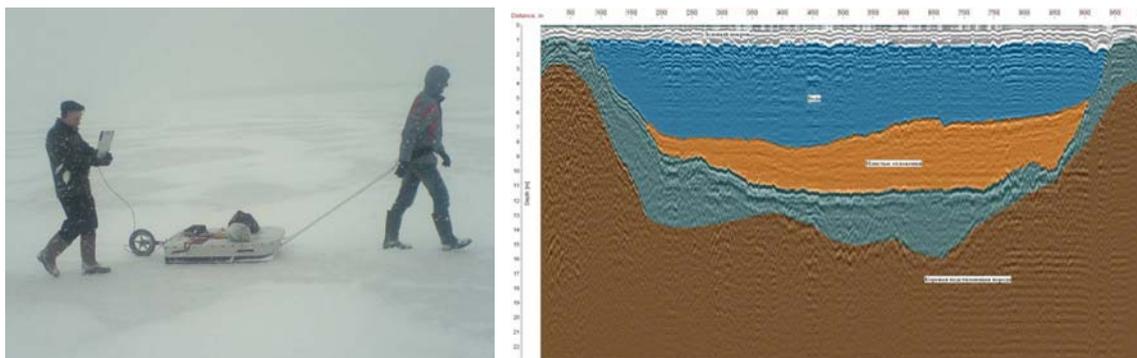


Рисунок 3 - Георадарная съемка и результаты обследования озера Имандра

Анализ полученных результатов позволяет выявить следующие особенности: толщина ледового покрова составляет около 1.5 м; на границе илистых отложений с водой отмечается резкая смена волновой картины, что дает возможность четко определить глубину водоема на исследованном участке, которая составляет порядка 6-8 м; подошва илов идентифицирована по интенсивным осям синфазности более сложной формы по сравнению с донным отражением и поэтому уверенно выделяется; коренные отложения отличаются от современных илов на радарограмме характером осей синфазности; глубина залегания коренных пород составляет от 2-3 м у берега, до 14-16 м при удалении от береговой черты [3].

Георадарное обследование линейно протяженных объектов. Основными целями работы являлось: выявление особенностей состояния структуры и фильтрационно-деформационных процессов в теле дамбы, мониторинг динамики их изменения (рис. 4).

Анализ результатов режимных георадарных зондирований дамбы показывает, что дамба находится в целом в устойчивом состоянии. Уровень воды в теле дамбы по данным георадиолокации существенно повышается в зимний период. Выполнены анализ и обобщение полученных результатов комплексных работ, на основе чего сформулированы рекомендации по мероприятиям для обеспечения устойчивости и необходимого функционирования дамб.

Георадарное исследование подповерхностной структуры скальных массивов. В Ковдорском районе был проведен ряд георадарных исследований в карьере «Железный» Ковдорского ГОКа. В результате исследований установлена зональность состояния пород в окрестности карьерной выемки, а также различные по размеру и характеру простираения дислокации.

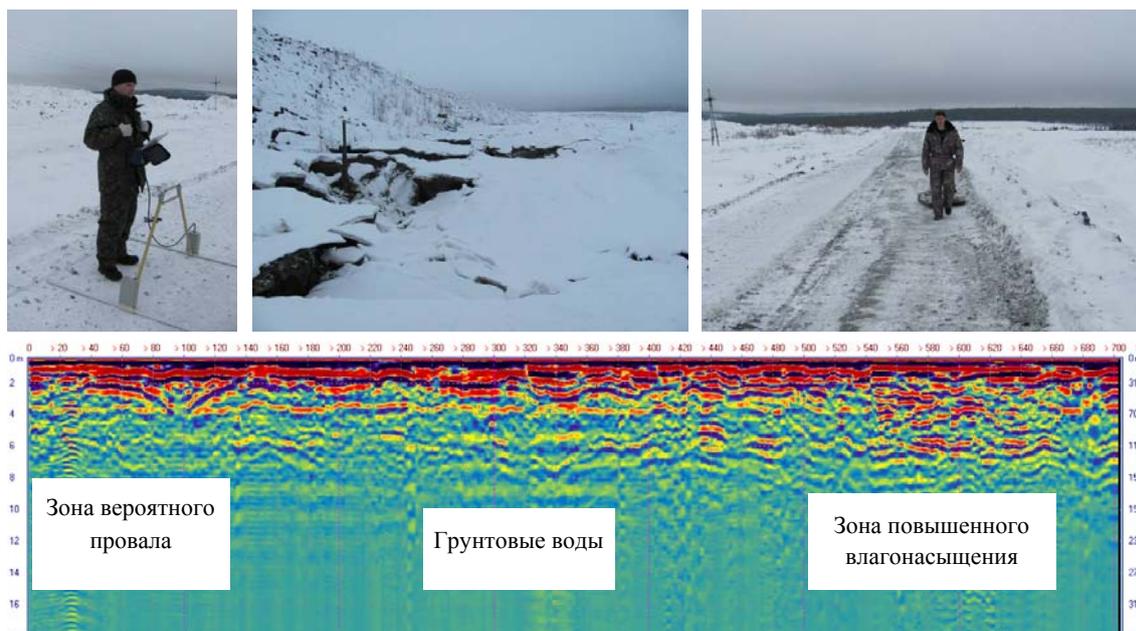


Рисунок 4 - Георадарная съемка, образовавшийся провал поверхности дамбы и результаты обследования ограждающей дамбы

На рис. 5 представлена радарограмма, полученная в результате георадарного зондирования участка карьера «Железный». На радарограмме имеются включения различной формы и глубины залегания, с отличной от окружающего слоя диэлектрической проницаемостью, очевидно, это результат взрывных работ, зоны разуплотнения горной породы [4].

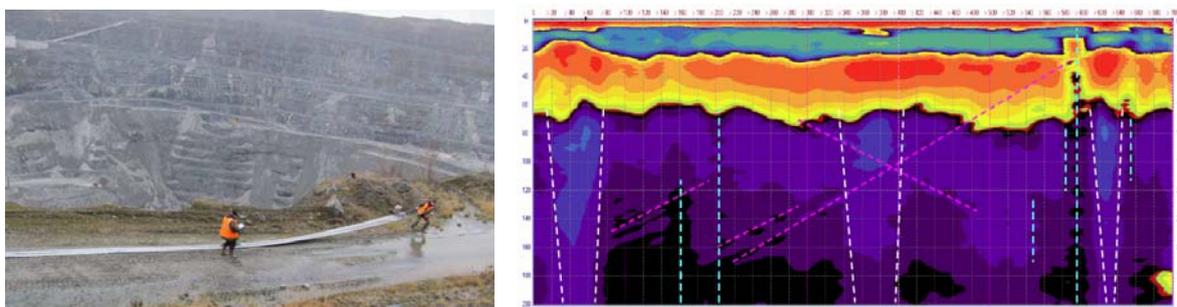


Рисунок 5 - Георадарное обследование и результаты обследования участка карьера «Железный» Ковдорского ГОКа

Выводы. Проведенные исследования с применением георадарных технологий показали:

- георадарные определения для целей подконтурного зондирования (профилирования) участков массивов горных пород (подземных объектов) являются современным, технологичным и информативным средством не-

разрушающих измерений, позволяющим получать результаты в режиме реального времени и с привязкой данных к GPS;

- георадарные технологии информативны как для естественных грунтовых и породных массивов, так и для искусственных грунтовых сооружений, дамб, плотин, оснований (фундаментов) и позволяют осуществлять оценку исходного (первоначального) состояния и структуры, а также мониторинг развития деформационных процессов, развитие трещиноватости, изменения структуры и т.п. природно-технических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копейкин В.В. К вопросу об истории и перспективах развития георадиолокации. URL: <http://www.geo-radar.ru/articles/article1.php#1>

2. Копейкин В.В. Первичная обработка георадарных сигналов. URL: <http://www.geo-radar.ru/articles/article3.php#1>

3. Калашник А.И., Демахин А.Ю., Запорожец Д.В., Дьяков А.Ю. Георадарные определения подповерхностной структуры пород Хибинского и Ковдорского горнорудных районов // Комплексные геолого-геофизические модели древних щитов: труды Всероссийской (с международным участием) конференции. - Апатиты: Изд. Геологического института КНЦ РАН, 2009. - С.226-230.

4. Калашник А.И., Демахин А.Ю. О возможностях неразрушающего мониторинга геологических сред на глубину до 200 метров // Мониторинг природных и техногенных процессов при ведении горных работ: сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, 24-27 сент. 2013г. - Апатиты; СПб., 2013. – С. 249-255.

УДК 622.271.332:550.835(470.21)

ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАССИВОВ СКАЛЬНЫХ ПОРОД

А.Ю. Дьяков¹, А.И. Калашник²

¹научный сотрудник, e-mail: dyakov@goi.kolasc.net.ru

²кандидат технических наук, заведующий лабораторией геофлюидомеханики, e-mail: kalashnik@goi.kolasc.net.ru

^{1, 2}Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты, Россия

Аннотация. Статья посвящена исследованию законтурного состояния пород участков рабочих уступов карьера «Железный» АО «Ковдорский ГОК». Приведены результаты георадиолокационных исследований слагающего уступ массива скальных пород. Предложены подходы по оценке структурной нарушенности пород рабочих уступов карьера электромагнитным зондированием.