

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОЧВЫ МЕТОДОМ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ

Аспирант группы: ААА-901-О-02

Варнаков Сергей Александрович

Актуальность

Данные о диэлектрической проницаемости почв востребованы во многих областях:

- мониторинге влажности почв радиофизическими методами;
- обработке данных, полученных спутниковыми микроволновыми радиометрами;
- расчёте многоскачковых трасс (диаграмм направленности антенн с учётом параметров подстилающей поверхности);
- учёте потерь в земле при организации радиосвязи земной волной в диапазонах КВ и МВ для работы в движении и для связи на малых расстояниях.

Отсутствие единой модели, позволяющей определить диэлектрические характеристики почвы по известной влажности и гранулометрическому составу в широком частотном диапазоне.

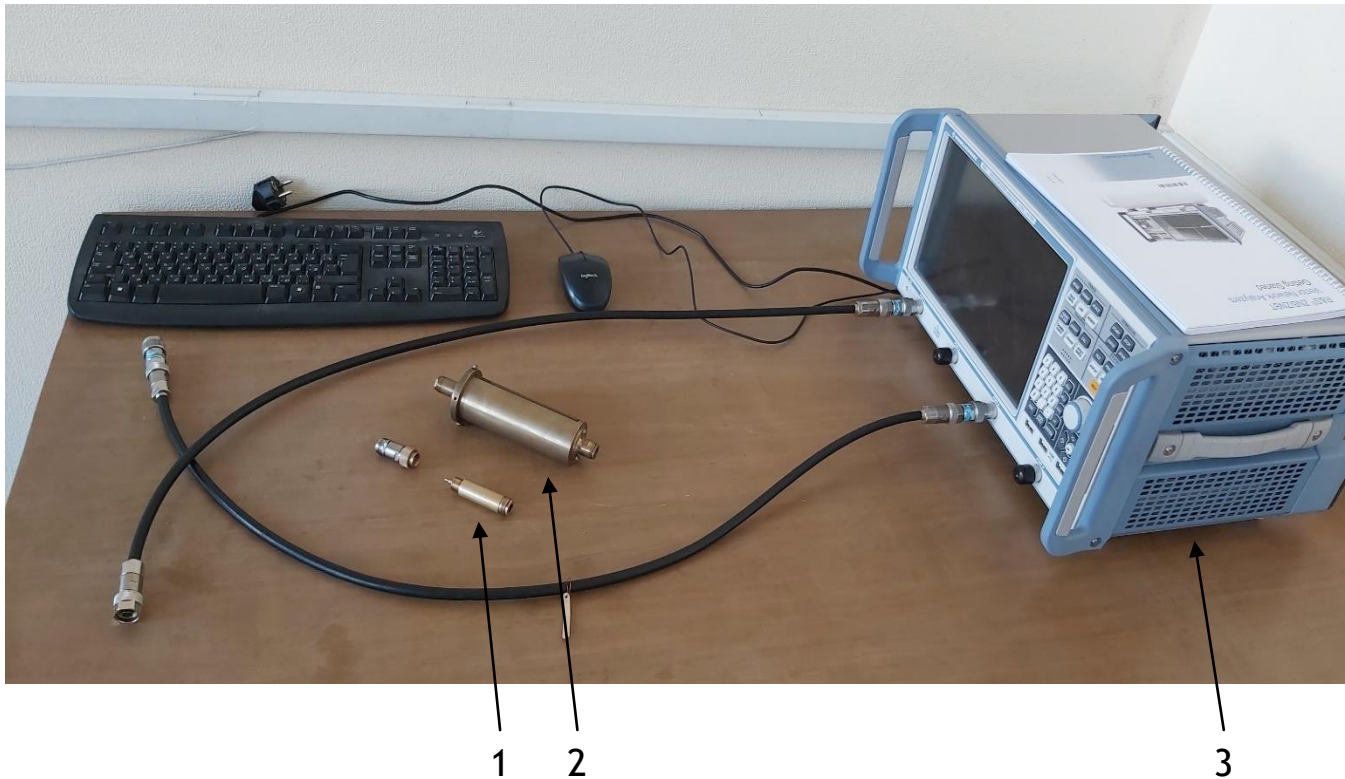
Необходимо совершенствование методов измерения, обработки данных, а также построение новых моделей комплексной диэлектрической проницаемости (КДП) почв, в особенности на низких частотах.

Цели и задачи

- ▶ Цель работы: изучить особенности восстановления диэлектрической проницаемости из эмпирически определённых параметров матрицы рассеяния

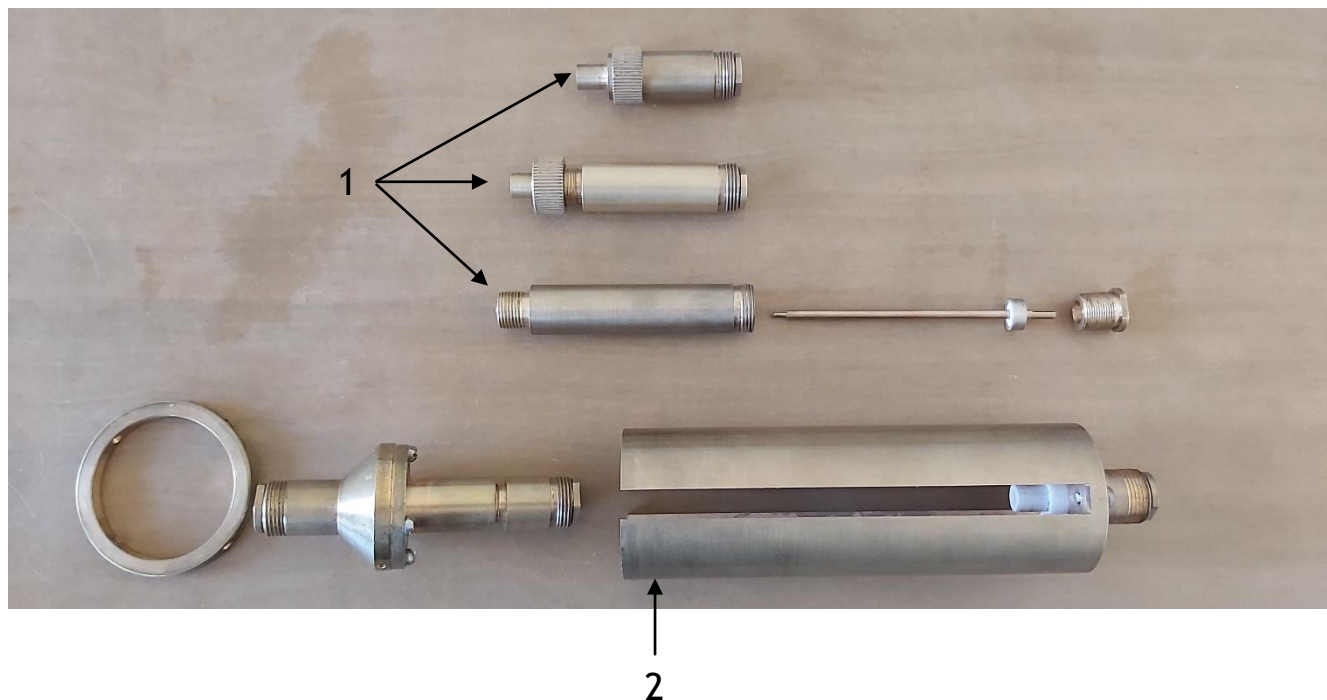
- ▶ Задачи:
 - изучить и освоить методику измерения диэлектрической проницаемости почв коаксиально-волноводным методом;
 - провести измерения образцов почв при различной влажности;
 - обработать полученные результаты.

Вид экспериментальной установки



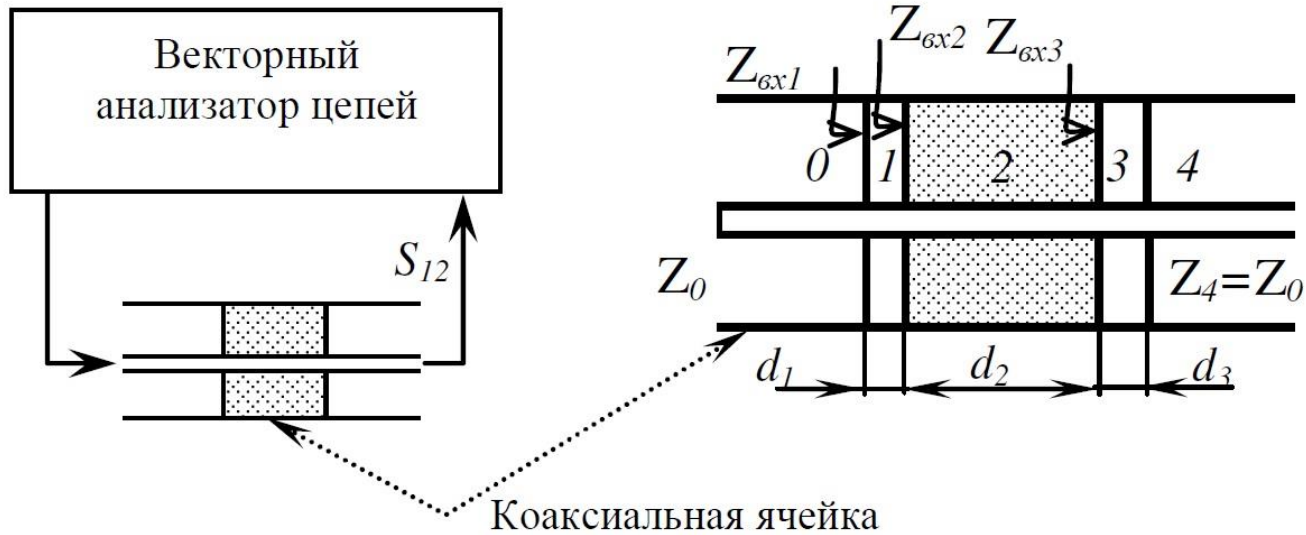
1. Коаксиальная ячейка сечением 7/3 мм с разъемами;
2. Линия большого сечения;
3. Векторный анализатор цепей R&S ZNB4.

Внешний вид коаксиальных ячеек использовавшихся в процессе измерений



1. Коаксиальные ячейки сечением 7/3 мм с разъемами;
2. Линия большого сечения (коаксиальная ячейка присоединена к центральному проводнику);

Схема измерения



На приведенной схеме области 0 и 4 - воздух, 1 и 3 фторопластовые шайбы, 2 - измеряемый образец.

Восстановление значений КДП из параметра S_{12}

Для восстановления КДП использовалась формула для расчета параметра S_{12} слоистой структуры:

$$\frac{1}{S_{12}} = \prod_{n=0}^{n=3} \frac{Z_n + Z_{\text{ВХ}(n+1)}}{Z_n + Z_{\text{ВХ}(n+1)}} e^{-ik_n d_n},$$

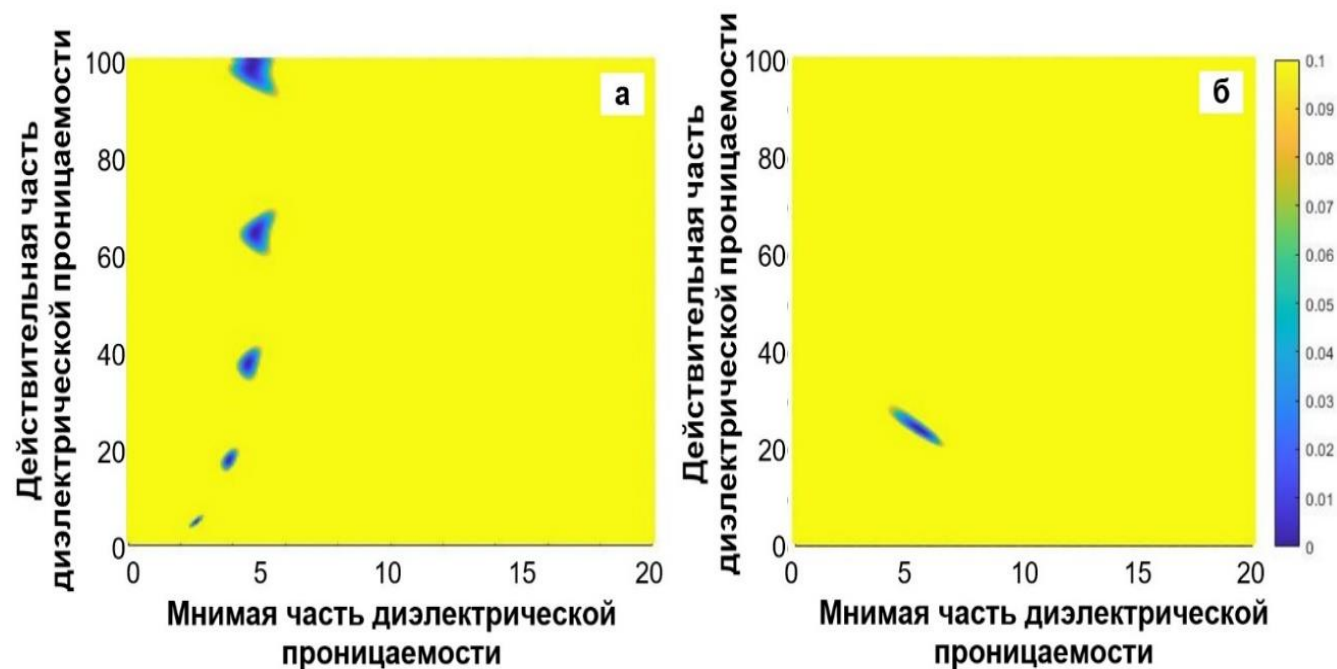
где $Z_{\text{ВХ}1}$, $Z_{\text{ВХ}2}$, $Z_{\text{ВХ}3}$ - комплексные входные сопротивления.

Комплексные входные сопротивления определяются по формуле:

$$Z_{\text{ВХ}n} = \frac{Z_{\text{ВХ}(n+1)} + Z_n \operatorname{th}(ik_n d_n)}{Z_n + Z_{\text{ВХ}(n+1)} \operatorname{th}(ik_n d_n)} Z_n,$$

где n - индекс слоя; i - мнимая единица; $k_n = k_0 \sqrt{\varepsilon_n}$ - комплексное волновое число i -го слоя, где ε_n - КДП n -го слоя; $k_0 = 2\pi f/c$ - волновое число в вакууме; d_n - толщина n -го слоя; $Z_n = Z_0 \sqrt{\varepsilon_n}$; $d_0 = 0$.

Неоднозначность решения



Значения функции невязки при различных значениях действительной и мнимой частях комплексной диэлектрической проницаемости:

(а) образец с объёмной влажностью 28 %, помещённый в ячейку №2;

(б) образец с объёмной влажностью 31,5 %, помещённый в ячейку №1.

Данные для частоты 4 ГГц.

Выводы

- ▶ Однозначное определение значений комплексной диэлектрической проницаемости из измеренных значений S_{12} в некоторых случаях невозможно;
- ▶ Если значения S_{12} сопоставимы с приборной погрешностью, однозначное определение диэлектрической проницаемости крайне затруднительно;
- ▶ Для каждого отрезка линии необходимо определить диапазон характерных значения диэлектрической проницаемости, которые могут быть в нём измерены с наименьшей погрешностью.

Спасибо за
внимание