ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СОСТОЯНИЯ ГТС В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.

Мазуренко М.В.
ООО «КБ Электрометрии»
главный геолог

Гидротехнические сооружения различного типа – от плотин до хвостохранилищ промышленных отходов – в процессе эксплуатации требуют постоянного контроля состояния, основной целью которого является предотвращение протечек через тело плотины. Образованию протечки предшествует опасный инженерно-геологический процесс - сквозная фильтрация. Причины сквозной фильтрации можно выделить следующие:

- перелив фильтрата через гребень ядра плотины.
- просачивание фильтрата через суглинистое ядро плотины или через линзы крупных фракций грунта в противофильтрационном элементе.
- фильтрация через породы естественного сложения, образующие основание ГТС.
- фильтрация через водопроницаемые зоны грунтов естественного сложения в низовых и боковых примыканиях.

Рисунок 1. Выходы фильтрата в нижнем бьефе. Николаевская ОФ.

Сквозная фильтрация приводит к повышению водопроницаемости грунта за счёт суффозии, ослабляет структурную прочность грунта, на хвостохранилищах – вызывает загрязнение грунтовых вод растворимыми компонентами хвостов.

Для плотин, расположенных в зоне вечной мерзлоты и сложенных мёрзлыми грунтами, сквозная фильтрация опасна сопутствующим проявлением термокарстовых процессов, ведущих к разрушению тела плотины и возникновению аварийных ситуаций. Термокарстовые процессы особенно опасны в районе низового и боковых примыканий плотины к грунтам естественного основания.

Рисунок 2. Последствия аварии на плотине в районе гидроузла р. Ирелях.

Геофизические методы контроля, в частности, электроразведка, обладают рядом неоспоримых преимуществ. В сравнении с контролем при помощи скважин, оборудованных контрольно-измерительной аппаратурой, и информирующих о состоянии плотины только в небольшой окружающей каждую скважину зоне, электроразведочные методы дают информацию площадного характера. В короткие сроки можно получить исчерпывающую информацию о состоянии всего тела дамбы и наличию зон протечек, сквозной фильтрации или аномального обводнения в ней.

Рисунок 3. Станция "Скала-48" на профиле.

Применение комплекса методов, в частности, совмещение при обработке и интерпретации данных температурных профилей и профилей электротомографии, позволяет выявить корреляцию электрофизических свойств грунта и его температуры. Созданный алгоритм контроля упрощает проведение работы и соответственно ускоряет их.

Ниже на рисунке – пример совмещения температурного и геоэлектрического разреза по результатам исследований одной из плотин на гидротехнических сооружениях АК «АЛРОСА»:

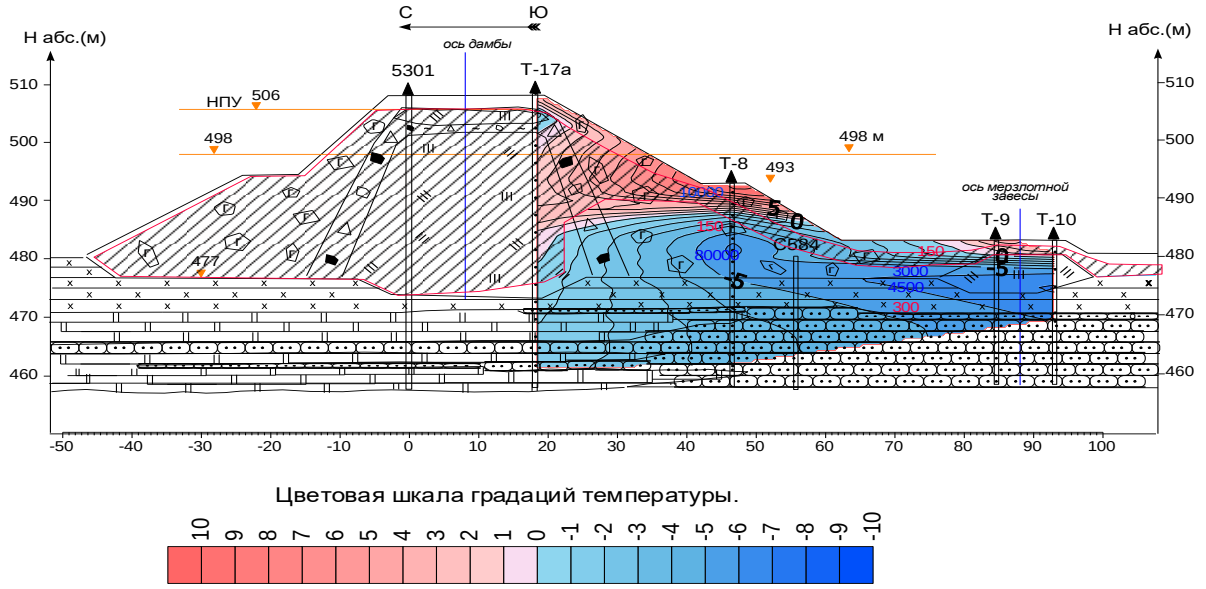


Рисунок 4 Совмещение геоэлектрического и температурного разреза. Данные эксп. 13 РАО ЕЭС.

Теория и метод.

При работе использовался метод сопротивлений в модификации электротомографии. Теория метода сопротивлений основана на изучении распределения поля постоянного электрического тока от источника с известными параметрами в проводящей геологической среде. Для создания поля и измерения его напряжённости используется совокупность электродов AMNB, (рис.6) в которой электроды А и В являются питающими (на них подается ток), а электроды MN – измерительными (между ними производится замер напряжённости электрического поля). Измеренные ток и разность потенциалов позволяют рассчитать кажущееся удельное электрическое сопротивление ($\rho_к$) – электрическое поле, нормированное по параметрам установки таким образом, чтобы в однородном полупространстве кажущееся сопротивление совпадало с истинным удельным сопротивлением. Для горизонтально-слоистой среды оно считается приблизительно равным осредненному по некоторому объёму удельному сопротивлению пород. Типовая геометрическая конфигурация AMNB называется (электроразведочной) установкой.

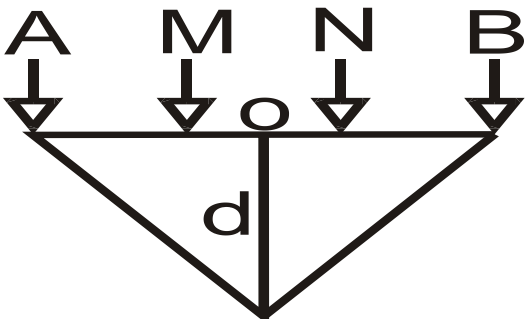


Рисунок 6 Принципиальная схема ВЭЗ.

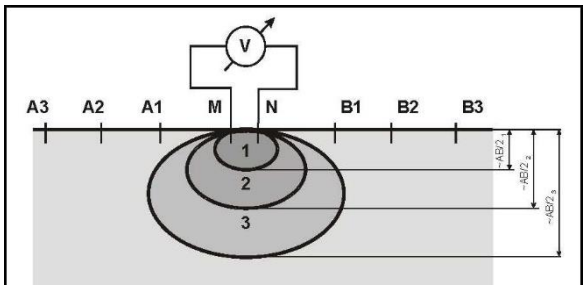


Рисунок 5 Зависимость глубины исследования от длины АВ.

Существуют различные варианты установок – Шлюмберже, Веннера, дипольная и пр. Глубина области пространства d, влияющей на результаты измерений, зависит от расстояния между питающими электродами АВ – разноса установки (рис.7) Таким образом, основываясь только на измерениях с поверхности земли, можно изучать геоэлектрические свойства грунта (описывать геоэлектрический разрез) на различных глубинах. Измерение одним типом установки в одной точке при возрастающих разносах называется вертикальным электрическим зондированием и позволяет исследовать распределение $\rho_к$ с глубиной. Например, при использовании установки Шлюмберже глубина расположения точки записи $\rho_{каж}$ равна АВ/2.

Электротомография (ЭТ) – это современная модификация метода сопротивлений, использующая многоэлектродные системы наблюдений. Особенности метода – высокая плотность наблюдений и автоматическая обработка большого количества измерений в короткие сроки, использование при обработке 2D-инверсии. Используются многоэлектродные электроразведочные косы с постоянным шагом между выводами для подключения электродов, автоматические коммутирующие устройства для проведения максимального количества измерений, последовательность которых определяется протоколом измерений. В ЭТ используется термин расстановка для описания последовательности электродов, помещенных в грунт вдоль многоэлектродной косы и подключенных через неё к многоэлектродной аппаратуре для выполнения измерений согласно протоколу при заданной установке.

При длине профиля, превышающей длину расстановки, выполняется перенос одной части кабеля таким образом, что край предыдущей расстановки становится центром следующей (рис.8):

Данный способ позволяет получать непрерывный геоэлектрический разрез вдоль исследуемого профиля.

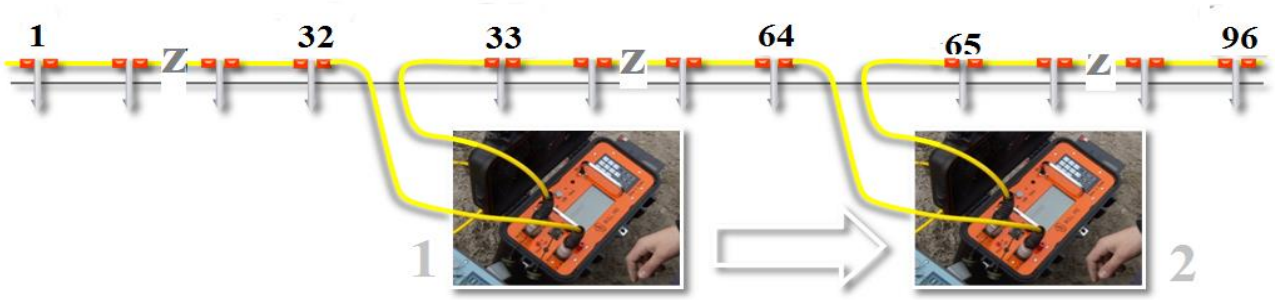
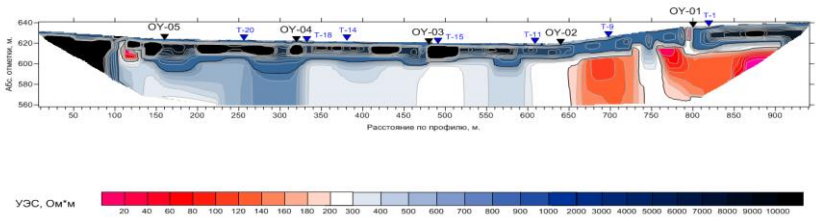


Рисунок 7. Способ наращивания профиля. Станция Скала-64

Результаты исследования.

В результате работ локализованы зоны аномальной обводнённости, для плотин сложенных мёрзлыми грунтами локализованы зоны растепления, потенциально опасные по проявлению сквозной фильтрации. Эксплуатирующим службам даны рекомендации по противодействию развитию опасных инженерно-геологических процессов.

Приложение Д - Разрез по дамбе на ручье Ойур-Юреге



* точками формата "OY-XX" обозначены места расположения электроразведочной аппаратуры. Которые в случае непрямых профилей, являются точками перегиба.

Новинкой работ этого года стало применение термокейсов для обеспечения работы станции «Скала-48» при низких температурах. Минимальная рабочая температура составляет -20^{0}С, работы проводились при пониженных до -30 температурах. Станция работала в термосберегающем корпусе, обогреваемом при помощи одноразового химического источника тепла.

Библиография

1. Инструкция по электроразведке. М., Недра, 1984.
2. СНиП 2.06.05-84* "Плотины из грунтовых материалов", Госстрой СССР, М., 1990
3. Бобачев А.А., Горбунов А.А., Модин И.Н., Шевнин В.А., 2006, Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации // Приборы и системы разведочной геофизики № 02, с. 14–17.
4. Ваньян Л. Л., 1997, Электромагнитные зондирования / Л. Л. Ваньян. М.: Научный мир,. 219 с.
5. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация.
6. Панин Г.Л. , 2008, Многоэлектродная аппаратура методов сопротивлений «Скала-48» // Материалы конференции: инженерная и рудная геофизика, Геленджик2 с.
7. Электрическое зондирование геологической среды, 1988, Ч.1, Ч.2 / Под ред. У. П. ред. Хмелевского В.К., Ш. В.А. М: МГУ