

# КОНЕЧНО-РАЗНОСТНАЯ МИГРАЦИЯ В ТЕХНОЛОГИИ СЕЙМОРАЗВЕДКИ ВЫСОКОЙ ЧЕТКОСТИ

Д.Г. Туйков\*, А.В. Баев\*\*, А.А. Табаков\*, В.Л. Елисеев\*, А.А. Мухин\*\*\*,

Д.А. Мухин\*\*\*, А.С. Колосов\*\*\*

\* ООО «ГЕОВЕРС», Москва, \*\* МГУ, Москва,

\*\*\* ООО «УНИС» Санкт-Петербург

# FINITE-DIFFERENCE MIGRATION IN HIGH DEFINITION SEISMIC TECHNOLOGY

D.G. Touikov\*, A.V. Baev\*\*, A.A. Tabakov\*, V.L. Eliseev\* A.A. Muhin\*\*\*, D.A.

Muhin\*\*\*, A.S. Kolosov\*\*\*

\* GEOVERS Ltd., Moscow, \*\* Moscow State University,

\*\*\* UNIS Ltd., Saint-Petersburg

# Введение

## Introduction

Процесс миграции сейсмических данных состоит из двух различных шагов – продолжение поля во внутренние точки среды и получение изображения (инверсия) в каждой точке среды.

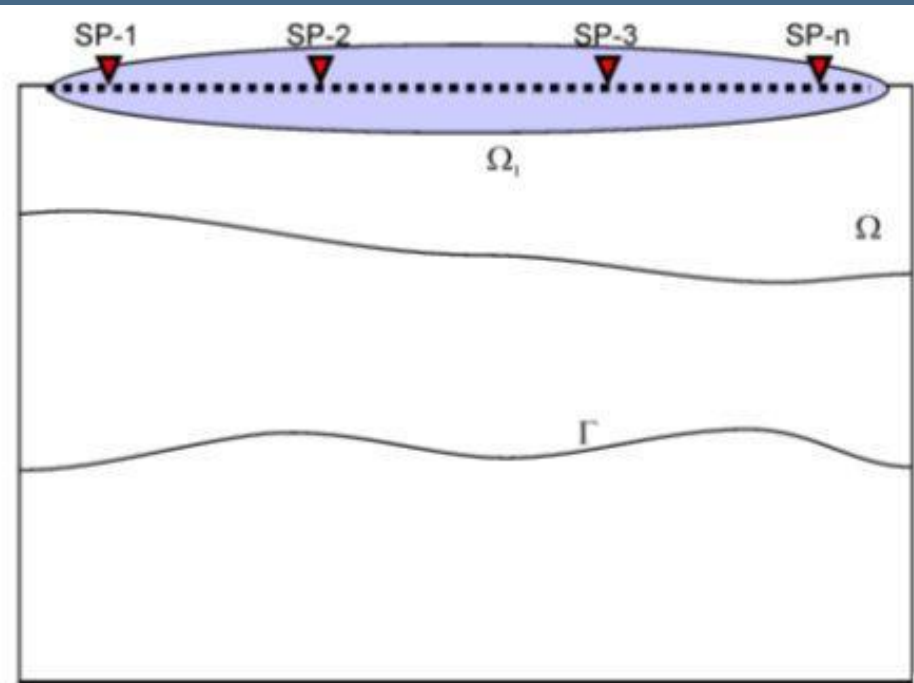
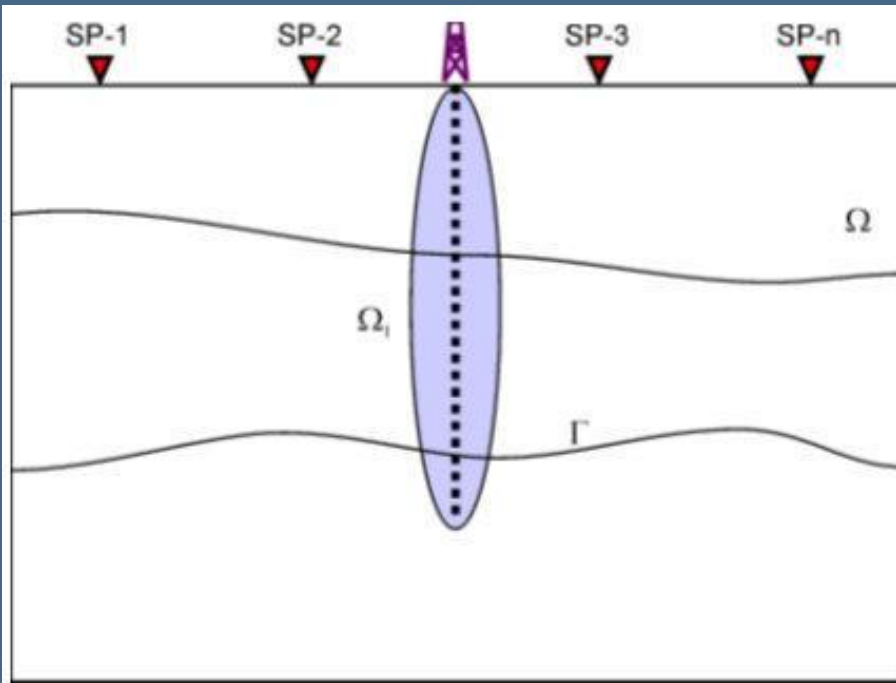
Продолжение поля по конечно-разностной схеме применимо для моделей строения среды произвольной сложности и используется в **СВЧ (Сейсморазведка высокой четкости)** технологии.

Migration of seismic data may be presented as two different steps – continuation of wavefield inside the medium and imaging (inversion) in each point of medium.

Wavefield continuation by finite-difference scheme is applicable for any complexity velocity models and is used in **HDS (High Definition Seismic)** technology.

# Постановка задачи

## Problem definition



### Дано:

- I.  $u_{reg}(r, t)$  – однокомпонентные трассы полного поля смещений при  $t \in [0, T]$  в области регистрации  $\Omega_1 \subset \Omega$ ,  $\Omega_1 \cap \Omega = \emptyset$
- II. Опорная модель среды:  $v_p(r)$  и  $\rho(r)$  в  $\Omega$

### Получить:

- I. Продолженное поле смещений  $u_{cont}(r, t)$  в  $\Omega$
- II. Изображение среды в  $\Omega$

### Initial data:

- I.  $u_{reg}(r, t)$  – 1C wavefield at  $t \in [0, T]$  in registration area  $\Omega_1 \subset \Omega$ ,  $\Omega_1 \cap \Omega = \emptyset$
- II. Reference model of medium:  $v_p(r)$  and  $\rho(r)$  in  $\Omega$

### Task:

- I. Obtain continued wavefield  $u_{cont}(r, t)$  in  $\Omega$
- II. Depth image of medium in  $\Omega$

# Способы миграции

## Migration methods

**Векторная 3С миграция**  
Vector migration

**Акустическая 1С миграция**  
Acoustic migration

**Селекция поля отраженных волн**  
Selection of upgoing wavefield

**Продолжение по эластичной схеме  
полного векторного поля**  
Elastic migration of vector  
wave field

**Продолжение  
по акустической схеме поля  
отраженных волн**  
Acoustic migration of scalar  
wave field

**Решение обратной  
динамической задачи**  
Solution of the inverse dynamic  
problem

**Корреляция продолженного  
поля с синтетической DP волной**  
Correlation continued wavefield with  
a synthetic DP wave

**Получение изображения**  
Image gathering

**Получение изображения**  
Image gathering

# Схема 1С миграции

## 1C Migration scheme

**Селекция поля отраженных волн**  
Selection of upgoing wave fields

**Построение конечно-разностной сетки**  
Finite-difference grid building

**Расчет времен первого вступления волны DP в каждом узле сетки  
лучевым методом**  
First break time calculation in all grid knots by the ray tracing method

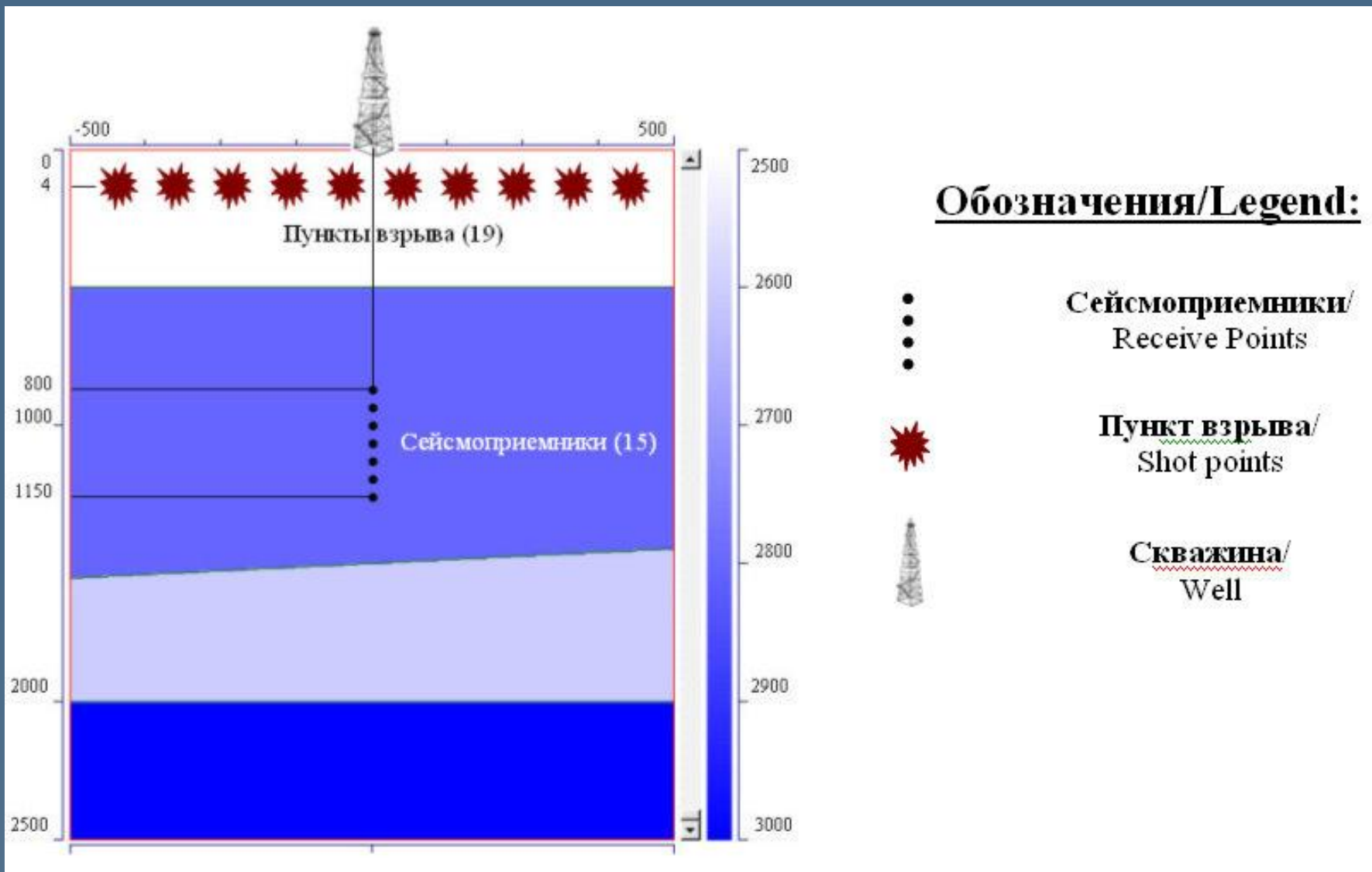
**Продолжение по акустической схеме поля отраженных волн**  
Acoustic migration of scalar wave field

**Корреляция продолженного поля с синтетической DP волной**  
Correlation continued wavefield with a synthetic DP wave

**Построение изображения из коэффициентов корреляции**  
Image gathering from correlation coefficients

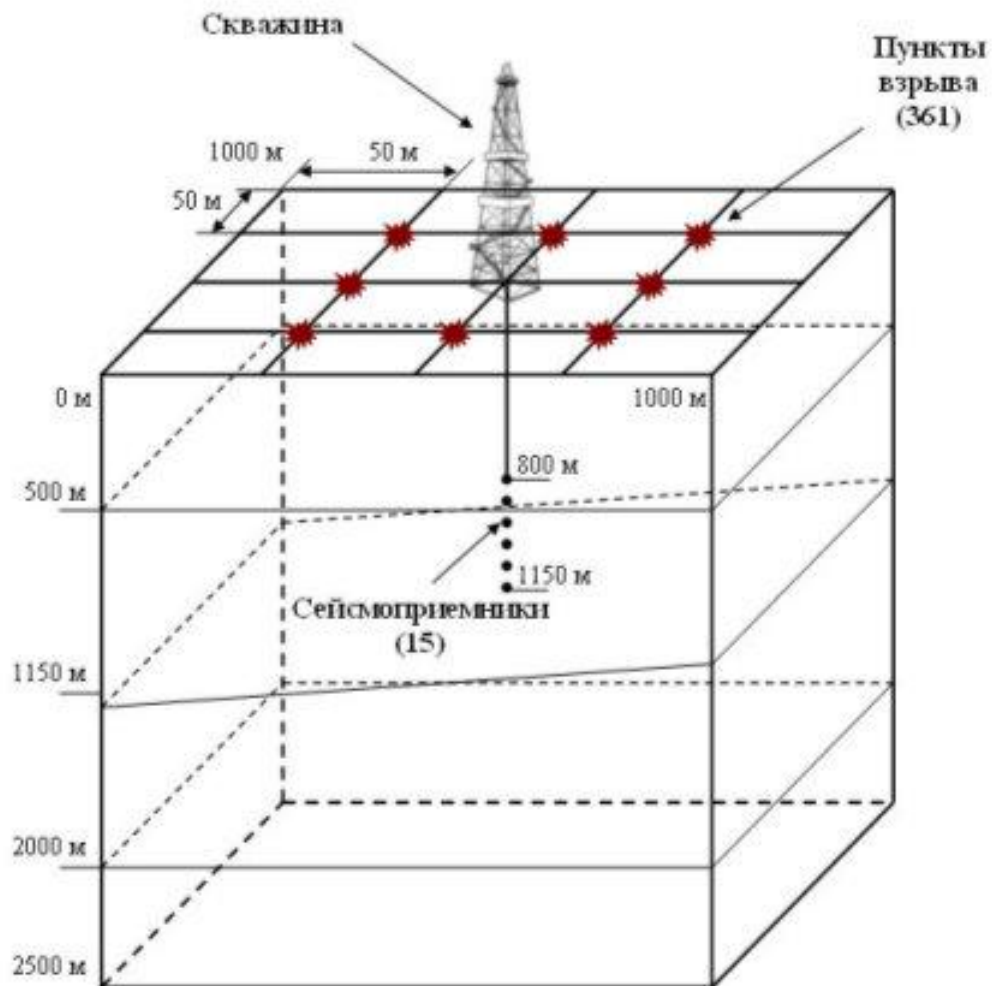
# Схема модельного эксперимента 2D

## Scheme of 2D model experiment



# Схема модельного эксперимента 3D

## Scheme of 3D model experiment



### Обозначения/Legend:



Сейсмоприемники/  
Receive Points



Пункт взрыва/  
Shot points



Скважина/  
Well

# Первый этап 1С миграции

## First stage of 1С Migration

Первый этап миграции – обратное распространение волнового поля восходящих волн, зарегистрированных на скважине, внутрь среды с поверхностных пунктов взрыва. При этом каждый приемник по очереди становится источником.

The first stage of migration - back propagation of the wavefield of upgoing waves recorded on a borehole into the environment media from the surface shot points. Thus each receiver in turn becomes the shot point.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \rho V_p^2 \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right]$$



# Второй этап 1С миграции

## Second stage of 1C Migration

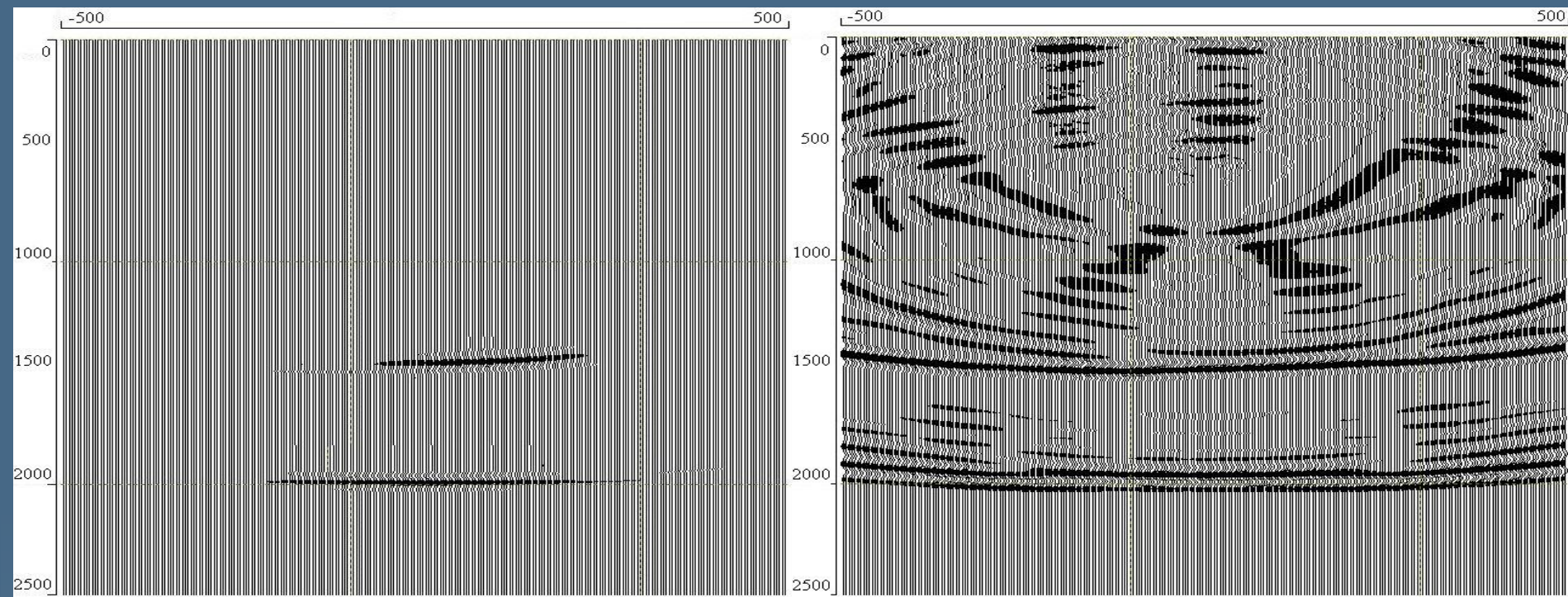
Вторым этапом является построение изображения. Для этого во временном окне происходит корреляция и суммирование продолженного поля восходящих волн с синтетической падающей волной.

The second step is to construct an image. To do this in a time window is the correlation and summation of continued upgoing wavefield with synthetic DP wave.

$$C = \frac{\sum_{sp} \left( \frac{\sum_t u \cdot d}{\sum_t d^2} \right)}{nSP}$$

# Изображение среды (2D миграция)

## Image of medium (2D migration)

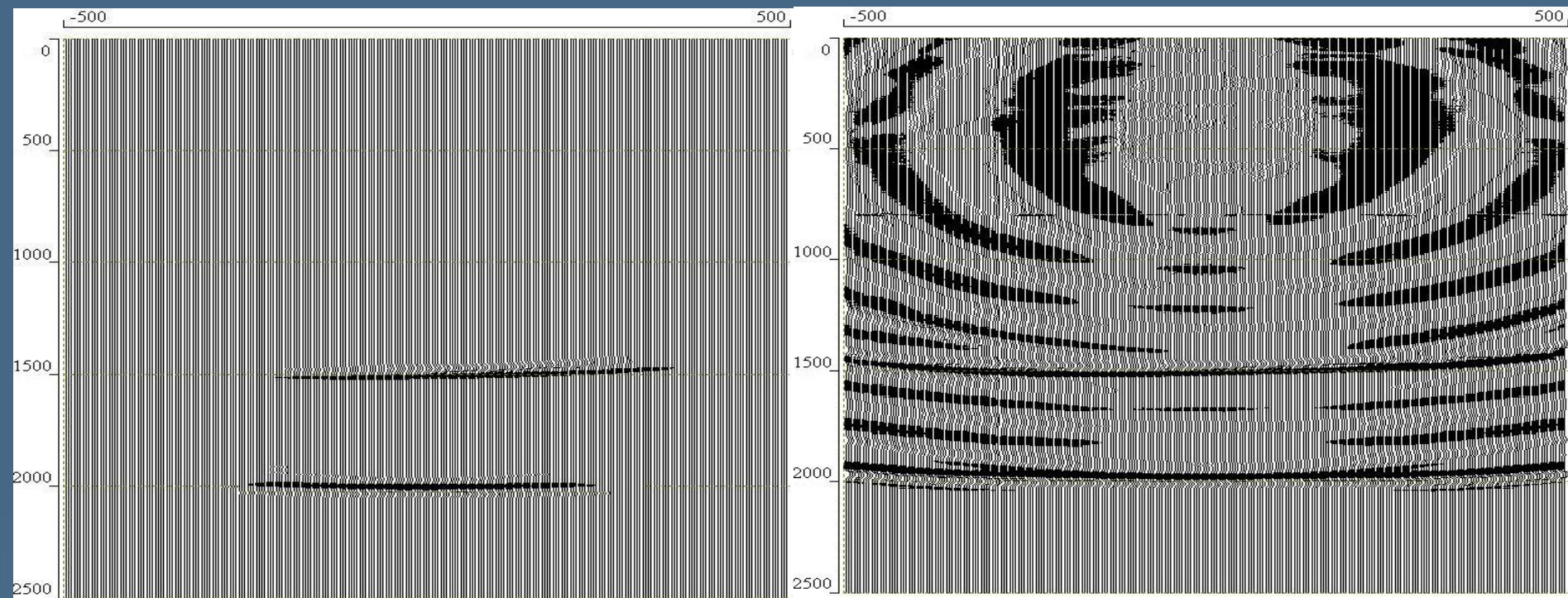


Изображение, построенное по полю отраженных UP волн. Слева режим визуализации global. Справа - АРУ с окном 300 мс.

Image of medium building by wave field of UP waves. Global visualization and AGS with 300 ms window.

# Изображение среды (3D миграция, ZOX сечение)

Image of medium (3D migration, ZOX slice)



Изображение, построенное по полю отраженных UP волн. Слева режим визуализации global. Справа - АРУ с окном 300 мс.

Image of medium building by wave field of UP waves. Global visualization and AGS with 300 ms window.

# Анализ производительности

## Performance issue

Конфигурация кластера:

Cluster configuration:

**2 узла на базе 2-х процессоров Dual Core AMD Opteron™ 2,2 GHz каждый,  
8 Гб оперативной памяти**

**2 nodes based on 2-x processor Dual Core AMD Opteron™ 2,2 GHz each,  
8 Gb RAM'**

	2D миграция 2D migration	3D миграция 3D migration
Время, ч Time, h	0.66 (40 min)	250
Память, мб Memory, mb	15 per node	950 per node

# Выводы

## Summary

- Реализованный алгоритм конечно-разностной миграции сейсмических волновых полей позволяет получить правдоподобные изображения двумерных и трехмерных сред.
- The realized algorithm of finite-difference migration of seismic wavefields provides a realistic image of two-and three-dimensional medium.
- Использование акустической схемы в связке с MPI и Thread распараллеливанием позволяют выполнять конечно-разностную миграцию однокомпонентных данных при приемлемых затратах вычислительных ресурсов.
- Using acoustic scheme in conjunction with MPI and Thread parallelization allow to perform the finite-difference migration of 1C data at an acceptable cost of computing resources