

Построение полноволновых сейсмограмм в 3D и 1D моделях Земли

О.А. Усольцева, В.М. Овчинников

Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского РАН



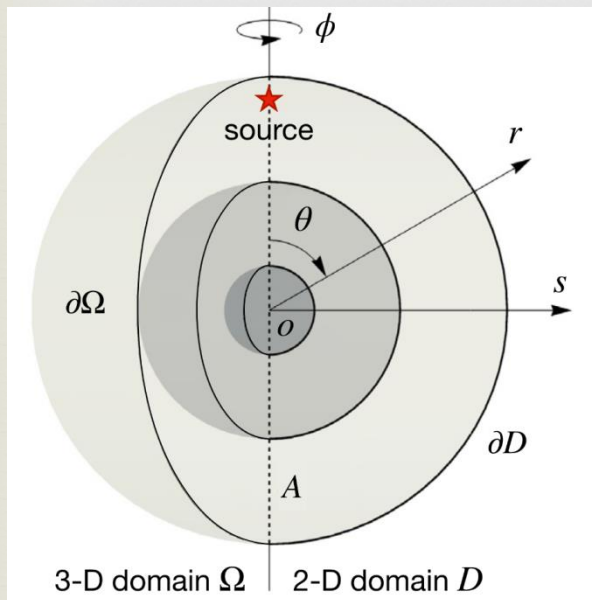
Цель работы — адаптировать алгоритм построения синтетических сейсмограмм с учетом анизотропных и скоростных неоднородностей и неровностей границы раздела для сейсмических фаз, связанных с внутренним ядром Земли, оценить его возможности и скорость расчета.

Теория

Интегральное уравнение движения

$$\int_{\Omega} (\rho \ddot{u}_i w_i + \nabla_i u_j C_{ijkl} \nabla_k w_l) d\Omega = \int_{\Omega} F_i w_i d\Omega$$

ρ - плотность, u_i - вектор смещения, w_i - тестовый вектор,
 C_{ijkl} - тензор модулей упругости, F_i - объемная сила



Разложение Фурье для u
 по азимутальной координате ϕ

$$u(s, \phi, z; t) = \sum_{\alpha} u_{\alpha}(s, z; t) \exp(i\alpha\phi)$$

S, ϕ, z - цилиндрические координаты

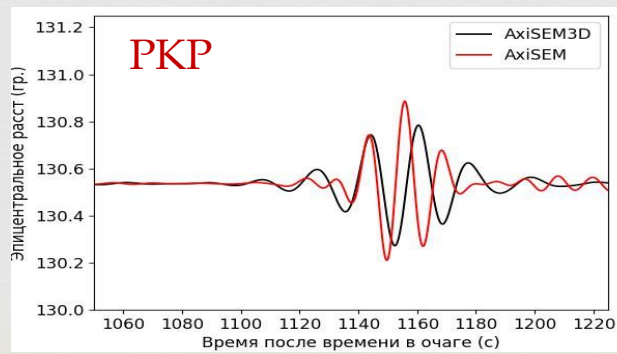
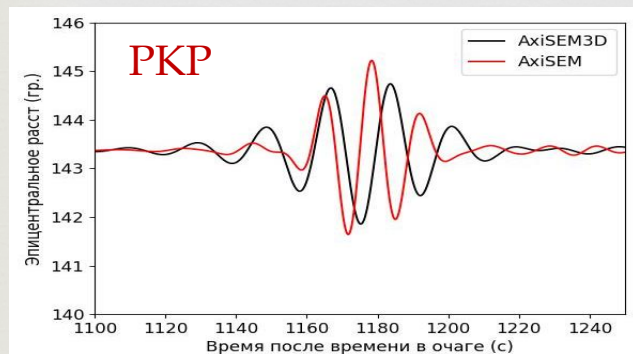
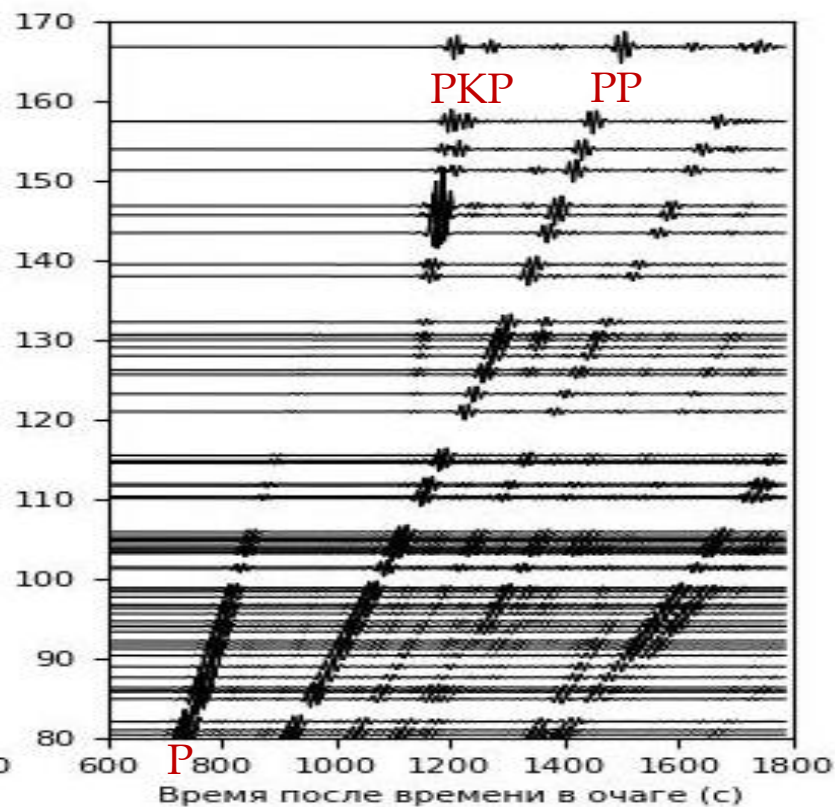
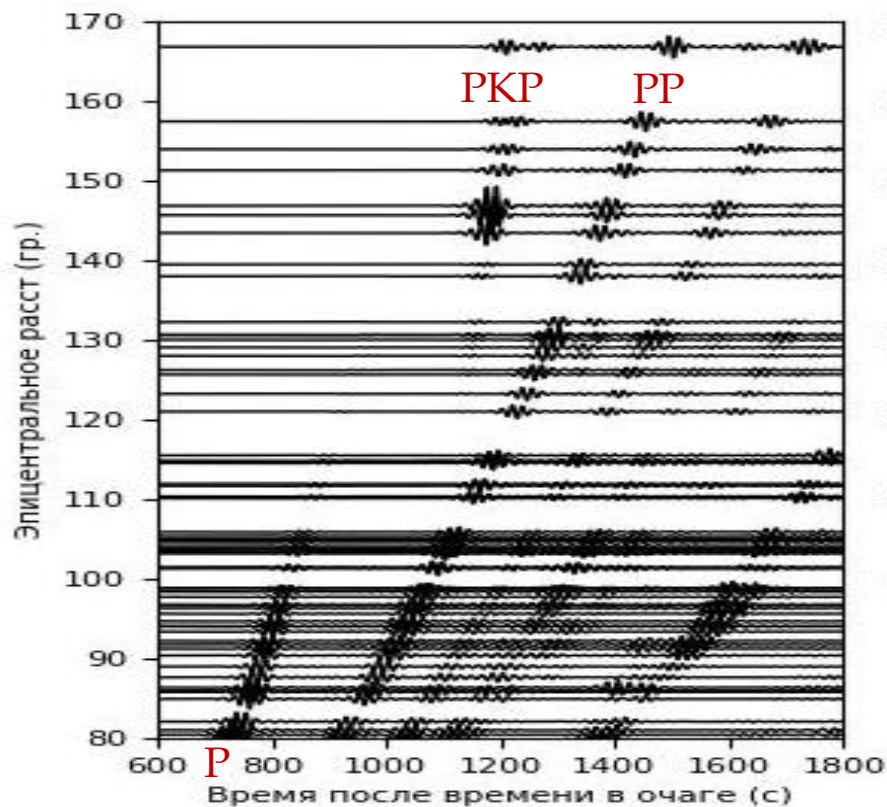
Переход к линейной системе уравнений

$$\sum_{\alpha} \mathfrak{Z}_{ik}^{\beta-\alpha} u_k^{\alpha} = F_i^{\beta} \quad \mathfrak{Z} - \text{волновой оператор на плоскости } D$$

Сравнение AxiSEM и AxiSEM3D

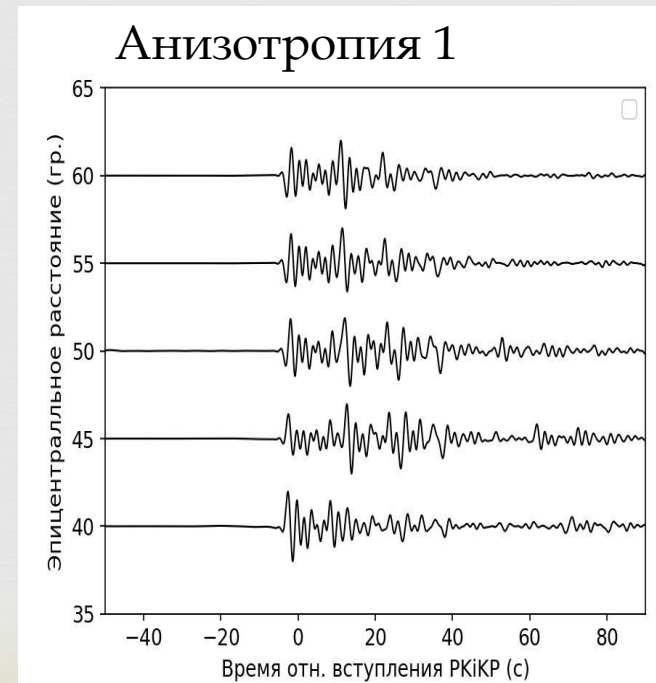
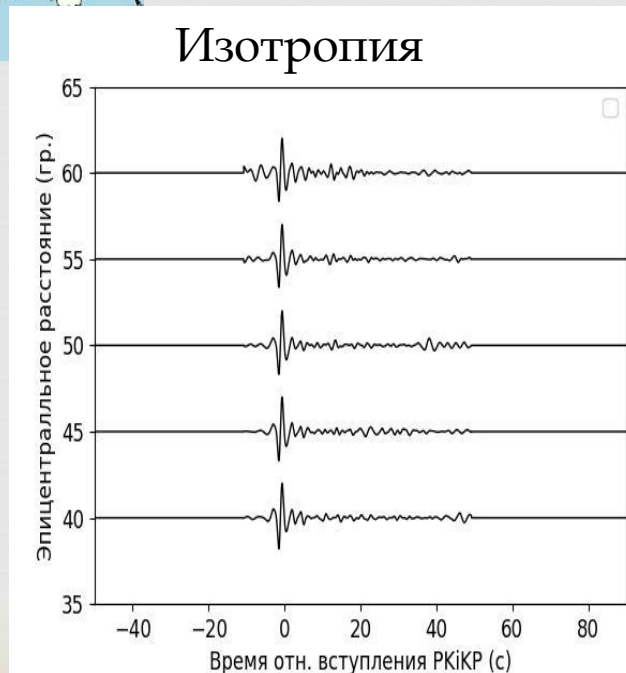
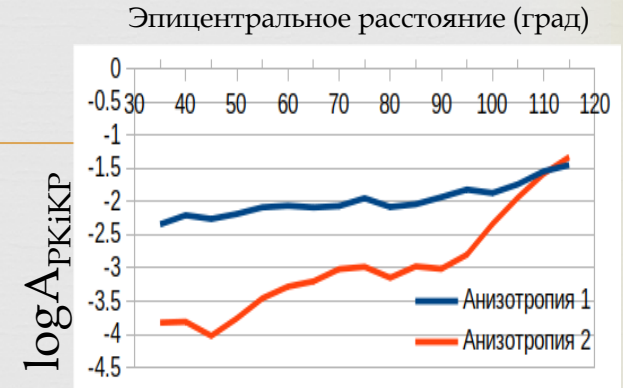
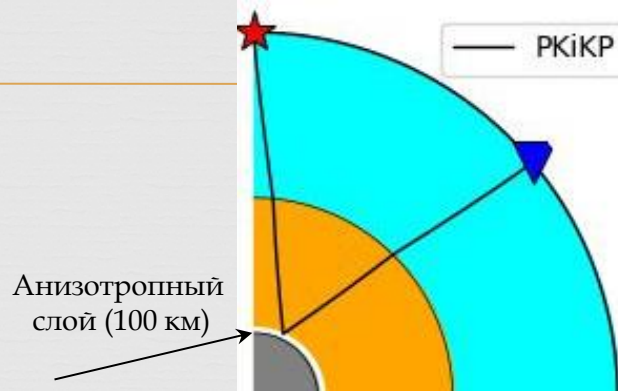
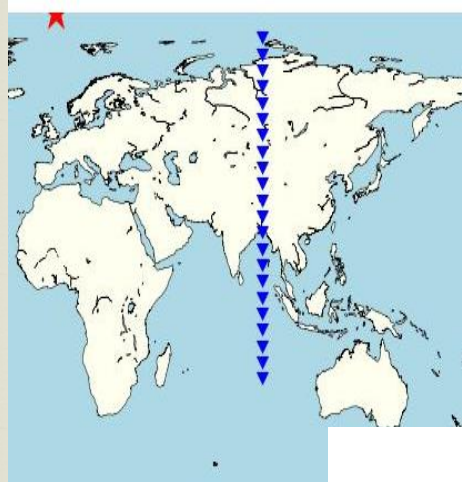
AxiSEM3D

AXISEM



Минимальный период 10с,
PREM изотропная,
длина записи 30 минут,
время счета 8.3 потоко-часа

Особенности волновых форм при введении анизотропии в верхней части внутреннего ядра



Выводы

1. Алгоритм AxiSEM3D с разложением в ряд Фурье по азимутальной координате по сравнению с AxiSEM с аналитическим решением по азимуту работает быстрее благодаря более совершенной процедуре распределения оперативной памяти по процессорам, а также прост при использовании различных механизмов очага, но может быть менее точным, если задан не оптимальный максимальный порядок разложения в ряд Фурье.

2. Для минимального периода 10 с при введении анизотропии и горизонтальных неоднородностей скорости в мантии время счета в программа AxiSEM3D возрастает в 35 раз (286 п*ч), а при добавлении неоднородностей в коре и рельефа границы Мохо в 46 раз (384 п*ч). Задание анизотропного 100-км слоя в верхней части внутреннего ядра увеличивает время счета в 5 раз (40.0 п*ч) по сравнению с расчетами в стандартной изотропной одномерной модели Земли (8.3 п*ч) .

3. Наличие анизотропного слоя в верхней части внутреннего ядра приводит к появлению коды волны PKiKP, отраженной от поверхности внутреннего ядра, а также к изменению зависимости амплитуды волны PKiKP от эпицентрального расстояния.