

Министерство образования и науки Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)  
Радиофизический факультет  
Кафедра радиофизики

ОТЧЕТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

## **Применение дифракционного метода суммирования в геолокации**

По основной образовательной программе подготовки бакалавров  
направление подготовки  
03.03.03 - Радиофизика

**Микутский Евгений Александрович**

Научный руководитель:  
Руководитель ВКР - кандидат  
физ.-мат.наук,  
доцент каф. Радиофизики  
А.В. Клоков

2017

# Актуальность

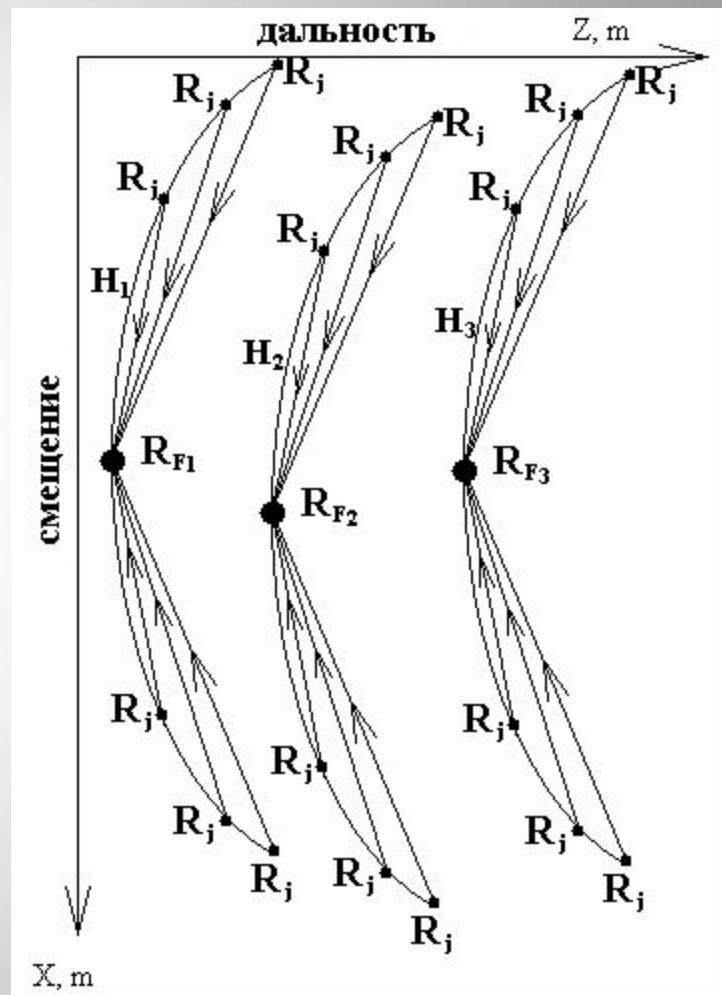
Георадары позволяют проводить неразрушающие подповерхностные исследования в промышленных целях, таких как поиск потерянных линий связи, контроль состояния труб водо- и газоснабжения, обнаружения мин, и также используются в археологических и исторических целях, т. е. поиск различного рода артефактов и т.д.



В результате дифракции каждый точечный рассеиватель, находящийся в однородной среде, отображается в виде гиперболы. В этом случае истинное положение точки рассеивателя соответствует вершине гиперболы.

Фокусировка перемещает отражения в их истинные позиции, убирая эффект дифракции, тем самым увеличивая пространственное разрешение и позволяя получить изображение.

В обработке данных наиболее широко используются метод дифракционного суммирования



# Метод дифракционного суммирования

Каждый отраженный импульс проходит расстояние  $R(t_n)$  и имеет время задержки  $t_n$ . Мы можем рассчитать расстояние и время задержки с помощью теоремы Пифагора:

$$R = \sqrt{z_0^2 + (x_0 - x_n)^2}$$

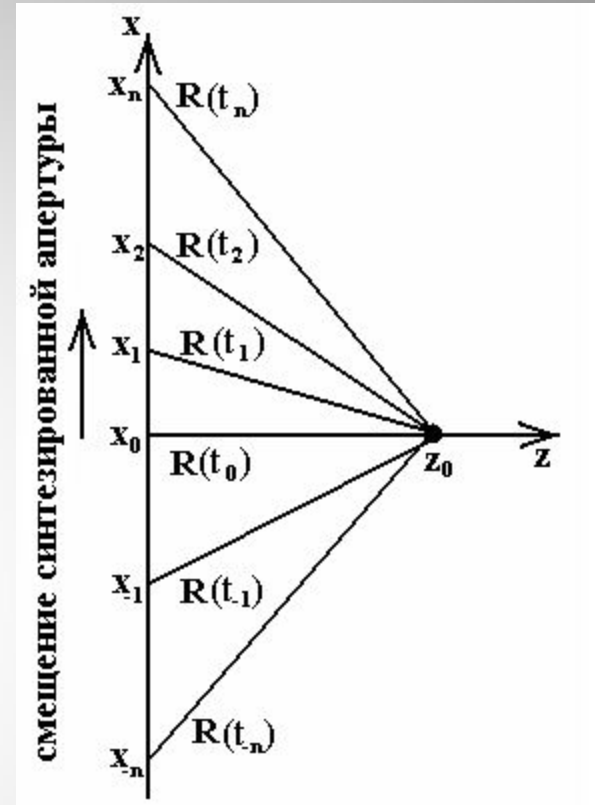
Это уравнение гиперболы и  $z_0$ :

$$z_0 = \sqrt{(\tau_n c)^2 - (x_0 - x_n)^2}$$

В трехмерном случае:

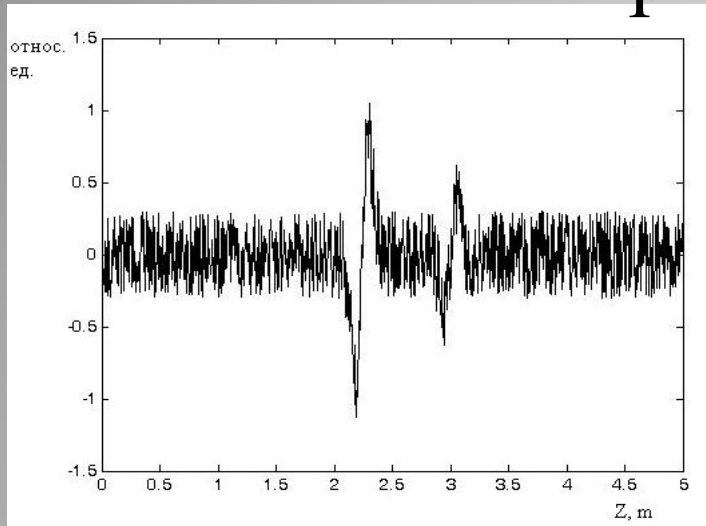
$$z_0 = \sqrt{(\tau_n c)^2 - (x_0 - x_n)^2 - (y_0 - y_n)^2} \quad , \text{где} \quad \tau_n = \frac{t_n}{2}$$

Метод дифракционного суммирования основан на суммировании амплитуд сигнала вдоль гиперболы.

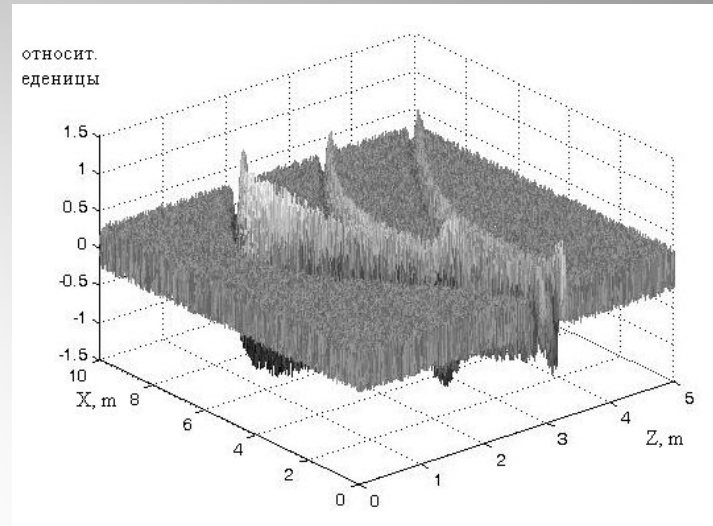


Пути отраженного сигнала от цели в разных точках приема

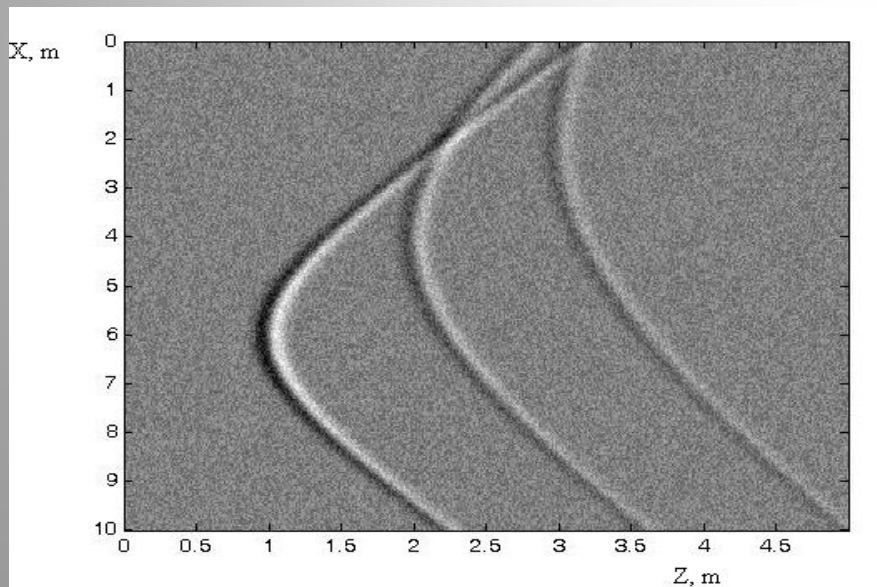
# Прямая задача



Одномерный смоделированный сигнал (позиция среза = 2м)



Двухмерный вид смоделированного сигнала



Моделированный сигнал от трёх точечных источников

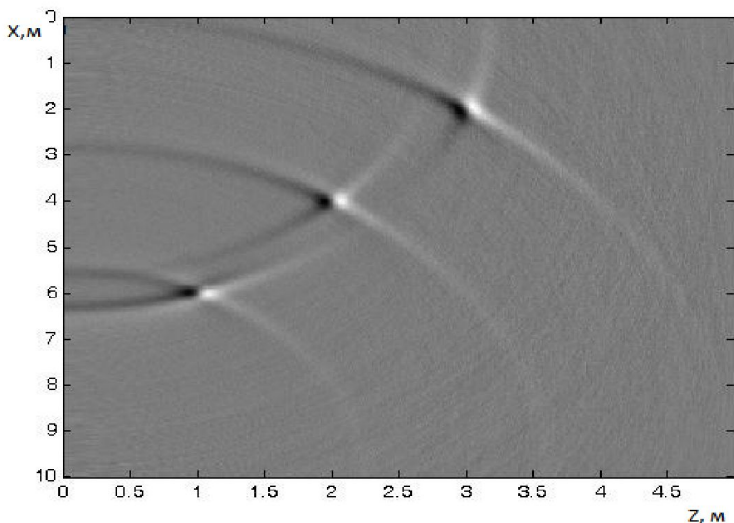
Длина трассы по X	10 м
Число точек зондирования вдоль X	1024
Длина трассы по Z	5 м
Число точек зондирования вдоль Z	512

Моделирование и обработка данных

проводились с использованием технического языка программирования Matlab на ПК со следующими характеристиками: процессор – Intel® Core™ i5 CPU M430 2,3 ГГц, ОЗУ - 4 Гб.

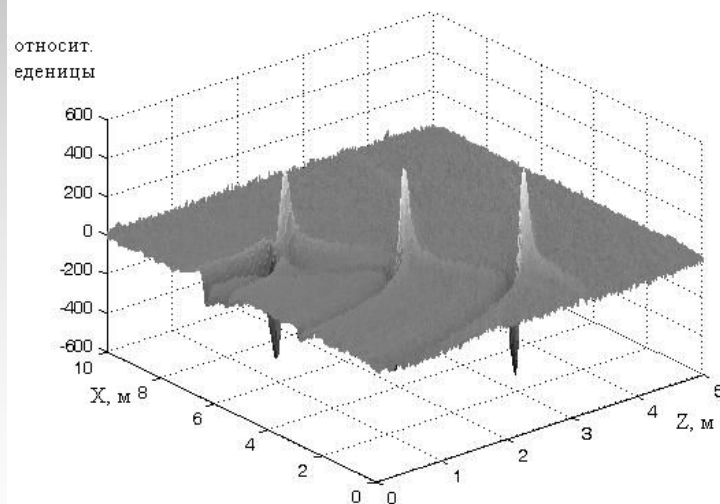


# Миграция сигнала методом дифракционного суммирования

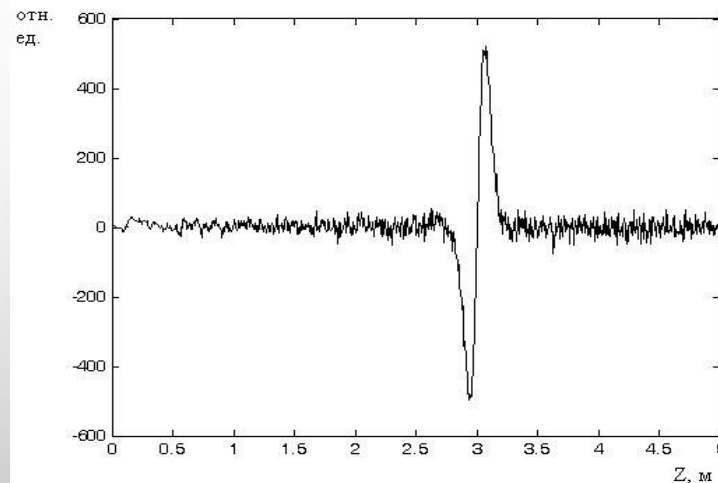


Фокусировка сигнала трех точечных источников методом дифракционного суммирования

Общее время расчета - 5,3 секунд

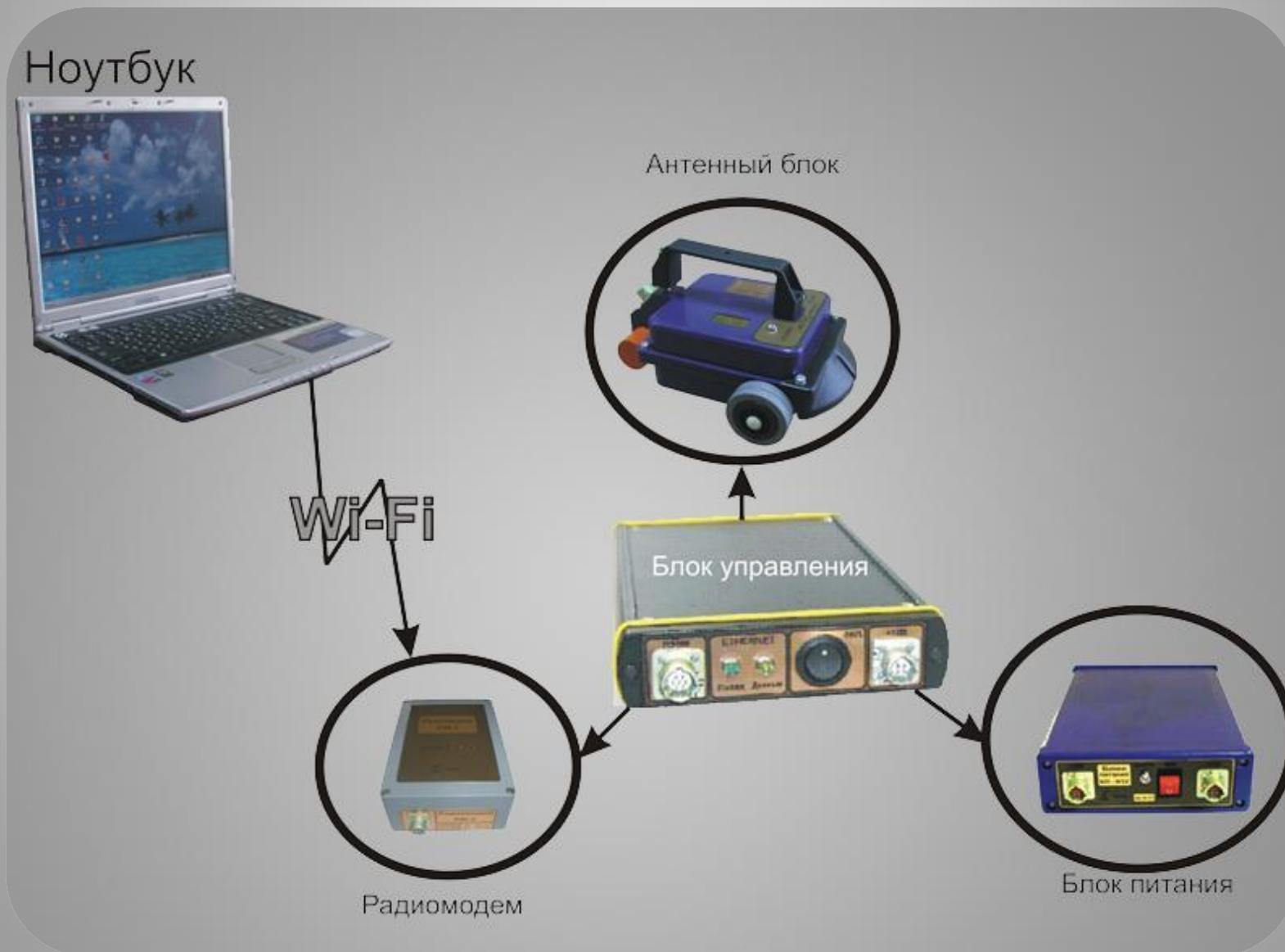


Двумерное изображение  
миграции сигнала



Фокусированный сигнал (срез  $X=3$ )

# Схема сборки георадара “ОКО-2”с радиомодемом



## Антенный блок АБ-1700



- Центральная частота - 1700 МГц;
- Глубина зондирования - 1 м;
- Разрешающая способность - 0,03 м.

## Река

### ТОМЬ

- Длина трассы – 2 м;
- Шаг зондирования вдоль трассы – 0,02 м;
- Время зондирования – 32 нс.

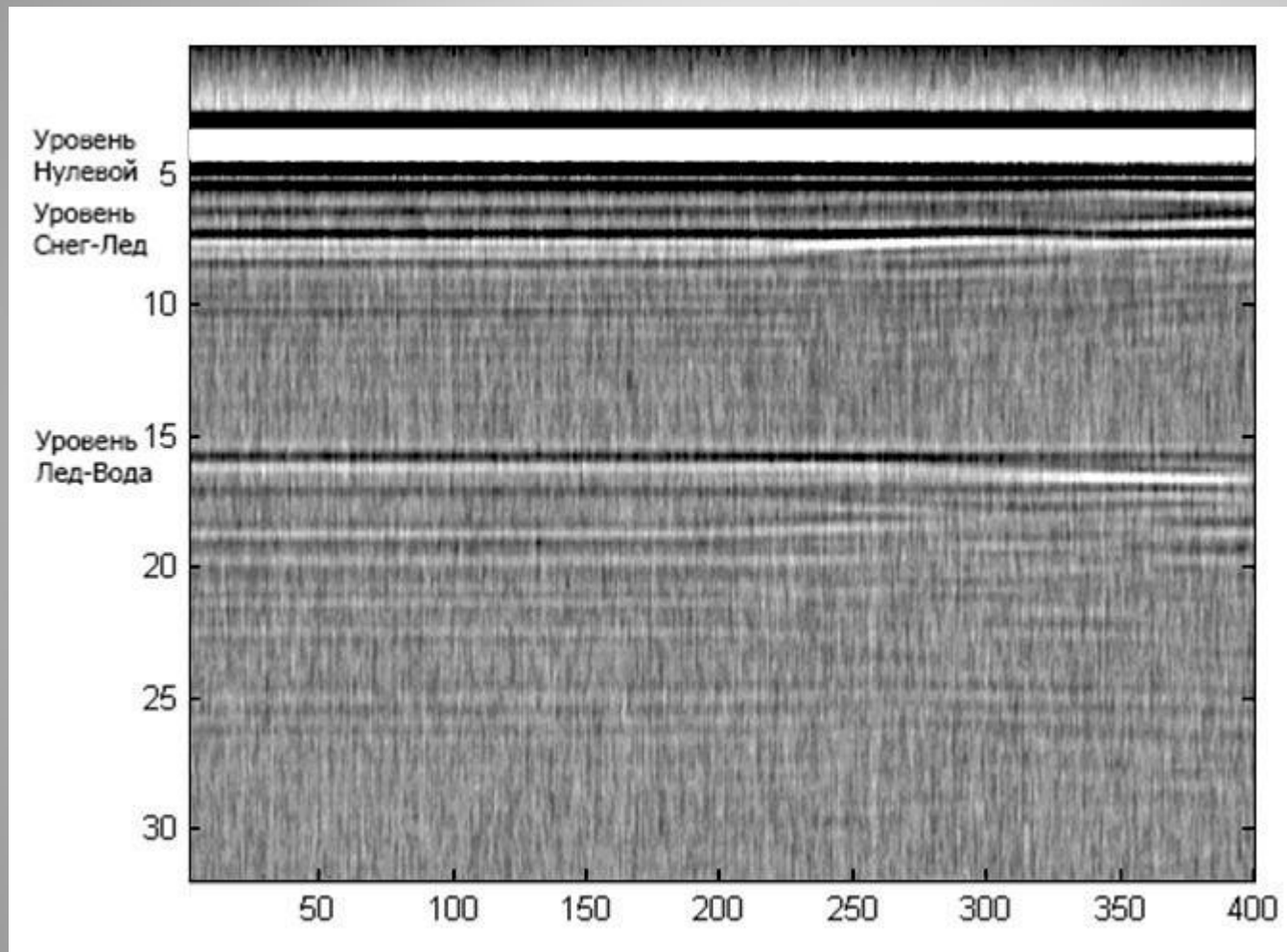




# Получение геолокационных данных



# Обработка экспериментальных данных



Для снега

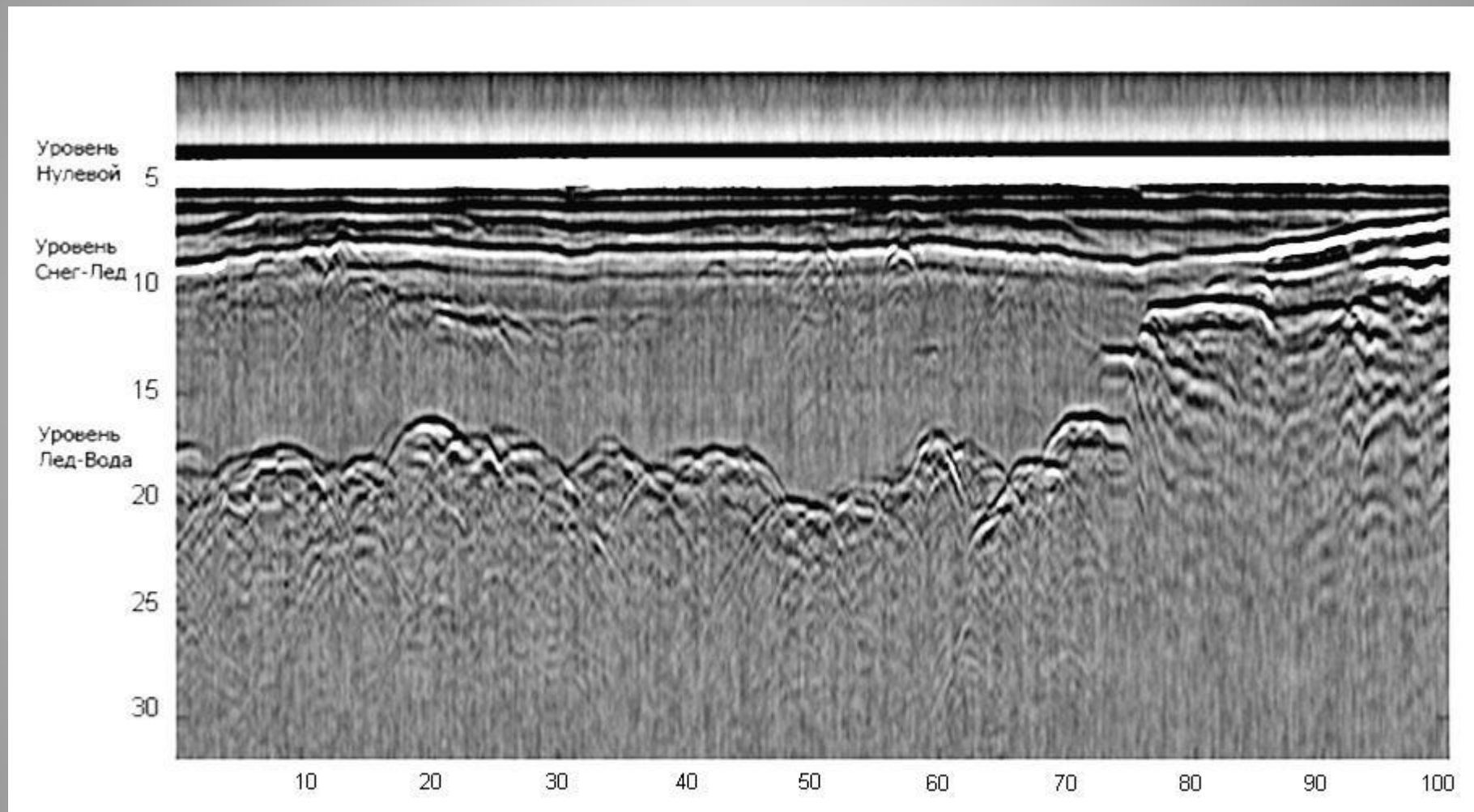
- $d_1 = 76$  см
- $\epsilon_1 = 1.14$

Для льда

- $d_2 = 82$  см
- $\epsilon_2 = 1.8$

Геолокационный профиль

# Обработка экспериментальных данных



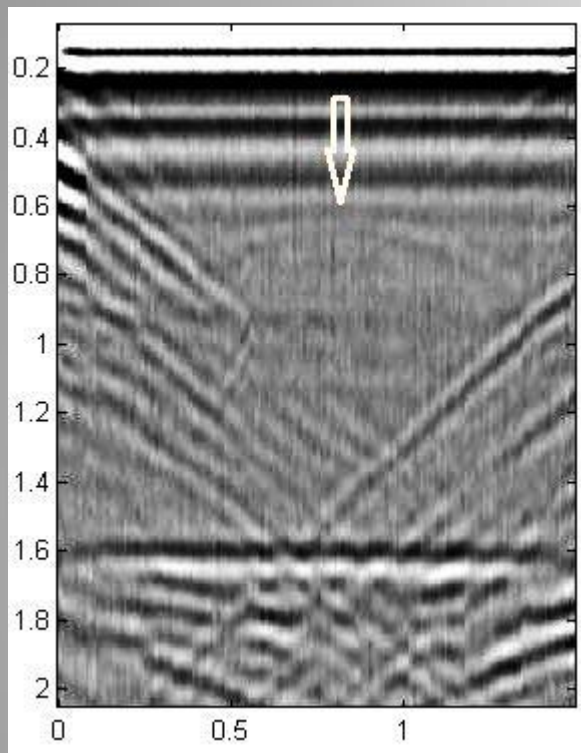
Геолокационный профиль зондирования вдоль тропы



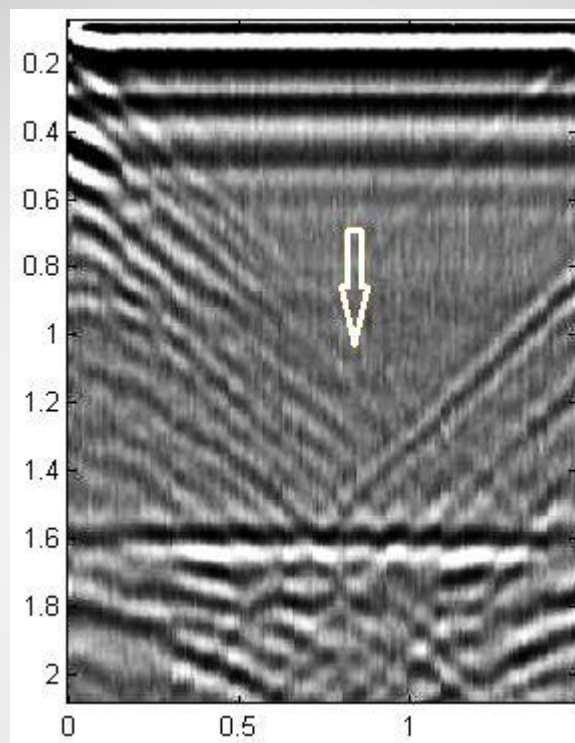


- Ящик с песком размерами – 2м x 1,5м x 1,5 м;
- Шаг зондирования вдоль трассы – 0,02 м;
- Время зондирования – 16 нс.

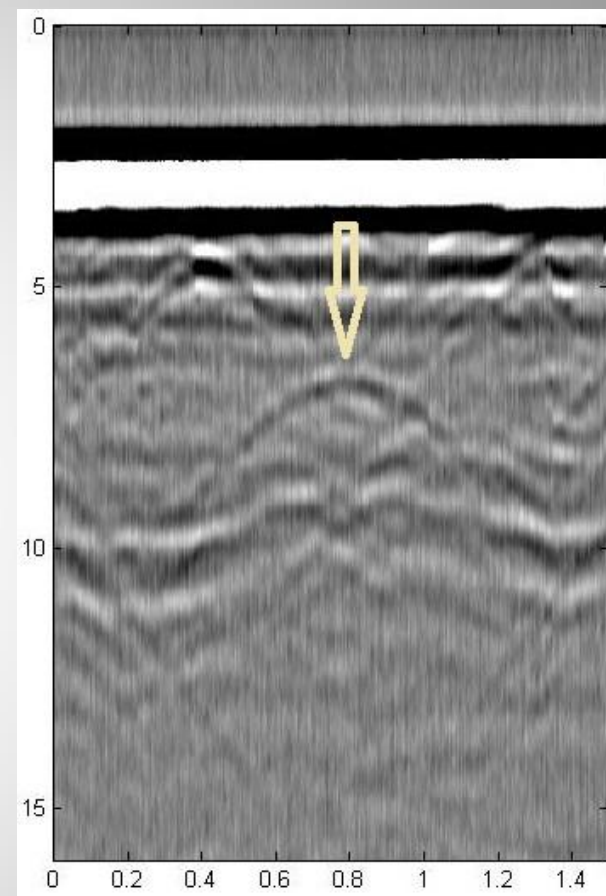
# Обработка экспериментальных данных



а) глубина 0,6 м



б) глубина 1 м

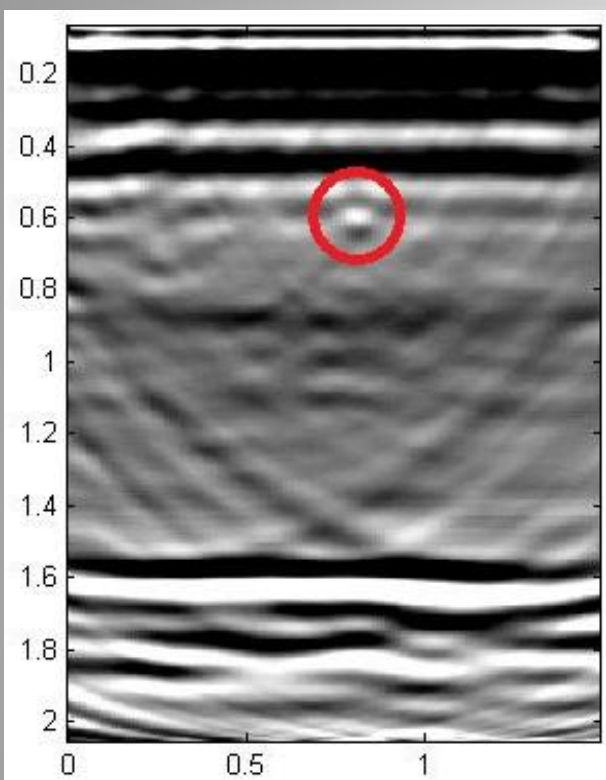


Геолокационный профиль в  
среде – песок

Геолокационный профиль в среде – воздух

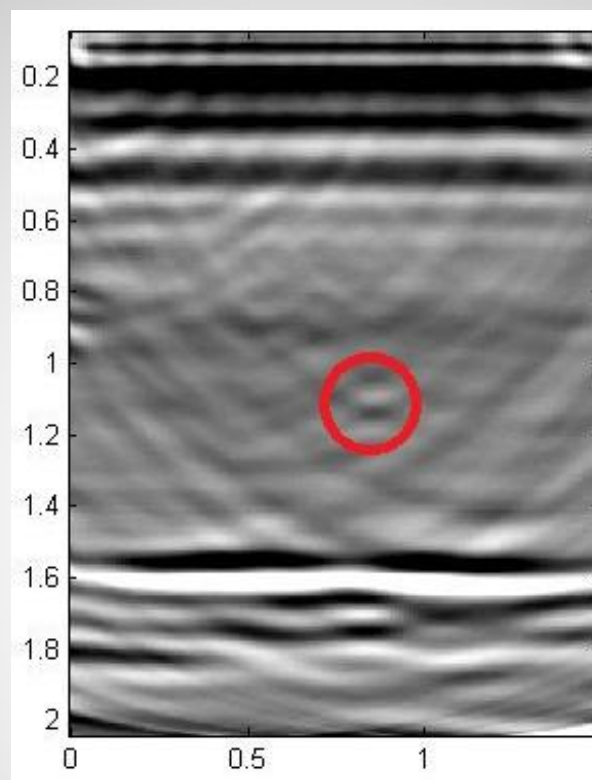


# Обработка экспериментальных данных

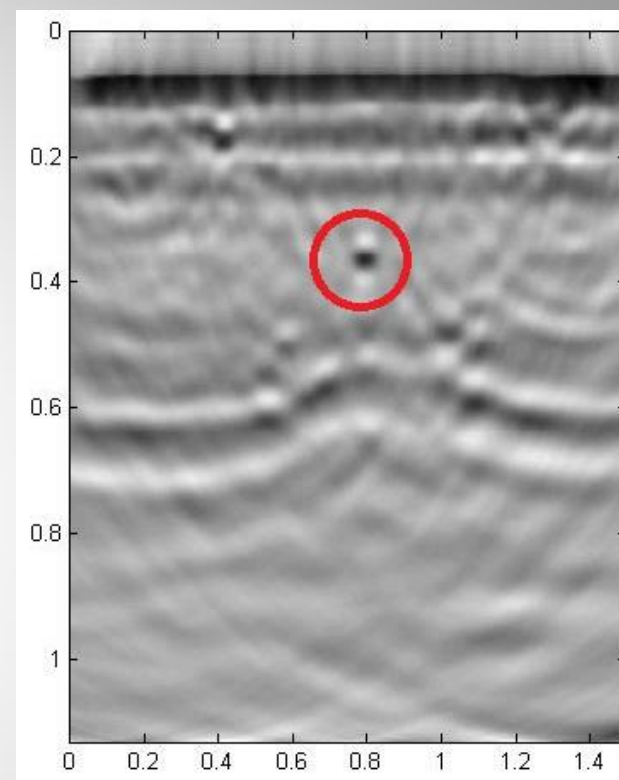


а) глубина 0,6 м

Результат обработки геолокационных данных в  
среде – воздух



б) глубина 1 м



Результат обработки  
геолокационных данных  
в среде – песок

## Заключение

- Изучены теоретические основы метода дифракционного суммирования.
- Произведено численное моделирование.
- Исследованы электрические (диэлектрическая проницаемость) и физические параметры (толщина) снежного и ледового покрова рек.
- Проведен успешный поиск объектов в средах с разной диэлектрической проницаемостью.
- Метод дифракционного суммирования отлично реализуется на данных полученных по средствам георадара “ОКО-2”.

Благодарю за внимание