

Параллельный алгоритм для изучения воздействия ледяного покрова на распространение сейсмических волн в мелководных арктических регионах

Г.В. Решетова, В.А. Чеверда, В.В. Лисица, В. Хайдуков

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН,

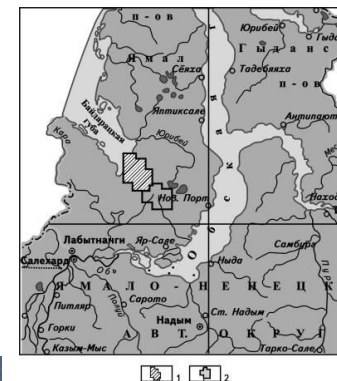
Новосибирск

Содержание

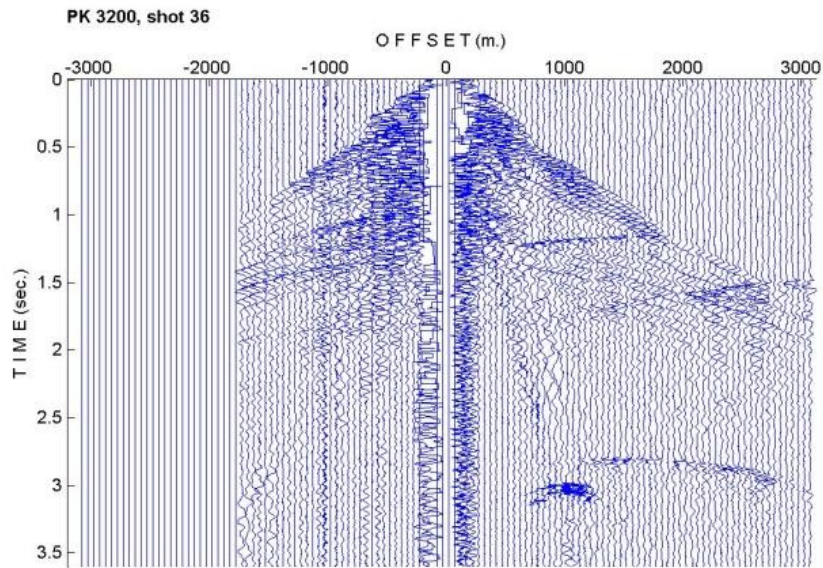
- Мотивация исследований
- Подбор математической модели
- Численный метод решения
- Параллельная реализация
- Выводы

Мотивация исследований

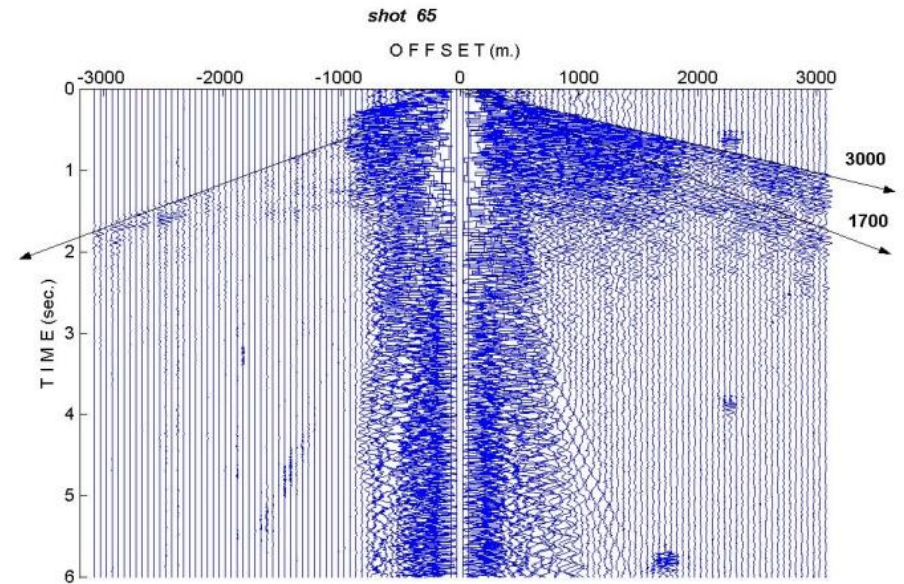
Проведение сейсмических исследований в транзитных зонах Арктики в летний и зимний периоды



Полевые сейсмограммы



Источник на суше (зона вечной мерзлоты)

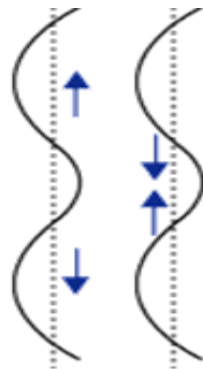


Источник на льду. Граница лёд/суша соответствует расстоянию примерно 1000 м влево от источника.

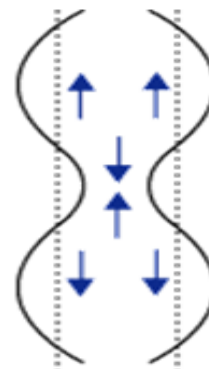
Предположение

Высокий уровень помех в сейсмических данных для систем наблюдения, расположенных на льду связано с **изгибными волнами**. Эти волны возбуждаются поверхностным источником типа вертикальной силы и чрезвычайно интенсивны – как правило, они имеют самую большую амплитуду и обладают двумя основными наборами мод:

В одном из них движение **симметрично** относительно середины пластины;
В другом семействе движение **асимметрично** относительно середины пластины.



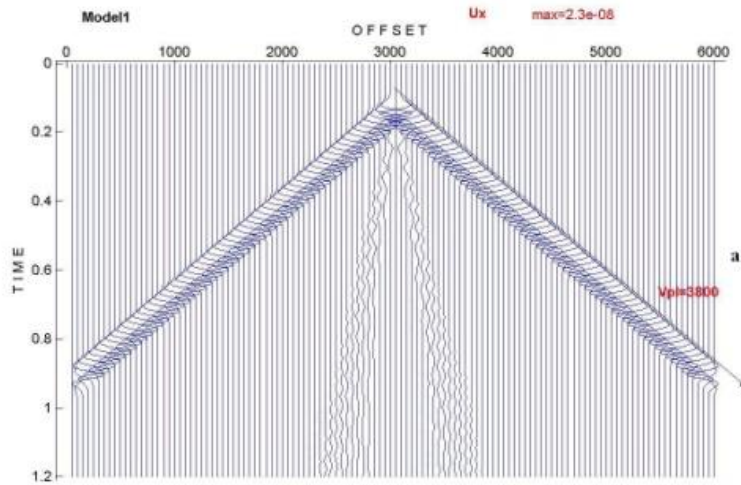
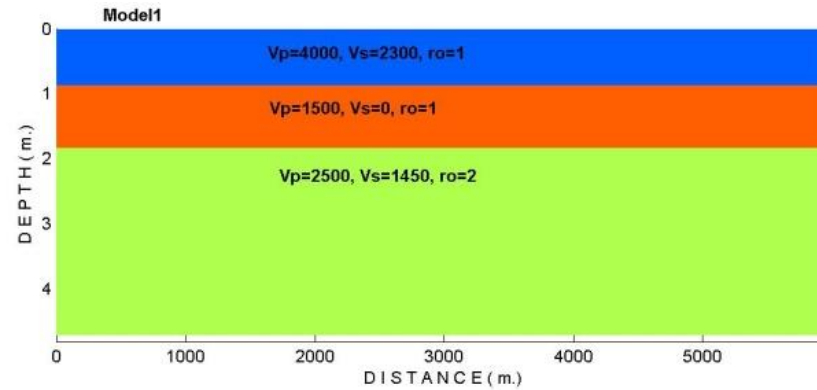
Asymmetric
(flexural) mode



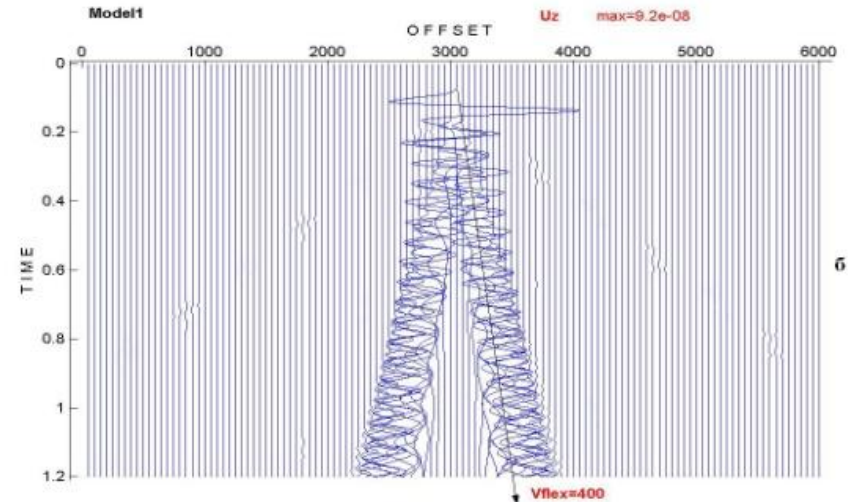
Symmetric
(extensional) mode

Подбор модели.

Тестовая задача: Трёхслойная модель - упругая пластина на воде



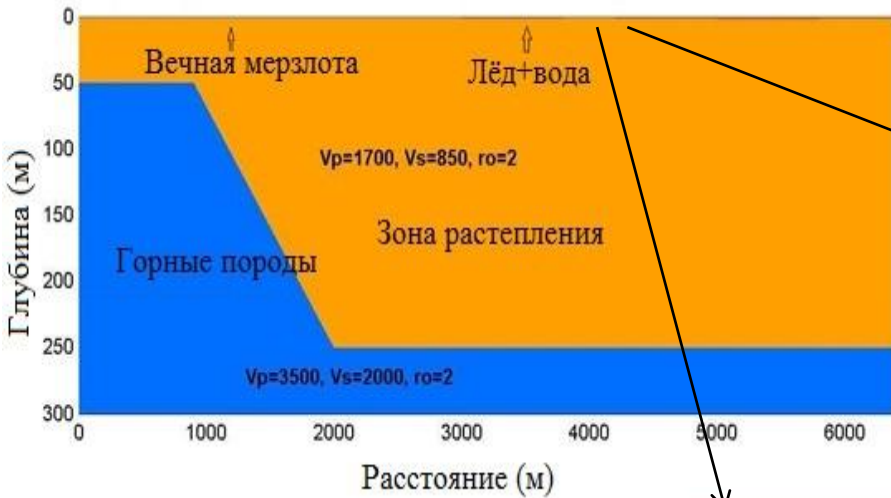
симметричная мода



асимметричная мода

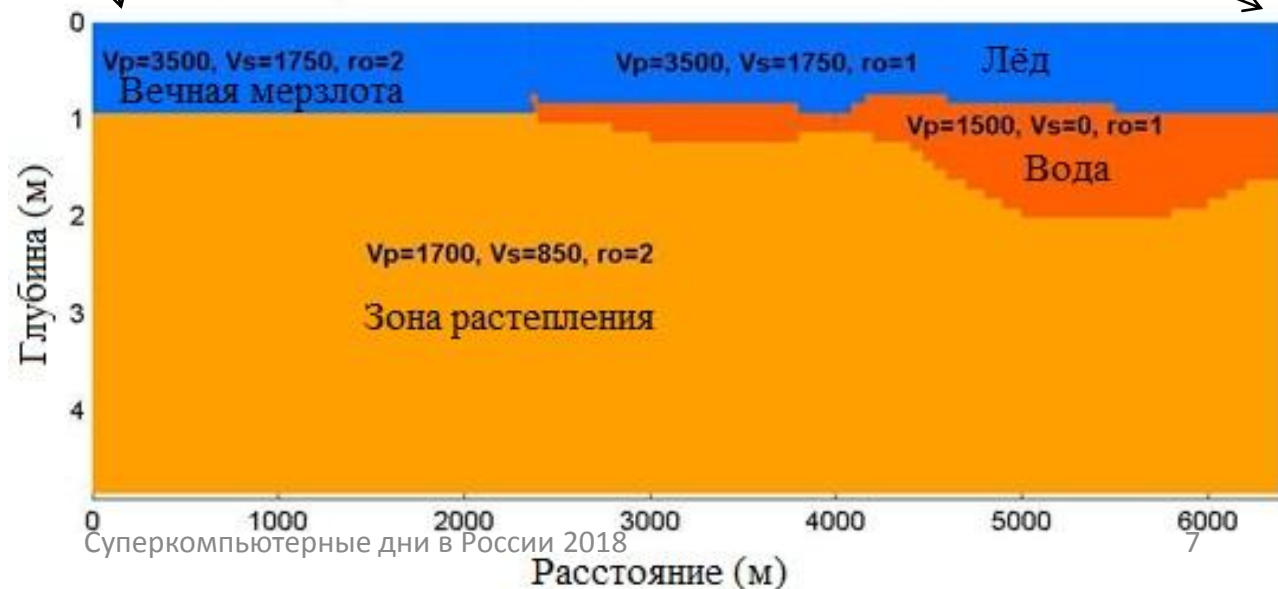
Подбор модели.

Тестовая задача: Реалистичная модель мелководной акватории, покрытой льдом.



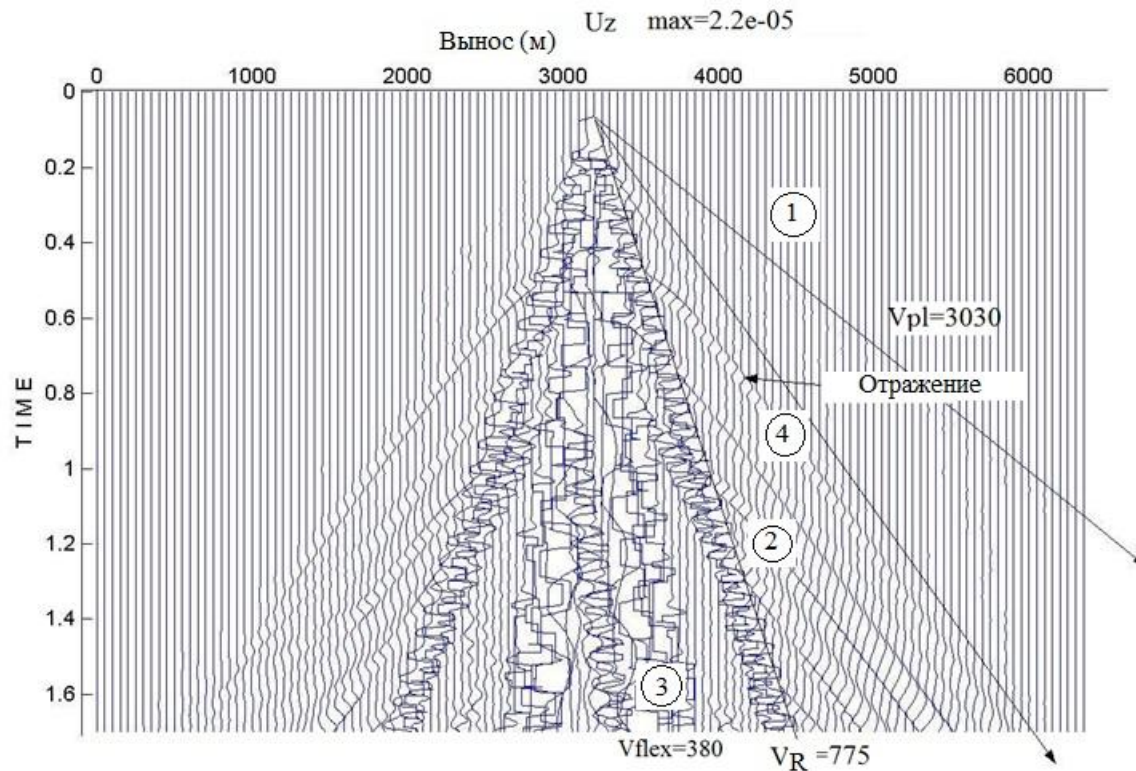
Средний масштаб

Мелководная часть.



Подбор модели.

Тестовая задача: Реалистичная модель мелководной акватории, покрытой льдом.

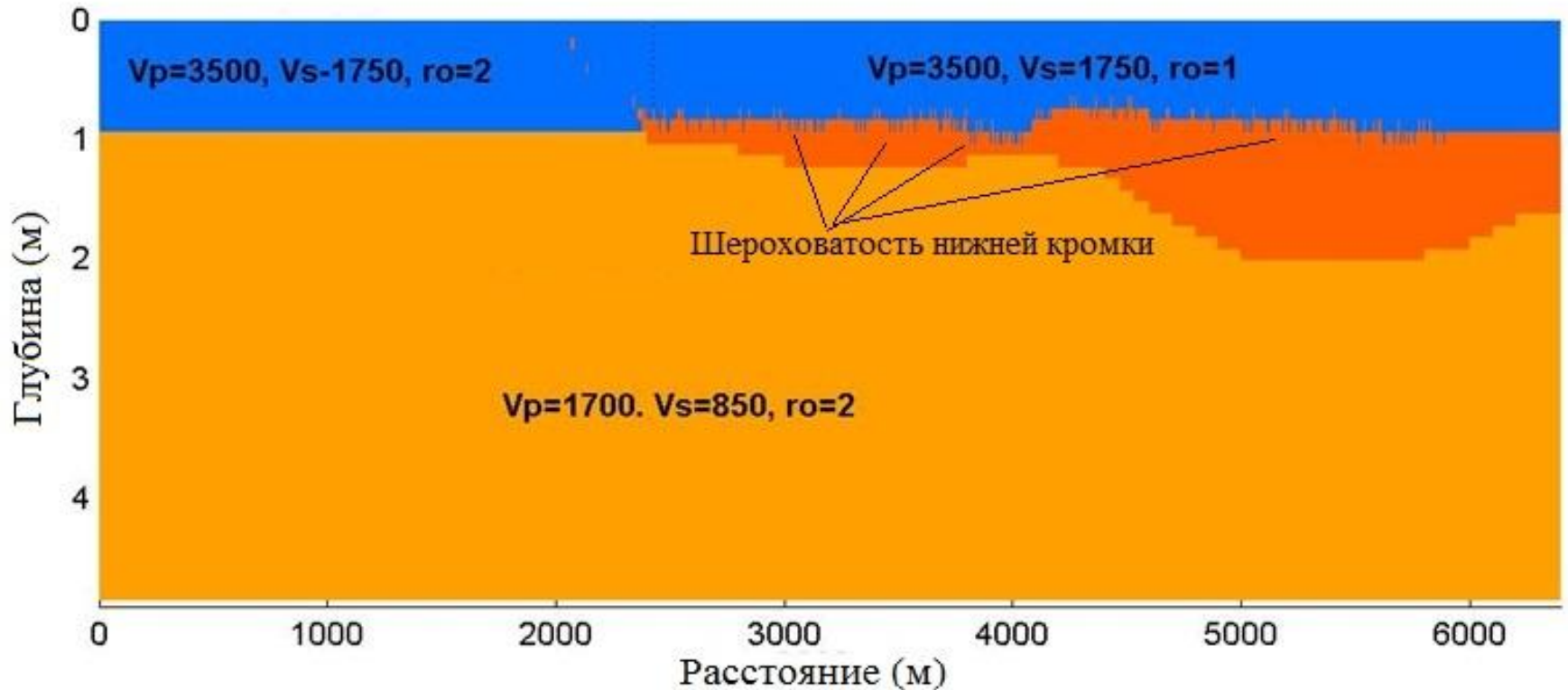


Вертикальная компонента смещения на свободной поверхности.
Отчётливо прослеживаются все типы упругих волн.

Подбор модели.

Тестовая задача: Реалистичная модель мелководной акватории, покрытой льдом.

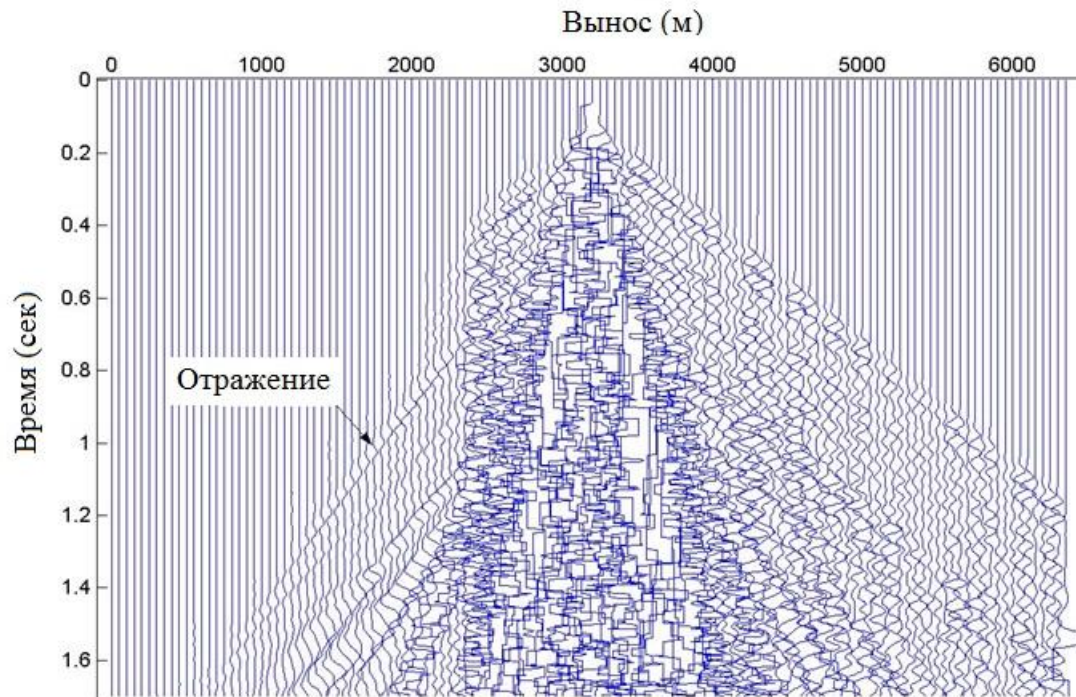
Случайным образом распределённое возмущение границы лёд – вода.



Подбор модели.

Тестовая задача: Реалистичная модель мелководной акватории, покрытой льдом.

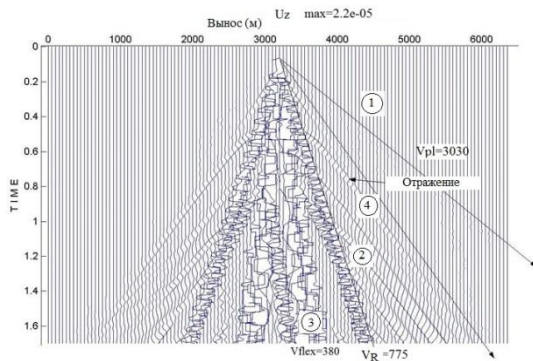
Случайным образом распределённое возмущение границы лёд – вода.



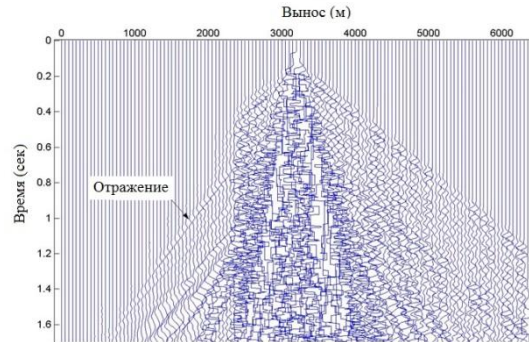
Выбор модели.

Тестовая задача: Реалистичная модель мелководной акватории, покрытой льдом.

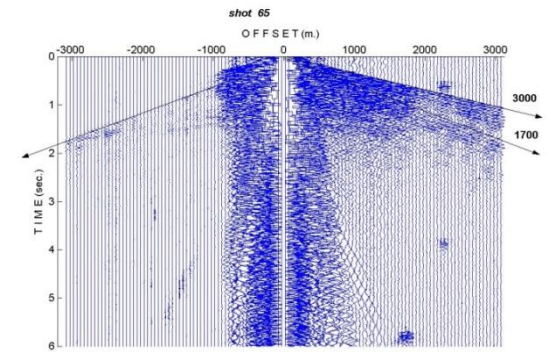
Случайным образом распределённое возмущение границы лёд – вода.



Без возмущения границы
лёд – вода

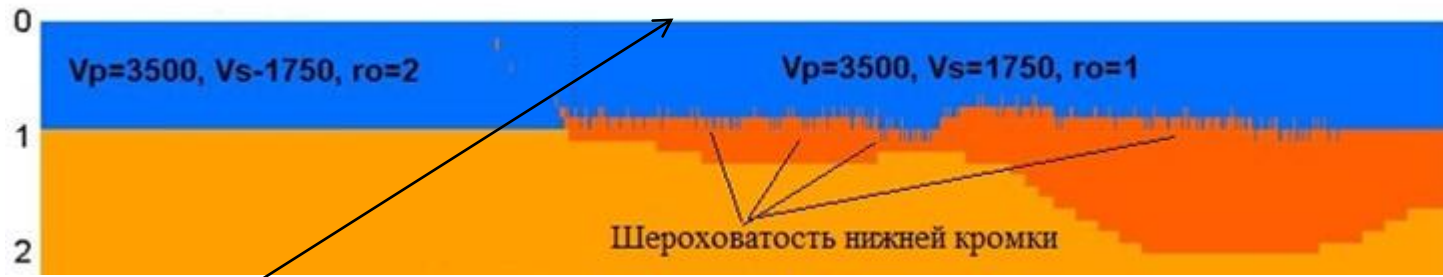


С возмущением границы
лёд – вода

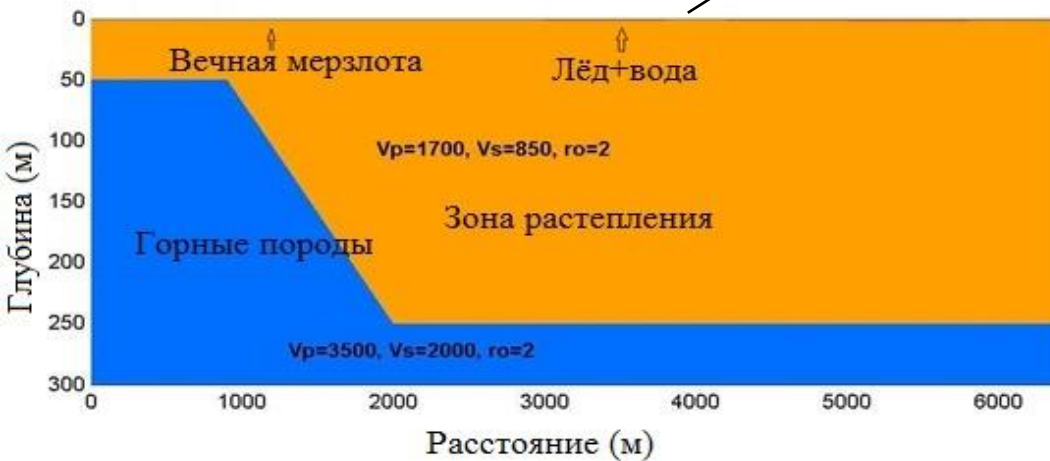


Реальные данные

Проблемы моделирования. Разные масштабы.



Мелководная часть.



Система уравнений динамической теории вязкоупругости 3D:

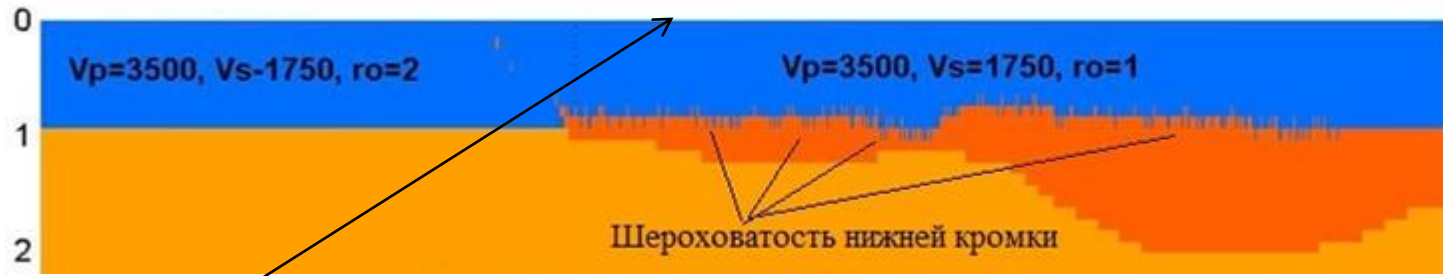
$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \nabla \cdot \sigma$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = (\nabla u + \nabla u^T)$$

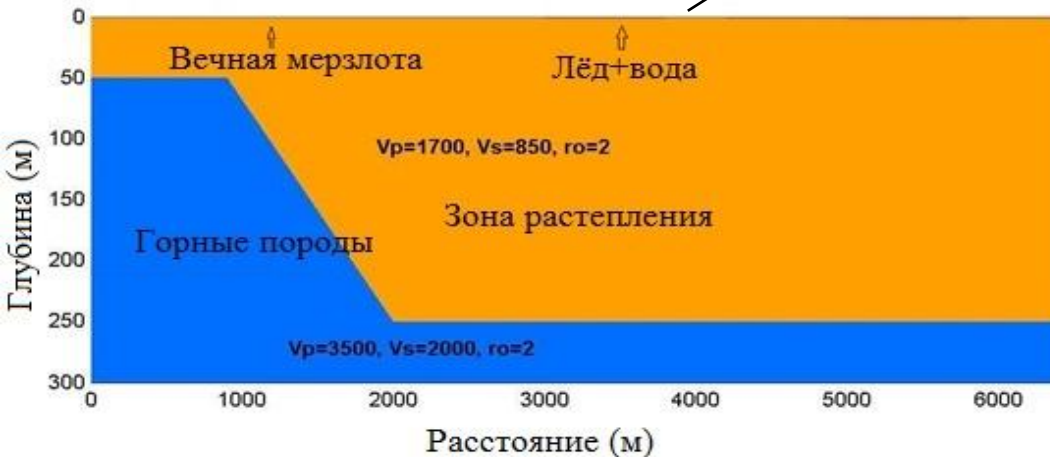
$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} = C_1 \varepsilon + \sum_{l=1}^L r^l$$

$$\tau_{\sigma,l} \frac{\partial r^l}{\partial t} = -C_2 \varepsilon - r^l$$

Проблемы моделирования. Разные масштабы.



Мелководная часть.



Без шероховатости:

$dx=dy=dz=1 \text{ m}$,

$n_x \cdot n_y \cdot n_z = 6000 \cdot 6000 \cdot 300$

15 компонент

3 массива $n_x \cdot n_y \cdot n_z$ входной информ.

170 Гб

Учет шероховатости:

$dx=dy=dz=0.01 \text{ m}$,

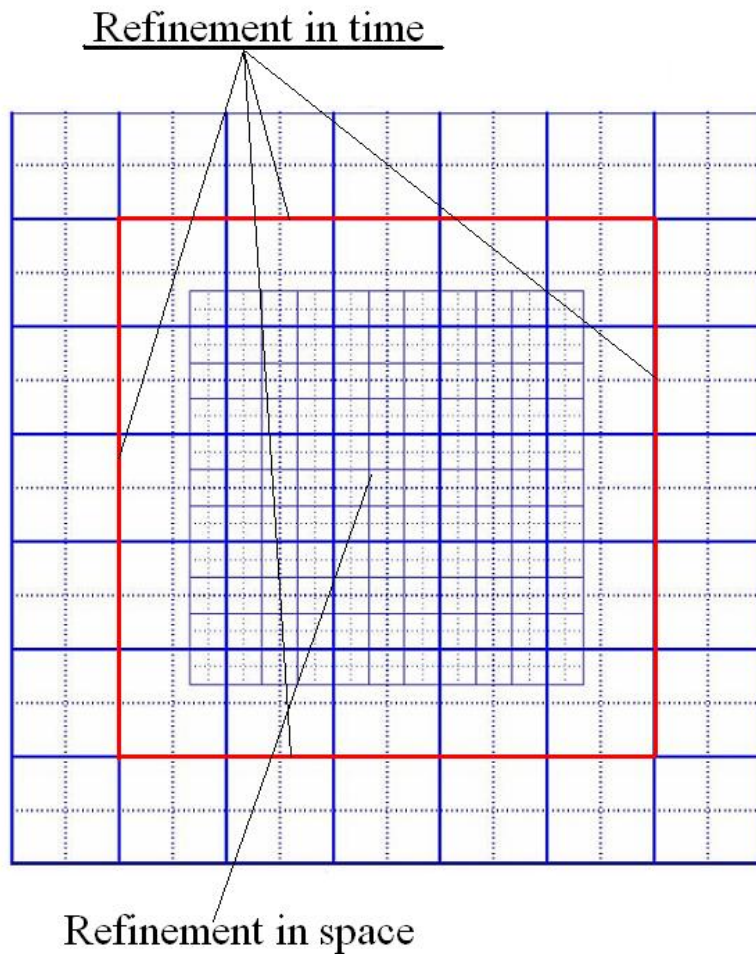
$n_x \cdot n_y \cdot n_z = 600000 \cdot 600000 \cdot 30000$

15 компонент

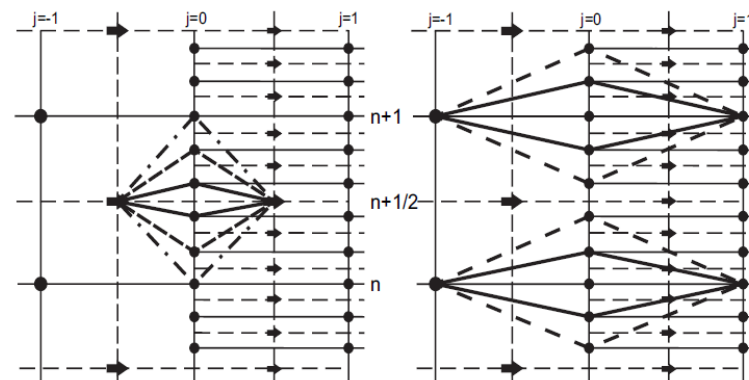
3 массива $n_x \cdot n_y \cdot n_z$ входной информ.

160 Петабайт

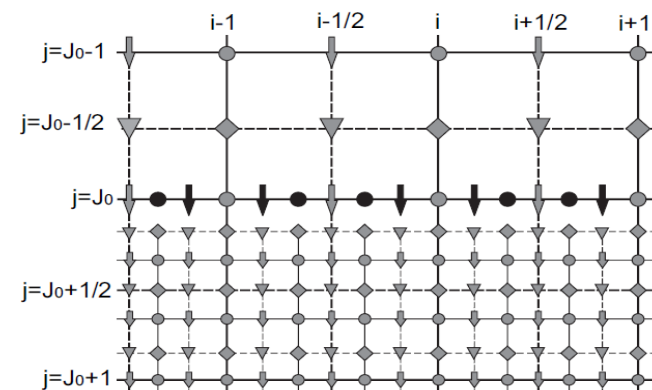
Проблемы моделирования. Разные масштабы.



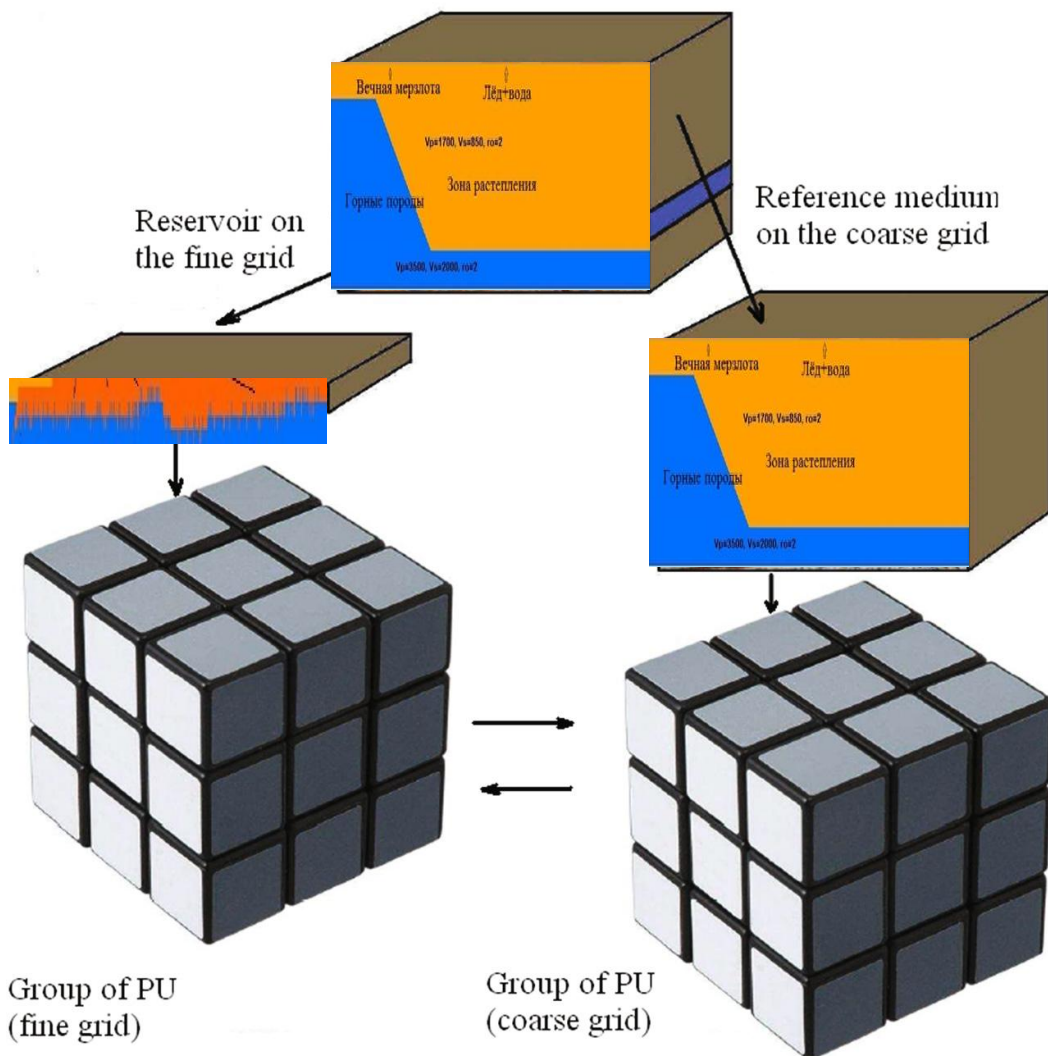
Измельчение по времени



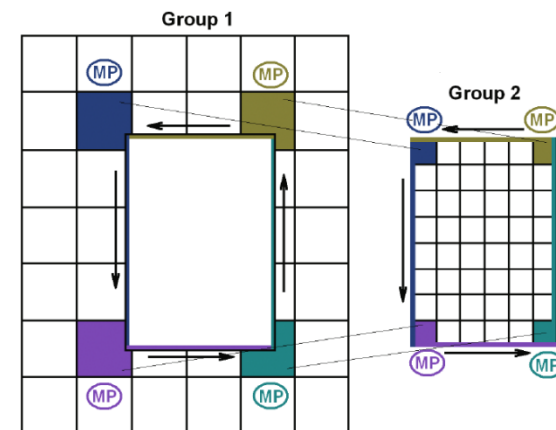
Измельчение по пространству



Проблемы моделирования. Разные масштабы.

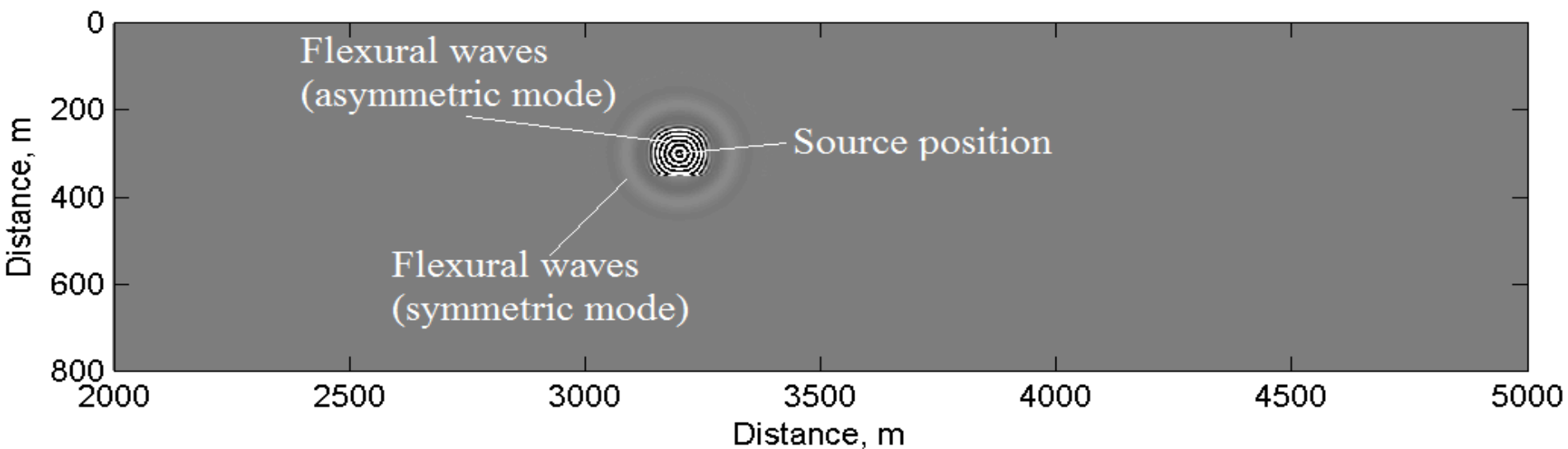


Обмены между группами процессов

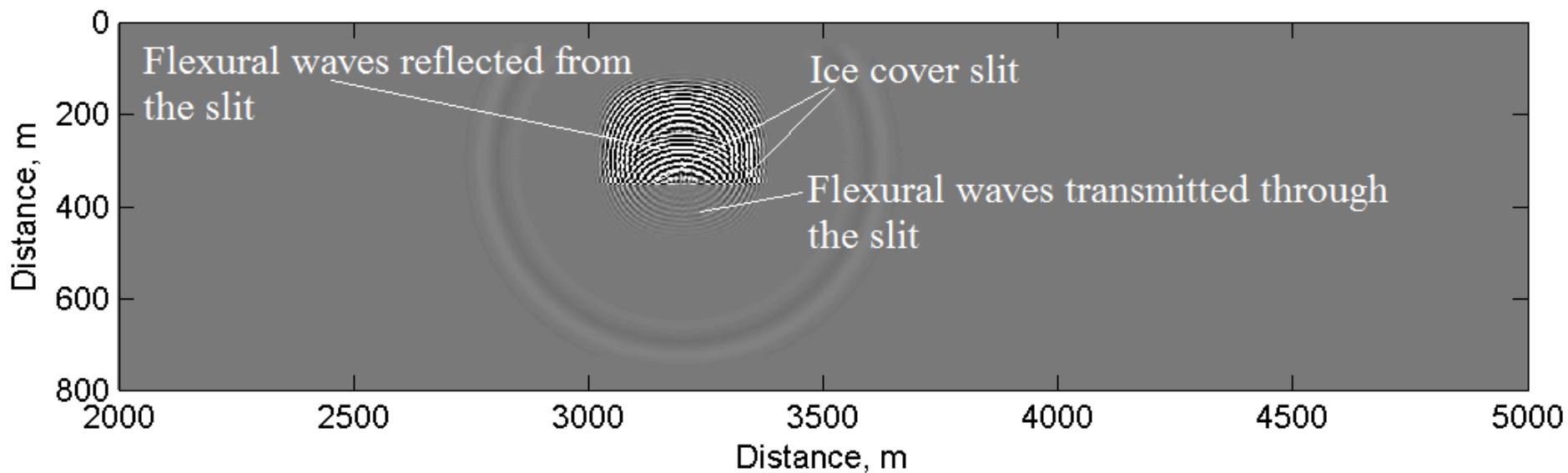


Решение проблемы с помощью моделирования.

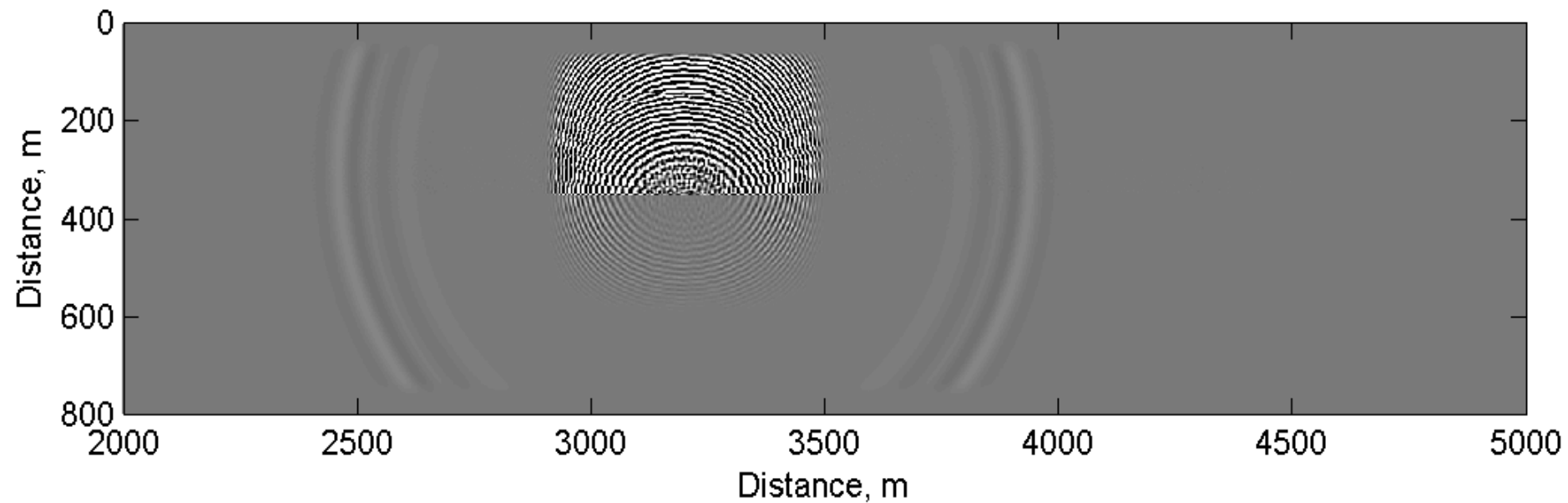
Наши предварительные исследования показали, что одним из возможных способов подавления такого шума может быть наличие пропила во льду, отделяющего источники и приёмники.



Решение проблемы с помощью моделирования.

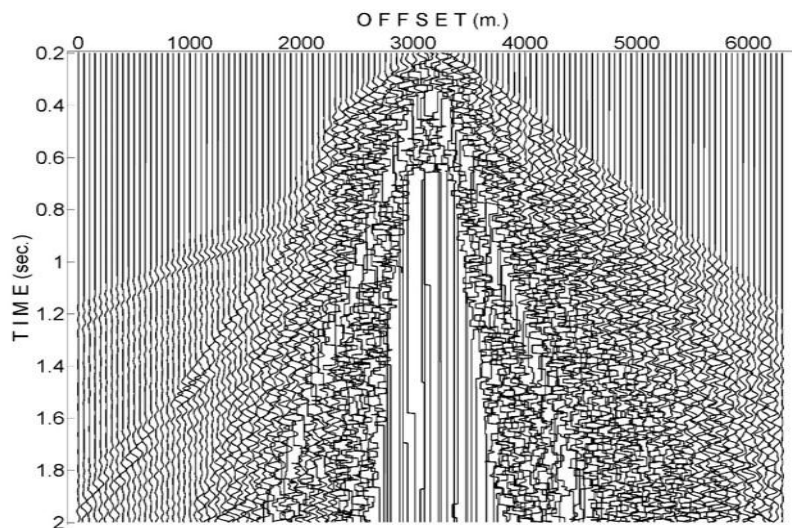


Решение проблемы с помощью моделирования.



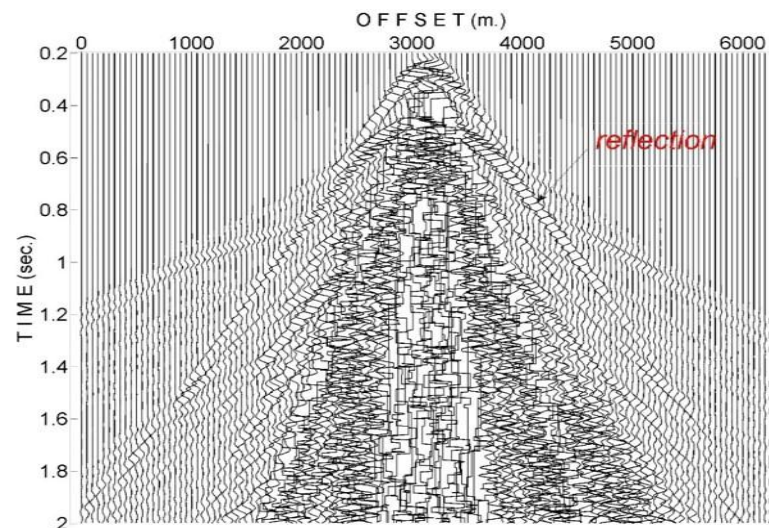
Решение проблемы с помощью моделирования.

а)



без пропила

б)



с пропилом

Сравнение двух сейсмограмм для источника, расположенного на поверхности льда, на противоположной по отношению к источнику стороне разреза.

Спасибо за внимание