

*Неоднозначность численного
решения обратной задачи
сейсмоки для вязкоупругих сред*

*Докладчик: аспирант Ефимова Екатерина
Научный руководитель: Чеверда В.А.*

Новосибирский государственный университет.

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Профимука СО РАН.

Содержание

- *Вязкоупругие среды; поглощение*
- *Постановка задачи, линеаризация*
- *Диаграммы рассеяния*
- *Рассматриваемая модель*
- *Сингулярное разложение*

Вязкоупругие среды

- Уравнение равновесия: $\rho \partial_t \vec{u} = \operatorname{div} \sigma + \vec{f}$
- Упругие деформации: $\partial_t \varepsilon = (\nabla \vec{u} + \nabla \vec{u}^*) / 2$
- Обобщенный закон Гука:
$$\sigma_{ij}(x, t) = \int_{-\infty}^t G_{ijkl}(x, t - \tau) \partial_\tau \varepsilon_{kl}(x, \tau) d\tau$$

Упрощение системы уравнений

Обобщенная стандартная линейная модель твердого тела.

Закон Гука:

$$\sigma = \sum_{j=1}^L \sigma_j$$

$$\sigma_l + \tau_{\sigma l} \partial_t \sigma_l = M_R (\varepsilon + \tau_{\varepsilon l} \partial_t \varepsilon)$$

$$Q^{-1} = \frac{1}{2\pi} \frac{\Delta E}{E}$$

Добротность – относительное рассеяние сейсмической энергии на единицу объема за единичный цикл.

Основываясь на экспериментах

$$Q = \text{const} \quad \text{на} \quad [\omega_1, \omega_2]$$

τ -метод:

$$\tau = \frac{\tau_{\varepsilon l}}{\tau_{\sigma l}} - 1$$

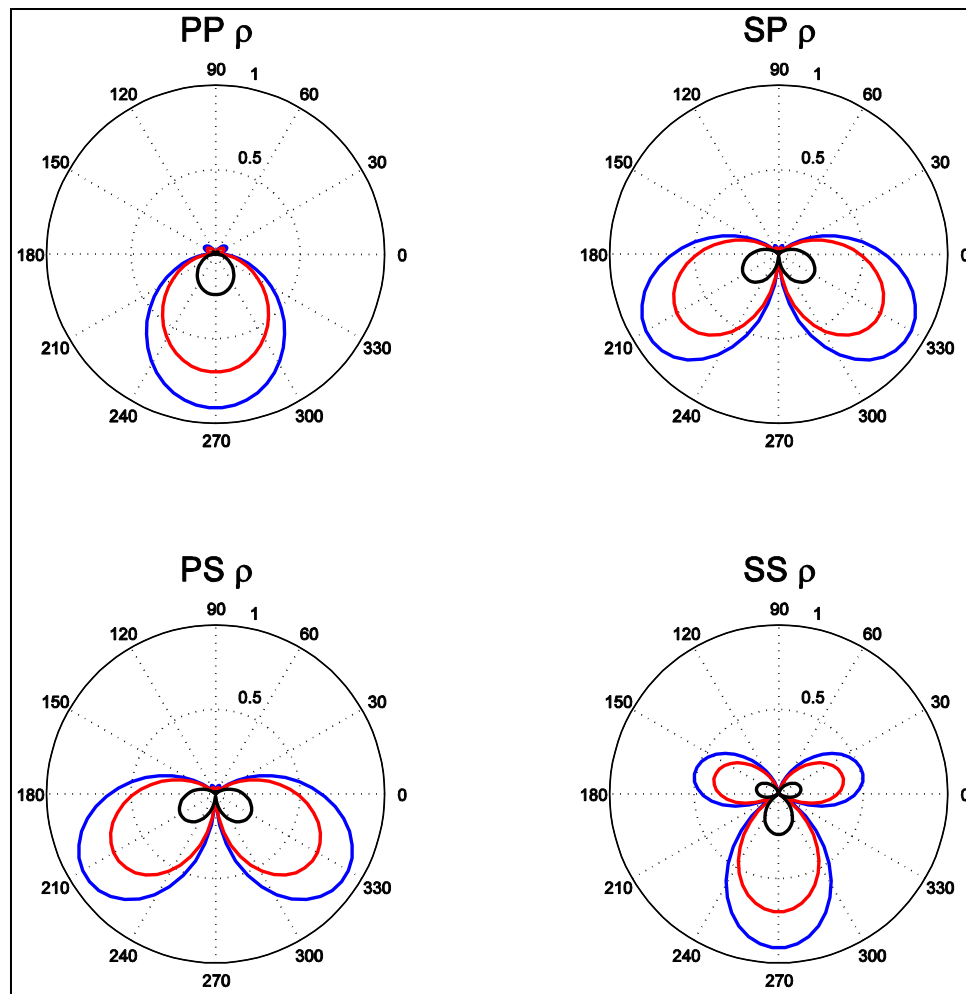
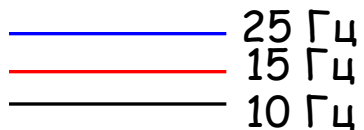
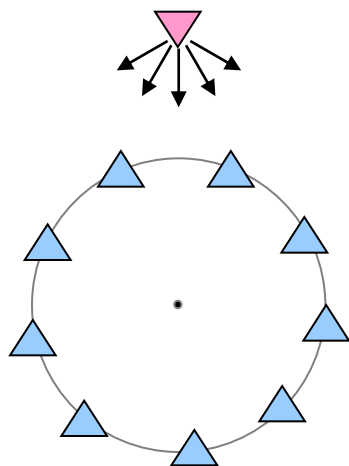
при малых поглощениях

$$\tau \ll 1$$

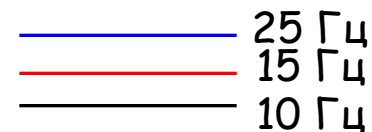
$$Q^{-1} \approx \sum_{l=1}^L \frac{\omega \tau_{\sigma l} \tau}{1 + \omega^2 \tau_{\sigma l}^2}$$

Линеаризация задачи.

Диаграммы рассеяния



Диаграммы рассеяния



PP IP

SP IP

PP τ^P

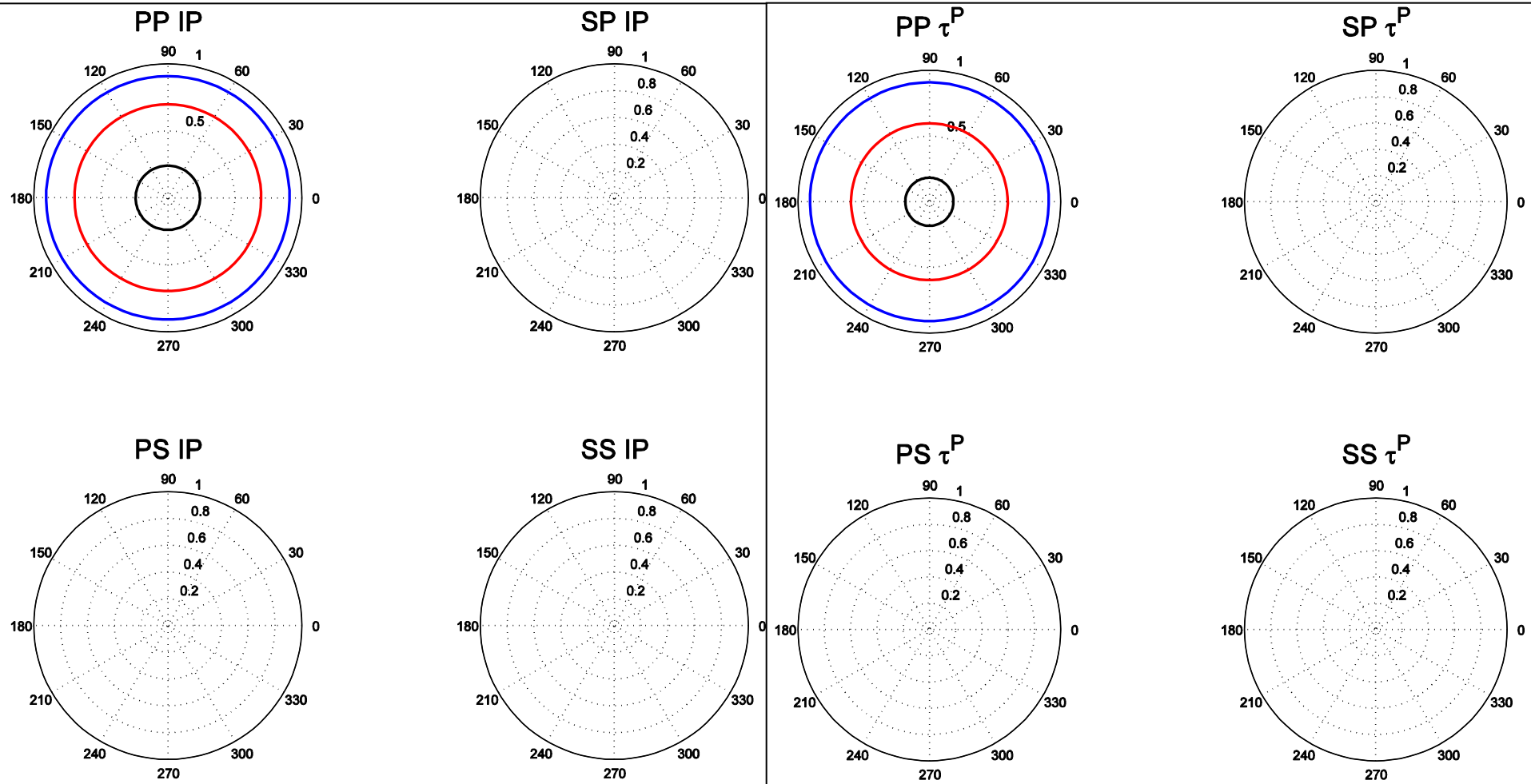
SP τ^P

PS IP

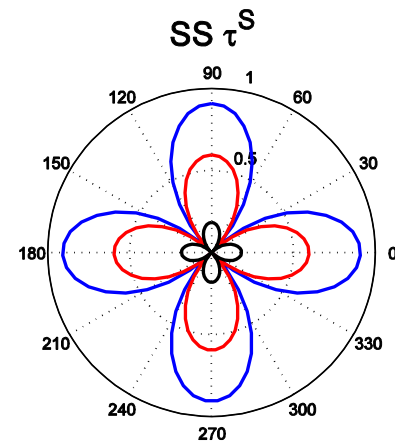
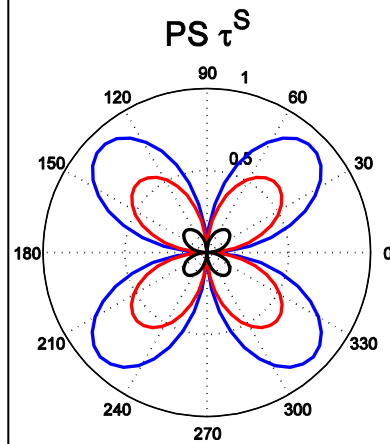
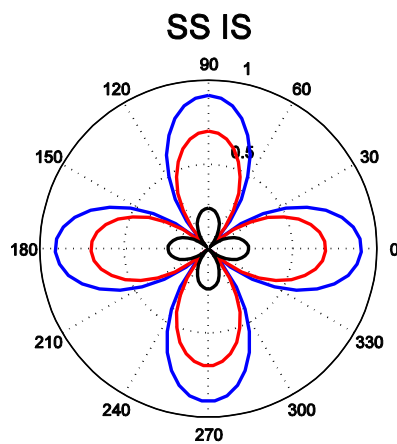
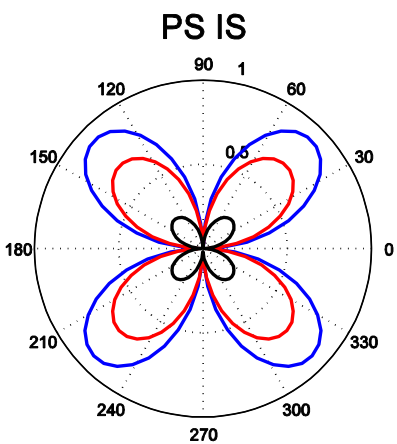
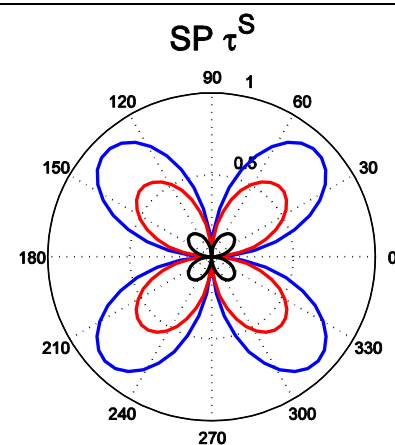
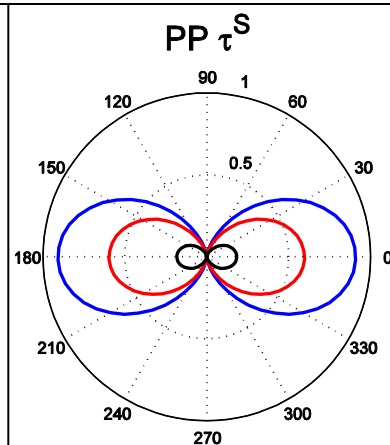
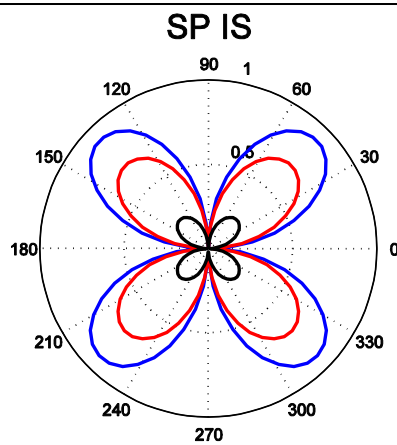
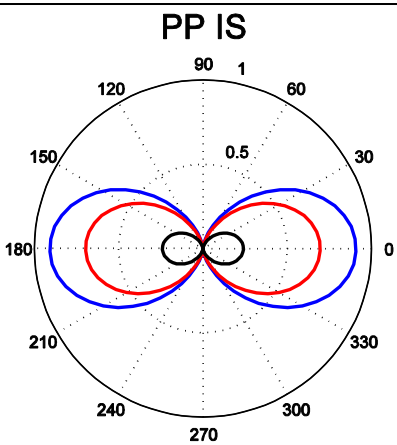
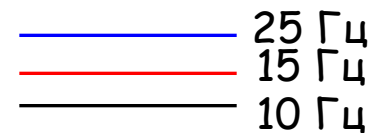
SS IP

PS τ^P

SS τ^P



Диаграммы рассеяния



Проекции на устойчивые подпространства

$$DB = U\Sigma V^*$$

U - Левые сингулярные вектора

V - Правые сингулярные вектора

Σ "Диагональная" матрица:
- на главной диагонали сингулярные числа, остальные элементы нулевые.

$\sigma_1 > \sigma_2 > \dots > \sigma_n$ - Сингулярные числа

$\hat{x} = \sum_{j=1}^r (\vec{v}_j, \vec{x}) \vec{v}_j$ - Проекция на r сингулярных векторов

σ_1 / σ_r - Число обусловленности

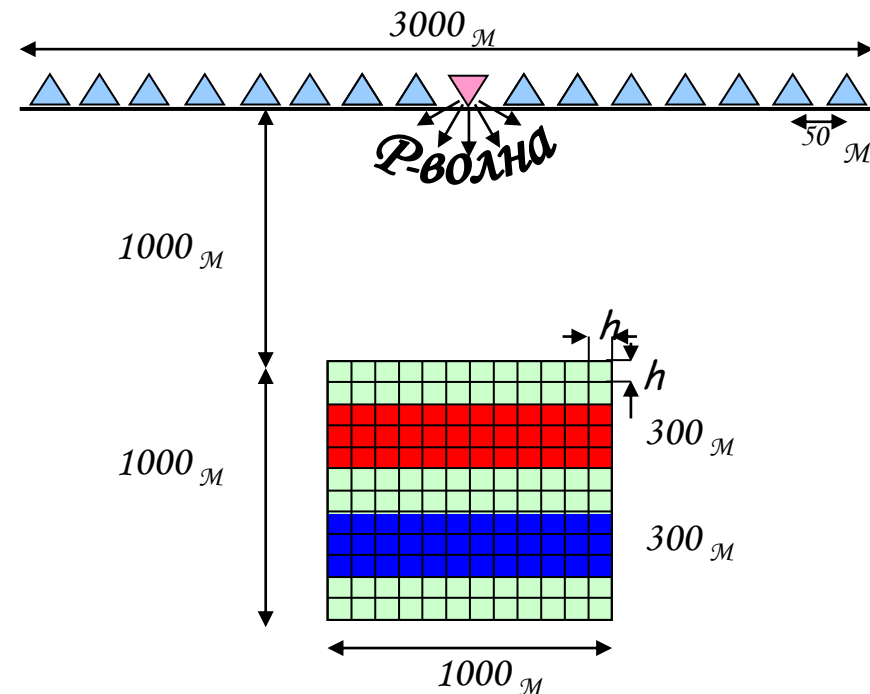
$$\sigma_r / \sigma_1 \geq 10^m$$

Импульс Рикера с доминирующей частотой 15 Гц

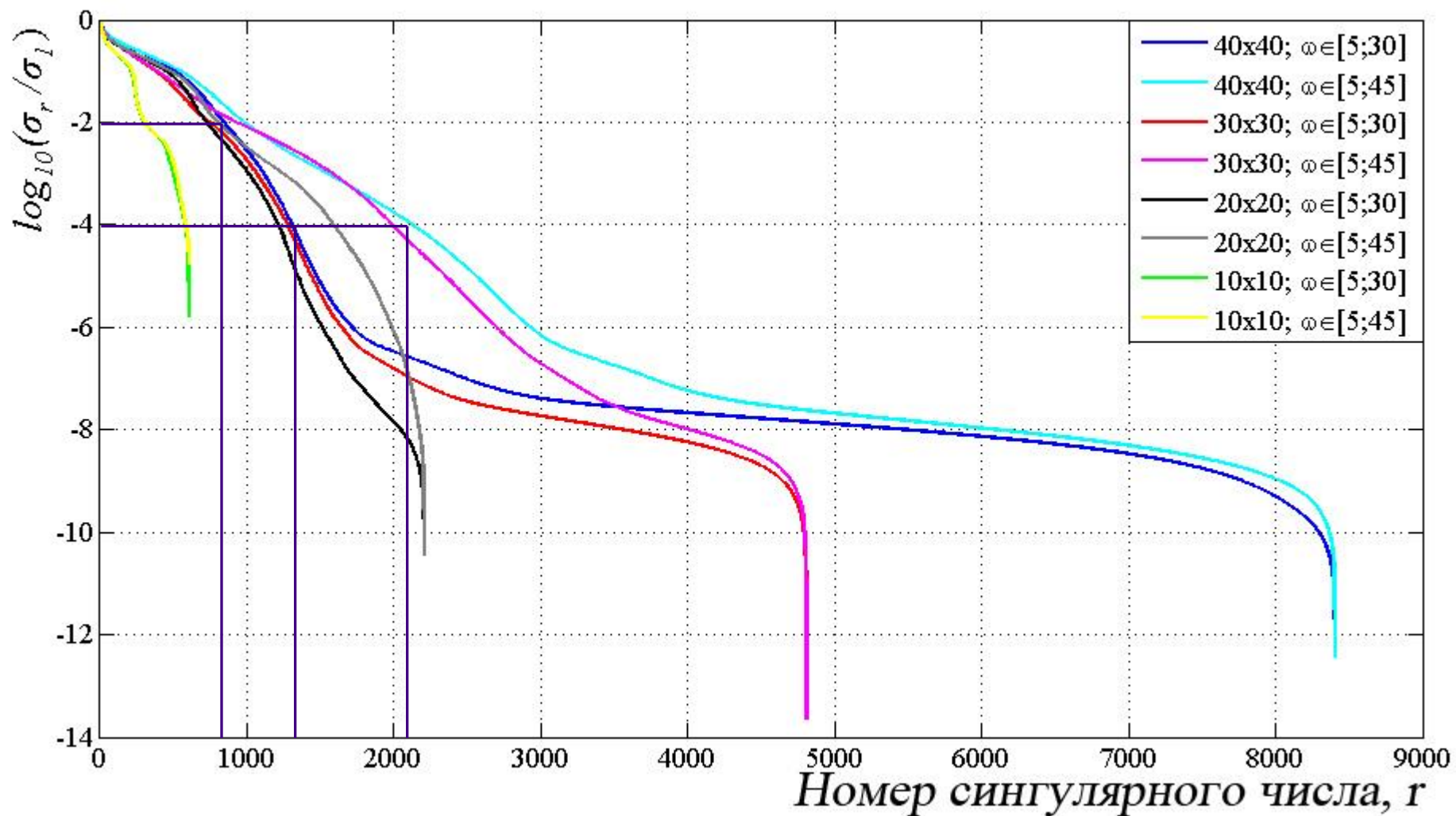
Частотный диапазон:

[5;30]Гц; [5;45]Гц

$h=33\text{м}, 25\text{м}.$



Сингулярные числа



[5,30]Гц

Проекции на сингулярные векторы

$$\sigma_r / \sigma_1 \geq 10^{-2}$$

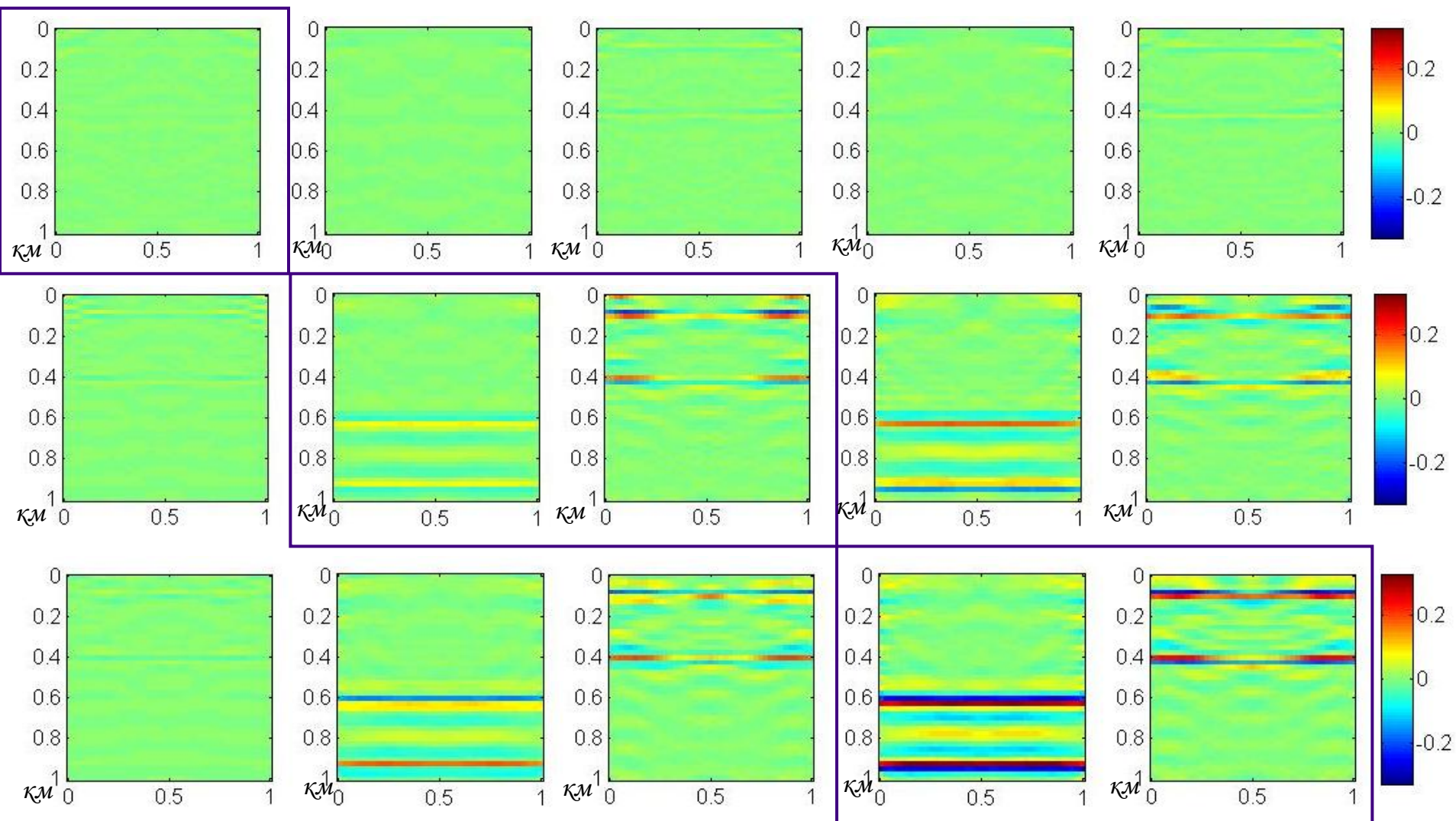
ρ

$$I^P = \sqrt{\rho(\lambda + 2\mu)}$$

$$I^S = \sqrt{\rho\mu}$$

τ^P

τ^S



[5,30]Гц

Проекции на сингулярные векторы

$$\sigma_r / \sigma_1 \geq 10^{-4}$$

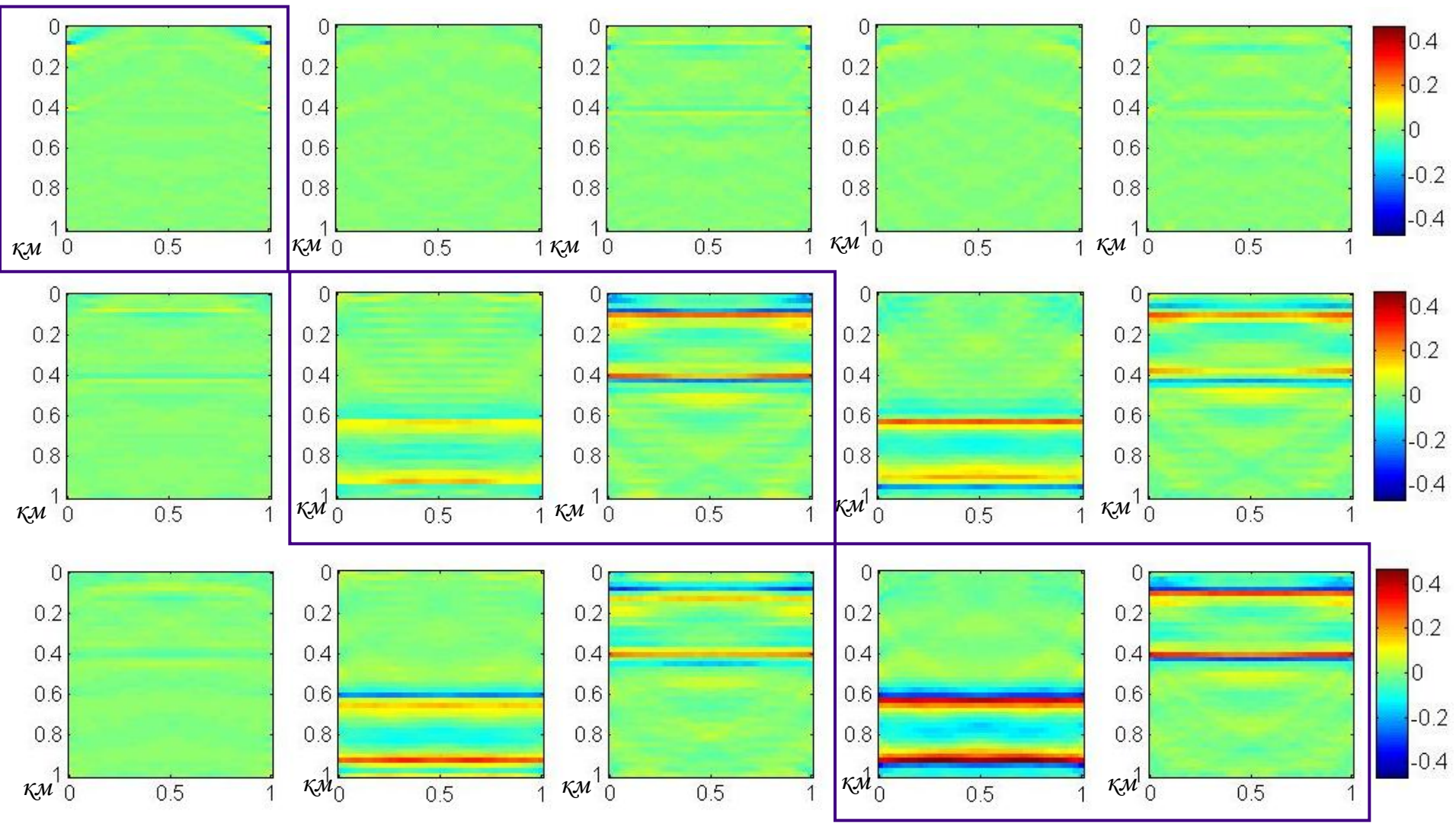
ρ

I^P

I^S

τ^P

τ^S



[5,45]Гц

Проекции на сингулярные векторы

$$\sigma_r / \sigma_1 \geq 10^{-4}$$

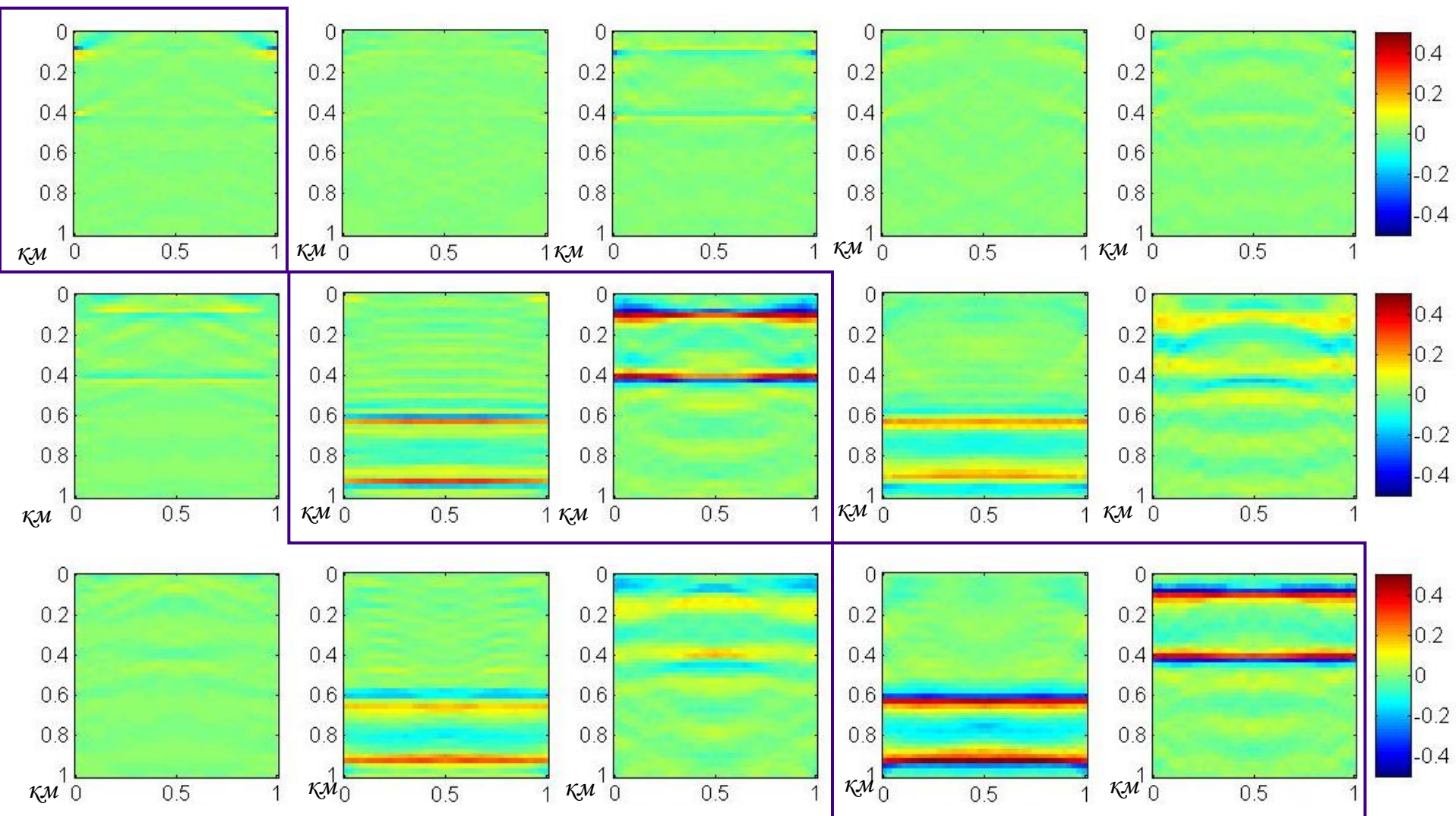
ρ

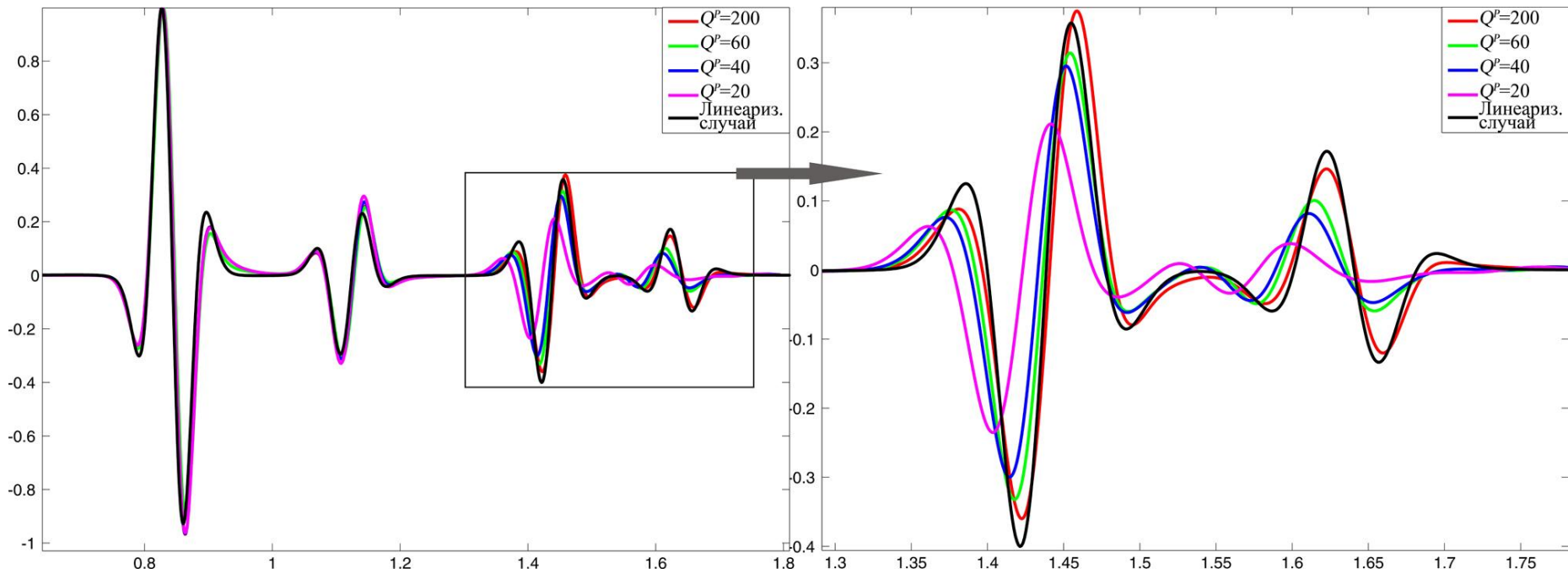
I^P

I^S

τ^P

τ^S





- Масштабированные трассы, соответствующие добротностям $Q^p=200, 60, 40, 20$, а также в линеаризованном случае.

Заключение

- Были построены диаграммы рассеяния и проведен анализ сингулярного разложения линеаризованного оператора динамической теории упругости для сред с поглощением.
- Плотность не подлежит восстановлению.
- Упругие импедансы и параметры поглощений отдельно для продольных и поперечных волн являются связанными.
- Связанность параметров уменьшается при увеличении числа обусловленности.
- Связанность параметров уменьшается при расширении частотного диапазона.
- Приведено сравнение сейсмограмм для линейной и нелинейной постановок задачи.



Спасибо за внимание!