

УДК 622.83

*М.Г. Тиркель, М.Ю. Богак, Я.М. Юфа*

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ НАСЫПНЫХ  
ДАМБ И ИХ ОСНОВАНИЙ КОМПЛЕКСОМ  
СЕЙСМО- И ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ МЕТОДОВ**

Семинар № 2

**К**рупные гидротехнические сооружения создают значительные техногенные нагрузки на поверхностные участки геологической среды, масштаб и характер воздействия которых зависит как от параметров сооружения так и от строения, свойств и состояния горных пород, слагающих их основания.

Геофизические методы применяются для решения конкретных задач, связанных с изучением строения, свойств и состояния массивов горных пород оснований, закономерностей изменения их важнейших физико-механических характеристик в зависимости от различных природных и техногенных факторов, а также процессов, происходящих в геологической среде и сооружениях во время их совместной работы [1, 2]. Такие исследования позволяют оценивать изучаемые параметры в больших объемах горных пород, соизмеримых с теми, на которые оказывает воздействие сооружение. Таким образом автоматически учитывается роль неоднородностей и различного рода нарушений геологической среды в ее естественном состоянии, что значительно дополняет представления об инженерно-геологической характеристике массива. На основании теоретических и экспериментальных исследований доказано, что водно-фи-зические свойства ближе всего связаны с электрическими параметрами, а физико-механические – с сейсмическими [2].

Комплексные геофизические исследования методами сейсморазведки и элек-

троразведки были проведены на шламохранилище Ингулецкого ГОКа с целью изучения физико-технического состояния дамбы и ее основания на участке примыкания к реке Ингулец. Наблюдения геофизическими методами выполнены по берме дамбы с абсолютной отметкой 98 м и вблизи низового откоса по основанию дамбы.

Сейсморазведочные исследования выполнялись корреляционным методом преломленных волн (КМПВ), методом отраженных волн в модификации общей глубинной точки (МОВ ОГТ) и методом сейсмического профилирования на постоянных базах (МСП ПБ).

Электроразведочные исследования выполнялись методом вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) и электропрофилирования (ЭП).

Сейсморазведочные исследования КМПВ по берме "98 м" проводились с целью выявления ослабленных (разуплотненных) участков насыпных грунтов дамбы; по основанию дамбы - с целью изучения строения осадочного комплекса, определения глубины залегания кристаллических пород, выявления и прослеживания тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости.

Наблюдения КМПВ выполнялись по методике непрерывного профилирования по 2-кратной системе встречных нагоняющих годографов. Шаг сейсмоприемников - 5 м, шаг пунктов возбуждения – 55 м, максимальный вынос источника возбуждения - 230 м. Возбуждение упругих ко-

лебаний производилось ударной установкой в режиме 10-20 накоплений. Регистрация сейсмических колебаний осуществлялась 12-ти канальной сейсмостанцией с записью сейсмограмм на жесткий диск «Notebook».

Сейсморазведочные исследования МОВ ОГТ выполнены по основанию дамбы с целью определения глубины залегания кристаллических пород и мощности зоны их интенсивного выветривания, изучения их поверхности и блочности, выявления и прослеживания тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости.

Система наблюдений МОВ ОГТ - 6-кратная фланговая с выносом источника упругих колебаний. Шаг сейсмоприемников - 15 м, шаг пунктов возбуждения - 15 м, вынос источника возбуждения - 80-165 м. Возбуждение упругих колебаний производилось ударной установкой в режиме 10-40 накоплений.

Сейсморазведочные исследования МСП ПБ проведены на верхней берме дамбы пруда-осветлителя, в теле которой, в результате прорыва на глубине 15 м водовода, образовалась полость, проявившаяся на поверхности в виде мульды диаметром около 2,5-3 м. Размеры образовавшейся полости и протяженность области массива, подверженной её влиянию, исследовались методом высокочастотного сейсмопрофилирования на постоянной базе по трём параллельным профилям с шагом замеров 2,5 м. Зондирующий сигнал возбуждался ударным источником и принимался в 10 и 20 м от него. Регистрация осуществлялась двухканальной цифровой суммирующей сейсмостанцией REZ-2T в режиме 30 накоплений.

На фоне шумовых помех прослеживаются только поверхностные волны релеевского типа и первая фаза продольной волны, распространяющаяся в приповерхностном слое. В этих условиях была предпринята попытка оценить упругие характеристики насыпных грунтов, используя известные соотношения между скоростями поверх-

ностных волн Релея ( $V_R$ ), продольных ( $V_P$ ) и поперечных ( $V_S$ ) волн, что дает возможность получить для каждой точки наблюдений значения динамического коэффициента Пуассона ( $\mu_d$ ) [1, 3]. Важной особенностью исследований является использование волн Релея для вычисления  $V_S$  в верхней части разреза.

Несмотря на искажения, вносимые помехами в форму сигнала продольной волны, распространяющейся в приповерхностном слое, соотношения между  $V_P$  и  $V_R$  выдерживаются достаточно уверенно. Полученные результаты характеризуются высокой степенью корреляции значений  $\mu_d$  между профилями. Зоне напряженного состояния грунтов в центральной части образовавшейся мульды (вблизи провала грунта) соответствует выраженный максимум  $\mu_d$ , обрамленный с двух сторон минимумами.

Структурная нарушенность массива, помимо влияния на кинематические параметры поверхностных волн, активно проявляется и на их спектральных характеристиках.

Электроразведочные исследования методами ВЭЗ и ЭП по берме "98 м" проводились с целью изучения характера обводненности материала дамбы и выявления участков повышенной фильтрации жидких компонентов; по основанию дамбы - с целью литологического расчленения осадочного комплекса, определения положения водопроводящих пластов и водоупоров, выявления участков сосредоточенной фильтрации подземных вод.

Наблюдения методом ВЭЗ выполнялись симметричной установкой с максимальным полуразносом питающих заземлений 194 м. Для увеличения детальности измерений использовалась сгущенная сетка разносов - 7 точек на модуль логарифмического бланка с начальным полуразносом 1,39 м и увеличением последующих в геометрической прогрессии с коэффициентом 1,39.

ЭП выполнялось симметричной установкой с двумя разносами питающих заземлений по бермам с отметками 98 и 56 м, а также по основанию дамбы, с целью детализации и корреляции аномалий ВЭЗ между профилями наблюдений. Параметры установки определялись по результатам ВЭЗ на этих участках.

В результате совместной интерпретация материалов сейсморазведочных и электроразведочных исследований в теле дамбы выявлен обширный участок (550 м по берме "98 м") разуплотненных грунтов с повышенными фильтрационными свойствами, в центральной части которого выделена локальная зона (175 м) сосредоточенной фильтрации техногенных вод из шламохранилища. Аномальный участок коррелируется в направлении профиля по берме "56 м" и профиля по основанию дамбы. Породы основания в пределах выделенного участка отличаются повышен-

ной трещиноватостью и обводненностью, а в кристаллическом фундаменте картируется зона тектонического нарушения. Оправдано предположить, что геодинамическая активность тектонического нарушения, возбуждаемая прохождением сейсмической волны при массовых взрывах в карьере, и является причиной разуплотнения материала дамбы.

Кроме описанного выше выделены еще два участка незначительного разуплотнения и увлажнения грунтов дамбы, приуроченных к зонам тектонических нарушений в кристаллическом фундаменте.

Результаты исследований показали, что комплексирование методов сейсморазведки и электроразведки позволяет эффективно решать задачи изучения состояния насыпных дамб и оснований накопителей промышленных отходов для обеспечения их безопасной эксплуатации.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексные инженерно-геофизические исследования при строительстве гидротехнических сооружений // А.И. Савич, Б.Д., Кунджич, В.И. Коптев и др. - М.: Недра, 1990.

2. *Огильви А.А.* Основы инженерной геофизики. - М.: Недра, 1990.

3. *Шерифф Р., Гелдарт Л.* Сейсморазведка: в 2-х т. Т.1. Пер. с англ. - М.: Мир, 1987.

---

#### Коротко об авторах

*Тиркель М.Г.* – кандидат технических наук, зам. директора по науке,  
*Богак М.Ю., Юфа Я.М.* – ст. научные сотрудники,  
Укр НИМИ НАНУ, Украина.



