

Р. Р. Ханнанов^{1}*

Применение геотомографического сканирования в комплексе геодезического мониторинга состояния дамб и плотин

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: khannanov_rustem@mail.ru

Аннотация. Для мониторинга состояния гидротехнических сооружений применяется метод георадарного сканирования. Этот способ обследования позволяет получить информацию о структуре и характере исследуемого объекта, не требующий механического и разрушающего воздействия. Георадарное сканирование предназначено для обнаружения объемов с контрастной по отношению к окружающей среде диэлектрической проницаемостью. Для исследования структурной нерешенности насыпного сооружения на конечном этапе обработки применялась процедура полосовой фильтрации высокочастотных компонентов. Результатом обработки данных является геофизические профили по пикетам с характерными осями синфазной составляющей.

Ключевые слова: дамба, комплексный мониторинг, георадарное сканирование, структурные нарушения, томограмма, профильная линия, диэлектрическая проницаемость

R. R. Khannanov^{1}*

The use of geotomographic scanning in the complex geodetic monitoring of the condition of dams and dams

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russia
* e-mail: khannanov_rustem@mail.ru

Abstract. The georadar scanning method is used to monitor the condition of hydraulic structures. This method of examination allows you to obtain information about the structure and nature of the object under study, which does not require mechanical and destructive effects. Georadar scanning is designed to detect volumes with a dielectric constant contrasting with the environment. To study the structural indecision of the bulk structure at the final stage of processing, a bandpass filtration procedure for high-frequency components was used. The result of data processing is geophysical profiles on pickets with characteristic axes of the common-mode component.

Keywords: dam, integrated monitoring, georadar scanning, structural disorders, tomogram, profile line, dielectric constant

Введение

Насыпные гидротехнические сооружения являются весьма важными инженерными сооружениями, так как нарушение их целостности может привести к катастрофическим последствиям. В связи с этим необходимо вести постоянный мониторинг состояния дамб и плотин. Мониторинг представляет собой комплекс

мероприятий, связанный с обследованием состояния объекта по внешним (геометрическим) параметрам и внутренней структуре. Нарушение внутренней структуры дамбы и плотины, наличие пустот и неоднородностей также могут негативно повлиять на безопасную эксплуатацию сооружений. Для того, чтобы обнаружить структурные нарушения применяется метод геотомографического (георадарного) исследования [1–4].

Геотомографические (георадарные) исследования – это геофизический способ получения информации о структуре и характере исследуемого объекта, не требующий механического и разрушающего воздействия [5].

Сущность метода георадиолокации заключается в том, что это современный способ исследования структурных неоднородностей и аномалий в глубине исследуемого объекта, который не оказывает физического воздействия на изменение целостности массива. Исследуемой средой может быть земная поверхность (отсюда наиболее распространенное название – георадар), вода, стены зданий и т.п. [6, 7]. Упрощенная схема геотомографической системы, применяемая в ходе исследований и представляющая собой цифровое модульное устройство, приведена на рис. 1.

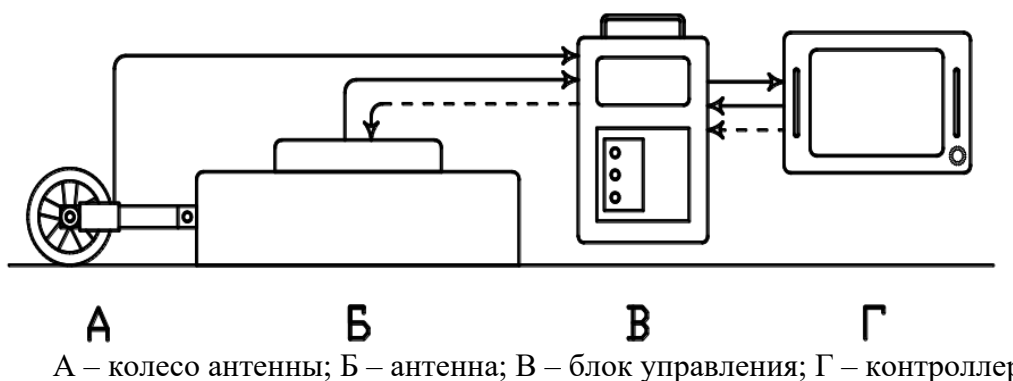


Рис. 1. Схема геотомаграфической системы

Методы и материалы

Томографические исследования на плотине Шерубай-Нуринского водохранилища (Казахстан) по георадарной съемке грунтов выполнялось с помощью геотомографической установки (георадар) RAMAC фирмы MALAGEOSeance [8].

Соотношение энергии пройденного и отраженного импульса прямо пропорционально отношению значений диэлектрической проницаемости породы, слагающей объект, и породы, его окружающей. Аналогичной характеристикой в оптике является показатель преломления среды [9].

Глубина проникновения электромагнитных волн зависит от диэлектрической проницаемости и электрического сопротивления грунта. Чтобы определить глубину залегания границ раздела сред (исследуемого объекта), необходимо знать скорость распространения волны в среде (объекте).

Отраженный сигнал, достигая приемника в антенном блоке, регистрируется при формировании записи диаграммы сигнала. Запись формируется цен-

тральным процессором в течение указанного интервала времени, определяющего глубину сканирования. При этом с определенной дискретизацией, влияющей на плотность измерений, регистрируется уровень сигнала в приемнике.

Глубина зондирования зависит от типа грунта и составляет от единицы до десятков метров. Глубина проникновения электромагнитных волн во влажных грунтах – 5–8 метров, в сухих песчаных грунтах глубина зондирования достигает 20–30 метров [10].

Для получения данных о геологической структуре объекта георадар с приемо-передающими антеннами перемещается вдоль профиля (рис. 2). Шаг передвижения антенн по профилю зависит от требуемой детализации исследования объекта. В процессе измерения антенну передвигают со скоростью 2–4 км в час.

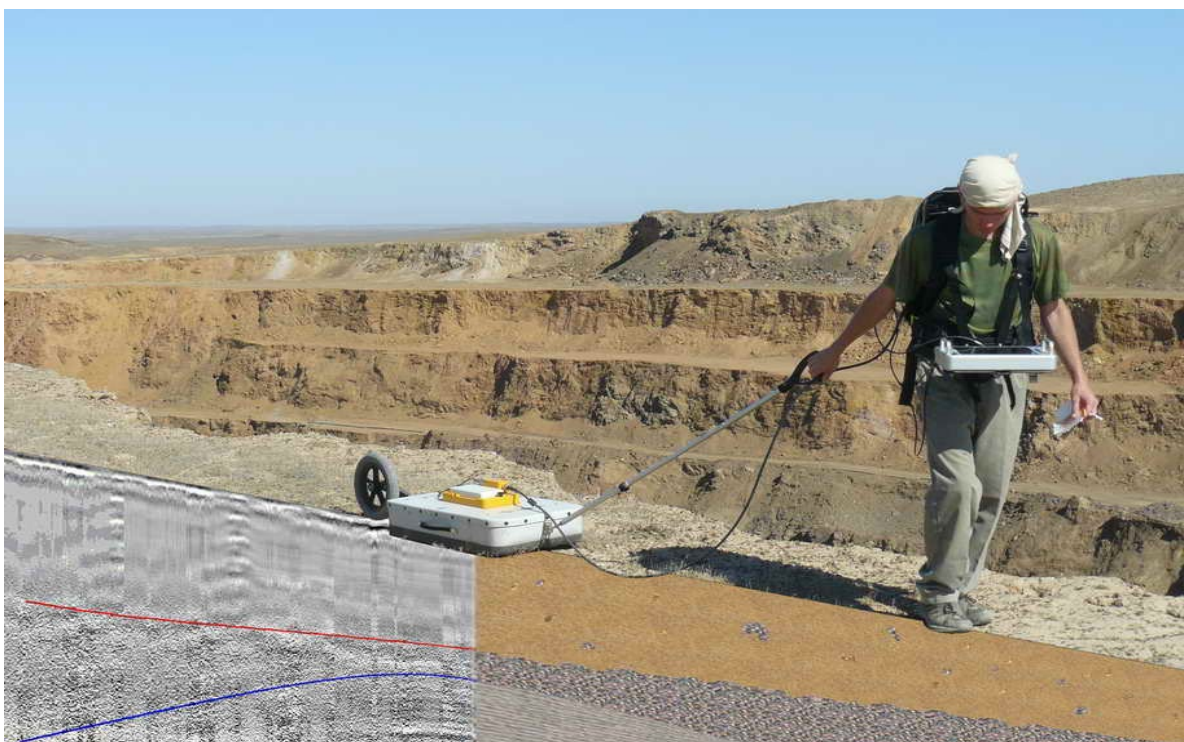


Рис. 2. Геотомографическая съемка с помощью георадара

Производимые исследования позволяют сопоставить масштаб времени с масштабом расстояний, так как известно положение объекта, из которого находится путь, пройденный радиоволной в массиве, из чего можно рассчитать скоростные характеристики среды, используемые в последующих измерениях.

Для исследования структурной нерешенности насыпного сооружения на конечном этапе обработки применялась процедура полосовой фильтрации высокочастотных компонентов. При этом полученные томограммы отражают распределение мелкодисперсных неоднородностей в теле плотины, которыми могут быть как трещины, так и мелкие включения. При этом полученные данные говорят, что соотношение таких неоднородностей в нижнем слое дамбы выше, чем в верхнем [11].

Результатом обработки данных является геофизические профили по пикетам с характерными осями синфазной составляющей (рис. 3). При этом с учетом рельефа на глубине эффективного зондирования выделены субгоризонтальные отражающие границы геологических разностей [12–14].

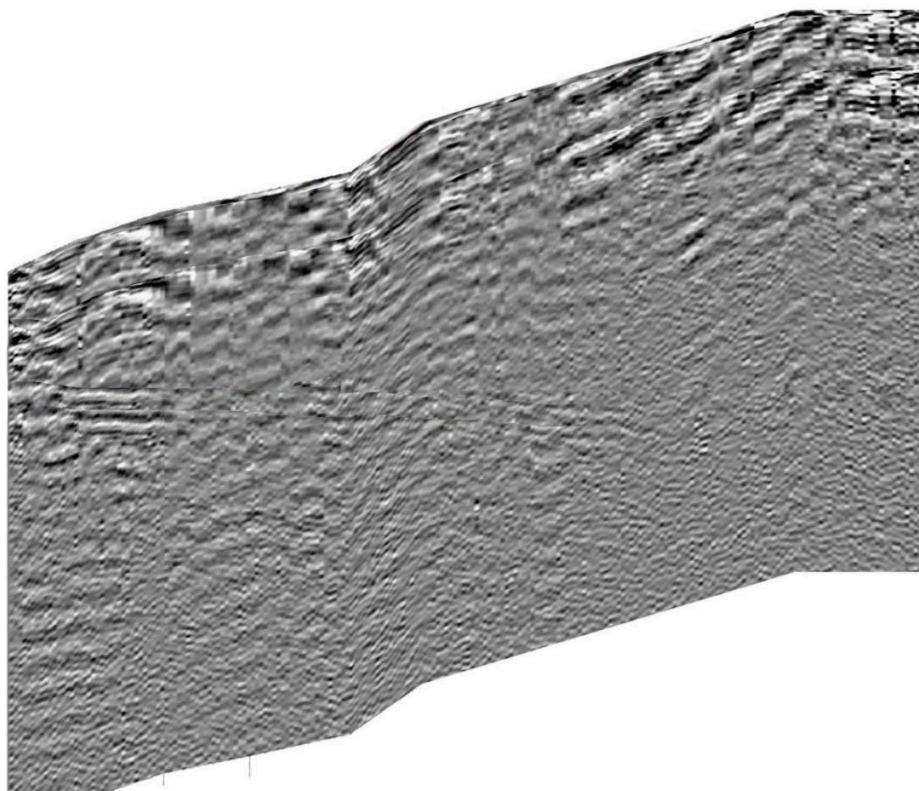


Рис. 3. Анализ георадарного профиля с привязкой к рельефу

Для обработки данных геотомографической съемки использовалось специализированное программное обеспечение Rad Explorer – интегрированная программа для интерактивной обработки и интерпретации данных георадиолокации, что является полнофункциональным инженерным инструментом. Она специально предназначена для обработки и интерпретации данных георадиолокации [15].

Результаты и выводы

При совмещенном анализе томограмм по двум профильным линиям выявлены единичные неоднородности вблизи поверхности плотины, не имеющие проявления на соседней томограмме, что говорит об их локальном проявлении (рис. 4).

Также в процессе сканирования на томограммах было обнаружено большое количество металлических объектов и их групп, представленных линиями многократных отражений (области, выделенные желтым цветом), большая часть которых, вероятно, являются элементами армирования железобетонных конструкций.

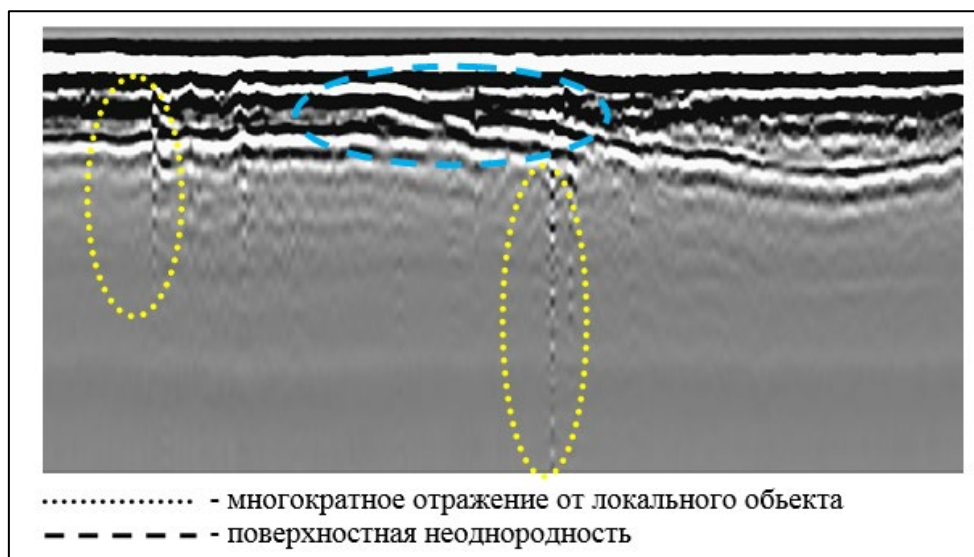


Рис. 4. Участок томограммы профильной линии на плотине Шерубай-Нуринского водохранилища

Кроме того, по профильным линиям проявляются согласованные неоднородности, что говорит о том, что они имеют вытянутую форму и пересекают обе линии. А их близость к поверхности говорит о том, что они являются следом стыка двух бетонных плит.

Таким образом, при проведении исследований с помощью георадара, каких-либо существенных неоднородностей и нарушений непосредственно в теле плотины, сложенной глинистыми породами, не обнаружено, что позволяет сделать вывод, что тело плотины находится в устойчивом состоянии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чугаев, Р. Р. Гидротехнические сооружения. Глухие плотины / Р. Р. Чугаев. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 318 с. – Текст: непосредственный.
2. Царев, А. И. Критерии безопасности гидротехнических сооружений как основа контроля их состояния / А. И. Царев, И. Н. Иващенко, В. В. Малаханов, И. Ф. Блинов. – Текст: непосредственный // Гидротехническое строительство. – 1994. – № 1. – С. 9–14.
3. Саидходжаева, Д. Основные причины и последствия прорыва плотин при гидродинамических авариях / Д. Саидходжаева, А. Абдувосиев, И. Хамидов. – Текст: непосредственный // Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences. – 2021. – Вып. 4, № 1. – С. 697–707.
4. Мустафин, М. Г. Оценка вертикальных смещений оснований зданий и сооружений на основе анализа элементов деформационной сети / М. Г. Мустафин, Х. В. Нгуен. – Текст: непосредственный // Геодезия и картография. – 2019. – № 3. – С. 11–19.
5. Бесимбаева, О. Г. Современные методы мониторинга гидротехнических сооружений: монография / О. Г. Бесимбаева. – Караганда: Изд-во КарГУ, 2016. – 226 с. – Текст: непосредственный.
6. Kalkan, Y. Geodetic deformation monitoring of Ataturk Dam in Turkey / Y. Kalkan. – Текст: непосредственный // Arabian Journal of Geosciences. – 2014. – № 7. – P. 397–405.
7. Xing, C. Research on the environmental effects of GB-SAR for dam monitoring / C. Xing, J. J. Huang, X. Q. Han. – Текст: непосредственный // Advanc. Mater. Res. – 2014. – P. 392–397.

8. Шоломицкий, А. А. Мониторинг состояния плотины Шерубай-Нурина водохранилища / А. А. Шоломицкий, Е. Н. Хмырова, Р. Р. Ханнанов. – Текст: непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 24–26 апреля 2019 г., Новосибирск: сб. материалов в 9 т. Т. 1: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск: СГУГиТ, 2019. № 1. – С. 265–271.
9. Дулевич, В. Е. Теоретические основы радиолокации / В. Е. Дулевич. – Москва: Радио и связь, 1978. – 362 с. – Текст: непосредственный.
10. Низаметдинов, Ф. К. Перспективы использования наземной радарной интерферометрии в Республике Казахстан / Ф. К. Низаметдинов, Д. В. Мозер, А. К. Омарова. – Текст: непосредственный // Мат. VII Междунар. науч.-практ. конф.: «Наука и новейшие технологии при поисках, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых». – Москва, 2012. – 102 с.
11. Оленюк, С. П. Геофизическое исследование породного массива посредством цифрового геотомографического сканирования / С. П. Оленюк. – Текст: непосредственный // Междунар. науч. жур. «Актуальные проблемы современности». сер. «Технические науки» – № 7 – Караганда: Болашак-Баспа, 2010. – С. 62–65.
12. Технический отчет КарГТУ «Комплексное обследование земляных дамб Арнасайской плотины». – Караганда, 2014. – 208 с.
13. Технический отчет КарГТУ «Техническое обследование гидроузла Топарской плотины Шерубай Нурина водохранилища». – Караганда, 2014. – 82 с.
14. Шоломицкий, А. А. Анализ устойчивости дамбы золоотвала ТОО «Главная распределительная энергостанция Топар» / А. А. Шоломицкий, Р. Р. Ханнанов. – Текст: непосредственный // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2023. – Т. 10, № 3. – С. 98–103.
15. Руководство пользователя RadExplorer 1.4. – URL: https://www.guidelinegeos.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2016/07/RadExplorer14_user_manual_ENG.pdf. – Текст: электронный.

© Р. Р. Ханнанов, 2024