

Исследование провала на автомобильной дороге методом электротомографии

В статье представлен опыт применения метода сопротивлений в варианте электротомографии для изучения строения техногенного грунтового массива и выявления возможных аномальных зон (повышенной влажности, разуплотнения, переуплотнения, пустот в массиве) на аварийном участке трассы Мирное-Дубки.

Аннотация

При малоглубинных геофизических исследованиях в настоящее время широко используется электротомография (ЭТ), которая представляет собой современную модификацию метода сопротивлений, также известную как сплошные вертикальные электрические зондирования. В данной работе представлены результаты применения электротомографии на примере исследований на участке трассы Мирное-Дубки.

Введение

Электротомография (ЭТ) относится к группе методов сопротивлений и является его современной модификацией, позволяющей создавать комбинированные расстановки, включающие множество установок вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и электрического профилирования (ЭП) на одной расстановке электродов. Основным отличием электротомографии от классического ВЭЗ является использование многоэлектродных электроразведочных кос и двумерный подход к инверсии профильных данных.

В 2014 году проводились геофизические исследования методом электротомографии на аварийном участке насыпи автомобильной дороги, пересечённой железнодорожным тоннелем.

Главная задача исследований заключалась в изучении строения техногенного грунтового массива (насыпи) и выявление возможных аномальных зон (повышенной влажности, разуплотнения, переуплотнения, пустот в массиве).

Характеристика объекта и методика исследований.

Участок трассы Мирное-Дубки (рис. 1), на котором проводились исследования представляет собой насыпь высотой 20 м, выполненную из местного грунта. Непосредственно на участке насыпь под острым углом пересечена железнодорожным тоннелем в виде одной ветки. Свод тоннеля выполнен из нескольких секций металлического гофрированного листа. Высота насыпи от основания тоннеля до дорожного покрытия 19 м. Асфальтобетонное покрытие автомобильной дороги двухслойное, толщиной 40 см (верхний слой 25 см, нижний слой 15см).



Рисунок 1. Схема расположения участка работ

В центре исследуемого участка на восточной стороне дороги имеется провал размером 9,5 x 8,0 м. Стенки провала вертикальные. На момент исследования отмечено обрушение стенок провала и развитие его в направлении края дороги.

Для работ использовалась одноканальная 48 электродная электроразведочная аппаратура «СКАЛА-48» (рис. 2), разработанная в лаборатории

электромагнитных полей Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН.

Аппаратура «Скала-48» предназначена для электроразведочных работ методами сопротивлений. Аппаратура позволяет работать классической четырех электродной схемой (без подключаемых кабелей), в режиме двумерной электротомографии, а также проводить площадные электротомографические исследования, последовательно переносить установку, либо синхронизируя несколько устройств [2].

Работы выполнялись с применением 24-х электродных кос с расстоянием 3 м между электродами, по 2 косы на одну расстановку. Длина каждой расстановки составляла 141 м. Предварительная разбивка начала и конца каждого профиля производилась с помощью рулетки. Планово-высотное положение пикетов определялось с помощью спутниковых GPS-приемников. Общий объем работ составил 9 профилей общей протяженностью 1269 п.м.

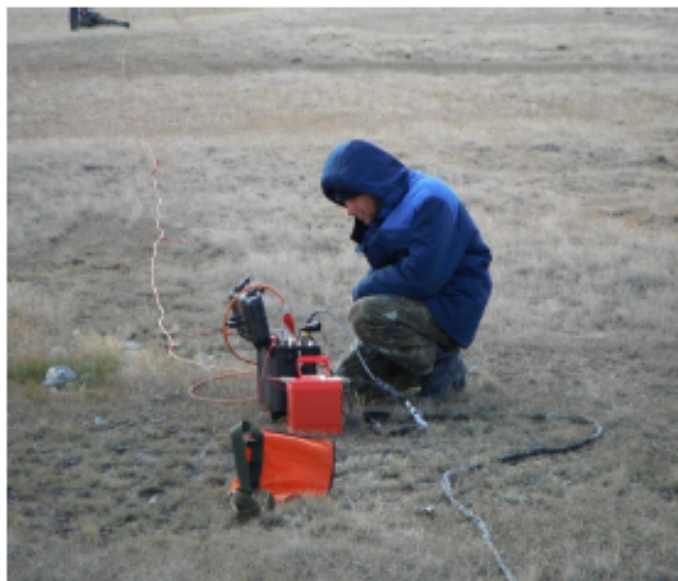


Рисунок 2. Электроразведочная аппаратура «СКАЛА-48» во время проведения полевых измерений

Предварительная обработка включала контроль качества данных, фильтрацию и сглаживание, далее в условиях стационара проводилась двухмерная инверсия при помощи программы ERTLab-64 (Geostudi Astier) с учётом рельефа дневной поверхности.

Результатом интерпретации данных служило выделение аномалий кажущегося удельного электрического сопротивления грунта. На рисунках 3-4

показаны результаты интерпретации данных в виде карт распределения сопротивления на площадке по высотам.

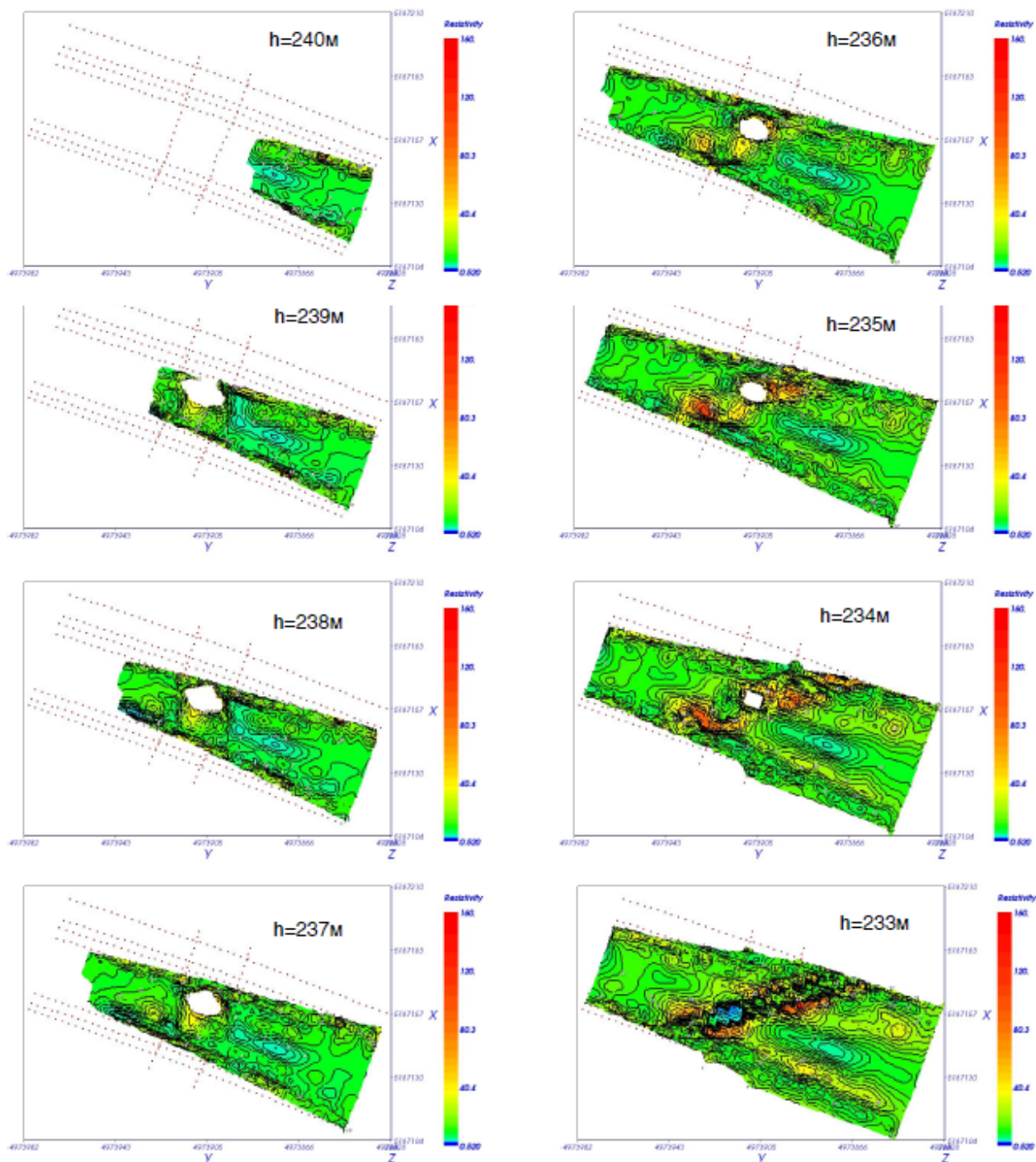


Рисунок 3. Карты распределения сопротивления на высотах 233-240м

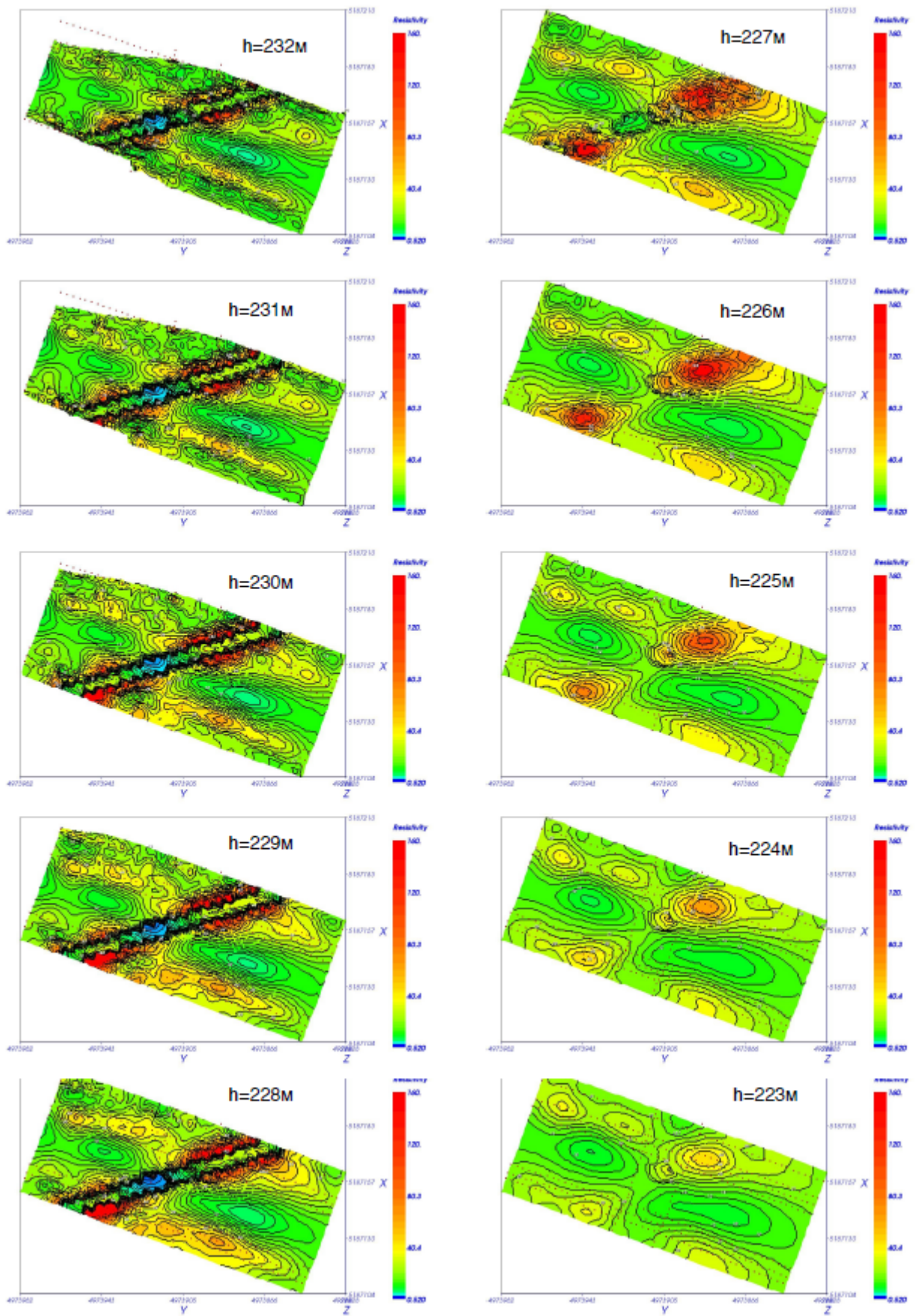


Рисунок 4. Карты распределения сопротивления на высотах 223-227м

Результаты интерпретации данных представленные в виде трехмерного распределения сопротивления в объеме, с выделением трех контрастных изоповерхностей: минимального сопротивления (синяя область), среднего (зеленая область) и максимального (красная область)

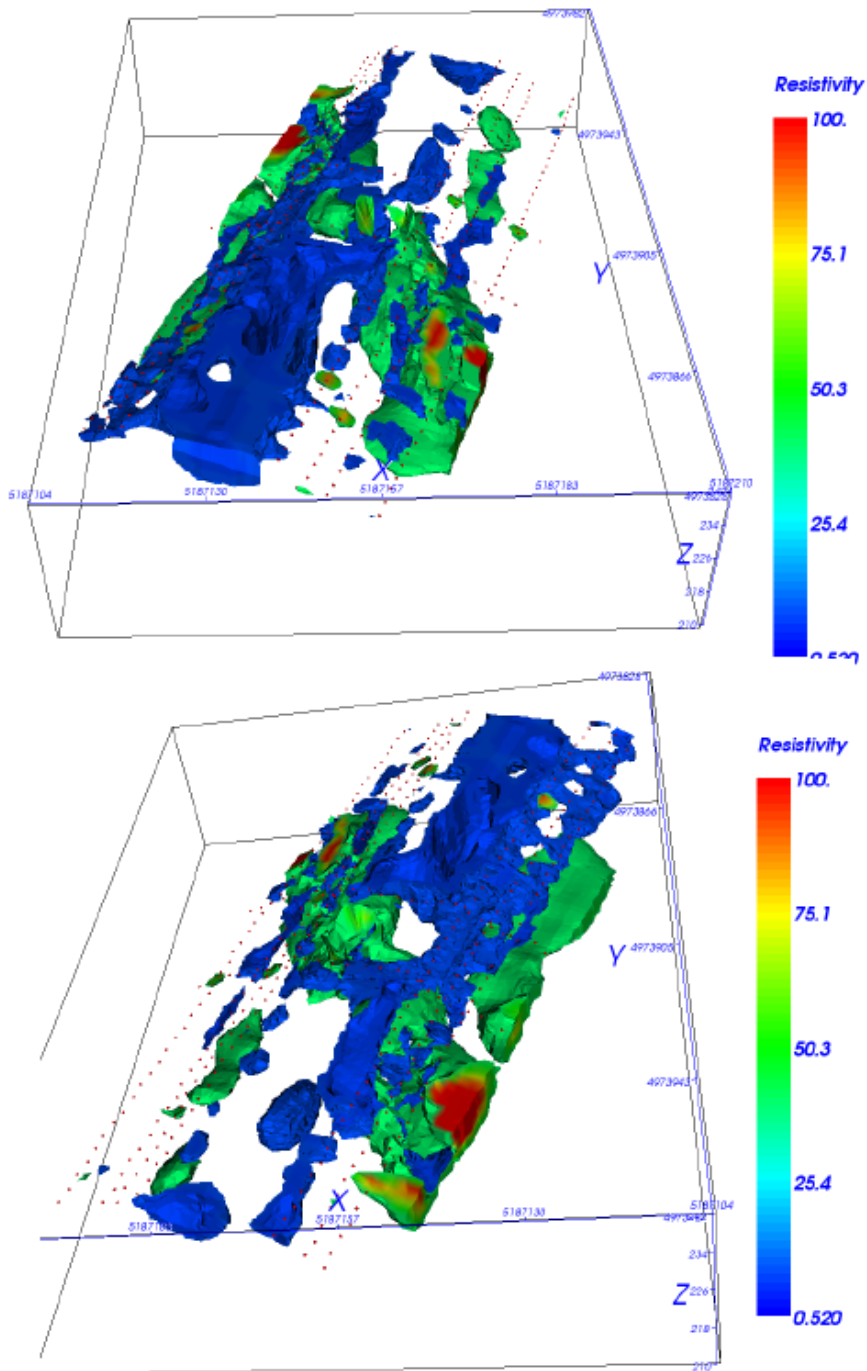


Рисунок 5. Трехмерное представление данных трех диапазонов значений сопротивления - 10 Ом*м, 40-60 Ом*м и выше 90 Ом*м

Ниже представлены результаты интерпретации данных в виде карты распределения сопротивлений на высоте 229 м, наложенной на тахеометрическую съемку. На карте выделены четыре зоны, наиболее значимые для дальнейшего анализа

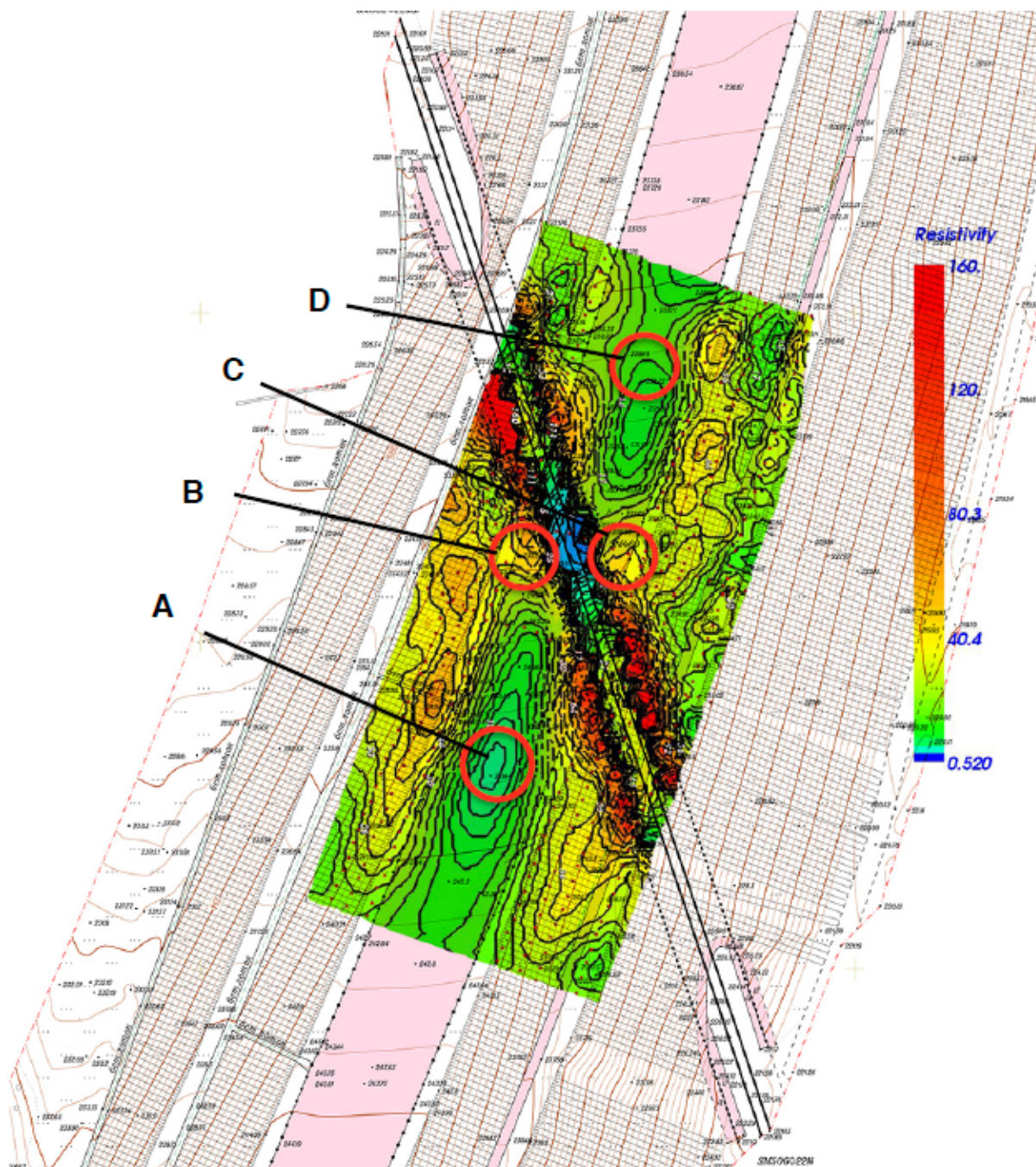


Рисунок 6. Сопоставление результатов исследования и тахеографической съемки.

В результате геофизических исследований установлено, что разрез участка представлен грунтами со значениями УЭС в диапазоне от 5 до 162 Ом·м. Однозначно можно выделить слой с диапазоном 40-160 Ом·м, залегающий под обочинами дороги и имеющий горизонтально-слоистую структуру.

Под твердым покрытием выделяется более проводящий приповерхностный слой (79 Ом · м), который прекращается в зоне провала и не прослеживается ниже него в виде непрерывной структуры.

Заключение

Результаты интерпретации данных электротомографии показывают, что грунтовый массив насыпи по геоэлектрическим свойствам в целом однородный, за исключением областей, прилегающей к ЖД тоннелю и находящейся над ним.

В диапазоне 235-239 м установлена зона повышенного электрического сопротивления грунта, локализованная вокруг провала. Повышение удельного сопротивления может быть вызвано уменьшением влажности грунта вследствие его переуплотнения.

Зоны сильного переувлажнения грунта под дорожным полотном не установлены, однако для геологической интерпретации рекомендуется провести опробование грунтов в точках: А на глубину 8-10 м (локальное понижение сопротивления), В и С на глубину 10-12 м (локальное повышение сопротивления) и D на глубину 8-10 м (среднее значение сопротивления поддорожного пространства) для сравнения состава.

В целом можно судить о наличии локальных изменениях поддорожного пространства, вероятнее всего, связанных с разуплотнением и / или размывом грунтов. Для дальнейшей интерпретации полученных геоэлектрических данных необходимо сопоставить информацию о структуре дорожных одежд объекта и результаты геологического опробования.

Список литературы

1. Балков Е.В., Панин Г. Л., Манштейн Ю. А., Манштейн А. К., Белобородов В.А. Электротомография: аппаратура, методика и опыт применения // База знаний. 2010. 21 С. URL: www.nemfis.ru.
2. Панин Г.Л. Многоэлектродная аппаратура методов сопротивлений “Скала-48” // Инженерная и рудная геофизика: мат-лы конф. Геленджик: EAGE, 2009. С.
3. Манштейн Ю.А., Калугин И.А. Электротомография донных осадков: перспективный метод разведки месторождений газогидратов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014 : Сб. материалов в 4 т. Т. 2: Новосибирск, 2014.