О Т Ч Е Т

по определению объемов захоронения
запрещенных и пришедших в негодность пестицидов

Утверждаю
директор
ООО «КБ Электрометрии»
Манштейн Юрий Александрович _____

Новосибирск 2013

Оглавление

1. ВВЕДЕНИЕ 3
2. ВИДЫ И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ 3
3. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ....4
3.1 Электромагнитное индукционное частотное профилирование....4
3.2 Метод сопротивлений в варианте трехмерной электротомографии....6
3.3 Планово-высотная привязка точек наблюдений 7
4. ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ПО ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ (МАГНИТОРАЗВЕДКЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СЦ-82) МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЧАСТОТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ 7
5. ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ПО ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ 9
6. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ 9
7. ВЫВОДЫ 11
8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О КОЛИЧЕСТВЕ ОТХОДОВ В ЗАХОРОНЕНИИ 12
9. Список приложений:....13
10. ЛИТЕРАТУРА 14

1. ВВЕДЕНИЕ

Определение объемов захороненных отходов произведено геофизическими методами в соответствии с техническим заданием. Работы выполнены в ноябре 2013 года.

Исследованное захоронение по предварительным данным представляет собой расположенный на площадке размерами 40 х 20 м котлован неустановленных размеров в плане, перекрытый с поверхности слоем грунта толщиной 0.5 м, ниже которого расположена бетонная подготовка, предохраняющая захоронение от непосредственного воздействия проникающих в грунт атмосферных осадков. Ожидаемым результатом работ было установление размеров котлована, содержащего захороненные отходы, в плане и на глубину, а также определение ореола рассеяния пестицидов в окружающем котлован массиве грунтов.

2. ВИДЫ И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Работы выполнены методом частотного электромагнитного индукционного зондирования в варианте профилирования (ЧЭМП) и методом сопротивлений в варианте трехмерной электротомографии. Метод ЧЭМП ввиду его высокой скорости использован в качестве инструмента поиска областей пониженного кажущегося УЭС и выделения аномальных зон в плане, а электротомография – для подсчета объема загрязненного грунта. Привязка профилей на местности произведена при помощи мерной ленты. Из обнаруженных в ходе работ зон пониженного УЭС отобраны пробы грунта, пробы отправлены на анализ.

Объемы выполненных работ указаны в таблице 1:

Таблица 1

Единица съемки	Метод	Объем, точек (изм)
Площадка 1 45 х 90 м	ЭМ профилирование	496
Площадка 2 25 х 50 м	ЭМ профилирование	1326
Площадка 3 14 х 47 м	Электротомография	4852

Намеченная программа работ в целом выполнена. Превышение фактических объёмов работ над планируемыми объясняется необходимостью уточнения границ захоронения.

3. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ

В ходе работ были применены два метода: частотное электромагнитное индукционное профилирование (ЧЭМП) аппаратурой ЭМС и метод сопротивлений в варианте трехмерной электротомографии аппаратурой СКАЛА-48. Применение указанных методов основано на представлении о том, что грунты естественного сложения на месте проведения работ значительно отличаются по удельному электрическому сопротивлению от содержащихся в захоронении пестицидов. Пестициды при попадании во влажную почву увеличивают количество растворенных ионов в почвенной влаге, что понижает удельное электрическое сопротивление (УЭС) грунта в зоне распространения пестицидов. Это обстоятельство является физической предпосылкой применения электроразведочных методов для определения ореола и объема зараженной почвы. Ниже приведено краткое описание применяемых при исследовании методов.

3.1 Электромагнитное индукционное частотное профилирование

Частотное электромагнитное профилирование (ЧЭМП) является методом, изучающим электрическую или магнитную составляющую электромагнитного поля, создаваемого гальваническим (с помощью заземления) или индукционным способом при помощи диполя или петли (рамки), питаемых переменным током. В зависимости от используемой модификации метода регистрируется напряженность компонентов магнитной ($H_{x,y,z}$) или электрической ($E_{x,y,z}$) составляющей поля (полного вектора, отдельных компонентов или их отношения) как функции периода переменного тока (),

расстояния между излучателем и приемником (r), или обобщенного электромагнитного параметра , где k - волновое число). Эффективное кажущееся сопротивление (p_ω) вычисляется из отношения измеренной разности потенциалов в приемном устройстве к силе тока в излучателе с учетом геометрического коэффициента установки. Геологическое истолкование получаемых материалов выполняется в основном на качественном уровне с использованием имеющихся сведений о зависимостях удельного электрического сопротивления и диэлектрической проницаемости от состава и состояния исследуемых пород.

Аппаратурно-программный комплекс ЭМС, работающий по методу электромагнитного индукционного частотного профилирования, предназначен для измерения кажущейся удельной электрической проводимости грунтов на частотах в диапазоне 2,5 ÷ 250 кГц, как при наличии электромагнитных помех, так и без них. Аппаратура работает по принципу трехкатушечного индукционного электромагнитного зонда на поверхности земли с вертикальными моментами генераторной и двух приемных петель, расположенных на одной прямой. Расстояние между генератором и ближней петлей 1,5 метра. Дальняя петля находится от генератора на удалении 2,5 метра. Диаметры петель малы по сравнению с расстояниями до генератора и потому принято дипольное приближение описания генератора и приемников. Приемники являются преобразователями переменного магнитного поля в э.д.с. Основные компоненты аппаратуры показаны на рисунке 3.

Приемные диполи (M_1 и M_2) спроектированы таким образом, чтобы соблюдалось равенство соотношений M_j/r_j^3 в положении зонда "в воздухе". Момент приемной рамки равен:

$$M_j = \mu_c \cdot n_j \cdot S_j, \quad j=1,2.$$

где μ_c – магнитная проницаемость сердечников чувствительных элементов; n_j – количество витков в приемнике; S_j – площадь приемной рамки; r – расстояние между центрами приемных и генераторной рамок.

Каждое измерение происходит в два этапа: 1) измерение прямого поля от генератора для определения тока; 2) измерение вторичного поля. Сигнал вторичного поля равен разности э.д.с. в двух приемных катушках:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2.$$

Принимая во внимание только вертикальную компоненту магнитного поля, для каждого приемника имеем сигнал в виде:

$$\varepsilon_j = -i\omega\mu_0 ((M_i M_г)/(4\pi r_j^3))h_{zj}; \quad j=1,2.$$

Здесь $\omega=2\pi f$; f – частота генераторного сигнала (Гц); $M_г$ – момент генераторного диполя; M_1 и M_2 – моменты приемных диполей; $\mu_0 = 4\pi\cdot10^{-7}$ Гн/м; h_{zj} – магнитные числа среды для каждого приемника:

$$h_{zj}=2/(k^2r_j^2)[9-e^{ikr}(9-9ikr_j-4k^2r_j^2+ik^3r_j^3)],$$

$k=(i\omega\mu_0\sigma)^{1/2}$ – волновое число среды; σ – удельная электропроводность среды (См/м). Таким, образом, существует однозначная связь между сигналом, измеряемым ТУНДРА-ЭМ, и электропроводностью среды. Диапазон измеряемой удельной электрической проводимости горных пород от 10 до 1 000 мС/м (соответствует удельному электрическому сопротивлению от 100 Ом·м до 1 Ом·м).

Метод ЧЭМП с использованием аппаратурно-программного комплекса ЭМС может быть использован для инженерно-геокриологической съемки и мониторинга природно-технических систем.

3.2 Метод сопротивлений в варианте трехмерной электротомографии

Метод сопротивлений является одним из самых старых электроразведочных методов, его история насчитывает уже около ста лет [Schlumberger, 1920]. На протяжении многих десятилетий ограниченное количество электродов заземлялось и переносилось вручную, что определяло производительность электроразведочных работ. В 1980-х появились многоэлектродные системы измерений, сначала с ручным, а позже с автоматическим переключением [Dahlin, 1989]. Такие системы позволяли выполнять полностью автоматические измерения и контроль качества данных [OvermeerenandRitsema, 1988; Griffitsetal., 1990; Dahlin, 1993; Dahlin, 2001]. Таким образом, в конце 20-го века электроразведка методом сопротивлений вышла на качественно новый уровень. На смену или в дополнение к традиционным вертикальным электрическим зондированиям и электропрофилированию были разработаны так называемые сплошные электрические зондирования [Бобачев и др., 1996]. В иностранной

литературе чаще всего употребляются два термина – Resistivity Imaging и Electrical resistivity tomography. В России к настоящему времени был закреплен термин электротомография, который вошел в «Свод правил» Госстроя России [СП 11-105-97, 2004].

Электротомография основана на применении многоэлектродных электроразведочных кос, подключаемых к аппаратуре, способной коммутировать токовые и измерительные электроды на произвольные выводы косы. Такая технология на порядок увеличивает производительность и разрешающую способность исследований методом сопротивлений, особенно если аппаратура имеет несколько измерительных каналов, позволяющих измерять разность потенциалов одновременно с нескольких приемных линий. Основным отличием электротомографии от классических вертикальных электрических зондирований является использование многоэлектродных электроразведочных кос и полная автоматизация измерений. Схема работы приведена на рисунке 4.

Вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ) в модификации электротомографии применяются в соответствии с СП 11-105-97 ч.VI; РСН 64-87.

3.3 Планово-высотная привязка точек наблюдений

Предварительная разбивка точек измерений методом электротомографии производится с помощью рулетки. Планово-высотное положение точек измерений (углов площадок) определяется с помощью спутниковых геодезических двухчастотных GPS-приемников (например, фирмы Leica Geosystems «Leica GX-1220» и «Leica GX-1230»), либо по имеющимся топопланам. Планово-высотная привязка точек на местности выполняется с шагом 5 м.

4. ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ПО ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ (МАГНИТОРАЗВЕДКЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СЦ-82) МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЧАСТОТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

Магниторазведка относится к группе методов разведочной геофизики, основанных на изучении естественных или искусственно возбуждаемых в земной коре электромагнитных полей. Электроразведка методом электромагнитного частотного профилирования была расценена по разделу «магниторазведка» базового сборника цен (таб. 277 Сборника цен на

изыскательские работы для капитального строительства, утв. постановлением Госстроя СССР от 16 июля 1981 г. № 121) ввиду процессуальной схожести полевых и камеральных работ двух методов.

Электроразведка методом частотного электромагнитного профилирования (ЧЭМП) была выполнена с использованием аппаратуры ЭМС, серийный номер 0030, разработана и изготовлена в Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН. Аппаратура удовлетворяет техническим условиям ТУ 4832-001-95472061-2012, сертификат соответствия № C-RU.AB75.B.01601 (копия прилагается).

Предварительная привязка точек наблюдений выполнена по рулеткам. Отработано две площадки. Наблюдения по площадкам проводились непрерывным профилем-«змейкой» по методике stop-and-go (с остановками на точках измерений). Топоплан участка с разбивкой площадок см. на рисунке 5.

По площадке № 1 точки наблюдений располагались по равномерной сетке 3 х 3 м, записано 496 точек. По результатам картирования площадки № 1 принято решение о разметке Площадки № 2, включающей обе обнаруженные аномалии пониженного УЭС и о ее картировании с лучшим разрешением, чем это было указано в техническом задании. По площадке № 2 точки наблюдений располагались по равномерной сетке 1 х 1 м, записано 1326 точек.

Записи производились по 14 частотам, в настоящий Отчет включены наиболее информативные карты распределения кажущегося УЭС.

Данные обработаны в программе ISystem (ИНГГ СО РАН).

Карта распределения кажущегося УЭС по площадке 1 показана на рисунке 6, по площадке 2 – на рисунке 7. Цвета на картах обозначают кажущееся УЭС в омах на метр (Ом·м).

На картах выделены две зоны с аномально низкими значениями кажущегося УЭС: А1 и А2. В центральной части аномалии А1 виден контур с высоким значением УЭС с размерами 4 х 10 м.

5. ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ПО ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ

Электроразведка методом частотного электротомографии была выполнена с использованием аппаратуры СКАЛА-48, серийный номер LKS.48.019, разработана в Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН, изготовлена в ООО «КБ Электрометрии». Аппаратура удовлетворяет техническим условиям ТУ 4314-001-95472061-2013, сертификат соответствия № РОСС RU.МН08.Н05770, сертификат изготовителя № 1/2013 от 15/04/2013 (копии прилагаются).

Аппаратура укомплектована стандартными электроразведочными косами К-24-5 с шагом между выводами до 5 м; стальными электродами заземления длиной 300 мм, соединительными клипсами. Заземления производились забиванием электродов в почву, сопротивление заземления не превысило 2000 Ом.

Электромография выполнена по площадке № 3 (см. рисунок 5). Отработано 8 параллельных профилей на расстоянии 2 м друг от друга, шаг электродов по профилю 1 м, установка Шлюмберже, 48 электродов на каждом профиле. Данные собраны в единый массив, введена топографическая информация, проведена фильтрация в программе RIPPP (ООО «КБ Электрометрии»). Трехмерная инверсия данных в значения УЭС проведена в программе ERT Lab (Geostudi Astier s.r.l., Италия; серийный номер лицензии 118, лицензиат ООО «КБ Электрометрии»).

Обобщенная карта УЭС по площадке 3 на глубине 1 м представлена на рисунке 8. Аномалии А1 и А2 выделяются пониженными значениями УЭС. Детально карта по аномалии А1 показана на рисунке 8. Подписи метража на построениях электротомографии не совпадают с разметкой площадки 1; координаты начальной точки площадки электротомографии (0;-6) имеют координаты (15;68) на площадке 1.

В дальнейшем данные электротомографии использованы для построения трехмерных изображений аномалий и подсчета объемов.

6. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для интерпретации результатов полевые данные подвергались камеральной обработке. Первоначально прямо в районе работ для данных ЧЭМП строились карты

псевдосопротивлений для различных частот с использованием программного комплекса ISystem.

По картам были выделены аномальные зоны, которые подверглись более детальному изучению методом электротомографии. Для обработки данных электротомографии на начальном этапе использовалась программа SiberTools (ООО «КБ Электрометрии»), предназначенная для предварительной визуализации псевдоразрезов при полевом контроле качества, фильтрации и отбраковке плохих измерений и подготовки данных к инверсии. Трехмерная инверсия осуществлялась с использованием лицензионного комплекса программ ErtLab.

При интерпретации использовался обобщенный геологический разрез верхней части на участке работ представлен суглинками и супесями различной степени увлажненности. Ниже глубины около 3 метров располагается водоупорный горизонт сложенный вероятно глинистым материалом.

На площадке в ходе проведения работ методом ЧЭМП было выделено 2 зоны пониженного УЭС (приложение 2). На карте выделяется две аномалии пониженного УЭС:

- А1 размером 15 х 20 м с условными координатами центра (22,25)
- А2 размером 17 х 25 м с условными координатами центра (30,55)

Для детального изучения этих аномалий в плане было проведено ЧЭМП картирование площадки № 2 (показана синим пунктиром), а для оценки их объема проведена трехмерная электротомография по площадке № 3 (показана красным пунктиром). При этом плотность наблюдений ЧЭМП на Площадке 1 составила 3 х 3 м, на площадке 2 – 1 х 1 м. При проведении электротомографии электроды были расставлены по восьми профилям по сетке 2 х 1 м (2 м между профилями). Аномалия А1 выделяется в рельефе в виде небольшого (до 1.5 м) холмика. При вскрытии аномалии обнаружена разрушенная бетонная заливка.

Проба грунта А1 явно содержит хлорорганические соединения (диагностируются органолептическим методом). В центре аномалии А1 по данным ЧЭМП выделяется зона повышенного УЭС почти прямоугольной формы размером 4 х 10 м (см. рисунок 7) приуроченная, очевидно, к бетонной заливке. Мощность бетона не превышает 0.5 м, тело

заливки повреждено. Водоупор в данном месте имеет небольшой угол наклона, что могло привести к частичному вымыванию пестицидов и стеканию их в направлении А2.

Аномалия А2 коррелируется с локальным понижением водоупорного горизонта, потому может быть вызвана как наличием пестицидов в грунте так и повышенной влажностью глинистого грунта. Необходимо провести лабораторные исследования на наличие хлорорганических соединений в пробе А2.

На рисунке 9 приведены данные по электротомографии аномалии А1 в виде карты распределения УЭС на глубине 1 м. Поскольку известно, что вес захороненных пестицидов составляет 5 т, что в пересчете на объем составляет примерно 4.95 м3 (см. http://ru.wikipedia.org/wiki/ДДТ_(инсектицид)); пересчет объема аномалии А1 такого объема в УЭС дает значение 6.69 Ом·м. Конфигурация части аномалии А1 такого объема представлена на рисунке 13 а. Погрешность расчета объема 5%; массы – 10%.

За аномально низкие значения УЭС грунта, в который проникли воды с растворенным пестицидом, следует принять значения ниже 14 Ом·м.

Результаты построения объемных аномалий со значениями ниже 14 Ом·м приведены на рисунках 10-12.

Аномалия А1 имеет вид типичного «плюма» - пятна распространения загрязнений в грунте. Объем аномалии, рассчитанный по изоповерхности 14 Ом·м, составляет 127 м^3. Трехмерная визуализация приведена на рисунке 13 б.

Аномалия А2, судя по ее конфигурации, скорее имеет естественное происхождение (увлажненный глинистый грунт). Объем аномалии, рассчитанный по изоповерхности 14 Ом·м, составляет 220 м^3. Погрешность расчета объема 5%; массы – 10%.

7. ВЫВОДЫ

По результатам электроразведочных работ в грунте обследованной территории выявлены две аномалии пониженного удельного электрического сопротивления общим объемом, рассчитанным по изоповерхности, 347 м^3. Причиной низкого электрического сопротивления аномалии А1 очевидно является растворение пестицидов, легко обнаруживаемых в пробе грунта по запаху. Причина пониженного сопротивления аномалии А2 будет ясна после проведения лабораторных анализов, результаты которых будут представлены в дополнении к настоящему отчету. Глубина подошвы аномалий не

превышает 3м. Судя по геоэлектрическому разрезу по линии ВС (рисунок 14), на глубине 4м расположена граница грунта с большим УЭС (свыше 27 Ом·м, показана красным пунктиром). Вполне возможно, что этот грунт содержит меньше глинистых частиц, не является водоупором и проводит грунтовые воды. Проникновение пестицидов до этого уровня может привести к угрозе загрязнения грунтовых вод, быстрому распространению пестицидов и повлечь серьезные экологические последствия.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О КОЛИЧЕСТВЕ ОТХОДОВ В ЗАХОРОНЕНИИ

На исследуемой площадке обнаружены две аномальные по геофизическим характеристикам зоны, обозначенные на схеме:

А1. Расположена в интервале 10-30 м по оси Х и 17-32м по оси У площадки №1. (см. приложение 3). Глубина аномалии до 3 м. Выше аномалии идентифицируется бетонная заливка. Отобранная из аномалии проба супеси имеет органолептические признаки содержания пестицидов. А1 идентифицируется как захоронение пришедших в негодность пестицидов. Трехмерное изображение контура увлажненных пестицидов, посчитанное по изоповерхности с УЭС до 6.65 Ом·м, массой 5 т и объемом 4.95 м3, приведен на рисунке 13 а. Объем загрязненного грунта, рассчитанный по изоповерхности 14 Ом·м, 127 м^3; масса 209,55 т (плотность 1.65 т/м^3 по данным википедии) приведен на рисунке 13 б; объем вписывается в котлован в форме параллелепипеда 900 м^3. Объем бетона составляет не более 20 м^3, при плотности 2000 кг/м3 (облегченный по ГОСТ 25192-82) его вес составит 40 т.

Точное разделение пестицидов и грунта не представляется возможным, поскольку вода, насыщенная пестицидами, пропитывает все тело насыпи и нижележащего грунта, формируя градиентные переходы УЭС по всей площадке от минимальных значений (около 4 Ом·м) до фоновых значений вмещающих грунтов (14 -50 Ом·м). Однако построение трехмерных объемов грунта с сопротивлением менее 14 Ом·м (рис. 10-12) представляется оптимальным для суммарной оценки объема пестицидов и грунта, пропитанного раствором пестицидов.

А2 Расположена в интервале 18-35 м по оси Х и 40-65 м по оси У площадки № 1. (см. рисунок 7). Глубина аномалии до 3 м. Бетонное покрытие не установлено. Органолептическими методами содержание пестицидов не подтверждено. Из аномалии отобрана проба на анализ в специализированной лаборатории. До появления результатов

анализов аномалия А2 не идентифицирована как захоронение пришедших в негодность пестицидов. Объем грунта, рассчитанный по изоповерхности 14 Ом·м, 180 $м^3$, вес 297 т (плотность 1.65 $т/м^3$ по данным википедии); объем вписывается в котлован в форме параллелепипеда 127 $м^3$.

9. Список приложений:

- Фотография 1 - Район работ с осями и точками привязки 1-В и 1-С
- Фотография 2. Неоднородность в рельефе на месте аномалии А1
- Рисунок 3. Схема аппаратуры ЭМС
- Рисунок 4. Схема работы электротомографической аппаратуры СКАЛА-48
- Рисунок 6. Карта распределения УЭС по площадке 1 по данным ЧЭМП
- Рисунок 7. Карта распределения УЭС по площадке 2 по данным ЧЭМП
- Рисунок 8. Карта распределения УЭС по площадке 3 по данным электромографии
- Рисунок 9. Аномалия А1 по данным электротомографии
- Рисунок 10. Объемная визуализация аномалий А1 и А2
- Рисунок 11. Объемная визуализация аномалии А1
- Рисунок 12. Объемная визуализация аномалии А2
- Рисунок 13. а) Объемная визуализация аномалии А1 по значению 6,69 Ом·м
- Рисунок 13. б) Объемная визуализация аномалии А1 по значению 14 Ом·м
- Рисунок 14. Геоэлектрический разрез В-С

10.ЛИТЕРАТУРА

I. «Рекомендации по применению геофизических методов для определения инженерно-геологических характеристик мерзлых дисперсных грунтов». М. Стройиздат 1984 г.

II. Республиканские строительные нормы РСН 64-87. «Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству геофизических работ. Электроразведка». Введен в действие с 1 января 1988 г.

III. Свод правил Инженерно-геологические изыскания для строительства СП 11-105-97, часть IV «Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов», принят и введен в действие с 1 января 2000 г. впервые.

IV. Свод правил Инженерно-геологические изыскания для строительства СП 11-105-97, часть IV «Правила производства геофизических исследований», принят и введен в действие с 1 июля 2004 г. впервые.

V. Техническое описание, инструкция по эксплуатации, паспорт аппаратурно-программного комплекса электромагнитного индукционного частотного зондирования грунта ЭМС, ИНГГ СО РАН.

Фотография 1. Район работ с осями и точками привязки 1-B и 1-C

Фотография 2. Неоднородность в рельефе на месте аномалии A1

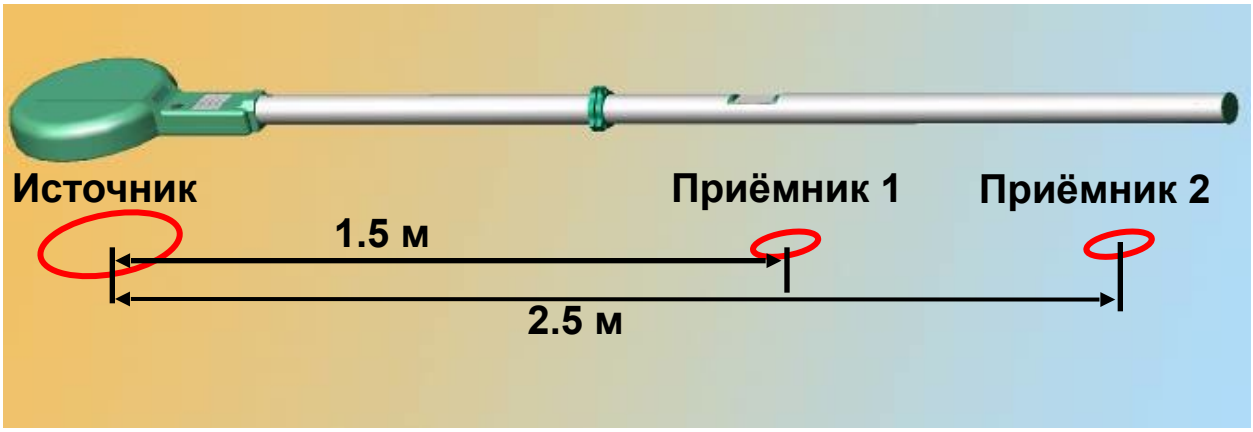

Рисунок 3. Схема аппаратуры ЭМС

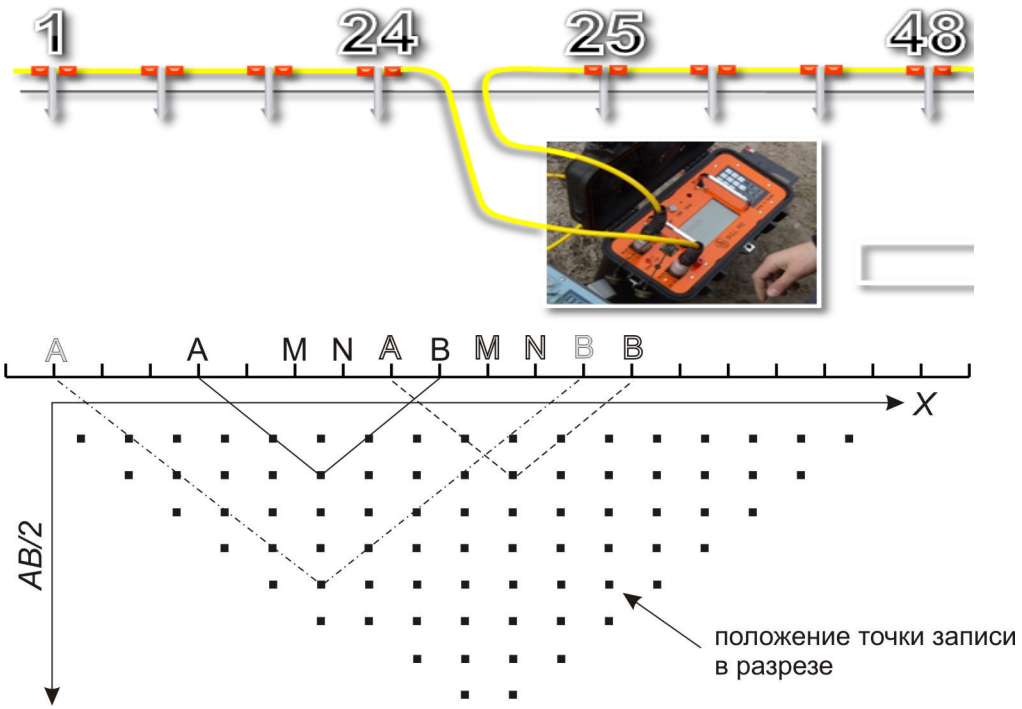

Рисунок 4. Схема работы электротомографической аппаратуры СКАЛА-48

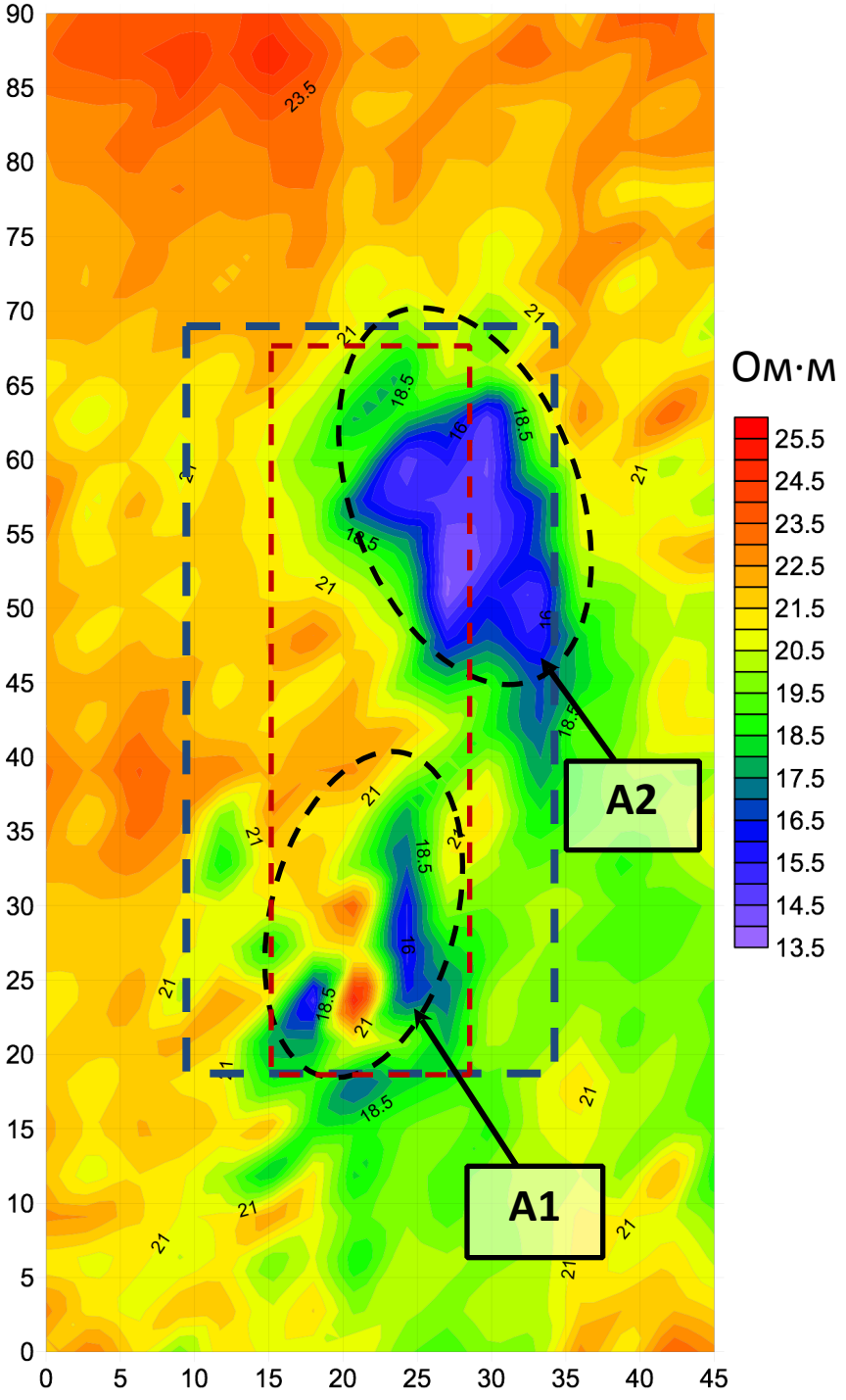

Рисунок 6
Карта распределения УЭС по площадке 1
по данным ЧЭМП

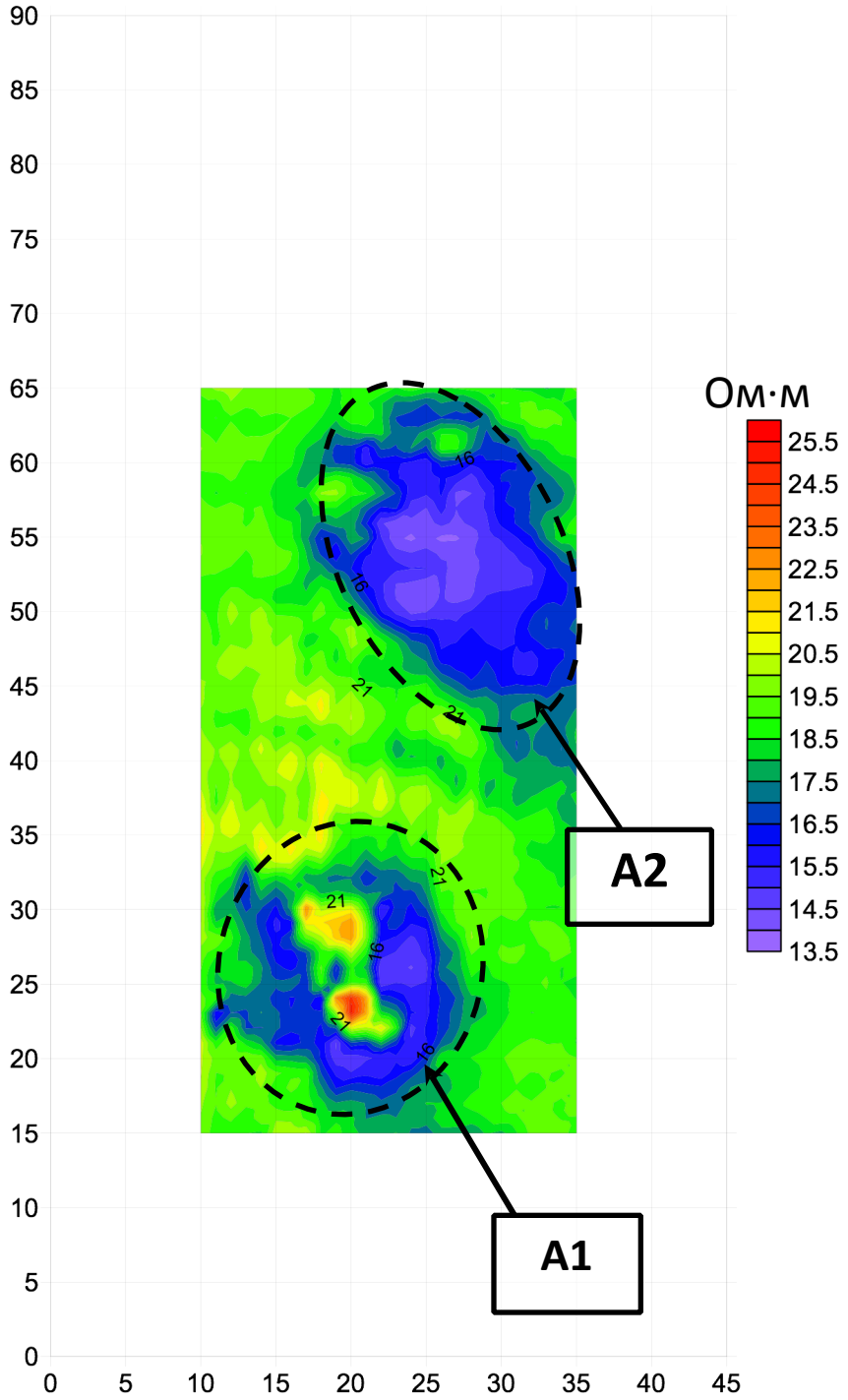

Рисунок 7
Карта распределения УЭС по площадке 2
по данным ЧЭМП

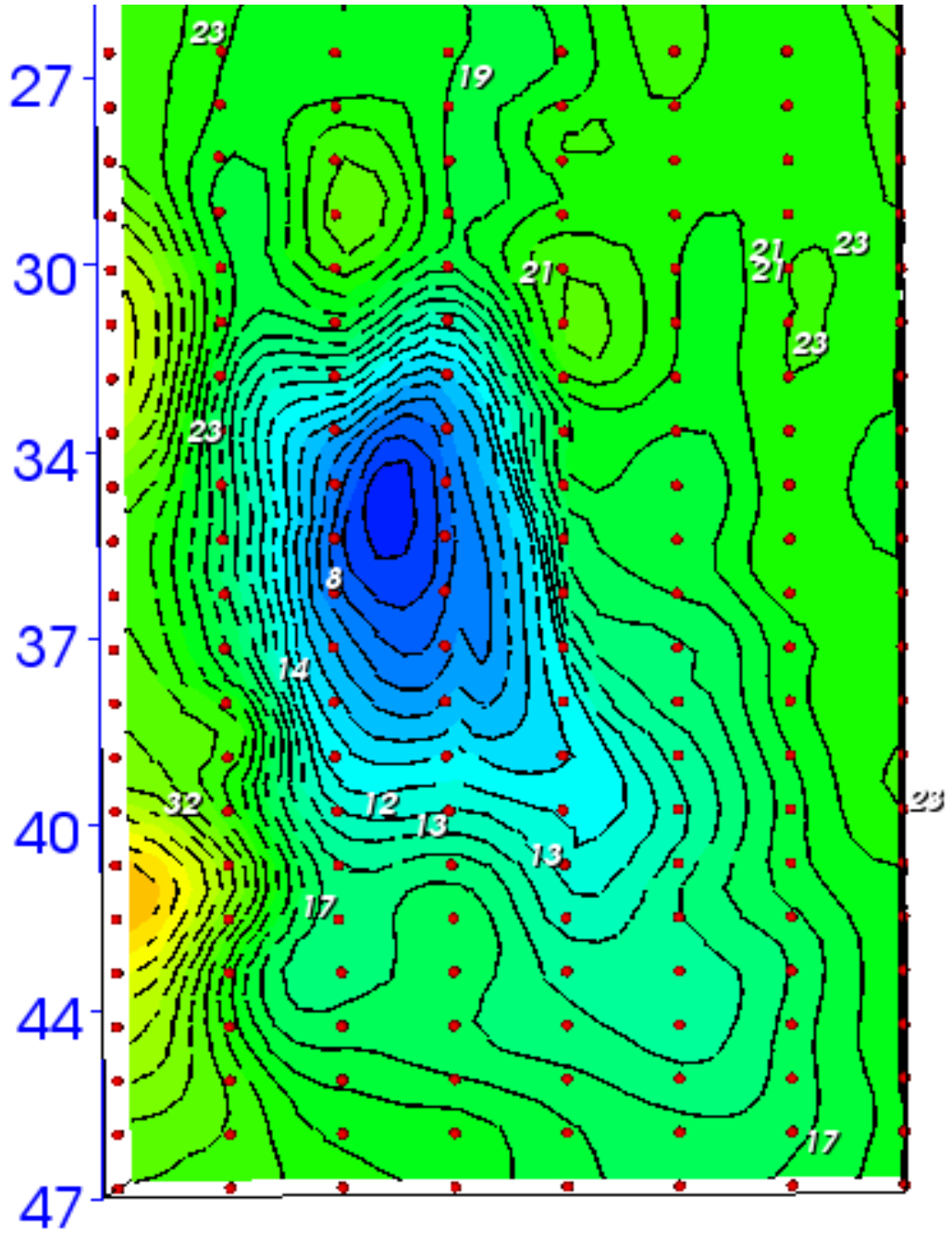

Рисунок 9

Аномалия А1 по данным электротомографии

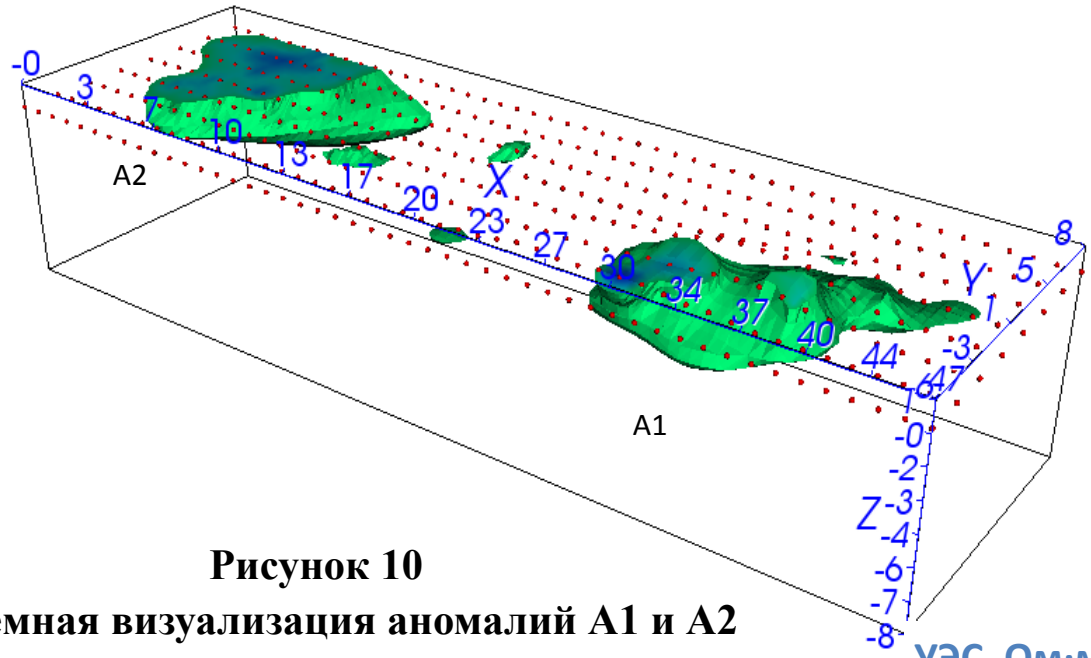

Рисунок 10

Объемная визуализация аномалий А1 и А2

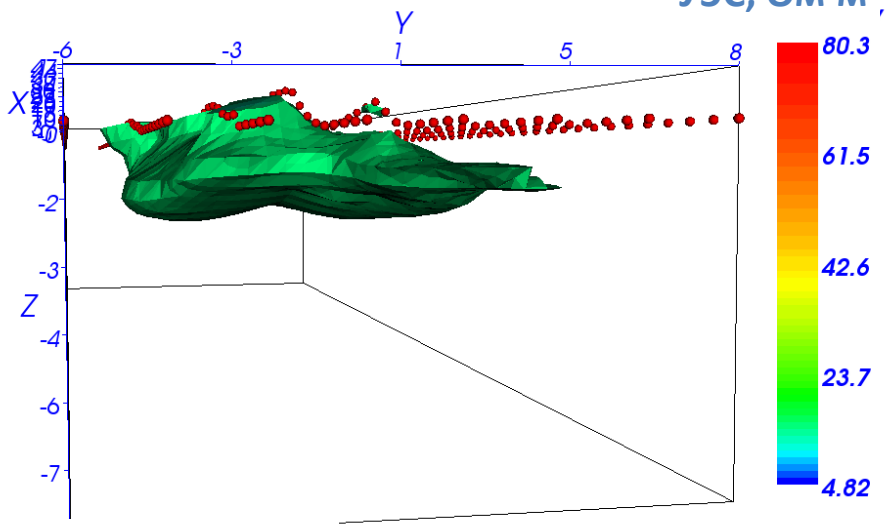

Рисунок 11.

Объемная визуализация аномалии А1

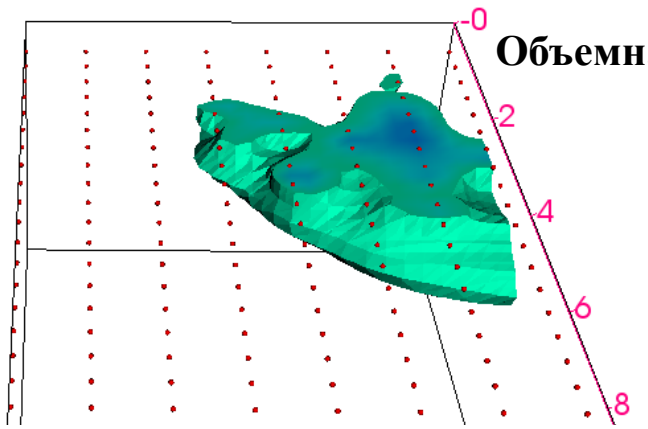

Рисунок 12

Объемная визуализация аномалии А2

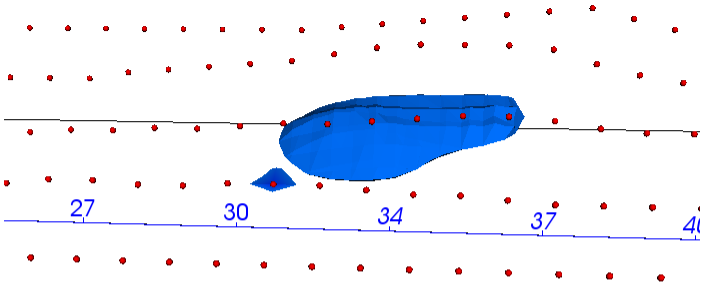

Рисунок 13 а
Объемная визуализация аномалии А1 по значению 6,69 Омм

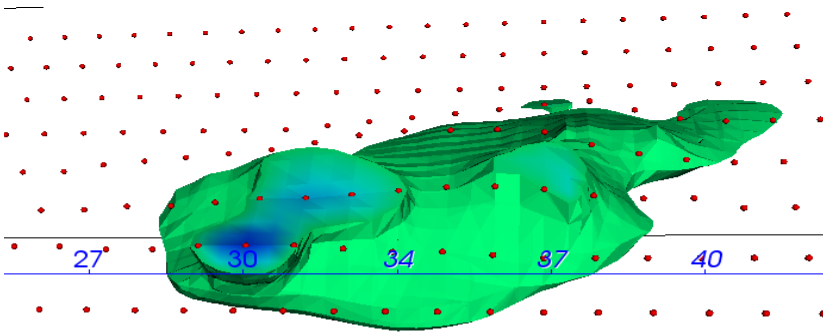

Рисунок 13 б
Объемная визуализация аномалии А1 по значению 14 Омм

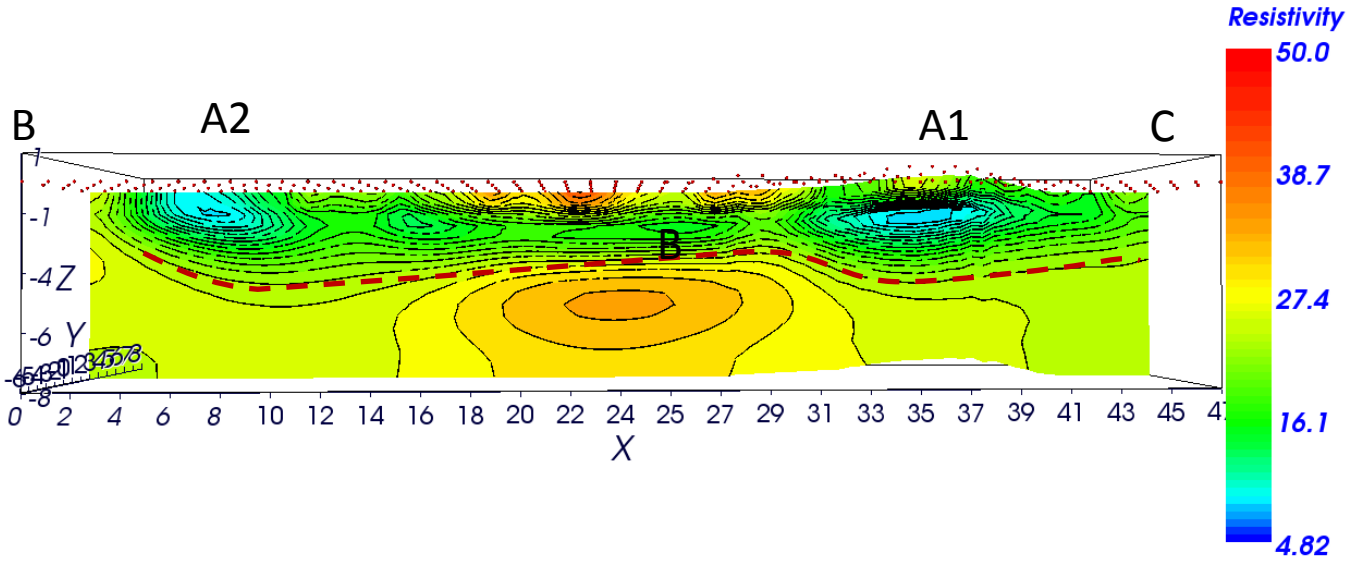

Рисунок 14
геоэлектрический разрез B-C