

# НЕРАЗРУШАЮЩИЕ ГЕОРАДАРНЫЕ МЕТОДЫ В ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ

**А.М. Кулижников** (РосдорНИИ)

В 1977 г. окончил Архангельский лесотехнический институт по специальности «автомобильные дороги», в 1981 г. — очную аспирантуру на кафедре автомобильных дорог в Ленинградском инженерно-строительном институте. После окончания института до 2003 г. работал в Архангельском государственном техническом университете (АГТУ) ассистентом, старшим преподавателем, доцентом, профессором, заведующим кафедрой автомобильных дорог. С 2003 г. по настоящее время — заместитель генерального директора, заведующий отделением автоматизированного проектирования ГП РосдорНИИ.

**А.А. Белозеров** (РосдорНИИ)

В 2001 г. окончил АГТУ по специальности «автомобильные дороги». С 2003 г. по настоящее время — ведущий инженер отдела геоинформационных технологий ГП РосдорНИИ.

С конца 1990-х гг. в России в технологии инженерно-геологических изысканий начали широко внедряться георадарные методы. По результатам георадарного сканирования получается непрерывная волновая картинка (радарограмма), которая по специальной программе обрабатывается и интерпретируется в разрез среды. Георадарные технологии имеют такие преимущества, как получение непрерывного разреза с помощью неразрушающего и экологически чистого георадиолокационного метода.

Георадары — это приборы, основанные на проникновении электромагнитной волны короткой продолжительности в многослойные среды, приеме и преобразовании отраженного сигнала. Георадары работают при температуре от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . Приборы компактные и не отличаются большой массой (1,5–15 кг). Имеют высокую производительность при записи среды в полевых условиях (от 5 до 30

км за смену), однако требуют продолжительной обработки в камеральных условиях (до смены на 500–1000 м разреза). В то же время при использовании георадаров необходимы контрольные буровые работы или шурфование.

Георадары широко применяются в автодорожной, аэродромной и железнодорожной отраслях, промышленном, гражданском и гидротехническом строительстве, археологии и т. д. Остановимся на опыте и результатах применения георадаров в 1998–2002 гг. в Архангельском государственном техническом университете, а с 2003 г. — в ГП РосдорНИИ.

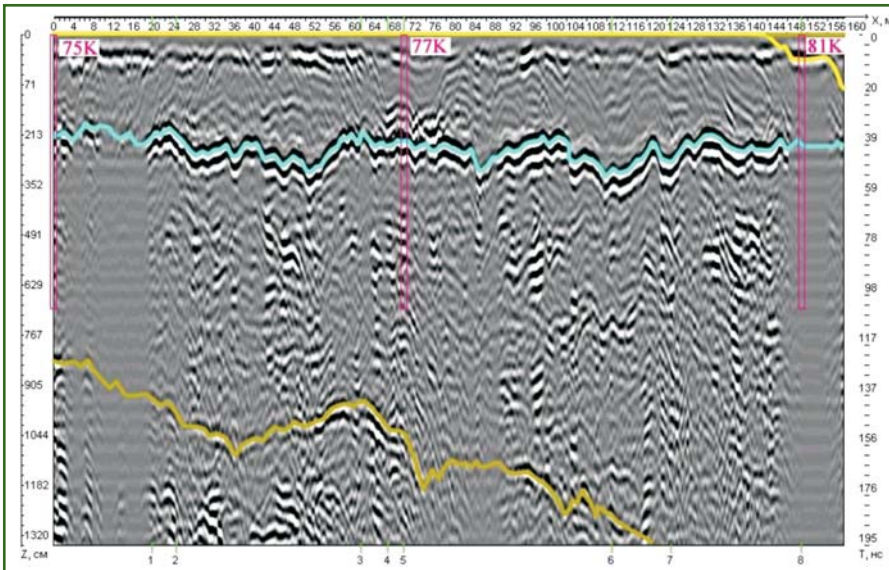
Данные работы выполнялись георадарами «ОКО-2М» (НИИ приборостроения, г. Жуковский и ООО «Логис») с антенными блоками, имеющими центральную частоту 90, 150, 250, 400, 1200 и 1700 МГц. Разные значения центральной частоты позволяют получить различные глубины зондирования (соответственно от 30 м

до 0,8 м) при различной разрешающей способности (соответственно от 0,5 м до 0,01 м).

## ▼ Инженерно-геологические изыскания для проектирования объектов

В 2001 г. выполнялось спрямление участка автомобильной дороги Кола — В. Туломский — КПП «Лотта» в Мурманской области. Георадар был применен при продольном проходе по оси первоначально намеченной трассы и при сканировании поперечников к оси трассы через 50 м. В целях контроля георадарных работ было проведено шурфование. Результаты показали, что георадарные работы могут быть выполнены в лесной местности при кочковатой и заболоченной поверхности. На разрезах были выделены границы слоев, положение уровня грунтовых вод (УГВ). Полученные разрезы были использованы проектировщиками при корректировке проектной линии трассы.

В 2003 г. при проектирова-



**Рис. 1**  
Интерпретированная радарограмма

нии подходов к мосту через р. Проня в Рязанской области были выбраны места для мостового перехода по результатам сканирования только геологических разрезов по оси будущей дороги. Другим объектом была кольцевая автомобильная дорога в обход Санкт-Петербурга, где было определено геологическое строение как по продольной оси, так и по поперечникам через 50 м.

▼ **Разведка и оценка запасов строительных материалов в карьерах**

В 2000 г. были оценены запасы дорожно-строительных материалов в карьере Октябрьский Вытегорского района Вологодской области. По результатам работ были определены остатки запасов валунно-галечниковой смеси в разрабатываемом карьере, и установлены запасы полезной толщи при расширении карьера. Попытки использовать георадар для разведки запасов песка без контрольного бурения не увенчались успехом из-за недостаточного опыта отделения по полевым радарограммам кондиционных пес-

ков от пылеватых песков и супесей.

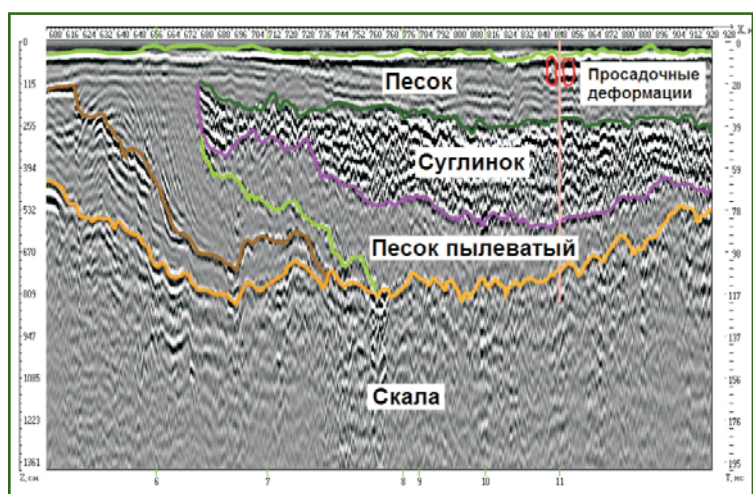
В 2002 г. было оценено месторождение песка «Песцовое» в Ямало-Ненецком округе. Работы выполнялись по пойменным участкам рек, где требовалось определить границы как в плане, так и по глубине кондиционного песка. Было снято более 14 км продольных разрезов (рис. 1) и сделаны выводы по объемам запасов песков. Накопленный практически двухлетний опыт по полевым радарограм-

мам позволял выделить участки с кондиционными песками.

Также в 2002 г. были оценены запасы песчаных материалов для содержания автомобильных дорог в четырех небольших карьерах Мурманской области, площадью от 2 до 8 га. Работы выполнялись при минимуме буровых работ (1–2 скважины на карьер). По результатам работ были определены запасы полезной толщи и вскрыши, а также установлено местоположение УГВ.

▼ **Обследование автомобильных дорог**

С 1998 г. было обследовано более 1000 км автомобильных дорог с целью выявления причин разрушений участков и назначения эффективных видов ремонтных работ. Среди обследованных участков можно выделить такие федеральные дороги, как Москва — Архангельск, Москва — Санкт-Петербург, Москва — Минск, КАД в обход Санкт-Петербурга. Также обследовались автомобильные дороги в Архангельской, Вологодской, Мурманской областях (рис. 2), в Республике Коми, в Ярославле и другие. При обследовании дорог выяснялись толщины



**Рис. 2**  
Интерпретированная радарограмма с выделением подошвы грунтов

конструктивных слоев дорожной одежды, мощность и типы грунтов земляного полотна и подстилающего основания, однородность материалов дорожной одежды и грунтов земляного полотна, локальные ослабления (пустоты, зоны суффозии, переувлажненные участки грунтов), участки инфильтрации поверхностных и подземных вод, пространственное геометрическое очертание водоупоров, положение подземных коммуникаций.

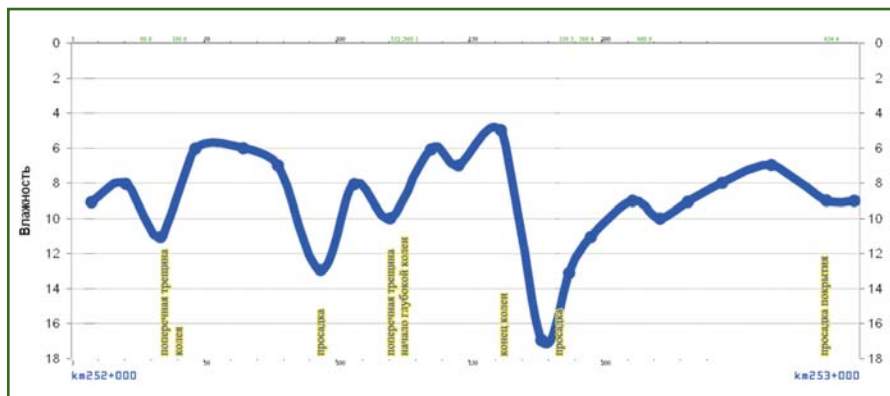
При мониторинговых обследованиях дорог также были определены влажность грунтов земляного полотна (рис. 3), глубина промерзания и оттаивания грунтов, местоположение кривой скольжения на оползневых участках, положение уровня грунтовых вод и т. д.

Толщина верхних слоев асфальтобетона, установленная георадарным сканированием, использовалась при назначении возможной глубины фрезерования при ремонте участков автомобильных дорог.

▼ **Контроль качества выполненных работ**

Первый опыт контроля качества был получен в 2001 г., когда на отрезке автомобильной дороги Архангельск — Белогорский по заданию заказчика на основе георадарного сканирования был определен объем скрытых работ — обратной засыпки на участке выторфовки.

В 2003 г. работы по контролю качества были выполнены на КАД в обход Санкт-Петербурга. Здесь контролировалось качество струцементных свай (количество свай, их диаметр, посадка на минеральное дно, сплошность свай), а также состояние земляного полотна, отсыпанного в зимний период,



**Рис. 3**  
График изменения средней влажности грунтов, полученный с помощью георадаров

и толщины конструктивных слоев дорожной одежды. Так, при оценке состояния земляного полотна были выявлены зоны будущих осадков грунта земляного полотна, а также места, в которых зафиксированы смерзшиеся комья грунта.

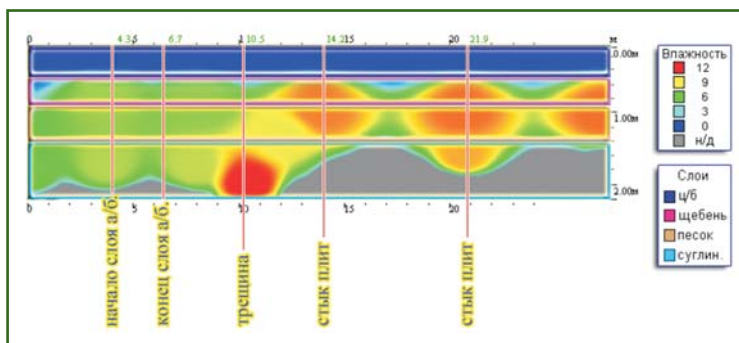
В 2004 г. на участке северного обхода Рязани с помощью георадаров была решена задача по определению осадки основания земляного полотна под насыпями высотой 10–12 м.

▼ **Обследование плотин и гидроузлов**

Основной причиной, по которой выполнялись обследования, являлась возможная инфильтрация подземных вод через тело грунтовых насыпей на плотинах, вызывающая осадку сооружений.

В 2003 г. были проведены работы на участке плотины Марфин Брод Можайского района Московской области. До глубины более 13 м были определены кровля и подошва слоев, оценена однородность грунтов насыпи, выявлены зоны возможной инфильтрации подземных вод.

В 2004 г. были выполнены работы на участке плотины в г. Людиново Калужской области. Здесь также обследовались насыпи, бетонный фундамент в верхнем и нижнем бьефах плотин, размывы и зоны инфильтрации воды под фундаментом. При этом работы выполнялись протягиванием георадара в резиновой лодке как по поверхности воды, так и в водонепроницаемом футляре по дну при уровне воды до 4 м. По результатам работ



**Рис. 4**  
Картограмма влажности материалов дорожного покрытия и грунтов земляного полотна



определены участки возможной инфильтрации воды, оценено качество бетонного фундамента, выявлены места локальных ослаблений.

#### ▼ **Обследование взлетно-посадочных полос и перронов аэродромов**

Подобно участкам автомобильных дорог нуждаются в обследовании и аэродромные сооружения, такие как взлетно-посадочные полосы, рулежные дорожки, пероны и др. Георадарные работы, выполненные в 2003 г. на участках рулежных дорожек и перронов в аэропорту Домодедово (см. Аэропорты. — 2004. — № 3(24). — С. 12–14), позволили выявить причины образования трещин на устроенном в 2002 г. бетонном покрытии, определить влажность грунтов земляного полотна, установить место размещения подземных инженерных коммуникаций. Причиной образования трещин послужили дрены, уложенные на глубине 1,5–2,0 м. Дрены, из-за большой аккумуляции воды вокруг, привели к образованию трещин, вызван-

ных силами морозного пучения грунтов (рис. 4).

#### ▼ **Обследование зданий**

Довольно часто на бетонных полах складских помещений образуются трещины. В этом случае возникают вопросы: как отремонтировать бетонные полы, в чем причина образования трещин? Такие работы были выполнены в 2003 г. во Внуковском авиаремонтном цехе и в 2004 г. на заводе им. Ухтомского (Люберцы). По результатам георадарного сканирования были определены пустоты и переувлажненные зоны грунтов, находящиеся под бетоном, а также толщина бетонного пола. Это позволило принять правильные решения по назначению эффективных видов ремонтных работ.

Другой работой в 2004 г. было выявление причин подтопления подвала в здании Управления дорожного хозяйства Рязанской области. Георадарные обследования позволили выявить место под зданием, которое является источником избыточного увлажнения. В данном месте, как выяснилось, размещалась ста-

рая заглушка теплосети, которая не выдержала испытания временем.

Накопленный многолетний опыт георадарных работ позволяет сделать вывод, что неразрушающие георадарные методы являются высокопроизводительными, экологически чистыми и находят эффективное применение во многих отраслях промышленности. Они способствуют повышению достоверности инженерно-геологической информации и тем самым улучшают качество и снижают стоимость как проектной документации, так и строительных, ремонтных и эксплуатационных работ. В то же время необходимо проведение фундаментальных исследований по применению георадарных технологий в различных средах при разной температуре, плотности, влажности и т. д.

#### RESUME

A brief description and the main specifications of georadars are given. The results are considered for the works fulfilled within 1992-2003 on various objects using the OKO-2M georadar.

## ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ

### Области применения георадаров:

Геология

Транспортное строительство

Промышленное и гражданское строительство

Археология

Охрана окружающей среды

Силовые структуры



## ГЕОРАДАРЫ

107023, г. Москва, ул. М. Семеновская, д. 9, строение 6, (095) 101-22-08, [gsi@gsi2000.ru](mailto:gsi@gsi2000.ru), [www.gsi2000.ru](http://www.gsi2000.ru)

