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

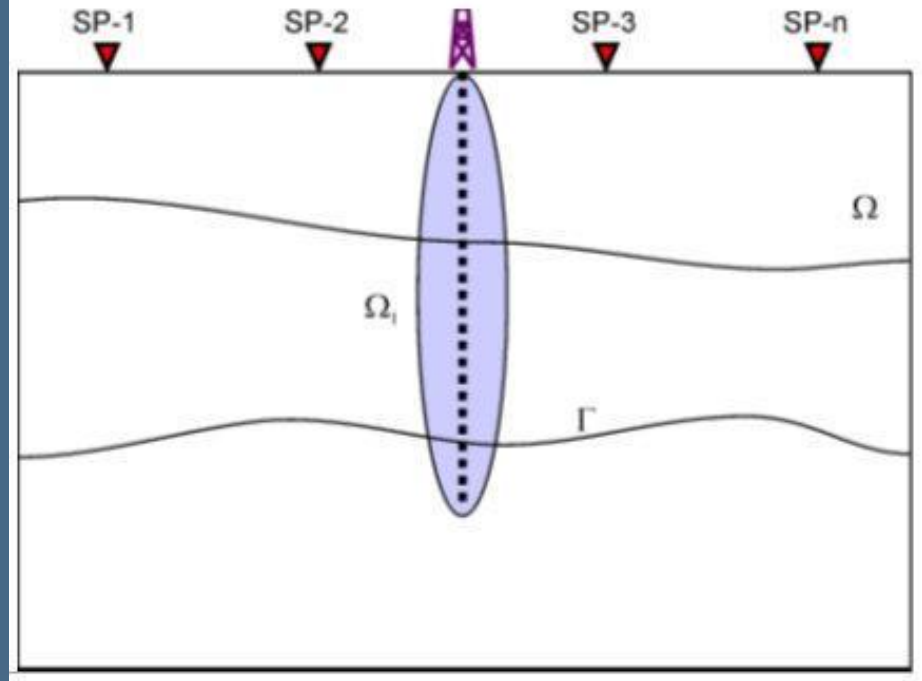
Процесс миграции сейсмических данных состоит из двух различных шагов – продолжение поля во внутренние точки среды и получение изображения (инверсия) в каждой точке среды.

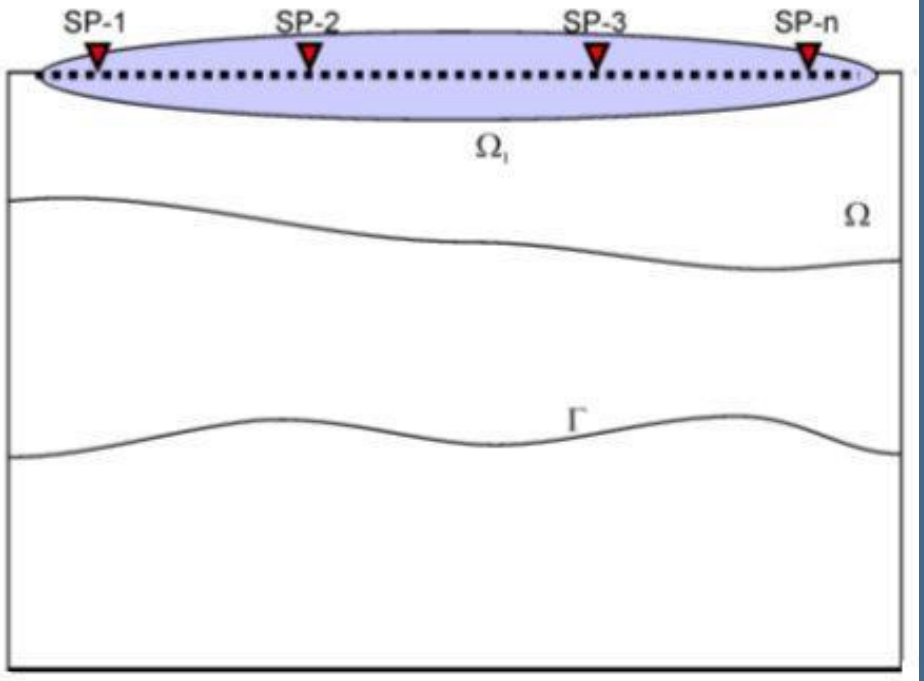
Продолжение поля по конечно-разностной схеме применимо для моделей строения среды произвольной сложности и используется в **СВЧ (Сейсморазведка высокой четкости)** технологии.

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 $\Omega_1 \subset \Omega$, $\Omega_1 \cap \Omega = \varnothing$

II. Опорная модель среды: $v_p(r)$ и $\rho(r)$ в Ω

Получить:

I. Продолженное поле смещений $u_{cont}(r,t)$ в Ω

II. Изображение среды в Ω

Initial data:

I. $u_{reg}(r,t)$ – 1C wavefield at $t \in [0;T]$ in registration area $\Omega_1 \subset \Omega$, $\Omega_1 \cap \Omega = \varnothing$

II. Reference model of medium: $v_p(r)$ and $\rho(r)$ in Ω

Task:

I. Obtain continued wavefield $u_{cont}(r,t)$ in Ω

II. Depth image of medium in Ω

Способы миграции
Migration methods

Векторная 3С миграция
Vector migration

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

↓

Решение обратной динамической задачи
Solution of the inverse dynamic problem

↓

Получение изображения
Image gathering

Акустическая 1С миграция
Acoustic migration

Селекция поля отраженных волн
Selection of upgoing wavefield

↓

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

↓

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

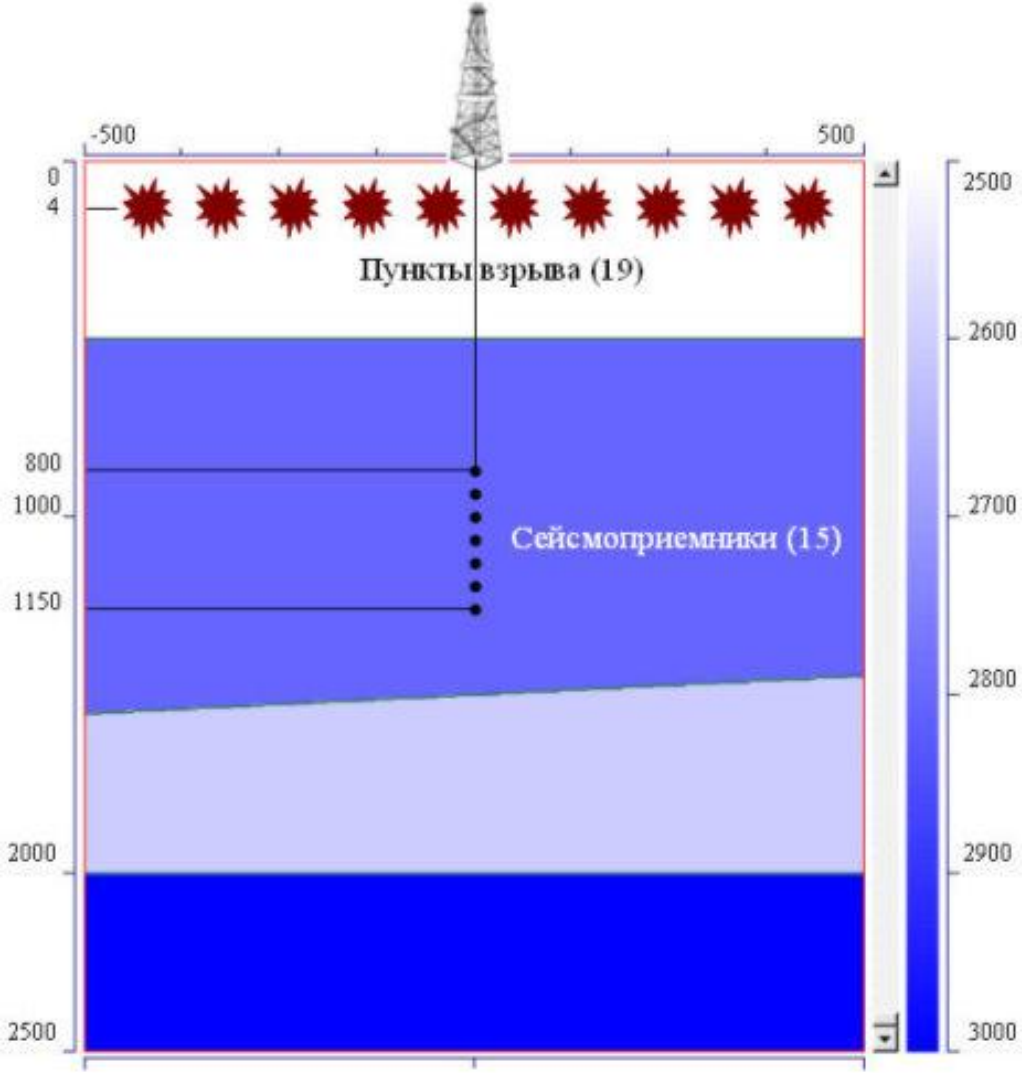
↓

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



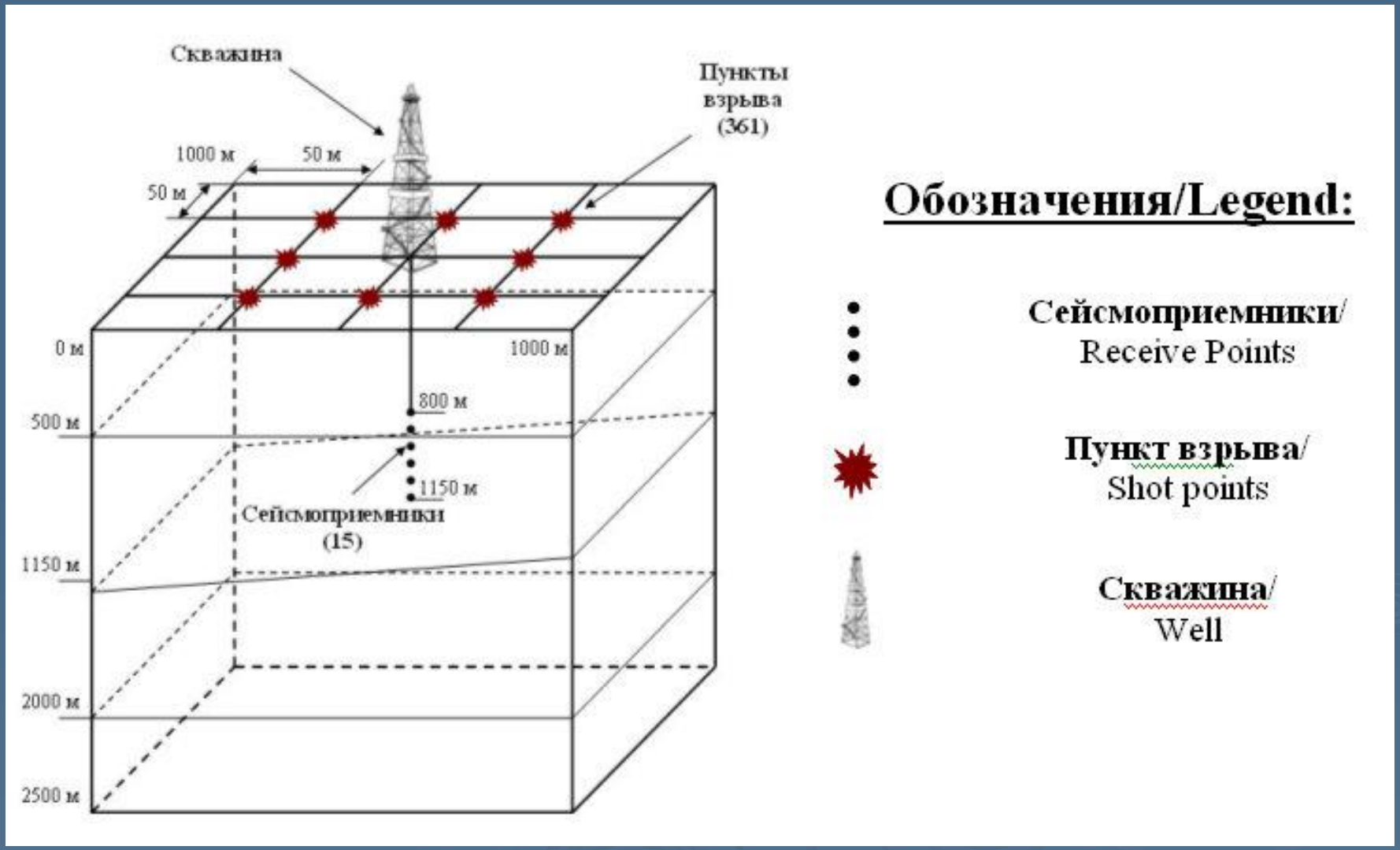
Обозначения/Legend:

Сейсмоприемники/
Receive Points

Пункт взрыва/
Shot points

Скважина/
Well

Схема модельного эксперимента 3D
Scheme of 3D model experiment



Первый этап 1С миграции
First stage of 1C 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

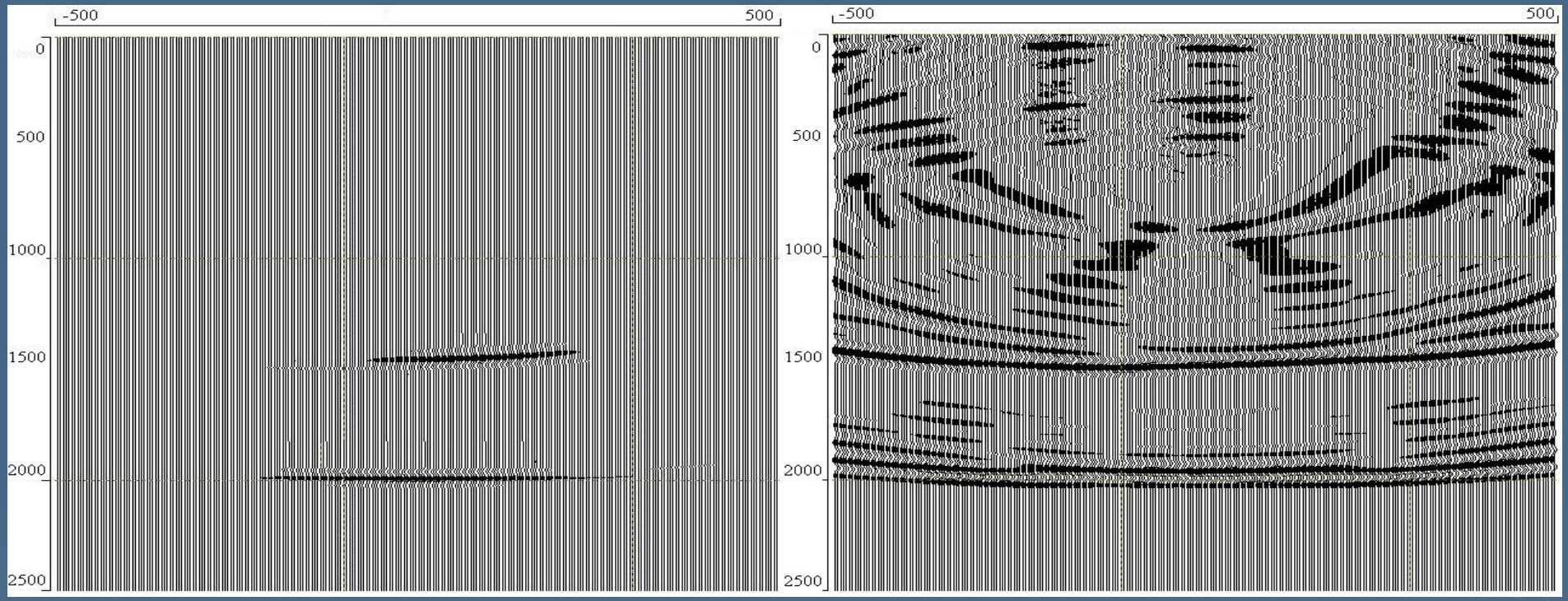
Вторым этапом является построение изображения. Для этого во временном окне происходит корреляция и суммирование продолженного поля восходящих волн с синтетической падающей волной.

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)

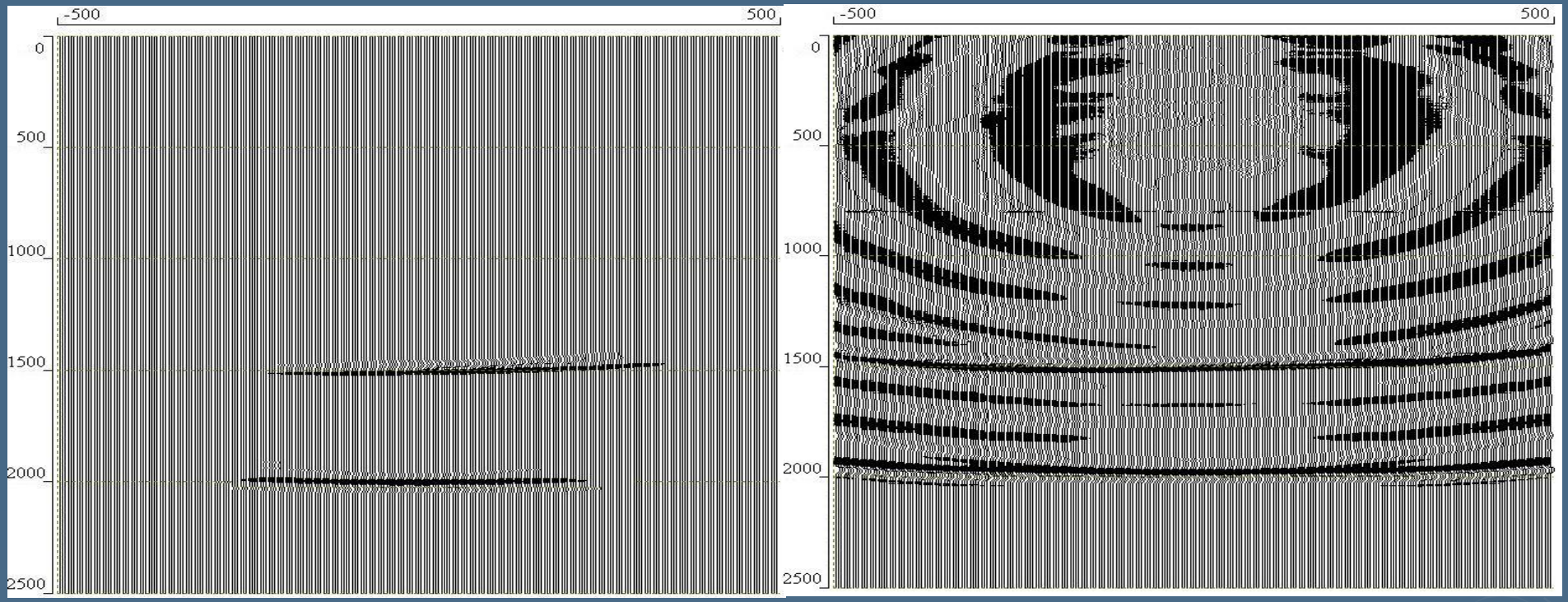


Изображение, построенное по полю отраженных UP волн. Слева режим визуализации global. Справа - АРУ с окном 300 мс.

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