

Георадарный комплекс как средство контроля положения трубопроводов на дне водоемов

С.П. ЛУКЬЯНОВ, канд. техн. наук (центр «Радар», Томский университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР))

В современном производстве добычи и транспортировки нефтегазопродуктов остро стоит проблема дистанционного оперативного контроля и диагностики состояния линейной части трубопроводов. Это связано с тем, что протяженность трубопроводов составляет тысячи километров и проложены они в большей степени по труднопроходимым местам и по дну водоемов. Возможность обеспечения эффективного и оперативного контроля состояния трубопроводов позволит предупредить аварийные ситуации, приводящие к большому материальным и временным потерям, а также решить проблемы экологического характера.

добывающей и транспортирующей отраслях, радиолокационные методы являются безальтернативными, а в других — могут быть хорошим дополнением, например, к методам глубинного сейсмического зондирования.

Наибольшее распространение в настоящее время приобрели георадиолокационные технологии, использующие сверхширокополосные импульсные радиолокаторы (СШП георадары). Принцип действия георадара основан на излучении СШП наносекундных импульсов, приеме сигналов, отраженных от границ раздела пород или иных отражающих объектов, стробоскопической обработке принятых сигналов со сжатием их динамического диапазона, последующим измерением временных интервалов между отраженными сигналами и их амплитуды. Формирование зондирующих сигналов, имеющих 1,5–2 периода колебаний, осуществляется методом ударного возбуждения антенн перепадом напряжения с фронтом наносекундной длительности. Приемное устройство выполняется, как правило, по схеме стробоскопического преобразования с коэффициентом

Контроль и диагностика состояния трубопроводов связаны с решением ряда задач:

- измерением глубины залегания и смещения трубы относительно оси трассы;
- достоверным определением состояния околотрубного пространства;
- контролем состояния защитного (антикоррозийного) покрытия трубы;
- проведением предпроектных инженерно-геологических изысканий.

В настоящее время известен и используется ряд методов и аппаратура для определения состояния трубы и околотрубного пространства. Всем этим методам присущи те или иные недостатки, в частности, низкий уровень оперативности, достоверности, точности и эффективности получения информации. Выход из создавшейся ситуации видится в поиске новых методов и создании аппаратуры.

Наиболее перспективный метод — радиолокационный, он позволяет с высокой точностью, оперативностью и эффективностью проводить дистанционный контроль и диагностику состояния подповерхностных полупроводящих сред и строительных конструкций, определять электрофизические свойства почво-грунтов, составляющих верхнюю часть геологических разрезов. При этом возможно решение следующих задач:

- определение электрофизических свойств почво-грунтов и определе-

ние скоростей распространения электромагнитных волн по слоям, составляющим верхнюю часть геологических разрезов (до глубин 50 м и более);

- построение геологических разрезов в метрическом масштабе и прогнозирование изменения электрофизических свойств почво-грунтов при влиянии погодных и климатических факторов;
- построение контрастного радиолокационного изображения контролируемой среды с выделением литолого-физических слоев и геолого-физических объектов.

Во многих случаях для решения инженерно-геологических и геофизических задач, имеющих место в нефтегазо-

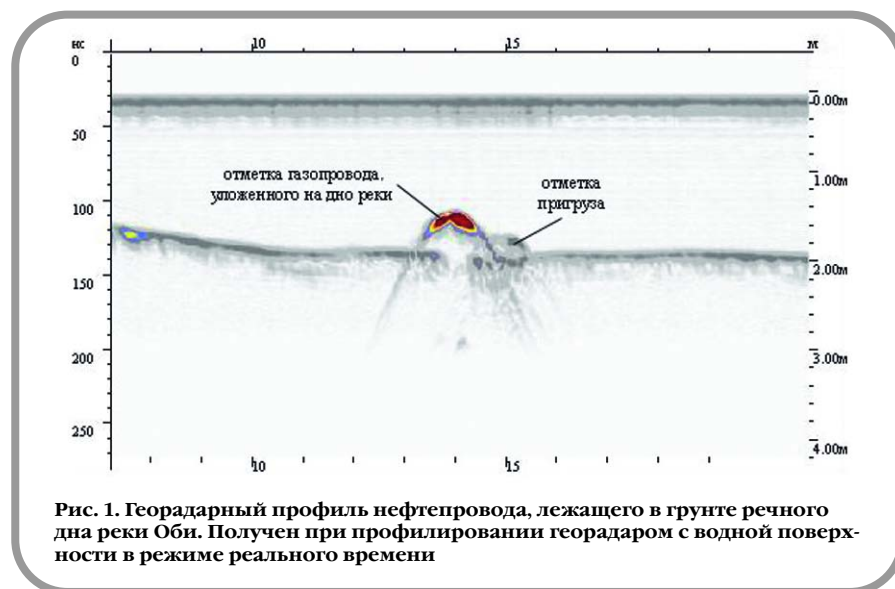


Рис. 1. Георадарный профиль нефтепровода, лежащего в грунте речного дна реки Оби. Получен при профилировании георадаром с водной поверхности в режиме реального времени

Таблица 1. Тактико-технические параметры использованных георадаров

Тип георадара	АБ-700	АБ-500	АБ-400	АБ-250	АБ-150
Центральная частота спектра зондирующего сигнала, МГц	700	550	400	250	150
Глубина зондирования, м (зависит от свойств среды)	2,0–3,0	3,0–4,0	5,0–7,0	12,0–15,0	15,0–20,0
Разрешение по глубине, м	0,1	0,12	0,15	0,25	0,35
Габаритные размеры, см	33\15\8	47x18x9	68x27x12	104\43\11	158\62\16
Масса комплекта, кг	2	3	8,5	14,0	20,0
Источник питания	Встроенные аккумуляторные батареи 12 В				
Потребляемая мощность, Вт	5,0	5,0	6,0	7,0	7,0
Время непрерывной работы, ч	9	9	8	8	8
Температурный диапазон, град	от –20 до +35				

преобразования 10 000 и обеспечивает трансформацию принятых сигналов в область низких частот.

Обработка радиолокационных данных может осуществляться как в режиме реального времени для получения оперативной информации, так и в режиме постобработки. В этом режиме можно детально проработать выявленные опасные участки, произвести лито-

логическое расслоение георадарного разреза и представить информацию в требуемой для пользователя форме. При этом программная обработка и интерпретация принятых сигналов реализует следующие методы обработки сигналов:

- подавление и компенсация просачивающихся и отраженных от поверхности сигналов;

- улучшение пространственно-временного разрешения сигналов за счет использования поляризационной обработки сигналов и пространственно-временной фильтрации;

- повышение контраста радиолокационного изображения контролируемой среды;

- построение геологических разрезов в метрическом масштабе;

- определение электрофизических свойств почво-грунтов, составляющих вмещающую среду околотрубного пространства.

Исследования с помощью георадара могут осуществляться несколькими способами:

- георадар устанавливается на самоходное шасси и транспортируется вдоль намеченного профиля;

- при контроле трубопроводов с поверхности воды устанавливается на плавсредствах;

- в зимнее время работа осуществляется с поверхности льда;

- для более детальной проработки опасных зон предусматривается ручная транспортировка системы по поверхности земли;

- регистрация и обработка сигнала производится в реальном масштабе времени, а также в режиме постобработки;

- информация отображается на экране монитора и сохраняется на дисководах.

К сожалению, до сих пор отсутствует нормативно-правовая база для использования георадарных технологий и общий подход к оценке параметров систем подповерхностной радиолокации. Все это сдерживает широкое практическое использование георадарных технологий.

Для решения отмеченных проблем центром «Радар» был проведен ряд опытно-методических работ, позволивших оценить эффективность георадарных технологий для решения практических задач. Так, например, проведены исследования линейной части газопровода с помощью георадаров на различных участках и в различных условиях, осуществлены предпроектные изыскания участка перехода новой нитки нефтепровода через реку Обь. В работе использовались промышленные и опытные георадары с параметрами, приведенными в таблице.

Проведенные исследования подводной части трубопровода показали, что георадар надежно «видит» трубу, лежащую как в грунте дна (рис. 1), так и на поверхности (рис. 2). Кроме того,

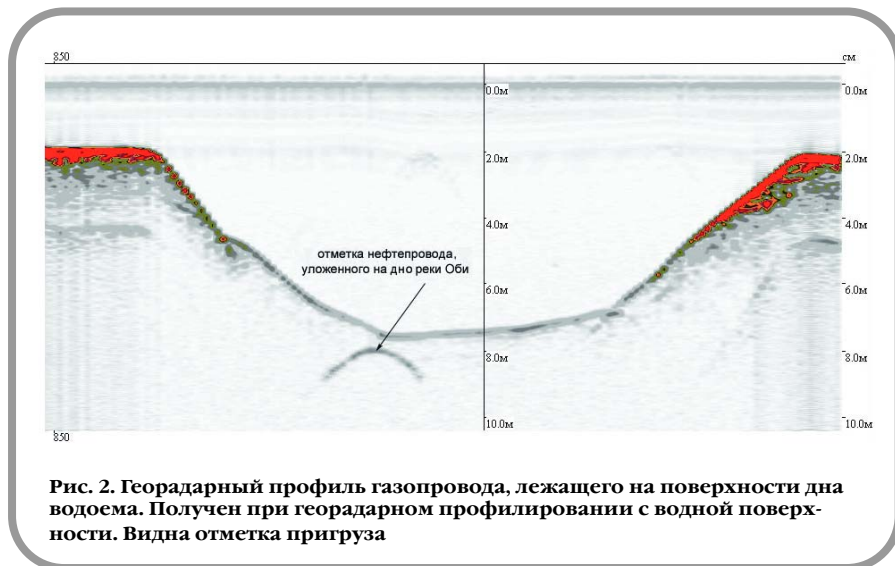


Рис. 2. Георадарный профиль газопровода, лежащего на поверхности дна водоема. Получен при георадарном профилировании с водной поверхности. Видна отметка пригруза

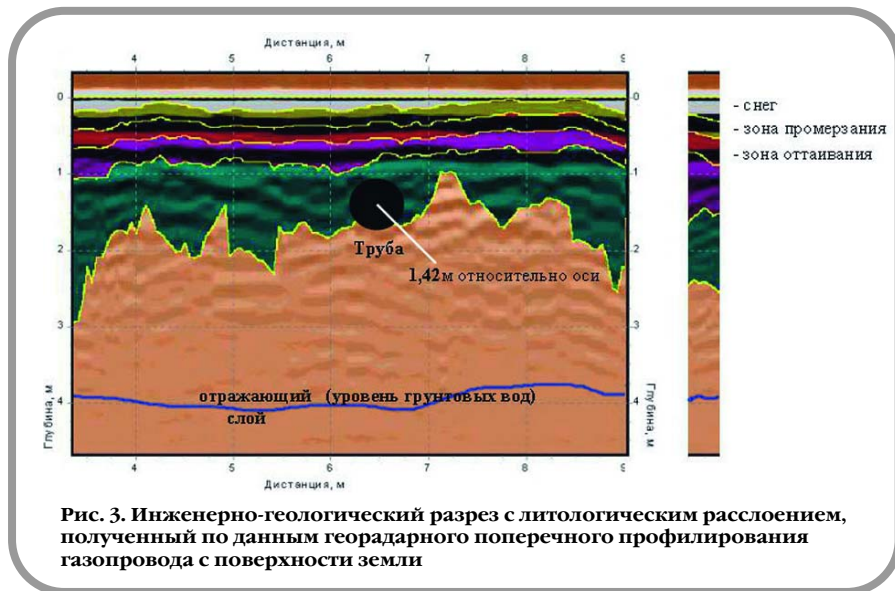


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез с литологическим расслоением, полученный по данным георадарного поперечного профилирования газопровода с поверхности земли

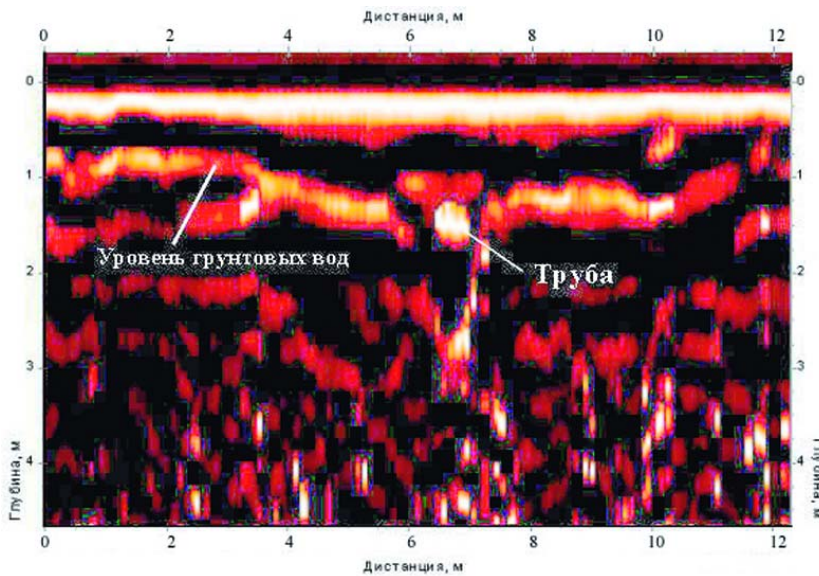


Рис. 4. Георадарный профиль газопровода с отображением уровня грунтовых вод. Получен при георадарном зондировании с поверхности земли. Около трубы видна прогретая зона

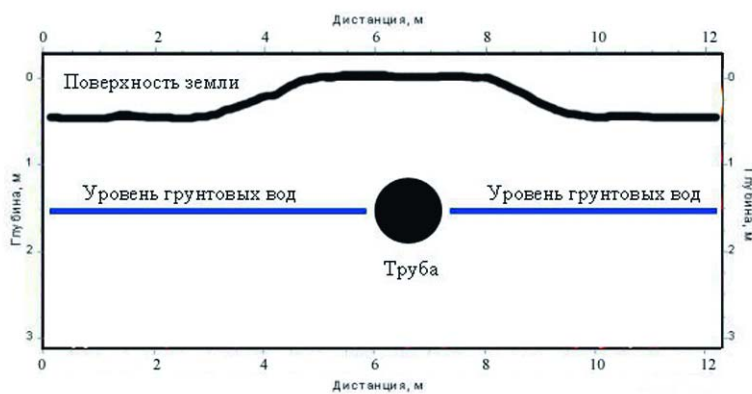


Рис. 5. Восстановленный по георадарным данным профиль поверхности земли относительно уровня грунтовых вод

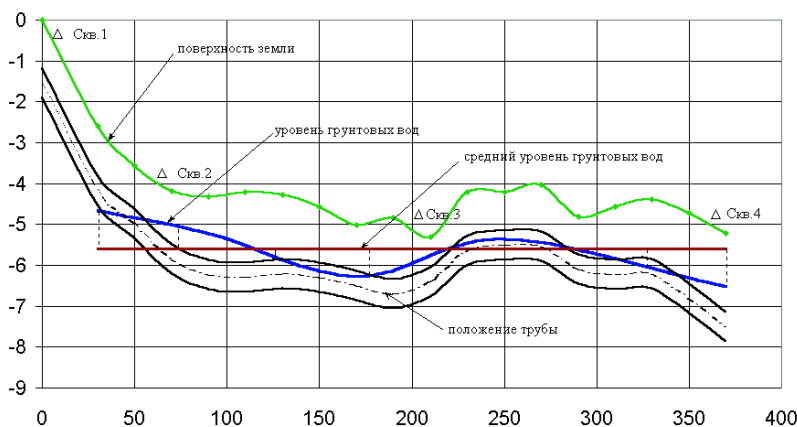


Рис. 6. Схема положения трубы и уровня грунтовых вод относительно поверхности земли. Схема построена по данным георадарного зондирования с поверхности земли. Схема положения трубы с отображением уровня грунтовых вод предназначена для выявления зон, подверженных наибольшему стресс-коррозионному разрушению. Эти данные могут быть использованы для прогнозирования состояния трубопровода

До сих пор отсутствует нормативно-правовая база для использования георадарных технологий и общий подход к оценке параметров систем подповерхностной радиолокации. Все это сдерживает широкое практическое использование георадарных технологий

можно контролировать геологическую структуру дна и сопровождающие трубу элементы (например, пригруза) (рис. 2) до 20 метров. Исследование подземной части газопровода позволяет произвести литологическое расчленение разреза (рис. 3), определить зону промерзания и уровень грунтовых вод относительно трубы (рис. 4, 5), точно определить координаты в плане и по глубине. Поперечное георадарное профилирование трубопровода позволяет построить схему расположения трубы относительно поверхности земли и выделить участки трубы, смачиваемые грунтовыми водами (рис. 6). Такие участки наиболее подвержены коррозионному разрушению трубы, а значит, аварийно опасны.

Проведенные опытно-методические работы доказали, что георадарные технологии практически могут быть полезными при решении задач контроля состояния линейной части подземных и подводных трубопроводов, а также при проведении предпроектных инженерно-геологических изысканий. Используемые в исследованиях георадары доказали свою способность работать в любых погодных и климатических условиях.

В настоящее время возможно повышение эффективности использования георадаров за счет совершенствования как аппаратных, так и программных средств. При этом возможно увеличение глубинности и разрешающей способности георадаров, повышение их информативности, а совершенствование программных средств позволит улучшить качество обработки и представления георадарных данных, а также снизить требования к квалификации обслуживающего персонала.