



## Определение электропроводности почвы для GPR исследований.

*автор Reinaldo Alvarez Cabrera*

Результаты исследования с помощью георадара зависят от многих факторов. Для того чтобы получить полезные данные и хорошее проникновение, одним из условий является то, что проводимость грунта должна быть не очень высокой. Проводимость материала вместе с рабочей частотой и диэлектрической постоянной позволяют нам вычислить коэффициент потерь, который используется для приблизительного подсчета теоретического проникновения.

Существует много способов оценки величины относительной диэлектрической постоянной, один из них с помощью самого георадара. При использовании отражения от объекта до известной глубины и инструмента анализа скорости как в программном обеспечении GPRSoft PRO, мы можем точно определить относительную диэлектрическую проницаемость слоя или сокращенно RDP.

Однако будет намного сложнее определить проводимость почвы, если не иметь резистивиметра или обычного измерительного инструмента. Так как это является довольно важным параметром, я попробую объяснить простой, но эффективный метод определения проводимости почвы под исследованием.

### Для начала немного теории

Некоторое время назад, почти около ста лет, г-н F. Wenner предположил что линейная антенная решетка из четырех равномерно расположенных электродов создаст проблемы, которые у них были в то время, с отклонением почвенного контактного электрода. С тех пор большинство измерений удельного сопротивления выполняются с использованием принципа четырех электродов.

Если поместить четыре электрода в землю, как показано на Рис.1, и пустить ток между электродами A и B, то между электродами M и N появится электрическое напряжение.

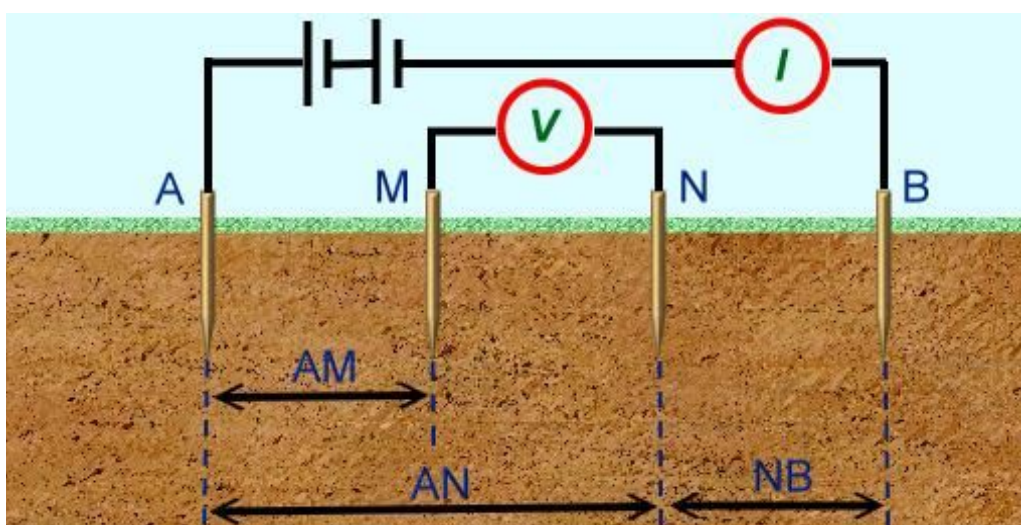


Рис. 1 Четыре электрода для измерения удельного сопротивления.



Теория также говорит о том, что электрическое сопротивление любого материала равняется электрическому напряжению, которое появляется на длине материала  $L$  с область поперечного сечения  $A$ .

$$Rho = \frac{A \cdot dV}{L \cdot I} \quad (1)$$

где:

$Rho$  - электрическое сопротивление материала,

$A$  - область поперечного сечения,

$L$  - длина провода одинакового сечения,

$dV$  - разность потенциалов по длине провода одинакового сечения, и

$I$  - ток, проходящий через провод одинакового сечения.

Если теперь мы будем использовать отношение области поперечного сечения к длине сечения с некоторым коэффициентом  $K$ , то мы получим:

$$Rho = \frac{K \cdot dV}{I} \quad (2)$$

Данный коэффициент  $K$  является геометрическим фактором, который может быть рассчитан в зависимости от расстояния между электродами  $A$ ,  $M$ ,  $N$  и  $B$ . Для линейного массива как показано на Рисунке 1, данный коэффициент вычисляется следующим образом:

$$K = \frac{Pi \cdot [AM] \cdot [AN]}{[MN]} \quad (3)$$

Не трудно заметить, что если все коэффициенты между соседними электродами равны, то коэффициент упрощается:

$$K = 2 \cdot Pi \cdot s \quad (4)$$

где:

$s = [AM] = [MN] = [NB]$ , каждый электрод равноудален от близлежащего.

Теперь мы можем подставить выражение для  $K$  из уравнения 4 в уравнение 2 и получить формулу для удельного сопротивления в Омах на метр.

$$Rho = \frac{2 \cdot Pi \cdot s \cdot dV}{I} \quad (5)$$

где:

$Rho$  - электрическое сопротивление в Омах на метр

$Pi$  - математическая постоянная, 3.14159...

$s$  - расстояние между электродами в метрах

$I$  - наложенный ток в Амперах.



Проводимость, которая нас интересует, рассчитывается путем взятия обратного сопротивления. Это очень просто.

$$S = \frac{1}{Rho} \quad (6)$$

Проводимость измеряется в Сименсах на метр, а иногда пожилые люди такие как я называют это Мо, который является Омом наоборот. Тем не менее, Сименс является соответствующей международной единицей измерения.

## Достаточно теории, приступим к измерению!

Мы собираемся немного изменить наши предыдущие настройки так, чтобы мы могли получить значимые и более легкие измерения. Для четырех необходимых электродов, мы можем использовать любые металлические соединительные элементы с одной и той же длиной и диаметром. Это было хорошей идеей о том, чтобы заострить им один конец, так чтобы их легче было поместить в землю. Нам также необходим какой-либо генератор тока. Любой источник напряжения от 20 до 50 вольт и высокоомный резистор (например, 20 Ом, 5 Ватт) будет выполнять эту работу очень хорошо. И наконец, нам необходим хороший мультиметр для измерения электрического напряжения между электродами М и N. Выбирайте мультиметр с высоким входным полным сопротивлением, чтобы ослабить результаты измерительного устройства по результатам измерения.

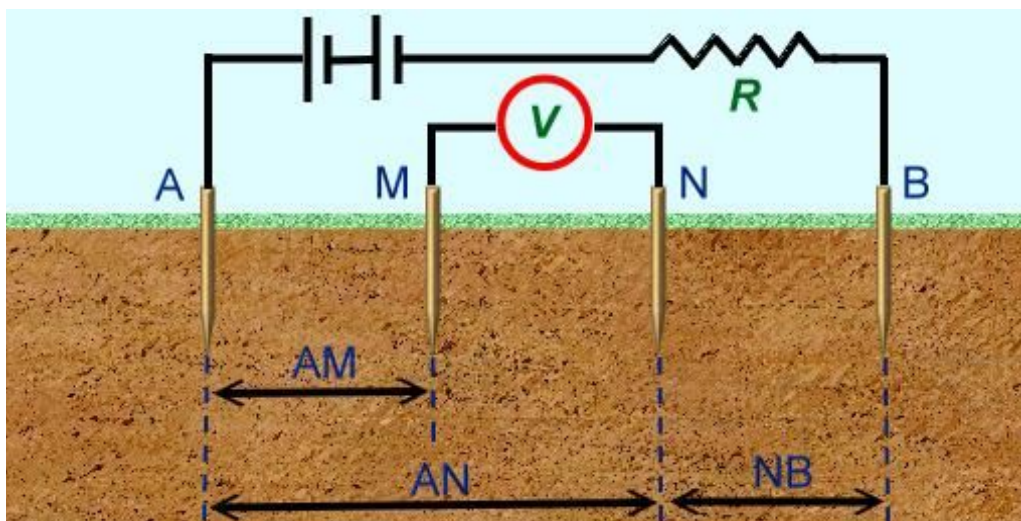


Рис. 2 Измененная установка для измерения удельного сопротивления.

Поместите электроды в землю вдоль воображаемой линии, убедившись, что расстояние между ними одинаковое. Электроды 0,5 метров длиной, я поместил бы на расстоянии 0,4 метра друг от друга и приблизительно 0,3 метра в землю. Подключите один конец резистора к электроду В как на рисунке 2, а другой конец к одному из полюсов Вашего источника напряжения. Другой полюс источника напряжения подключается к электроду А.

Теперь с помощью Вашего мультиметра измерьте напряжение на резисторе и обратите внимание, что мы обозначим его как V2. Затем измерьте напряжение между электродами М и N и также не забудьте, что мы обозначим его как V1. Данные напряжения зависят от проводимости почвы, которую Вы измеряете и от выходного напряжения Вашего источника, поэтому было бы бессмысленно приводить здесь точные цифры. Я получаю, например, приблизительно 2 и 0,65 Вольт с 60 Вольтами на моей площадке.



Теперь довольно легко получить значение, которое мы хотели, проводимость почвы, которую Вы измеряете должно быть равно:

$$S = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot s} \cdot \frac{V2}{V1} \quad (7)$$

где:

S - проводимость в Сименсах на метр См/м

R - сопротивление резистора в Омах

V1 - напряжение между электродами M и N, и

V2 - напряжение на резисторе R

## Заключение

Мы представили простой и легкий метод для измерения объемной проводимости почвы для областей применения георадара. Конечно же, более правильным способом сделать это, было бы взять несколько образцов и отправить их в лабораторию для анализа. Так как не всегда это является эффективным решением и большую часть времени нам необходима только справедливая оценка проводимости почвы, я считаю, что этот метод будет доступным, недорогим и легким для выполнения.

Существует много доступных существующих измерителей удельного сопротивления грунта, и если Вы можете позволить себе купить все эти средства, то сделайте это. В противном случае используйте вышеописанный метод и проводите его на месте.

## Источники:

1. *John M. Reynolds, An introduction to Applied and Environmental Geophysics, John Wiley and Sons, ISBN 0-471-96802-1*
2. *H. Robert Burger, Anne F. Sheehan and Craig H. Jones, Introduction to Applied Geophysics, W.W. Norton & Company, ISBN 0-393-92637-0*
3. *Arcone S.A., Lawson D.E., Delaney A.J., Strasser J.C. And Strasser J.D., "Ground penetrating radar reflection profiling of groundwater and bedrock in an area of discontinuous permafrost", Geophysics 63, 1573- 1584, 1998.*