

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН МЕТОДАМИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Разработка методов контроля устойчивости и прогноза физического состояния гидротехнических сооружений (ГТС) (водохранилищ, прудов, земляных плотин, дамб и т.п.) является весьма актуальной, так как нарушение их функционирования связано не только с возможным значительным экономическим и экологическим ущербом, но иногда способно приводить к авариям, представляющим опасность для жизни человека (людей). Только в Пермском крае насчитывается более 1100 различного рода действующих гидротехнические сооружения (ГТС)- водохранилищ, прудов, земляных плотин и т.п.. По данным инвентаризации 2003-2006 г.г. более 170 (13.7% из них) требуют капитального ремонта или реконструкции. Наиболее остро стоит вопрос состояния противопаводковых дамб в Кунгуре, где, к примеру, только за период с 1885 по 2002г. только произошло 12 серьезных наводнений.

Одной из основных причин разрушения защитных дамб часто является отсутствие либо недостаточная информативность материалов относительно внутреннего физического состояния техногенных массивов грунтовых дамб (наличия зон разуплотнения пород, степени их повышенной влагонасыщенности и др. Использование для этой цели инженерно-геологических и гидрогеологических методов не обеспечивает в полной мере решение данных вопросов и к тому же сопряжено с большим объемом буровых работ. В связи с этим весьма перспективным для оценки устойчивости и прогноза физического состояния объектов ГТС является привлечение интенсивно развиваемых в последнее время методов оперативного неразрушающего контроля [1-3, 5].

Целью проведения исследований, рассмотренных в данной публикации, являлось разработка способов, методик и технологии оперативного контроля устойчивости и прогноза физического состояния объектов ГТС на базе комплекса геофизических методов с использованием современных аппаратных и интерпретационных средств извлечения полезной информации о различных физических характеристиках исследуемого техногенного массива грунтов.

Разрабатываемый комплекс нацелен на решение следующих задач: а) изучения геологического строения и физического состояния пород, слагающих разрез; б) разделения толщи грунтов на слои с различной степенью, увлажнения, уплотнения и упрочнения в теле плотины и ее основании; в) определения уровня, скорости и направления фильтрационного потока подземных вод; г) выявления потенциально опасных участков; д) оценки состояния гидротехнических сооружений и краткосрочного прогноза

изменений в пространстве и во времени компонентов геологической среды в результате геологических и техногенных воздействий.

Для решения данных задач в состав комплекса включены - метод электрического зондирования (ВЭЗ), метод изучения естественного электрического поля (ЕП), метод георадиолокационного зондирования, сейсморазведочный метод, основанный на использовании преломленных волн продольного и поперечного типа; метод мониторингового контроля на базе цифровой многоканальной системы наблюдений.

В целях физико-геологического обоснования применимости основных электрометрических и сейсмических методов для выделения потенциально опасных зон с помощью специально разработанных программ выполнено численное моделирование для наиболее часто используемых типов грунтовых напорных (плотин) и защитных (дамб) сооружений, которое показало достаточно уверенное расчленение разреза и выявление возможных потенциально опасных зон. Формирование физико-геологических моделей техногенных объектов выполнялось на основе известных коррелятивных зависимостей между литологическим составом и физическими свойствами пород, результатов анализа параметрических зондирований, выполненных в близи имеющихся на исследуемых объектах инженерно-геологических скважин, а также опыта формирования моделей для аналогичных условий [1-3, 5, 6].

С помощью рассмотренного выше комплекса геофизических методов выполнены исследования состояния нескольких земляных плотин Кунгурского и Очерского районов Пермского края, рекомендованных службами надзора для обследования в 2008 году.

В качестве примера на рис. 1 приведены результаты комплексных исследований дамбы вдоль одного из участков дамбы, расположенной вдоль реки . Ирень в районе г. Кунгура.

Работы методом ВЭЗ выполнены с использованием четырехэлектродной симметричной измерительной установки при максимальном полуразносе питающей линии $r = AB/2$ равном 50 м. Расстояние между точками зондирования по профилю составляло 10 м. Выбор параметров измерительной установки осуществлялся в соответствии с требуемой детальностью и глубиной исследования (до 20 м). Для измерений использован цифровой аппаратурно-программный комплекс АМС-1 (результат совместной разработки о ОКБ "Маяк" ПГУ), обладающий повышенной помехозащищенностью и высокой точностью измерений. Наблюдения по методу естественного поля проведены способом градиент потенциала с шагом 10 м.

Обработка и интерпретация результатов электрометрических исследований осуществляется с помощью разработанной авторами автоматизированной интерактивной системы «ЗОНД» [5].

Георадарные измерения выполнялись с помощью аппаратурно-программного комплекса ProEx (компания MALA GeoScience, Швеция) в непрерывном режиме при постоянной базе источник-приемник с применением экранированного антенного блока SA 250 МГц и неэкранированной антенны

RTA 50 МГц (Rough Terrain Antenna). Для обработки, интерпретации и визуализации георадарных данных использована программа RadExplorer,

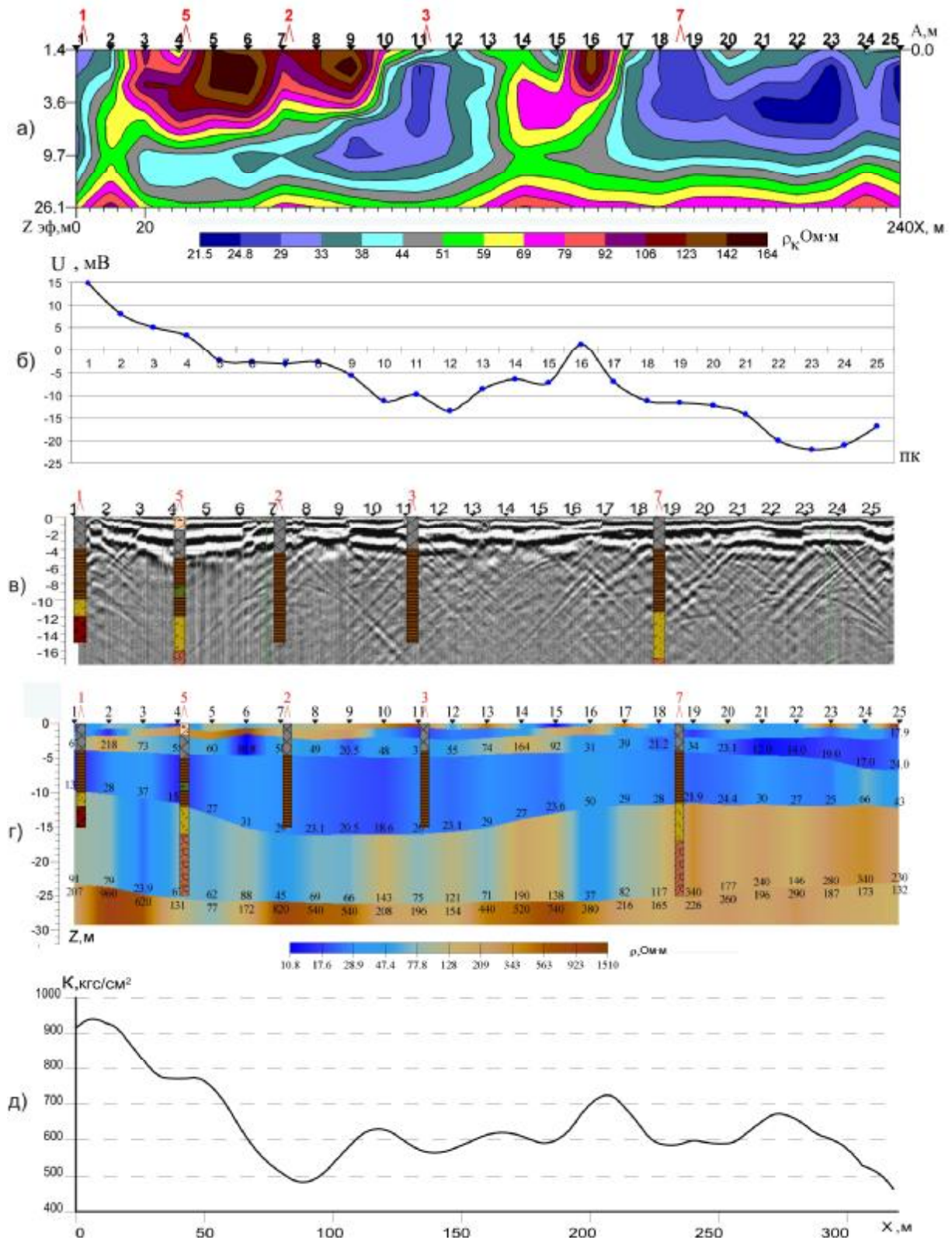


Рис. 1. Результаты комплексных геофизических исследований:
 а- разрез кажущегося сопротивления; б- график потенциала естественного электрического поля; в – радарограмма (антенна 50 МГц); г- геоэлектрический разрез; д- график модуля всестороннего сжатия

позволяющая осуществить весь процесс обработки и интерпретации данных георадиолокации, включая чтение и визуализацию радарограмм, амплитудную коррекцию, деконволюцию, двумерную и полосовую фильтрации, миграцию, учет рельефа, определение диэлектрической проницаемости/скорости распространения электромагнитных волн, корреляцию отражающих границ, построение модели среды, пересчет временного разреза в глубинный.

Сейсморазведочные исследования выполнены с использованием интерференционной системы наблюдений методом преломленных волн. Регистрировались продольные (P) и поперечные (S) волны. Использовалось чередование фланговой системы наблюдений с асимметричной и центральной. Шаг пунктов приема (ПП) $dx_{ПП}=2$ м, шаг пунктов возбуждения (ПВ) от $dx_{ПВ}=4$ м на коротких профилях (до 150 м), до $dx_{ПВ}=16$ м на длинных профилях (более 250 м), максимальное удаление ПП-ПВ — 160 м, минимальное — минус 160 м (вынос ПВ до 64 м). Применялся источник ударного типа — кувалда. Число ударов на одном пункте возбуждения — 4 для возбуждения поперечных волн и 4 для продольных.

Запись сейсмических колебаний осуществлялась с помощью цифровой телеметрической сейсмостанции IS-128.1, шаг дискретизации 0,5 мс, длина записи 1024-2048 дискрет для продольных волн и 2048-4096 дискрет для поперечных, в зависимости от конкретных сейсмогеологических условий.

Обработка прослеженных годографов и построение сейсмогеологической модели разреза выполнялась с помощью программы обработки сейсморазведочных данных RadExpro 3.7.

По результатам комплексной интерпретации электрических зондирований, георадиолокации и естественного поля в районе пк. 2, 6, 15, 20-25 (рис. 1 а-г) выделены области малых амплитуд электромагнитного поля и пониженных электрических сопротивлений, свидетельствующие о повышенной влажности пород, сопровождаемые отрицательными аномалиями естественного поля. Наиболее вероятной причиной аномальности данных областей, является пониженная суффозионная устойчивость тела плотины, сопровождаемая инфильтрации вод. Характер поведения геоэлектрических границ отмечает изменчивый характер депрессионной поверхности с ее понижением в районе пк. 4 (рис. 1 в).

Совместное использование продольных и поперечных волн позволило выполнить оценки физико-механических свойств грунтов – вычислить отношение V_p/V_s , модули Юнга, сдвига, всестороннего сжатия и коэффициент Пуассона [6]. На графике модуля всестороннего сжатия (рис. 1д) также находят отображение вышеотмеченные зоны, характеризующиеся ослабленным состоянием грунтов верхних горизонтов, что может быть вызвано, в первую очередь, увеличением их влажности.

По результатам комплексной интерпретации выполненных сейсморазведочных и электротрических исследований даны рекомендации

для разработки оптимальных ремонтно-восстановительных мероприятий: работы по берегоукреплению реки а также по созданию (строительства) дренажных сооружений для отвода подземных вод, залегающих в интервале насыпных грунтов для предотвращения суффозионных и оползневых процессов.

Список литературы

1. Воронков, О.К. Геофизическая диагностика состояния и свойств грунтовой плотины и основания, сложенных глинистыми грунтами /О.К.Воронков, Н.Н.Сигачева, Г.А.Моторин, Л.Ф.Ушакова // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – 2007. – Т. 246. – С. 3-14.

2. Джурик, В.И. Опыт электроразведочных исследований состояния и поля фильтрации грунтовых плотин / В.И.Джурик, С.П.Серебренников, А.Ю.Ескин // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2006. – № 5. – С. 459-466.

3. Колесников, В.П. Основы интерпретации электрических зондирований / В.П.Колесников. – М: Научный мир, 2007. – 248 с.

4. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики: Учебник для вузов / Под редакцией В.А.Богословского. - М.: Недра, 1990. -501 с.

5. Простов С.М., Костюков Е.В., Бахаева С.П. / Прогноз устойчивости грунтовых дамб / Кемерово / КузГТУ / 2006. 171 с.

6. Рекомендации по применению сейсмической разведки для изучения физико-механических свойств рыхлых грунтов в естественном залегании для строительных целей. – М, Госстрой РСФСР, РосГлавНИИСтройпроект, Производственное объединение «Стройизыскания», 1974 г.