

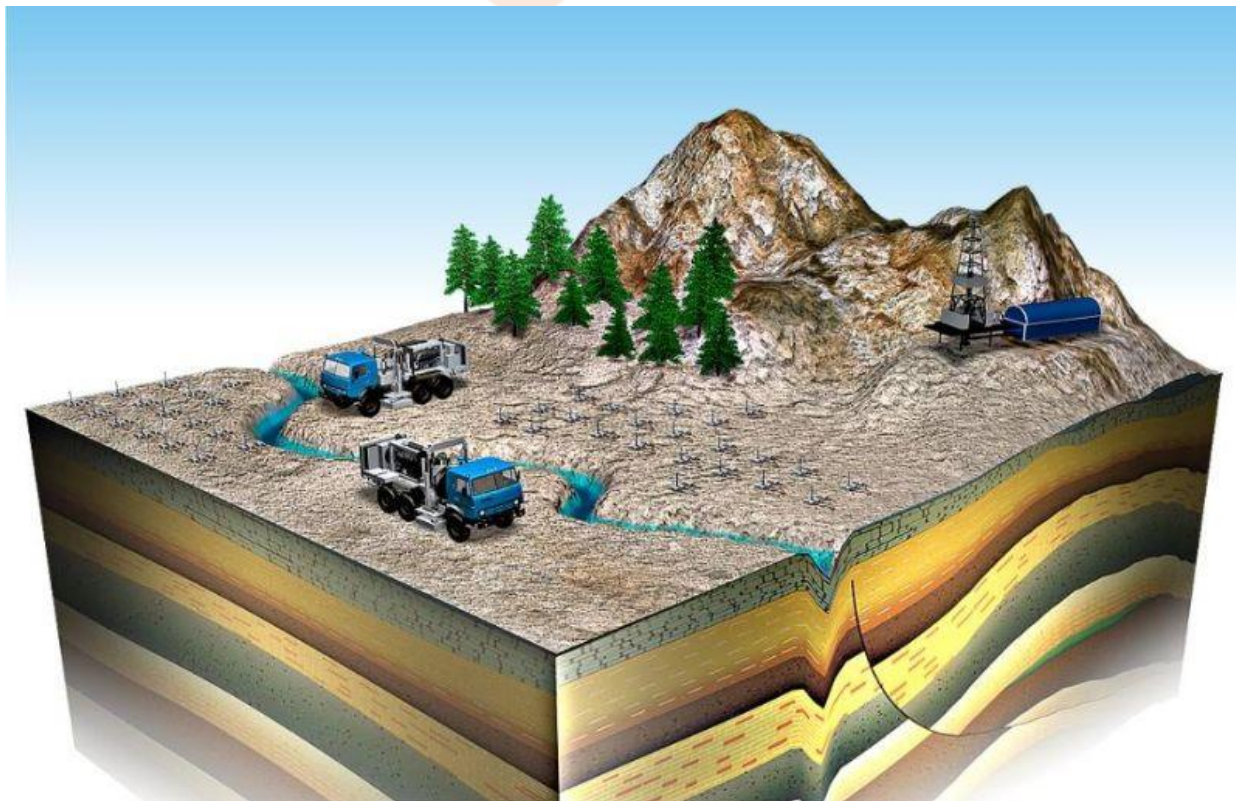
Восстановление типа сейсмического источника с использованием метода зеркального обращения времени

Галактионова Анастасия, м.н.с. ИВМиМГ СО РАН

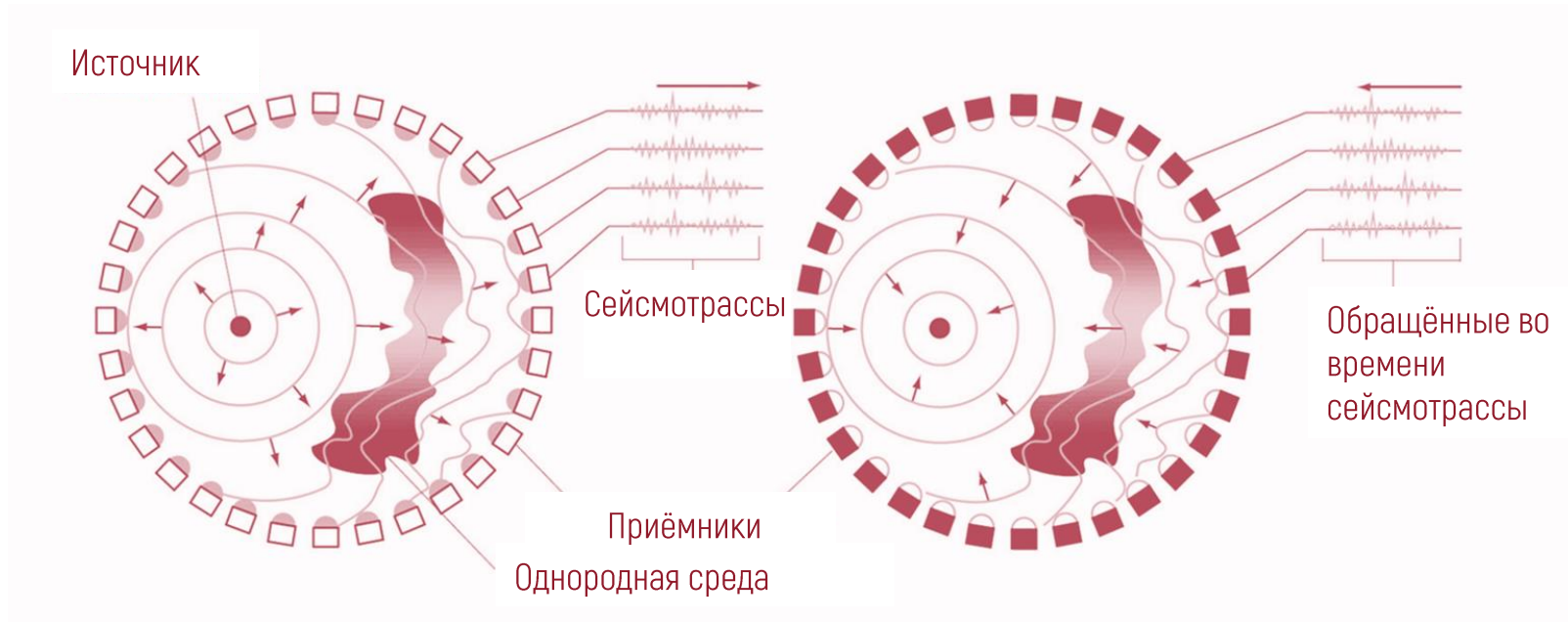
науч. рук. д.ф.-м.н. Решетова Г.В.

27-28 МАЯ 2023

Сейсмические источники



TRM (Time Reversal Mirror)



Система уравнений

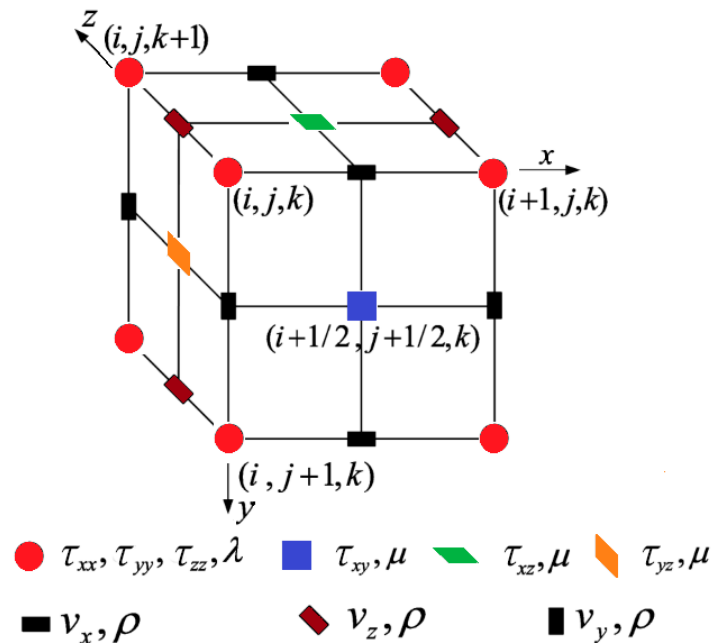
динамической теории упругости в скоростях – напряжениях:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho \frac{\partial v_x}{\partial t} = \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right) \\ \rho \frac{\partial v_y}{\partial t} = \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right) \\ \rho \frac{\partial v_z}{\partial t} = \left(\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \right) \\ \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial t} = (\lambda + 2\mu) \frac{\partial v_x}{\partial x} + \lambda \left(\frac{\partial v_z}{\partial z} + \frac{\partial v_y}{\partial y} \right) + F_{xx} \\ \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial t} = (\lambda + 2\mu) \frac{\partial v_y}{\partial y} + \lambda \left(\frac{\partial v_z}{\partial z} + \frac{\partial v_x}{\partial x} \right) + F_{yy} \\ \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial t} = (\lambda + 2\mu) \frac{\partial v_z}{\partial z} + \lambda \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} \right) + F_{zz} \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial t} = \mu \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right) + F_{xy} \\ \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial t} = \mu \left(\frac{\partial v_x}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial x} \right) + F_{xz} \\ \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial t} = \mu \left(\frac{\partial v_y}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial y} \right) + F_{yz} \end{array} \right.$$

Центр расширения:

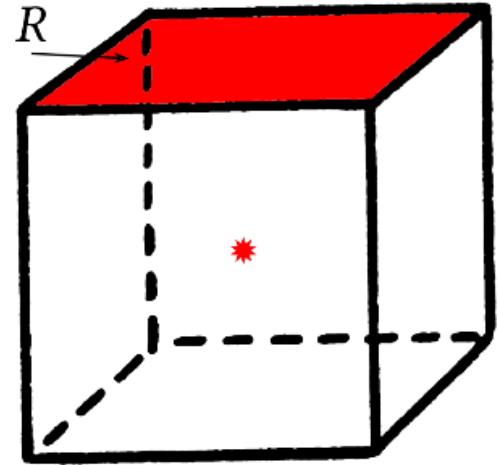
$$F_{xx} = F_{yy} = F_{zz} = f(t) \cdot \delta(x - x_0, y - y_0, z - z_0)$$

Вычислительная схема

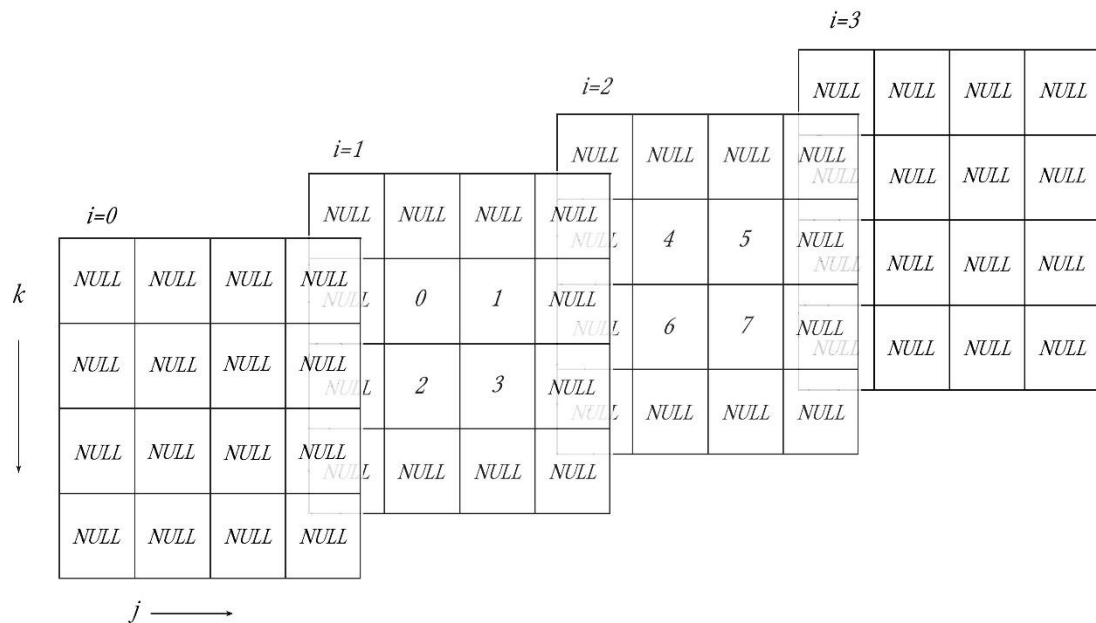
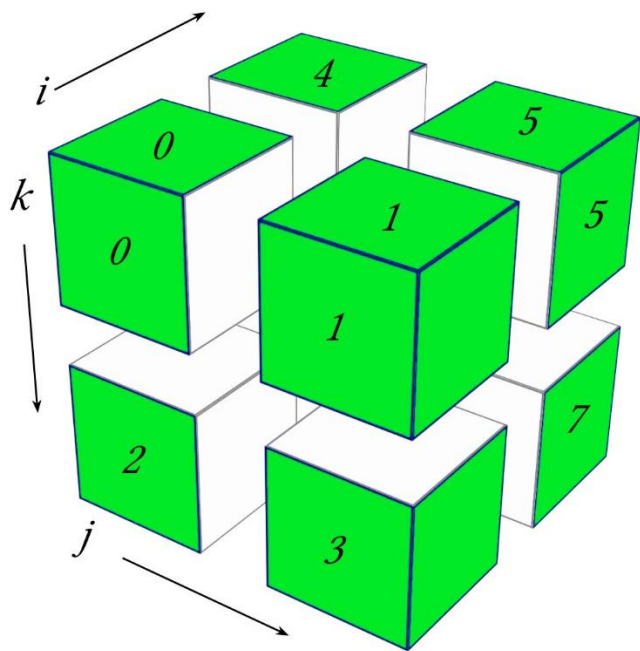


Модель

- $3020 \times 3020 \times 3020$ м
- Ширина PML слоя 400 м
- Источник расположен в центре области
- Приемники равномерно распределены по поверхности
- Доминирующая частота импульса в источнике $f_0 = 100$ Гц.
- $v_p = 3000 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
- $v_s = \frac{v_p}{\sqrt{3}}$
- $\rho = 2000 \text{ кг/м}^3$
- Синтетические данные рассчитывались до момента времени $T = 1.2$ с с шагом $2 \cdot 10^{-4}$ с

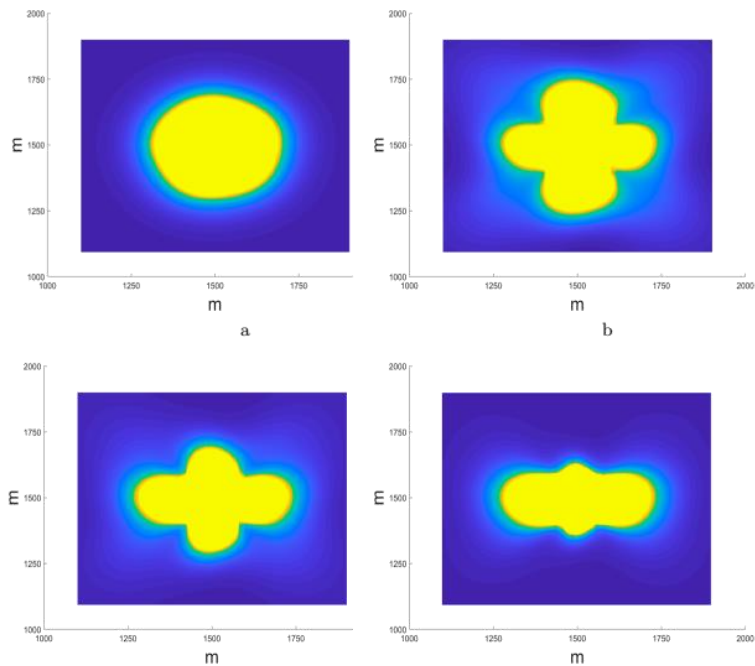


Параллельная реализация

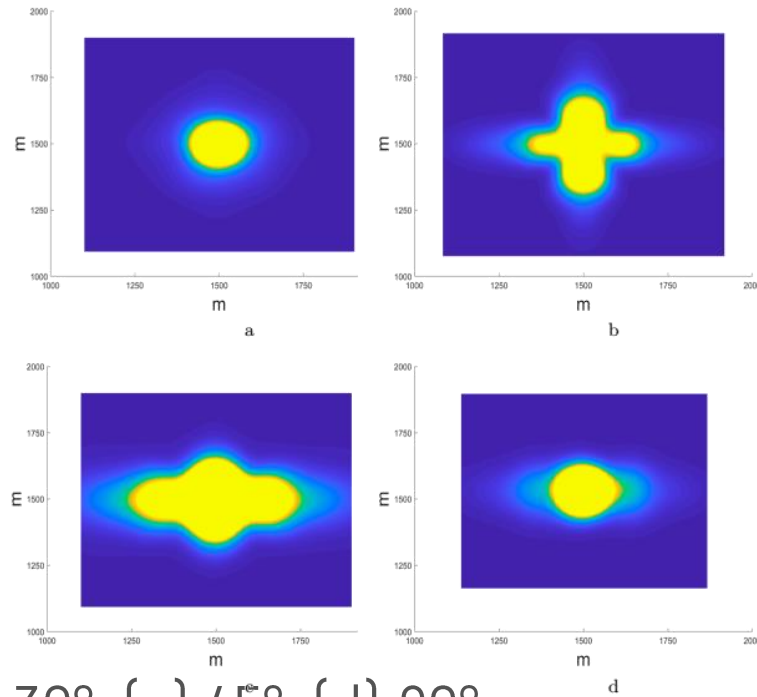


Результаты расчётов (распределение энергии в плоскости $z=\text{const}$)

Прямой ход волны



TRM



(a) вертикальный источник; (b) 30° ; (c) 45° ; (d) 60°

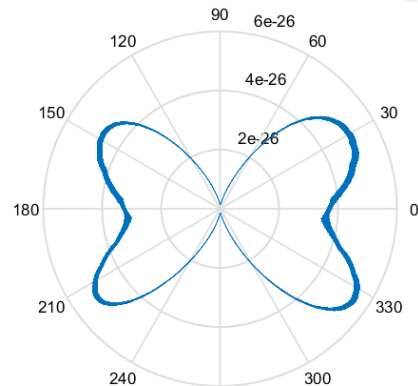
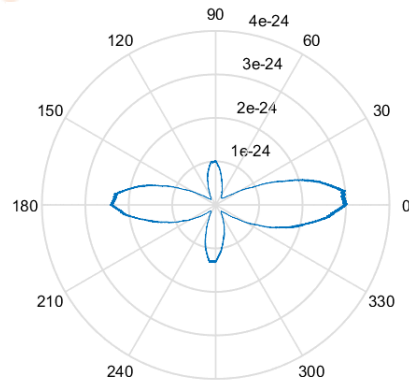
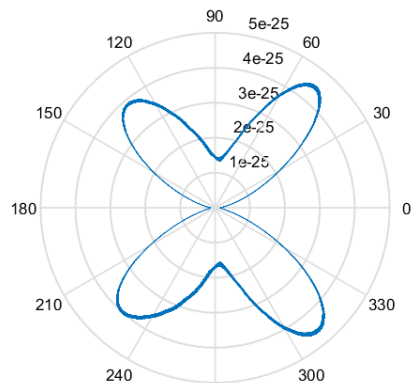
Результаты расчётов (диаграмма направленности в плоскости $y=\text{const}$)

Вертикальный источник

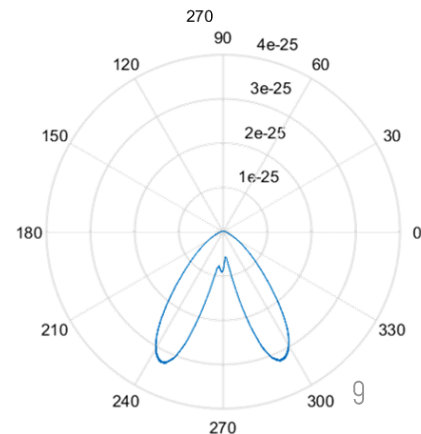
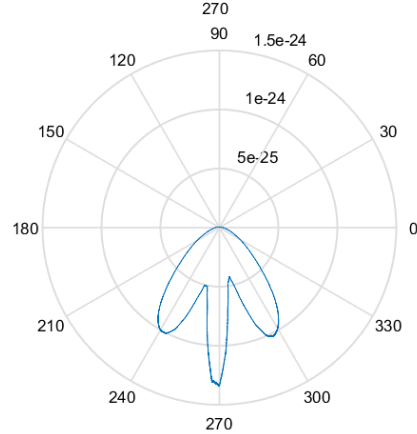
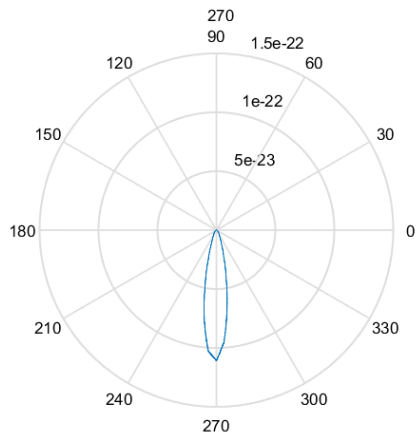
45°

30°

Прямой ход
волны



TRM





Спасибо за внимание!

Данная работа поддержана Российским Научным Фондом, проект 22-21-00759.