ГЕОСМАРТ
СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

ООО НПО "ГеоСмарт"
454080, г. Челябинск, ул. Лесопарковая, д.8, оф. 422
Тел./факс 8(351) 248-69-69
e-mail: geo_smart@mail.ru
www.geosmart.pro

«Утверждаю»
Технический директор
ООО НПО «Геосмарт»,
кандидат технических наук
(специальность: 05.23.02 – основания
и фундаменты, подземные сооружения),
член Российского общества по механике
грунтов, геотехнике и фундаментостроению

_____ Ф.А. Максимов
«» апреля 2026 г.

Отчет №5
по результатам георадиолокационного обследования железобетонной обделки тоннеля.

«Строительство линии _____г»

2026 г.

Содержание

Введение 3
Методика проведения обследования 3
Результаты обследования 7
Выводы 39
Приложение 1. Разрешительная документация 41
Приложение 2. Результат контроля на сечениях колец 46

Введение

28 апреля 2026 года были выполнены работы по обследованию железобетонной обделки тоннеля георадиолокационным методом.

Методика проведения обследования

В рамках задач выявления и картирования возможных нарушений сплошности цементации и наличия пустот за обделкой тоннеля были выполнены исследования методом георадиолокации. Целью данных исследований является получение исходных данных для проектирования мероприятий по уплотнительному нагнетанию цементного раствора в заобделочное пространство на выявленных проблемных участках.

Исследования методом георадиолокации выполнены ООО НПО Геосмарт. Цементация заобделочного пространства для перечисленных колец на момент выполнения работ была произведена.

Основой метода георадиолокации является отражение электромагнитной волны от границ между веществами, имеющими различные электрические свойства (диэлектрическую проницаемость, проводимость). Расположенная на поверхности передающая антенна излучает электромагнитный импульс высокой частоты (50-1500 МГц), некоторая часть энергии электромагнитной волны отражается от границ между слоями и устремляется обратно, а остальная часть энергии проникает глубже. Отраженную энергию принимает на поверхности приемная антенна. Принятые сигналы обрабатываются и изображаются на экране в зависимости от времени. При медленном движении антенн по поверхности получается непрерывная (временная) «картина» приповерхностных условий вдоль линии движения (радарограмма). Отражения вызываются откликами от границ между веществами с разной диэлектрической проницаемостью. Этими границами являются естественные границы, образовавшиеся в результате наслоения, уплотнения, изменения влагонасыщенности и содержания глины,

а также границы трещин, пустот, включений (в том числе и искусственных объектов). Границами раздела в исследуемых средах являются контакты между сухими и влагонасыщенными грунтами, контакты между породами различного литологического состава, между коренными и рыхлыми породами.

При выполнении георадиолокационных исследований использовался георадар

Исследования выполнены по двум параллельным профилям по каждому тюбингу на каждом кольце. Фото проведения работ приведены рис. 1.1.

Рисунок 1.1. Пример выполнения георадиолокационных исследований

Обработка данных георадиолокационного зондирования производилась в программном пакете «Geoscan32» (ООО «ЛОГИС-ГЕОТЕХ», г. Москва). Для потоковый обработки был подобран универсальный граф обработки, который включал в себя:

- Ввод данных в систему. Данная процедура позволила внести данные, полученные в поле в программу для дальнейшей обработки.
- Полосовая фильтрация. Данная процедура предназначена для удаления из частотного спектра зарегистрированного сигнала частот, заведомо не относящихся к полезному сигналу. Осуществляется она благодаря математическому аппарату, связанного с преобразованием сигнала в частотной области, переход в которую обеспечивает преобразование Фурье.
- Удаление постоянной составляющей сигнала. Данная математическая операция предназначена для удаления событий, которые повторяются на одних и тех же временах и представляют собой аппаратурные коррелируемые шумы, из-за влияния которых прослеживаемость полезного сигнала ухудшается.

• Двумерная горизонтальная фильтрация. Данная процедура применяется для сглаживания сигнала в небольшом окне, благодаря чему полезный сигнал становится удобнее интерпретировать полученные результаты

• Изменение профиля усиление сигнала. Данная процедура предназначена для искусственной коррекция амплитуд сигнала на более поздних временах

• Пересчёт в глубинный масштаб.

Перечисленные процедуры позволили улучшить прослеживание границ на некоторых участках, и избавили разрезы от неинформативной информации.

Интерпретация данных георадиолокации основывалась на динамических и кинематических характеристиках записи. Условно качество цементации было поделено на три зоны:

- вероятные зоны, требующие контроля качества цементации;

- удовлетворительная цементация;

- хорошая цементация.

В таблице 1.1 представлены признаки волновой картины для соответствующего качества цементации.

Полученные признаки были подкреплены полноволновым моделированием. На рис. 1.2, а видно высокамплитудное отражение на 8 нс в случае, если за тюбингом пустота, то есть воздух с диэлектрической проницаемостью 1. В случае, если за тюбингом отсутствуют полости, то есть пространство заполнено цементом со схожими с самим тюбингом электрическими свойствами, то отражение практически не наблюдается (рис.1.2, б).

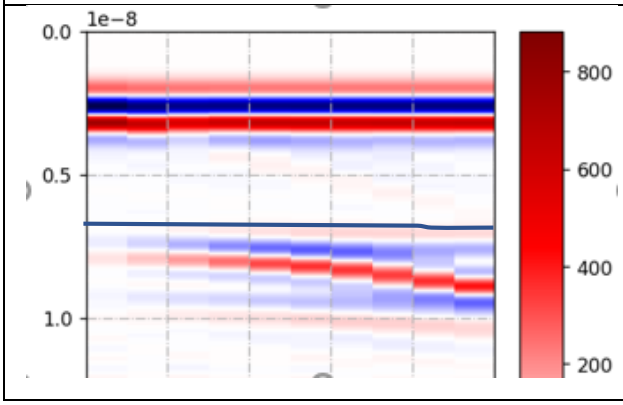
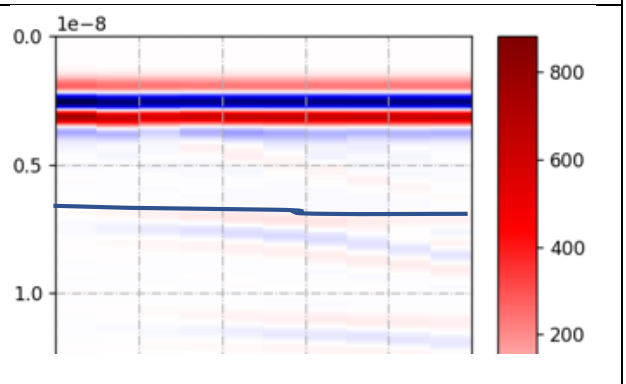
а) Модельная радарограмма с пустым заобделочным пространством	б) Модельная радарограмма с хорошим/удовлетворительным качеством цементации
	

Рисунок 1.2. Модельные радарограммы

Таблица 1.1. Признаки волновой картины для соответствующего качества цементации

Качество	***Цвет***	***Признак***
Вероятные зоны, требующие контроля качества цементации		Высокоамплитудное отражение на времени 8 нс
Удовлетворительная цементация		Низкоамплитудное отражение на времени 8 нс или меньше
Хорошая цементация		Отражений почти не наблюдается

Результаты обследования

В результате обработки материалов георадиолокационных исследований получены георадарограммы, по результатам обработки которых получены схемы качества цементации заобделочного пространства (рис. 1.2 – 1.6).

ВЫВОДЫ и РЕКОМЕНДАЦИИ

Подп. и дата

Взам. инв.

Инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Лист

21

Приложение 1. Разрешительная документация