

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

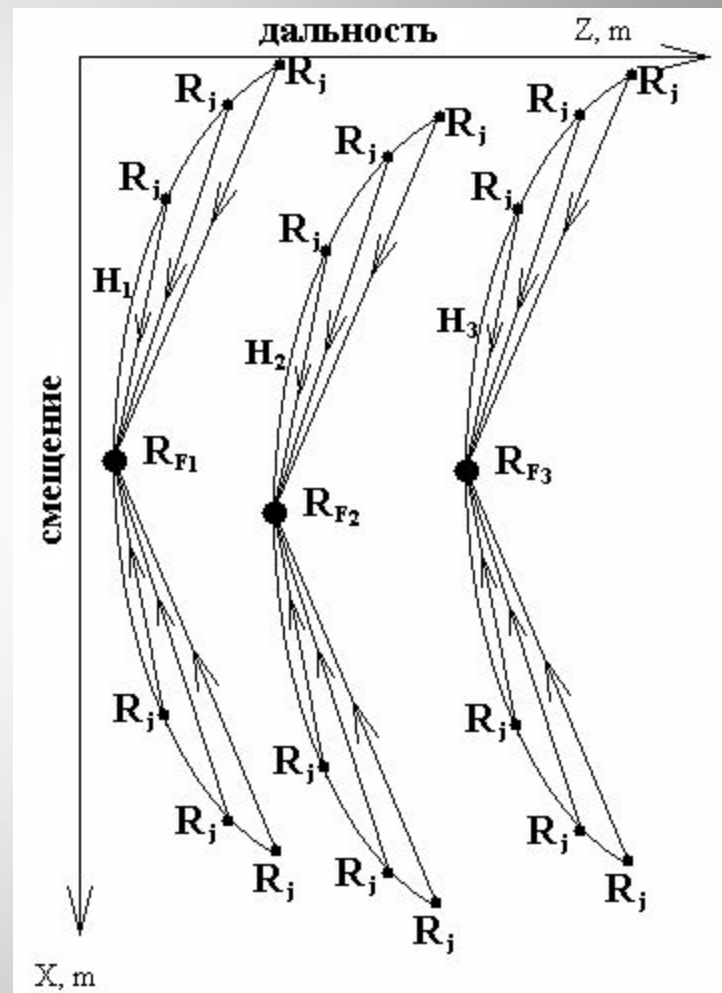
Георадары позволяют проводить неразрушающие подповерхностные исследования в промышленных целях, таких как поиск потерянных линий связи, контроль состояния труб водо- и газоснабжения, обнаружения мин, и также используются в археологических и исторических целях, т. е. поиск различного рода артефактов и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

4

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:

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

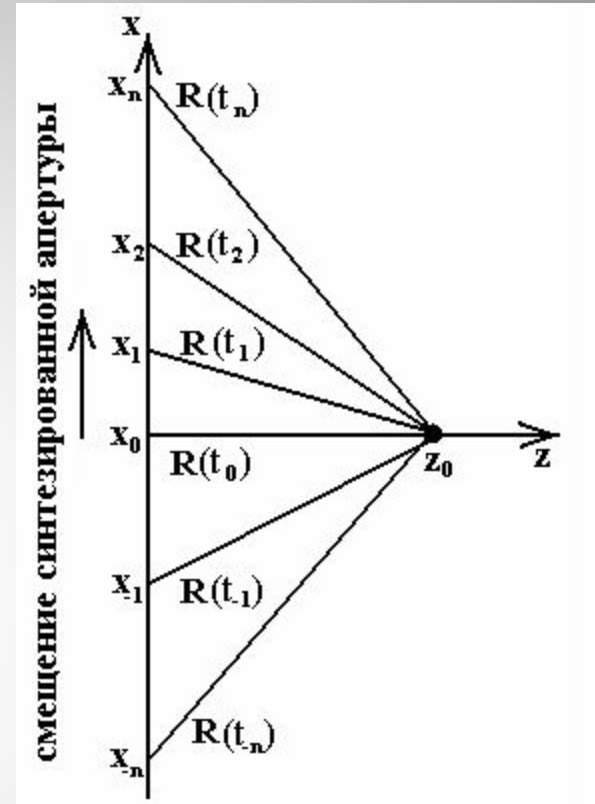
Это уравнение гиперболы и  $z_0$ :

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

В трехмерном случае:

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

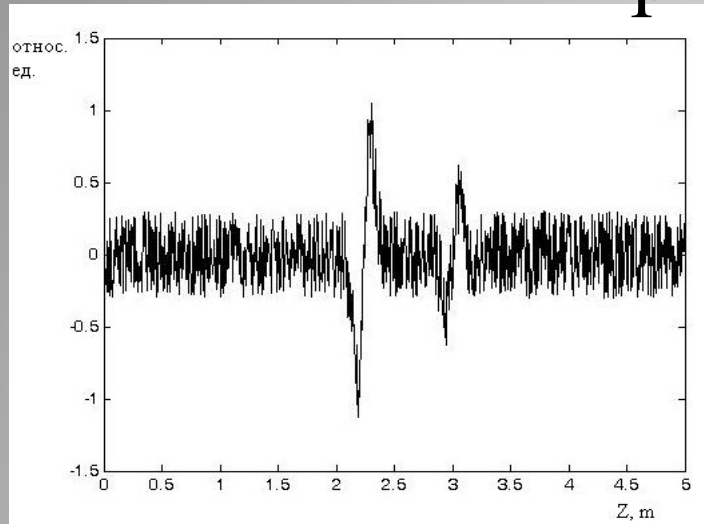
Метод дифракционного суммирования основан на суммировании амплитуд сигнала вдоль гиперболы.



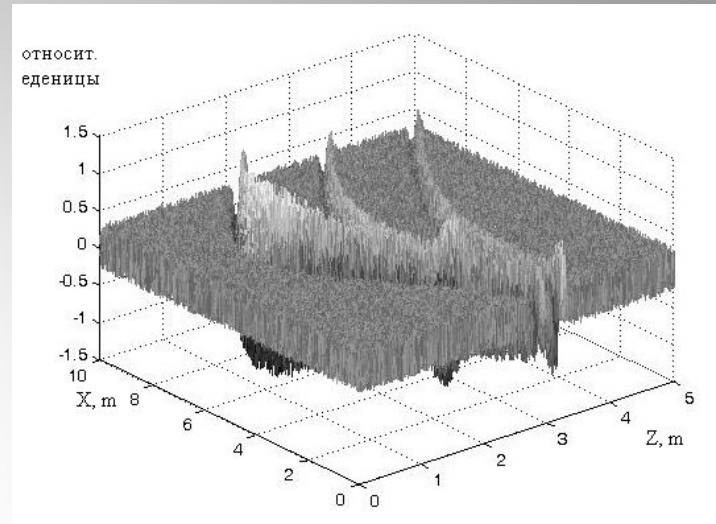
Пути отраженного сигнала от цели в  
разных точках приема

# Прямая задача

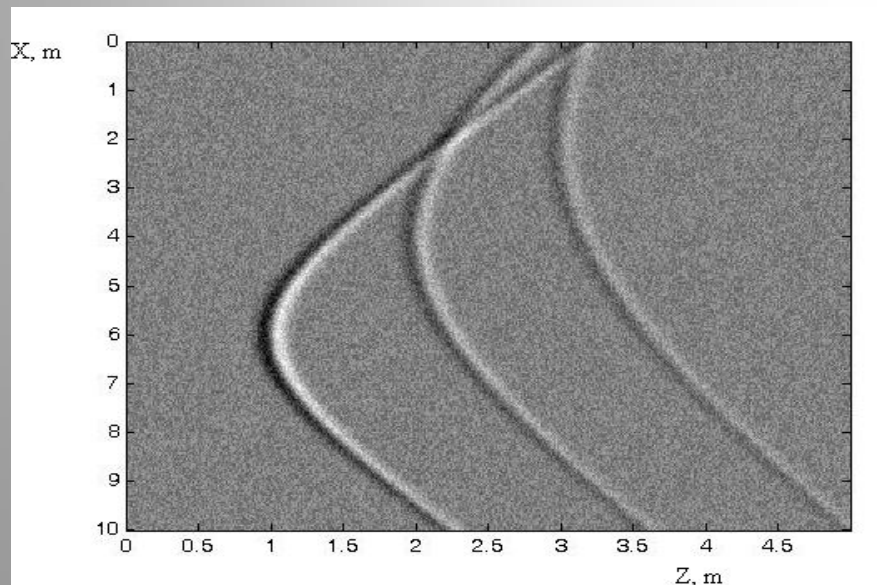
5



Одномерный смоделированный сигнал (позиция среза = 2м)



Двухмерный вид смоделированного сигнала

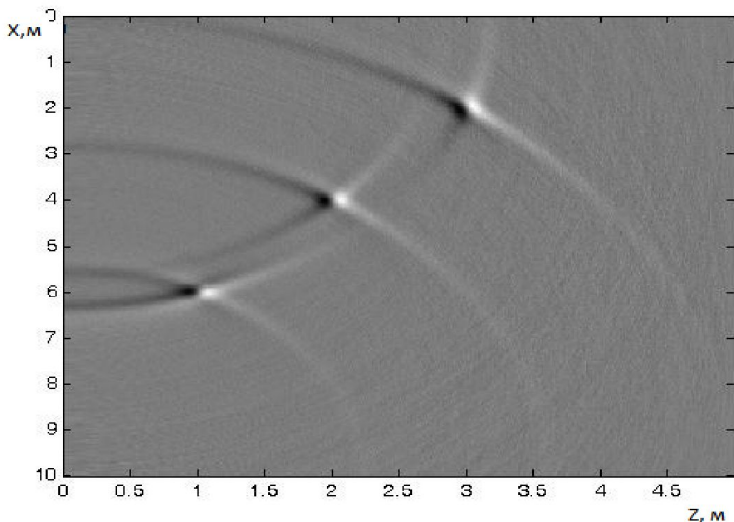


Моделированный сигнал от трёх точечных источников

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

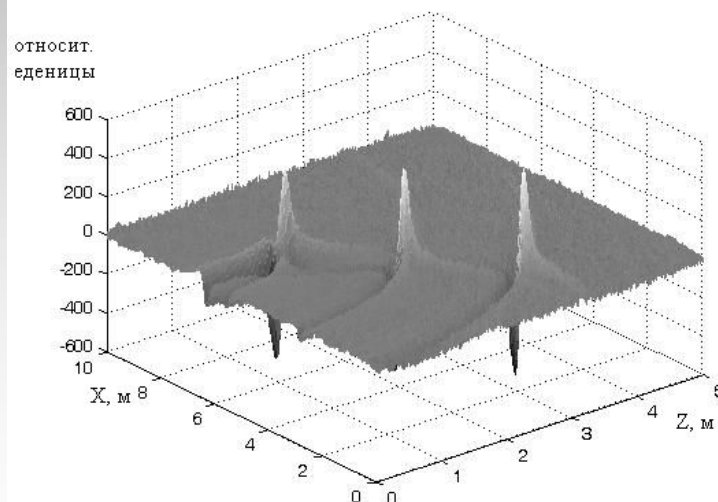
Моделирование и обработка данных проводились с использованием технического языка программирования Matlab на ПК со следующими характеристиками: процессор – Intel® Core™ i5 CPU M430 2,3 ГГц, ОЗУ - 4 Гб.

# Миграция сигнала методом дифракционного суммирования

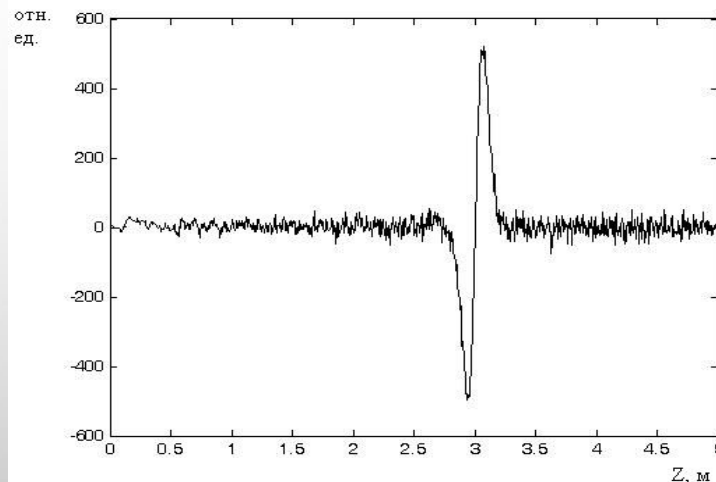


Фокусировка сигнала трех точечных  
источников методом  
дифракционного суммирования

Общее время расчета - 5,3 секунд



Двумерное изображение  
миграции сигнала



Фокусированный сигнал (срез  $X=3$ )

# Схема сборки георадара “ОКО-2”с радиомодемом

7



## 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.

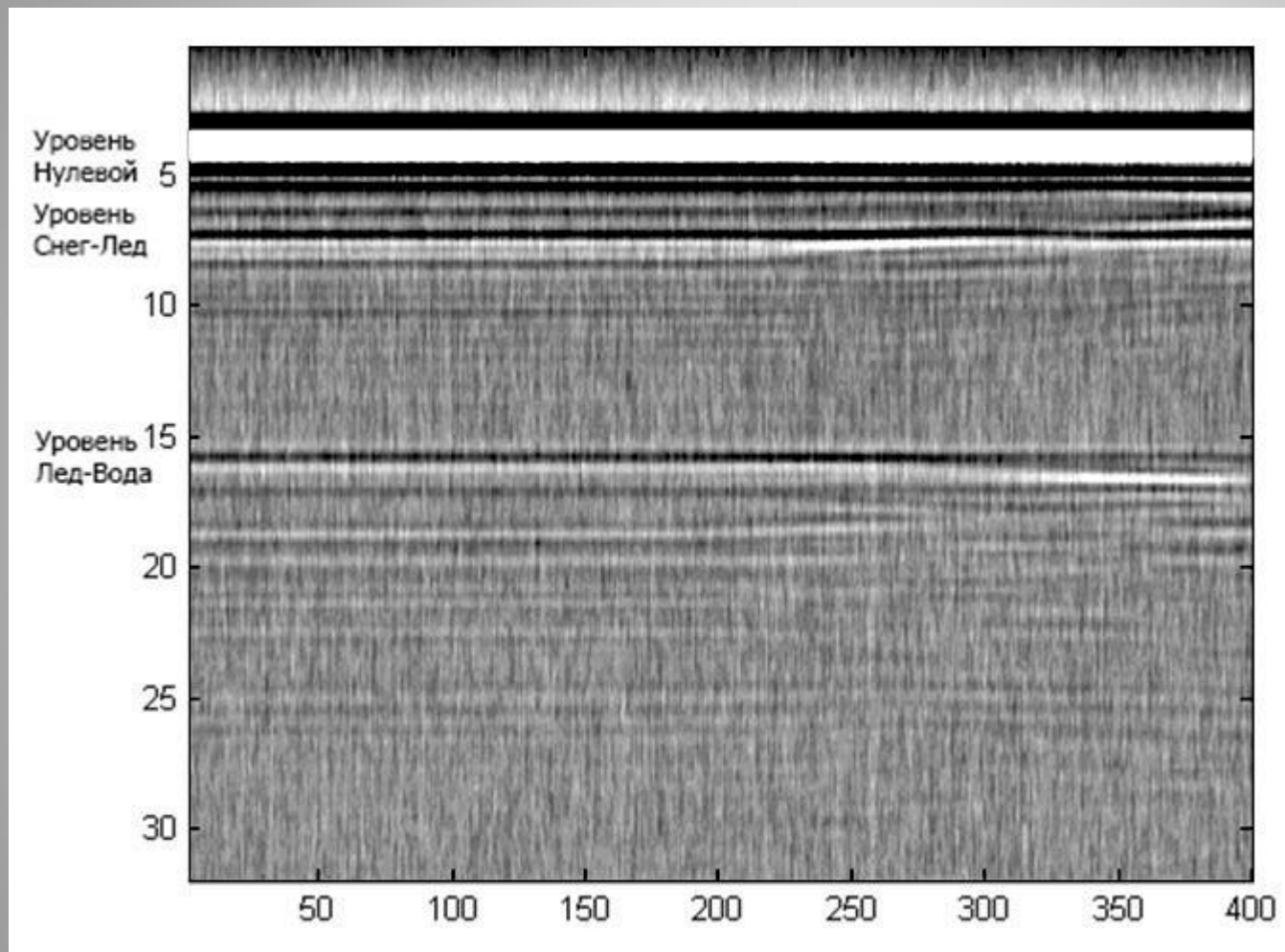


# Получение геолокационных данных

9



# Обработка экспериментальных данных



Для снега

- $d_1 = 76 \text{ см}$

- $\epsilon_1 = 1.14$

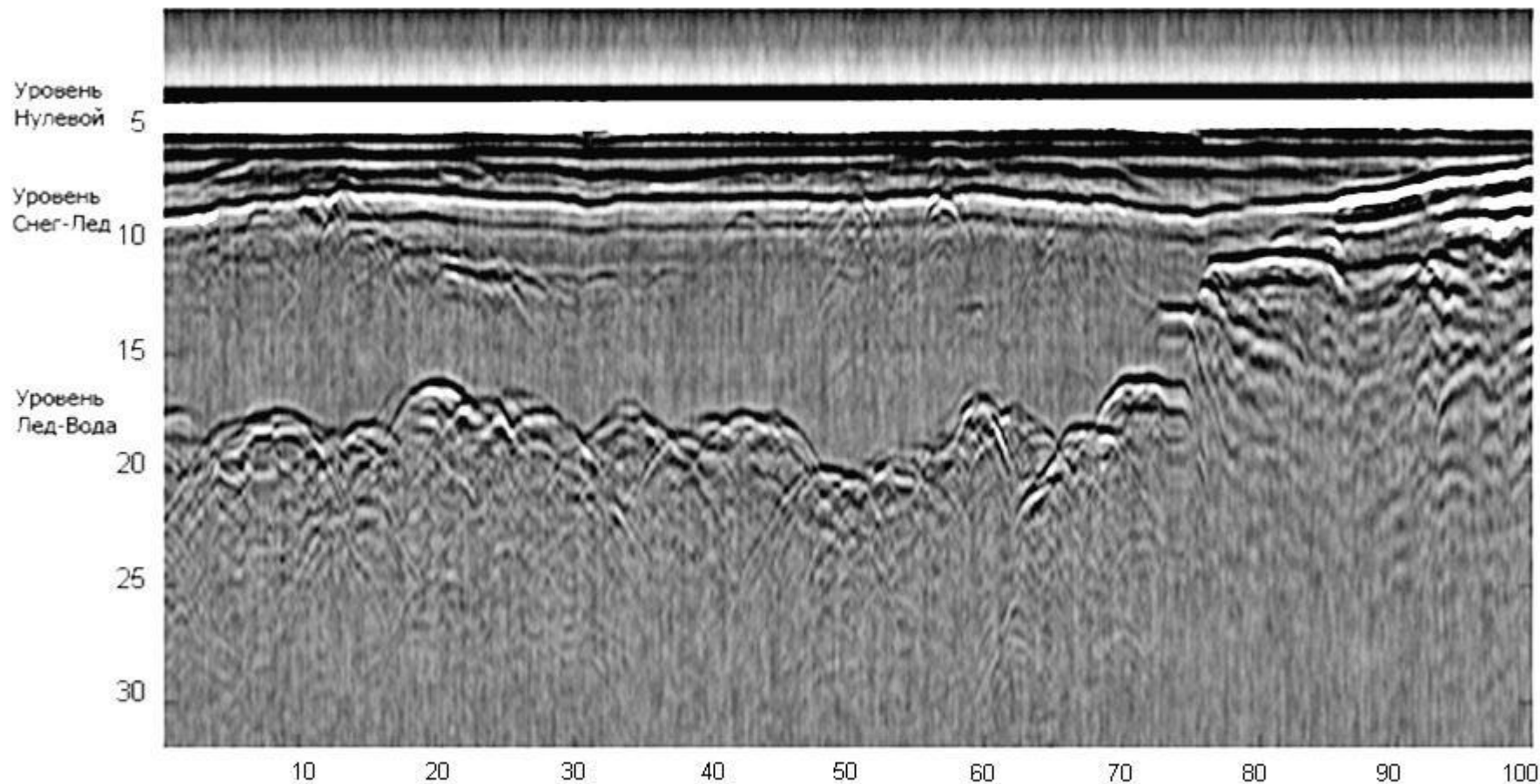
Для льда

- $d_2 = 82 \text{ см}$

- $\epsilon_2 = 1.8$

Геолокационный профиль

# Обработка экспериментальных данных

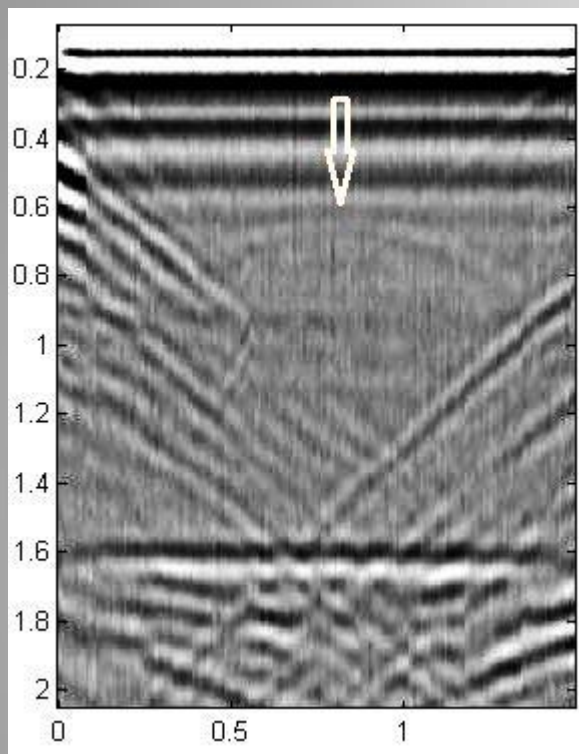


Геолокационный профиль зондирования вдоль тропы

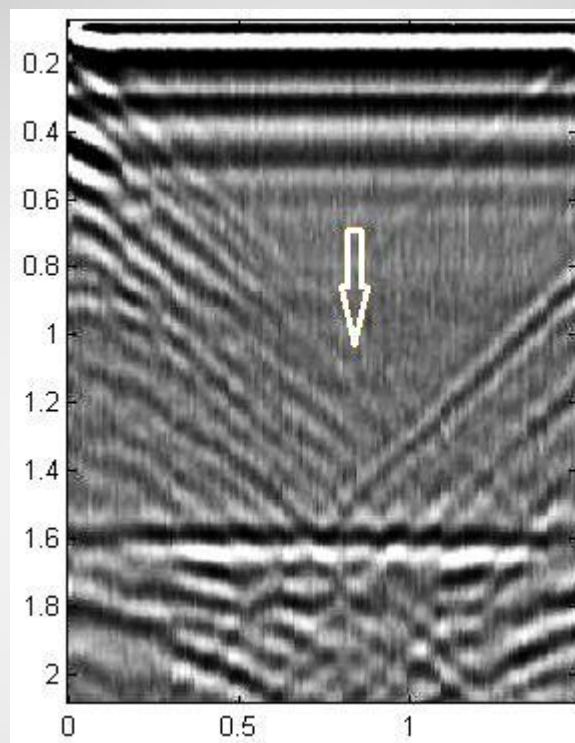


- Ящик с песком размерами – 2м x 1,5м x 1,5 м;
- Шаг зондирования вдоль трассы – 0,02 м;
- Время зондирования – 16 нс.

# Обработка экспериментальных данных

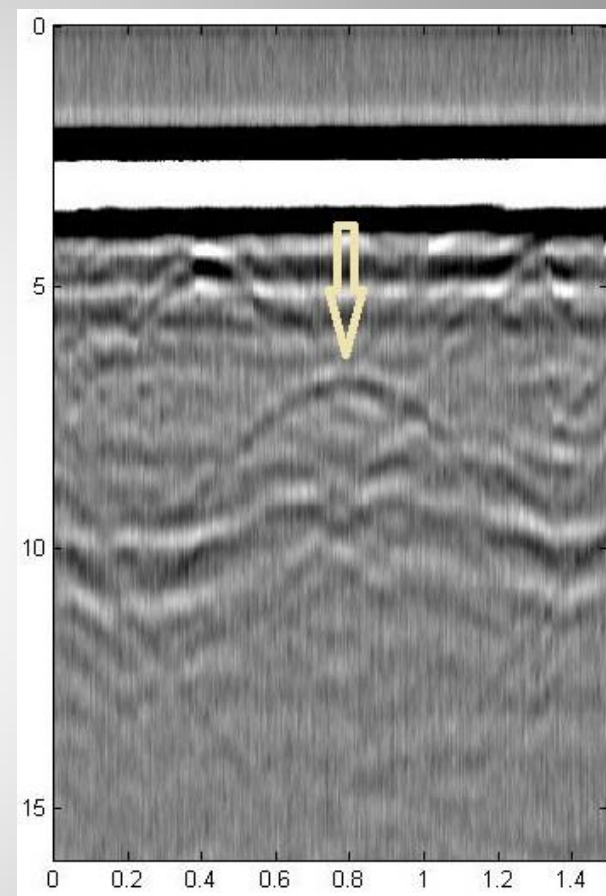


а) глубина 0,6 м



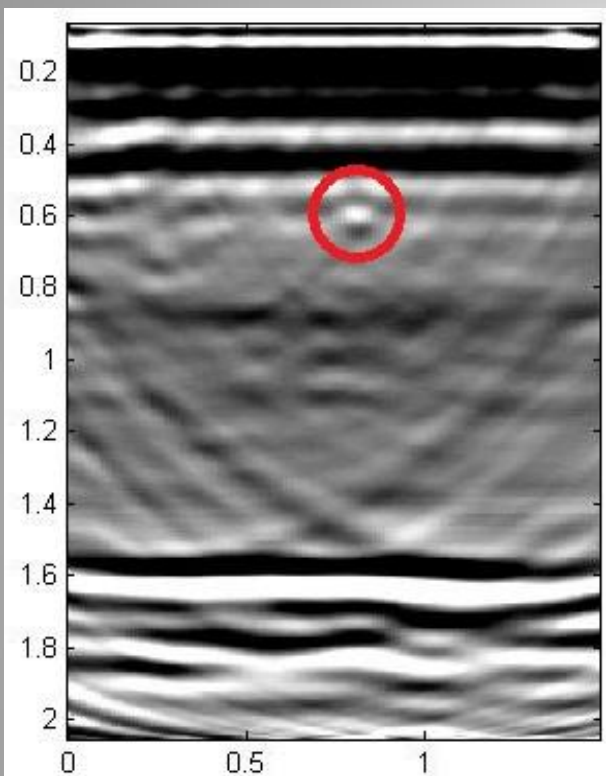
б) глубина 1 м

Геолокационный профиль в среде – воздух



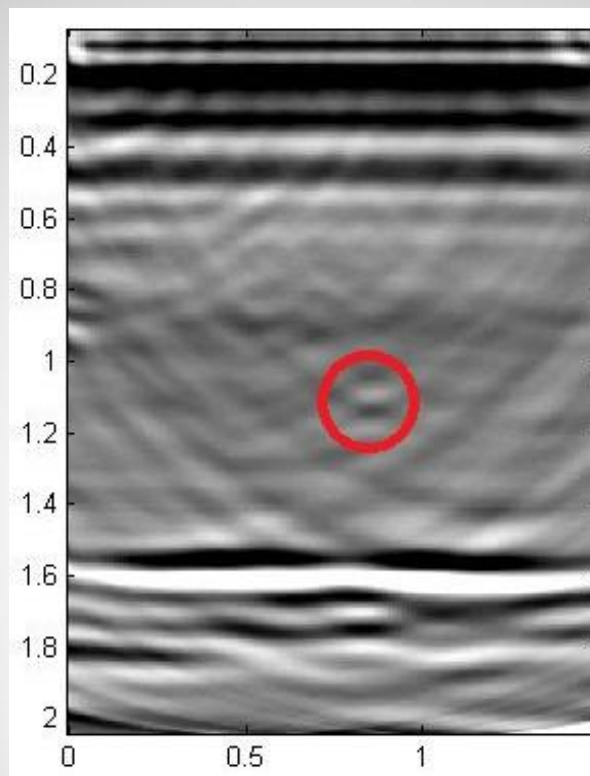
Геолокационный профиль в  
среде – песок

# Обработка экспериментальных данных

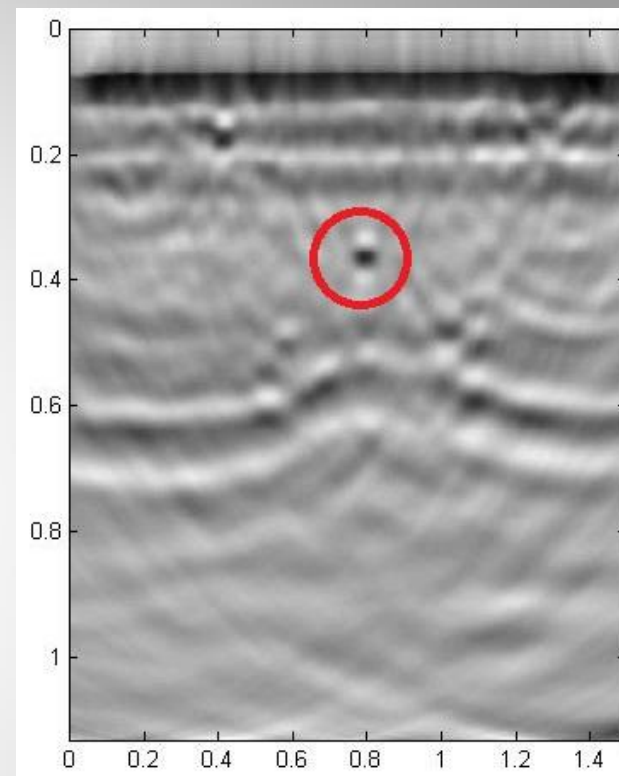


а) глубина 0,6 м

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