

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАСЫПНОЙ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ

А.И. Калашник, канд. техн. наук, заведующий лабораторией
Горный институт КНЦ РАН
(Россия, г. Апатиты)

DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11895

Аннотация. В статье приведены результаты комплексных исследований насыпной грунтовой плотины, включающие в себя полевые геофизические (георадарные и сейсмические) подповерхностные сканирования, и компьютерное 3D моделирование ее текущего и прогнозного гидрогеомеханического состояния. Комплексированием полевых геофизических исследований уточнена структура слагающих плотину грунтов, параметры их физико-механических свойств, степень водонасыщенности и положение в теле плотины депрессионной поверхности фильтрующихся вод, а также выявлены и локализованы зоны повышенной фильтрации. Компьютерным 3D моделированием исследовано гидрогеомеханическое состояние плотины и выявлены тенденции его изменения вследствие повышения воды (паводковые воды) в русле реки и развития зоны фильтрации.

Ключевые слова: насыпная грунтовая плотина, комплексные исследования; георадар, сейсмика, компьютерное моделирование

Гидротехнические сооружения (ГТС) практически на всех основных реках Кольского полуострова представляют собой насыпные грунтовые плотины. Эти ГТС являются потенциально опасными объектами I-го и II-го класса [1, 2], эксплуатация которых должна выполняться в строгом соответствии с требованиями промышленной безопасности, регламентируемыми Федеральным законом «О безопасности гидротехнических сооружений» и Строительными нормами и правилами РФ «Гидротехнические сооружения. Основные положения». Нарушение фильтрации и функциональности, потеря устойчивости таких плотин может привести к аварийной ситуации и значительному социально-экономическому ущербу населению, гражданским и промышленным зданиям, дорогам, инженерно-техническим коммуникациям и т.п., а также к финансовым потерям (недополученная прибыль вследствие остановки ГЭС), дополнительным затратам (ремонтно-восстановительные работы, ликвидация последствий аварии; восстановление окружающих природных систем) и штрафов за загрязнение окружающей среды и экологический ущерб [1, 2].

Мировой опыт эксплуатации насыпных грунтовых плотин имеет примеры возникновения чрезвычайных ситуаций и аварий,

наиболее известные из которых: Боулдерхэд (Великобритания), Фонтенель (США), Киселевское водохранилище (РФ), и др. [1].

Анализ этих и других инцидентов показывает, что основной причиной аварий стало локальное или полное разрушение насыпных грунтовых сооружений вследствие формирующихся в их теле зон повышенной фильтрации, водопроводящих каналов и последующего интенсивного размыва низового склона. Проблема заключается в том, что зоны повышенной фильтрации, развивающиеся в теле насыпных грунтовых плотин, на начальных этапах визуально и традиционными методами не обнаруживаются [3]. Перерастая в дальнейшем в фильтрационно-деформационные зоны, эти процессы проявляются в виде интенсивных протечек и размывов низового склона, то есть фактически создают чрезвычайную ситуацию с реальной угрозой аварии, требующую безотлагательного принятия защитных и укрепляющих мер.

В этих целях были проведены комплексные экспериментальные геофизические и компьютерные исследования, что позволило выполнить количественную и качественную оценку состояния плотины, определить и трассировать депрессионную

плоскость и выявить скрытые зоны повышенной фильтрации.

Экспериментальные геофизические определения включали в себя георадарное и сейсмическое подповерхностное сканирование плотины на глубину до 20 м [4, 5]. По результатам определений была уточнена структура плотины, физико-

механические характеристики слагающих ее грунтов, контур подстилающего моренного основания, старое русло реки, определена и трассирована депрессионная плоскость, а также выявлены скрытые локальные зоны повышенной фильтрации (рис. 1).

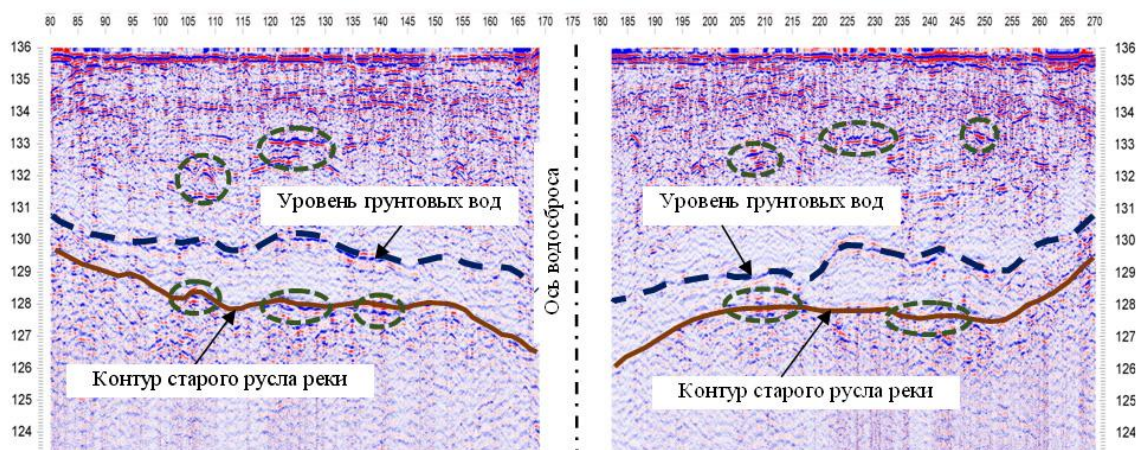


Рис. 1. Геофизические разрезы по продольной оси плотины (овалами показаны идентифицированные зоны повышенной фильтрации)

На основании экспериментальных данных построена гидрогеомеханическая модель плотины, которая была исследована компьютерным моделированием при различных уровнях воды в реке. В результате моделирования получены картины (цветовые палитры) состояния плотины, общие перемещения грунтов и активного порового давления (рис. 2).

Выявлено, что повышение уровня воды в реке приводит к достаточно существенным горизонтальным смещениям грунтов плотины. При этом вертикальные смещения на верховом склоне в 2-3 раза меньше горизонтальных и имеют характер постепенного затухания к низовому склону.

Анализ результатов моделирования позволил также выявить, что смещению и дополнительному нагружению подверга-

ются грунты как самой плотины, так и подстилающего основания, с затуханием на глубине, примерно равной 1,5 высоты плотины (для максимального уровня воды в реке). Направление общих перемещений коррелируется с действующей водной нагрузкой.

Повышенная водопроницаемость плотины, как было определено геофизическими измерениями, объясняется локально образовавшимися скрытыми зонами повышенной фильтрации (рис. 1). На основе компьютерного моделирования было также выявлено, что увеличение в такой зоне коэффициента фильтрации всего на порядок приведет к существенному изменению напряженно-деформированного состояния грунтов и размыву нижнего склона [6, 7] (рис. 2).

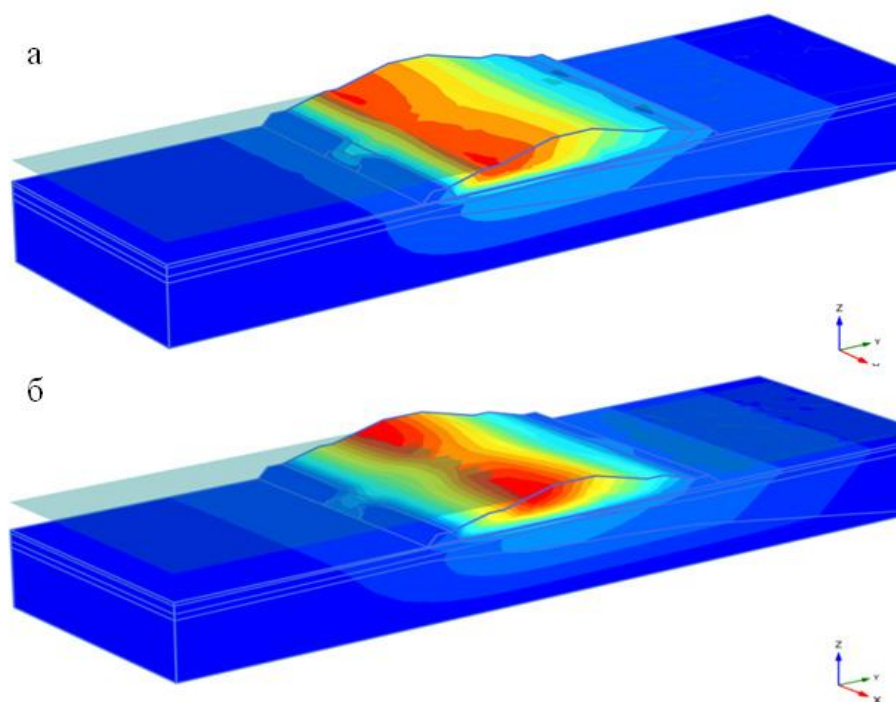


Рис. 2. Изменение гидрогеомеханического состояния насыпной грунтовой плотины, в теле которой формируется скрытая зона повышенной фильтрации: а) начальная стадия; б) размыв низового склона

В заключение необходимо отметить, что полученные результаты комплексных исследований насыпной грунтовой плотины, включающие в себя полевые геофизические (георадарные и сейсмические) подповерхностные сканирования, и компьютерное 3D моделирование ее текущего и прогнозного гидрогеомеханического состояния, имеют научное и практическое значение. Прежде всего, уточнены структура слагающих плотину грунтов и параметры их физико-механических свойств, оценена степень их водонасыщенности и локализовано положение в теле плотины

депрессивной поверхности фильтрующихся вод. Комплексными геофизическими определениями выявлены и локализованы зоны повышенной фильтрации в теле плотины. Компьютерным 3D моделированием исследовано гидрогеомеханическое состояние плотины и выявлены тенденции его изменения вследствие повышения воды (паводковые воды) в русле реки и развития зоны фильтрации. Вышеперечисленное предоставляет основу для разработки защитных противофильтрационных мер, обеспечивающих устойчивость и функциональность плотины.

Библиографический список

1. *Причины аварий и повреждений плотин и их предупреждение.* – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://engineeringssystem.ru/proektirovanie-kamennno-zemljanih-plotin/prichini-avariy.php> (дата обращения: 21.12.2019)
2. Мельников Н.Н., Калашиник А.И., Калашиник Н.А., Запорожец Д.В. Применение современных методов для комплексных исследований состояния гидротехнических сооружений региона Баренцева моря // Вестник МГТУ. – 2017. – Т. 20. № 1. – С. 13-20.
3. Калашиник А.И., Калашиник Н.А., Запорожец Д.В. Исследование состояния насыпного гидротехнического сооружения на моренном основании // Ученые записки ПетрГУ. Серия: Естественные и технические науки. – 2014. – №6 (143). – С. 92-98.
4. Мельников Н.Н., Калашиник А.И., Запорожец Д.В., Дьяков А.Ю., Максимов Д.А. Опыт применения георадарных подповерхностных исследований в западной части российского сектора Арктики // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2016. – № 1. – С. 39-49.

5. Калашник А.И., Калашник Н.А. Исследования ограждающего насыпного гидротехнического сооружения как прототипа дамбы хвостохранилища горно-обогатительного предприятия // Вестник КНЦ. – 2013. – № 1. – С. 27-30.

6. Калашник А.И., Запорожец Д.В., Калашник Н.А. Идентификация фильтрационно-деформационных процессов в теле ограждающей дамбы хвостохранилища // Вестник КНЦ. – 2013. – № 2. – С. 13-17.

COMPREHENSIVE STUDIES OF BULK SOIL DAM

A.I. Kalashnik, *Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory*
Mining Institute of the Kola Science Centre of RAS
(Russia, Apatity)

Abstract. *The article presents the results of complex studies of the bulk ground dam, including field geophysical (georadar and seismic) subsurface scans, and computer 3D simulation of its current and predicted hydrogeomechanical state. The complex geophysical field studies specify the structure of the soils that form the dam, the parameters of their physical and mechanical properties, the degree of their water saturation and the position in the dam body of the depression surface of the filtering waters, as well as the zones of increased filtration have been identified and localized. Computer 3D modeling examined the hydrogeomechanical state of the dam and revealed trends in its change due to the increase of water (flood waters) in the river and the development of the filtration zone.*

Keywords: *bulk soil dam, comprehensive studies; georadar, seismic, computer simulation.*