

**А.В. Бахарева, Е.А. Лисова (1 курс, каф. НБ), А.А. Сокуренок (2 курс, каф. УЗЧС),  
Б.А. Стрюков, к.т.н., с.н.с, В.В. Матвеев, доц., В.Ю. Агапитов, к.т.н., доц.**

### ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОЛОКАЦИИ

Для моделирования подповерхностного зондирования георадарами рассмотрим простейшую трехслойную структуру (рис. 1), включающую в себя три слоя с номерами 1, ..., 3.

Структура характеризуется значениями диэлектрической проницаемости  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$  при  $\epsilon_1 \neq \epsilon_2 \neq 1$  и толщиной  $d_2$ .

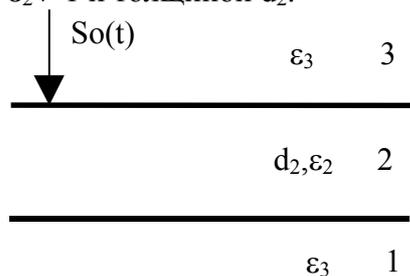


Рис. 1. Схема трехслойной структуры

Известно, что при облучении рассматриваемой структуры одиночным импульсным сигналом  $S_0(t)$  формируется сложная импульсная последовательность отраженных сигналов. При этом, если из этой импульсной последовательности выделить только первые два сигнала  $S_1(t)$  (соответствует отражению от границы 3 и 2 слоя) и  $S_2(t)$  (соответствует отражению от границы 2 и 1 слоя), то между суммарным сигналом:

$$S_{\text{отр}}(t) = S_1(t) + S_2(t)$$

и сигналом  $S_0(t)$  может быть установлена следующая функциональная связь:

$$S_{\text{отр}}(p) / S_0(p) = p_1 + (1 - p_1)^2 p_2 \exp[-j2\omega d_2(\epsilon_2)^{1/2} / c],$$

где  $p_1$  и  $p_2$  — коэффициенты отражения от границ слоев 3-2 и 2-1 соответственно, функционально связанные с параметрами соответствующих сред:

$$p_1 = f_1(\epsilon_2, \epsilon_3=1);$$

$$p_2 = f_2(\epsilon_1, \epsilon_2),$$

где  $p$  - оператор Лапласа;  $j$  - комплексная единица;  $\omega$  - частота спектра сигнала;  $c = 3 \cdot 10^8$  м / с.

Введенные в рассмотрение соотношения показывают, что, производя вычисления  $S_{\text{отр}}(p) / S_0(p)$  на нескольких частотах  $\omega$ , можно составить систему уравнений для определения параметров  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, d_2$  сред. При этом будут устранены недостатки, характерные для современных георадаров путем введения соответствующей обработки георадарной информации.

Таким образом, можно представить технологию обработки радиолокационных сигналов георадаров, обеспечивающую получение потребителем информации в следующем виде.

1. Зондируемая структура содержит  $N$  слоев.
2. Параметры слоев приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер слоя	Значения параметров
1.	$d_1$ - толщина; $a_{11}, a_{12}, \dots$
2.	$d_2$ - толщина; $a_{21}, a_{22}, \dots$
...	...
$N$	$d_N$ - толщина; $a_{N1}, a_{N2}, \dots$

В табл. 1  $a_{i1}, a_{i2}, \dots$  — параметры, характеризующие свойства среды слоя  $i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ). Набор этих параметров может изменяться в зависимости от характера решаемой задачи. Например, при зондировании тонких диэлектрических пленок в качестве определяемых параметров могут использоваться только параметры диэлектрической проницаемости  $\epsilon_i$ . При зондировании набора диэлектрических пленок с потерями в качестве определяемых параметров могут использоваться параметры диэлектрической проницаемости  $\epsilon_i$  и удельной электропроводности  $g_i$  и т.д.

3. Локализованных объектов не обнаружено (или обнаружено).

При обнаружении локализованных объектов вырабатывается информация:

- о координатах локализованных объектов;
- о параметрах локализованных объектов.

Таким образом, введение новых технологий в обработку информации, получаемой георадарами при подповерхностном зондировании, позволит повысить их потребительские качества. Будут устранены недостатки современных георадаров. Новая технология обеспечит измерение электрофизических параметров отдельных слоев многослойных структур; тем самым позволит произвести точное восстановление геометрии границ слоев, входящих в структуру, и их положение друг относительно друга; идентификацию материала, образующего отдельные слои, а следовательно, обнаружение, например, воздушных полостей под поверхностью почвогрунта, измерение его влагозапаса и т.д.; она обеспечит обнаружение локализованных подповерхностных объектов и определение их точного местоположения не только в однородных, но и в многослойных почвогрунтах; наконец, в отличие от известных технологий, применяемых в георадарах, новая технология позволит не только обнаруживать локализованные объекты, но и определять фактуру их материала.