



**ИГИИС**  
Институт геотехники  
и инженерных изысканий  
в строительстве



# EMS 1917

Станция электротомографического  
мониторинга.

## ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГРУНТОВЫХ МАССИВОВ



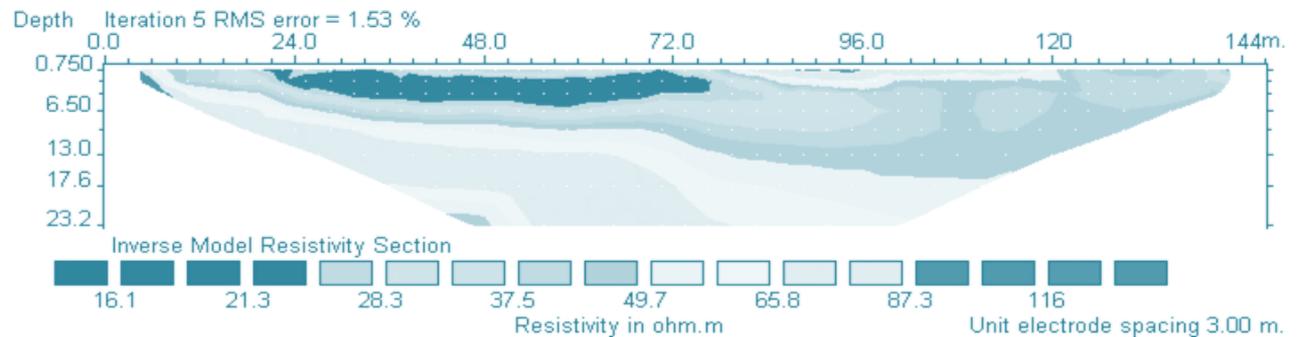
ПРЕЗЕНТАЦИЯ



[www.igiis.ru](http://www.igiis.ru)

Москва, 2019г.

# ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГРУНТОВЫХ МАССИВОВ



## ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ



Электротомографический мониторинг позволяет получать информацию об изменениях в строении и свойствах грунтовых массивов, вызванных природными и антропогенными факторами.

**Электротомографический мониторинг является чрезвычайно перспективной технологией так как:**

- Наблюдается высокая корреляция параметров электрического поля и удельного электрического сопротивления с изменениями внутренней структуры изучаемого грунтового массива, его геометрии и изменениями физических свойств грунтов (влажности).
- Станция электротомографического мониторинга ETS 1917 – помехозащищенное геофизическое оборудование (не имеющие аналогов в мире), которое позволяет в автоматическом режиме вести сбор данных о состоянии грунтового массива.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА



- Контроль устойчивости гидросооружений и проницаемости плотин и дниц водохранилищ;
- Гражданское и промышленное строительство: мониторинг основания фундаментов зданий и сооружений, в том числе атомных станций;
- Мониторинг плотин хвостохранилищ и золоотвалов;
- Контроль распространения подземных химических загрязнений, в том числе загрязнений нефтепродуктами;
- Мониторинг полигонов промышленных, технических и бытовых отходов (ПТБО);
- Контроль оползневых склонов;
- Мониторинг устойчивости основания насыпей и мостовых сооружений на железных и автомобильных дорогах;
- Мониторинг мерзлых грунтов на кустовых площадках нефтедобычи и газодобычи, дорог, магистральных трубопроводов, площадок временного и стационарного строительства;
- Мониторинг перемещений морской воды в грунте вглубь суши под действием интенсивных откачек подземных вод в прибрежных зонах.

## ИННОВАЦИОННОСТЬ / ВОЗМОЖНОСТИ СТАНЦИИ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ETS 1917

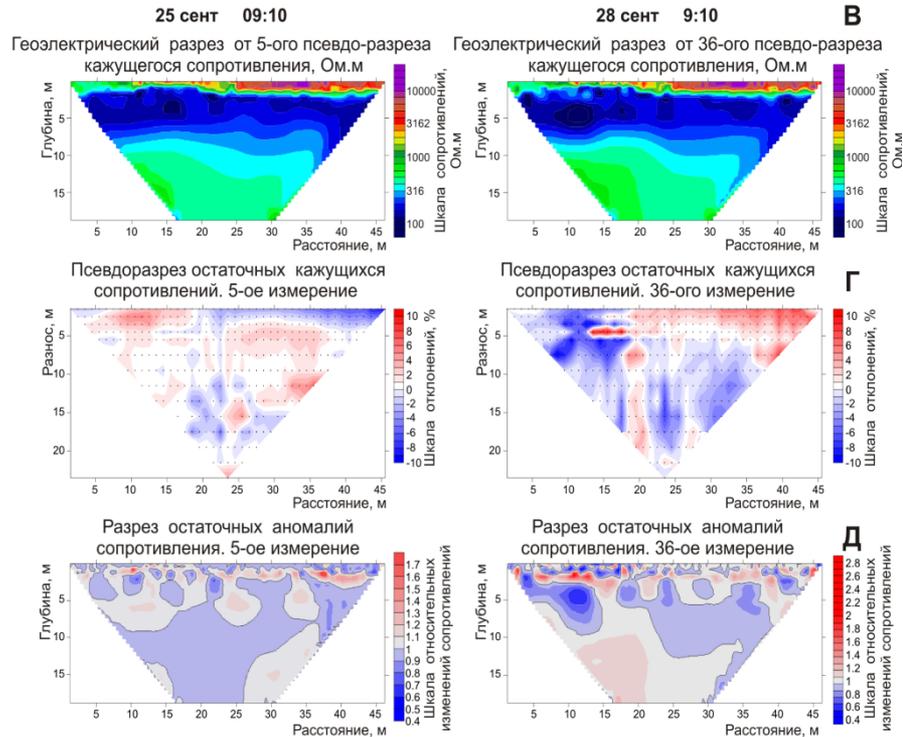
### EMS 1917



Частота измерений < 25 Гц

1. Высокая точность измерений до 0,5%. Измерение с наперед заданной точностью;
2. Глубина исследований до 35 м от уровня заложения электродов;
3. Строгая периодичность и частая повторяемость циклов измерений;
4. Обеспечение zoom-эффекта в выявленной зоне динамических изменений;
5. Неограниченное число электродов;
6. Результаты измерений – в 4D формате (параметры среды в пространстве и времени);
7. Возможность автоматизации процесса съемки;
8. Автоматизация введения поправок в результаты исследования от температурного режима (приемные электроды оборудованы температурными датчиками);
9. Гарантия гальванического прохождения тока только в нижнем полупространстве;
10. Экологичность метода (без шума, вибраций; по амплитуде и частоте возбуждаемые токи сравнимы с естественными полями Земли).

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ



**Шаг 1.** Детальная геофизическая съемка объекта. Составление геолого-геофизической модели верхней части разреза. Создание сети наблюдения: задается расстояние между электродами, сетка разносов, порядок опроса.

**Шаг 2.** Проведение полевых наблюдений. накопление фоновых значений, совокупность которых в дальнейшем позволяет сформировать опорный 3D массив.

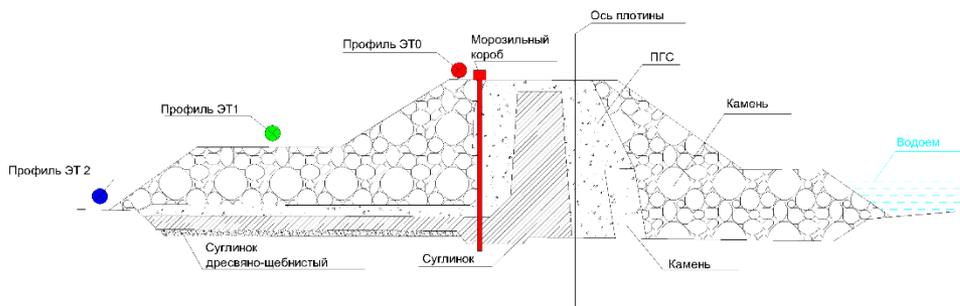
**Шаг 3.** Электротомографический мониторинг. Выбор периодичности измерений. Выполнение инверсии данных, получение серии геоэлектрических разрезов.

Серия геоэлектрических разрезов

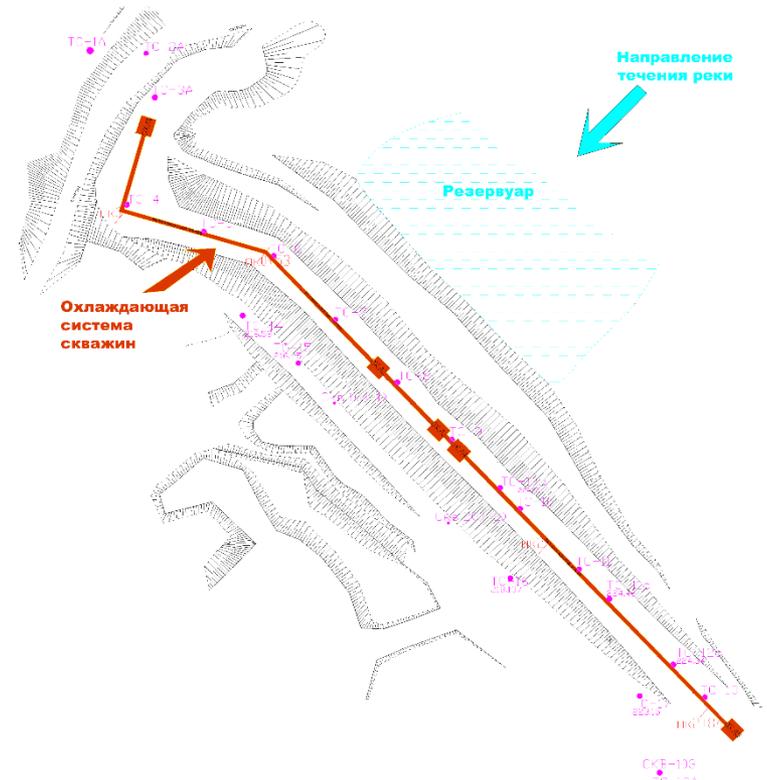
# ОПЫТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

## НАСЫПНАЯ ПЛОТИНА В ЗОНЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Полезный объем водохранилища 1050 тыс. м<sup>3</sup>  
 Длина по гребню 284 м  
 Максимальная высота 12.5 м



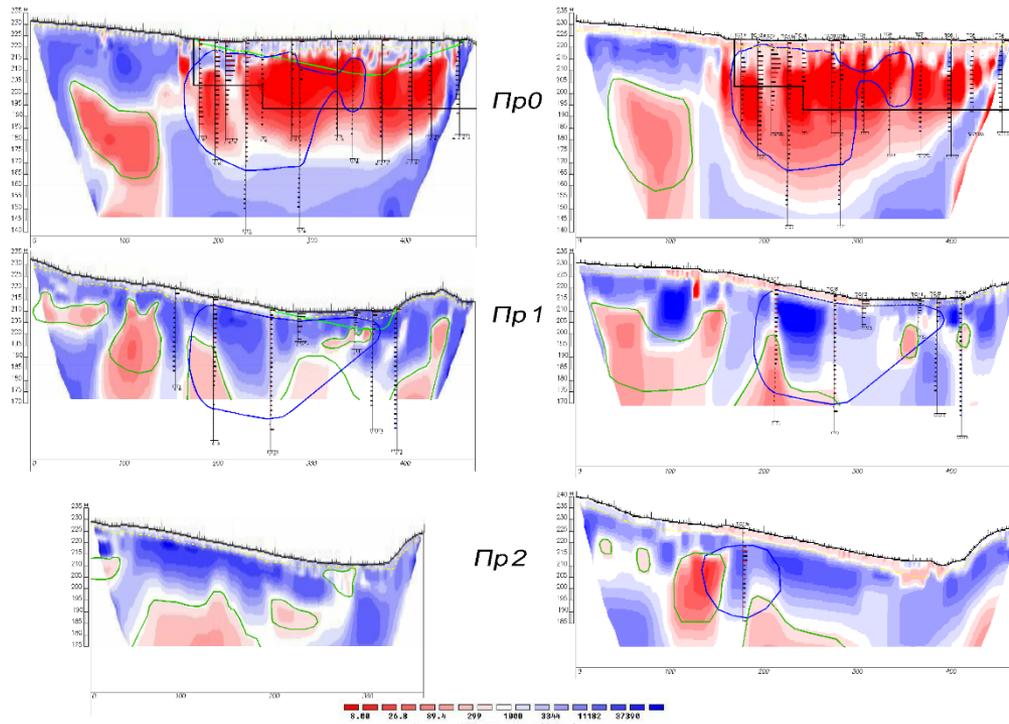
Потенциально-опасные участки и расположение электротомографического профиля



## НАСЫПНАЯ ПЛОТИНА В ЗОНЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Сравнение результатов электротомографии в 2012 и 2013 г.

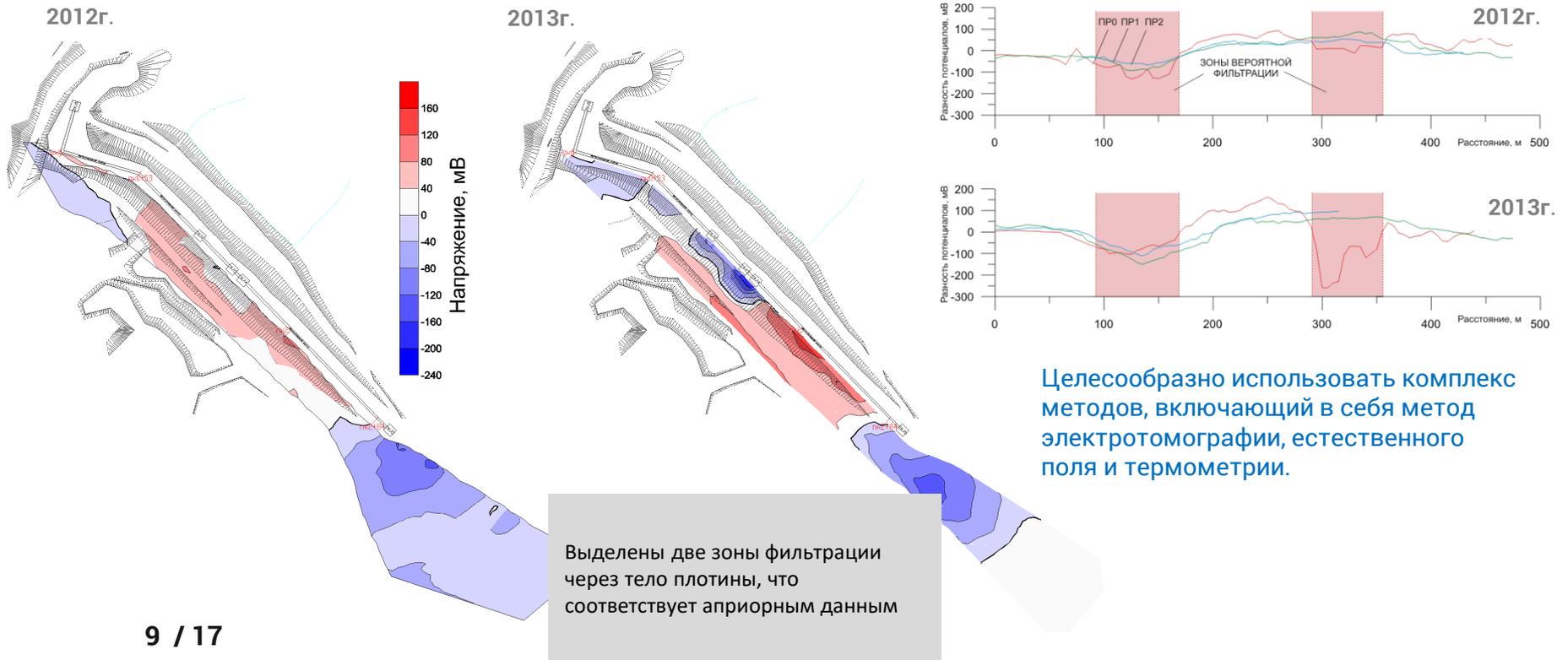
ПРО, ПР1 – аномалия по данным термометрии  
Отдельные аномалии пониженного сопротивления  
Корреляция аномалий в левобережной части



Целесообразно использовать комплекс методов, включающий в себя метод электротомографии, естественного поля и термометрии.

## НАСЫПНАЯ ПЛОТИНА В ЗОНЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Сравнение результатов электротомографии в 2012 и 2013 г.



Целесообразно использовать комплекс методов, включающий в себя метод электротомографии, естественного поля и термометрии.

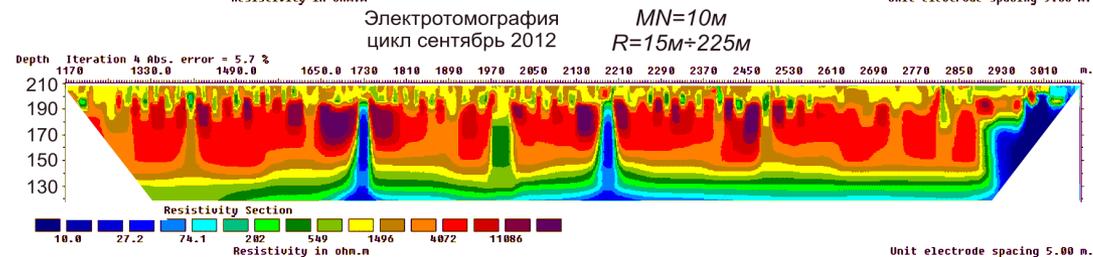
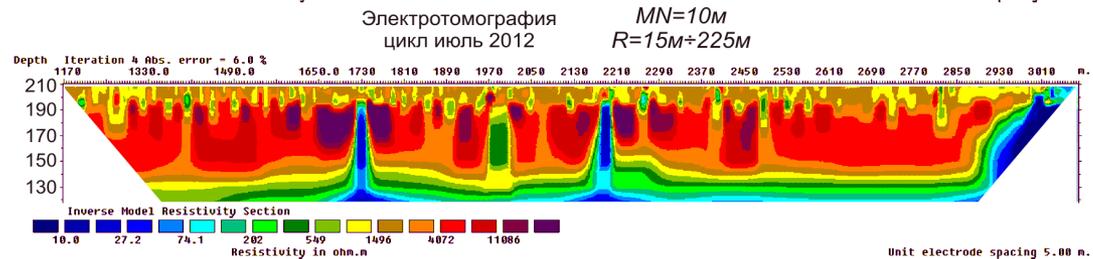
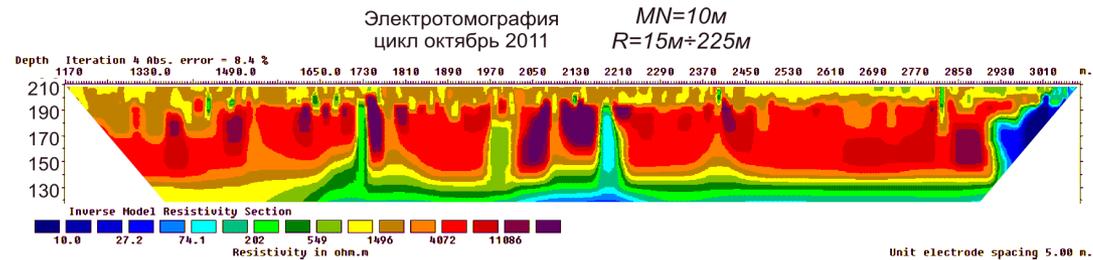
## БОГУЧАНСКАЯ ГЭС. АБД

Электротомографический мониторинг фильтрационных процессов в теле КНП во время наполнения водохранилища.



Потенциально-опасные участки и расположение электротомографического профиля

2D геоэлектрические разрезы по результатам трех циклов электротомографии

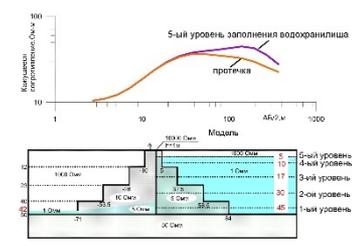
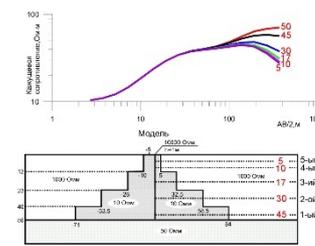
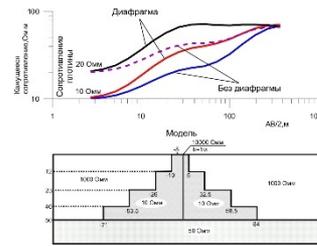
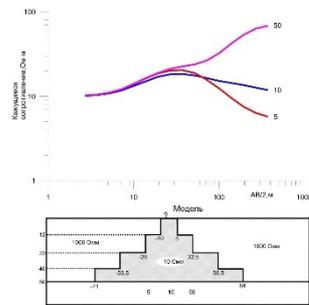
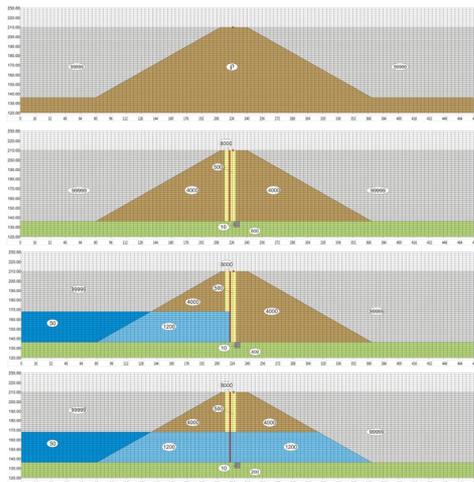


## БОГУЧАНСКАЯ ГЭС. АБД

### Математическое моделирование.

Выполнено математическое моделирование расчета кривых ВЭЗ для разных режимах работы сооружения:

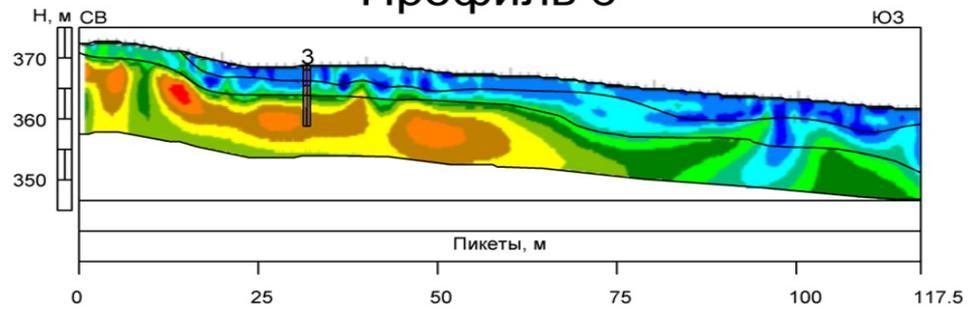
- для плотины с изменяющимся сопротивлением основания;
- для плотины с диафрагмой;
- для разных уровней воды в водохранилище;
- для фильтрации воды со стороны нижнего бьефа.



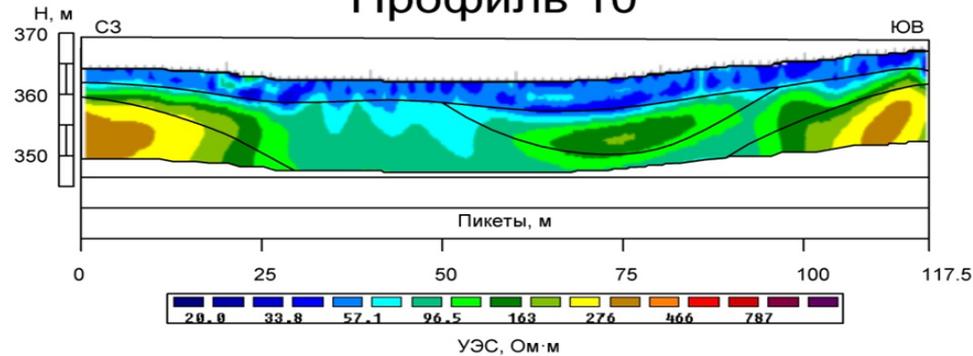
Моделирование выполнено для трех и четырех электродных установок для случаев расположения в продольном и поперечном сечении КНП. В комплексе с методом электротомографии планируется применение метода наземного профилирования ЕП и каротажа пьезометрических скважин.

## ПОЛИГОН ТЕРМОСИФОНОВ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ 2016Г.

### Профиль 6



### Профиль 10



Геоэлектрические  
разрезы после  
инверсии данных ЭТ

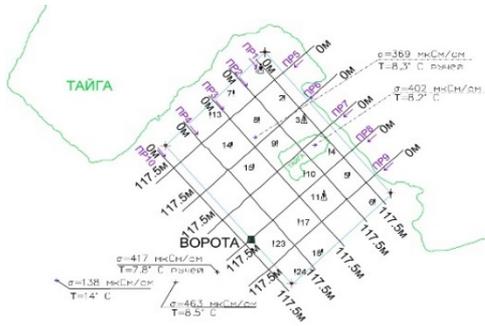
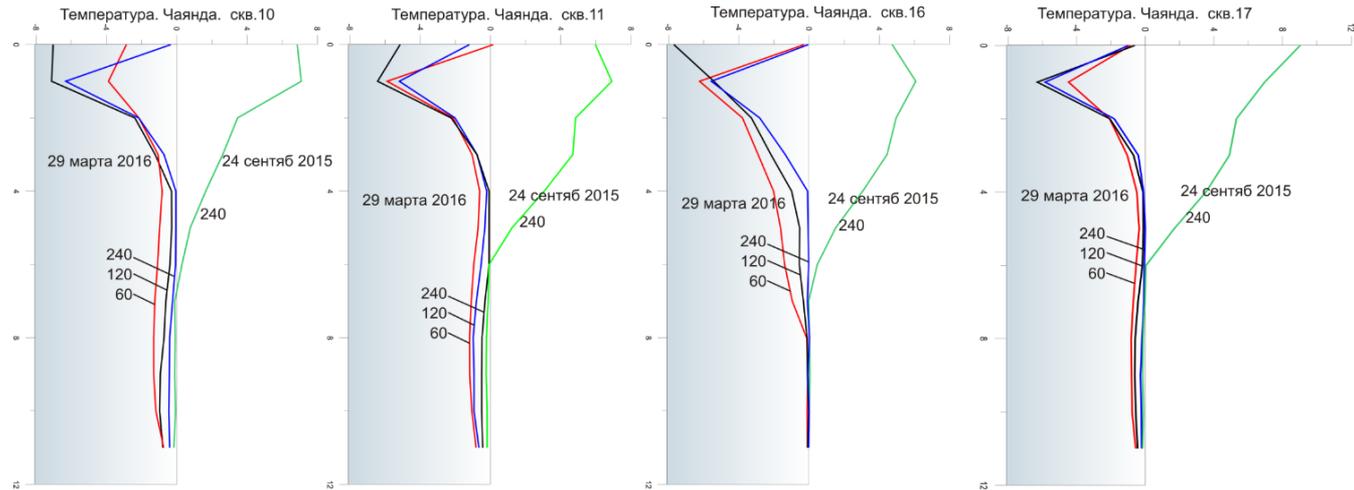


Схема расположения профилей  
электрической томографии.

## ПОЛИГОН ТЕРМОСИФОНОВ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ 2016Г.

Изменение температуры грунтов с глубиной за 8 месяцев наблюдений вблизи тестовых термосифонов на расстоянии 60 см.



Система электротомографического мониторинга ETS 1917 эффективно работает в тяжелых климатических условиях;

Объем замороженного пространства по оценкам Электрометрических наблюдений примерно в 10 раз меньше проектного за всю зиму.

## ПОЛИГОН ТЕРМОСИФОНОВ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ 2016Г.

Корреляция результатов электротомографического мониторинга  
и температуры... ?????

— ПИТАЮЩИЕ ЛИНИИ  
— ПРИЕМНЫЕ ЛИНИИ

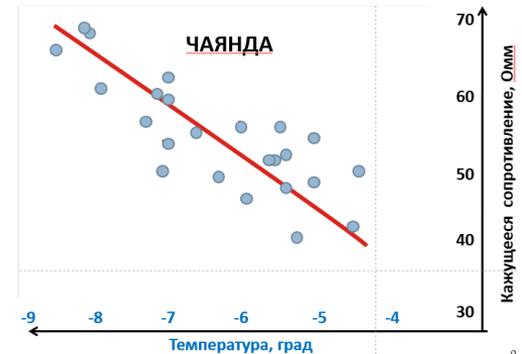
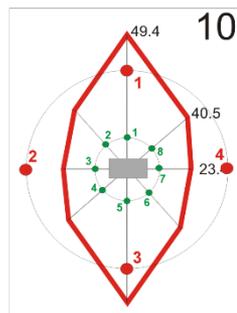
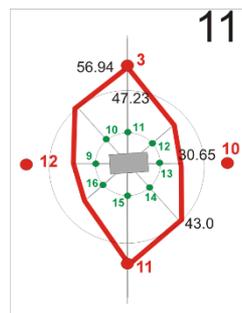
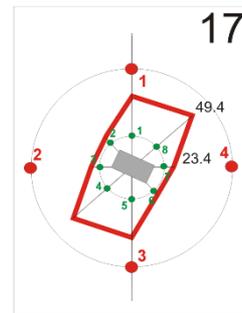
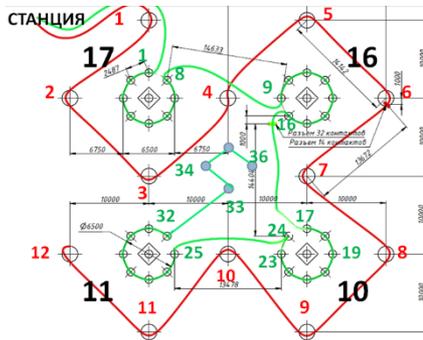


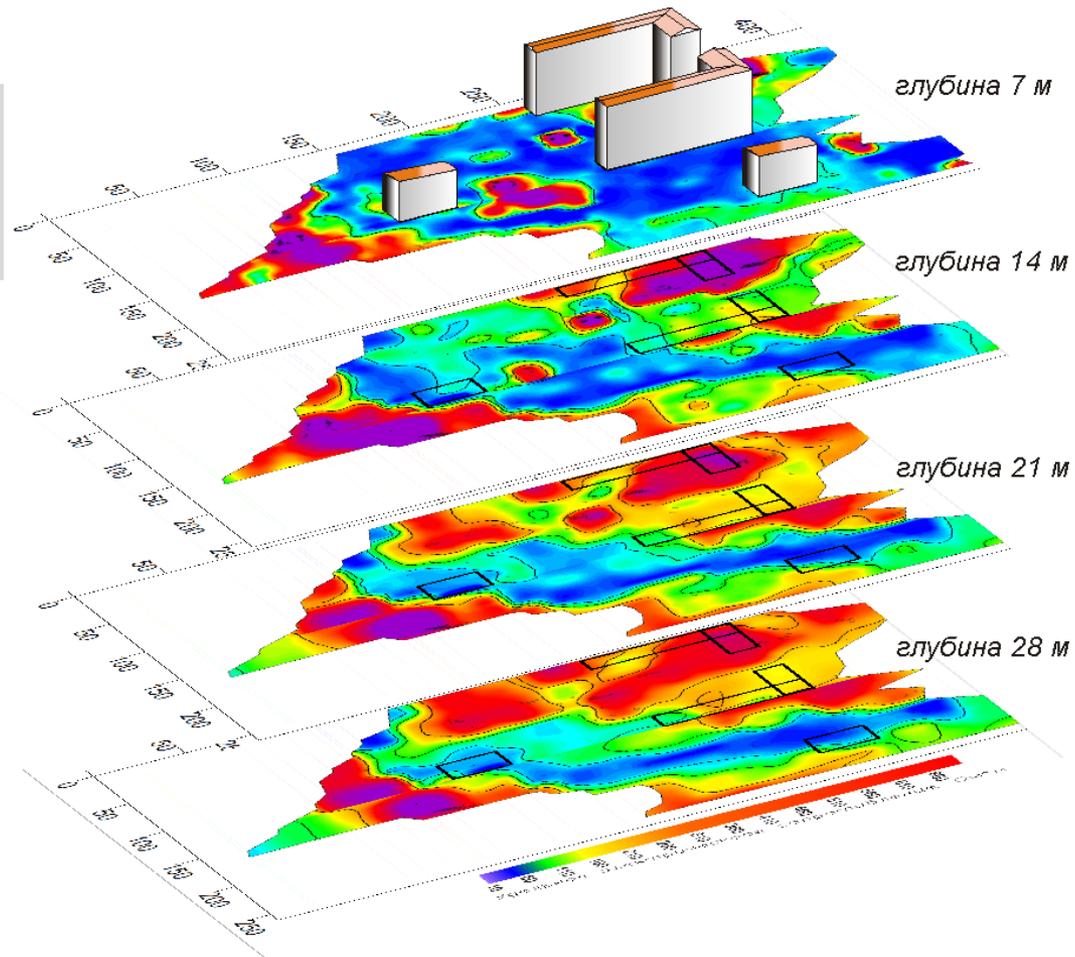
Схема расположения профилей электротомографии.

Круговые измерения электрического поля над термосифонами

Зависимость кажущегося сопротивления от температуры

## ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЯ В ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ

Срезы кажущегося сопротивления для разных глубин

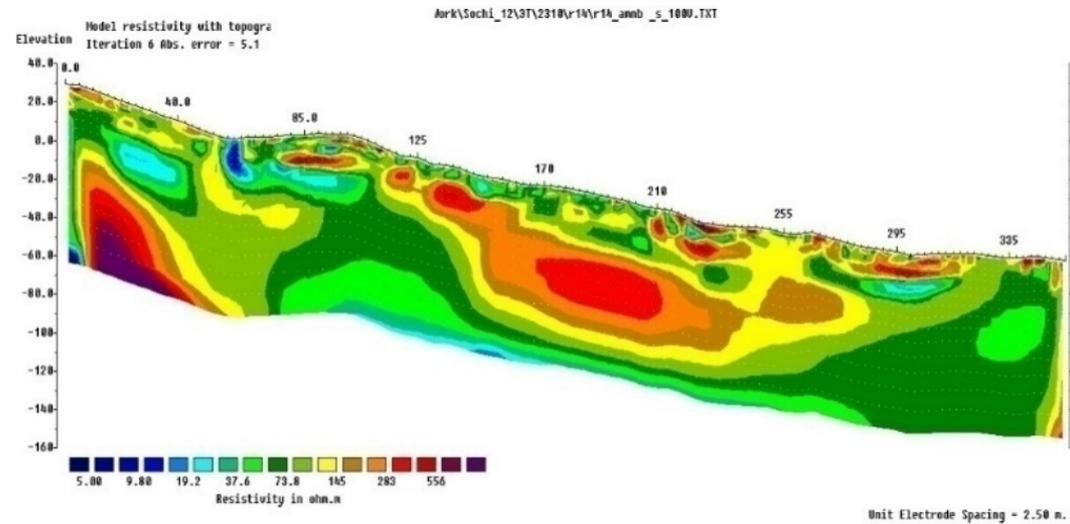


## ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЯ. ИЗУЧЕНИЕ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Оползень. Сочи. Красная поляна. 2012г.



Роза Хутор (фото на замену)





# УЧАСТНИКИ ПРОЕКТА. РАЗРАБОТЧИКИ

«Институт геотехники и инженерных  
изысканий в строительстве»

107076, ул. Электrozаводская,  
д. 60, Москва,  
+7(495) 366-31-89, E-Mail:  
mail@igiis.ru

ООО «ГеоТом»  
Участник «Сколково»

121205, г. Москва, Территория  
инновационного центра Сколково, Большой  
бульвар, д. 42, стр. 1, пом. 1648, 1447: