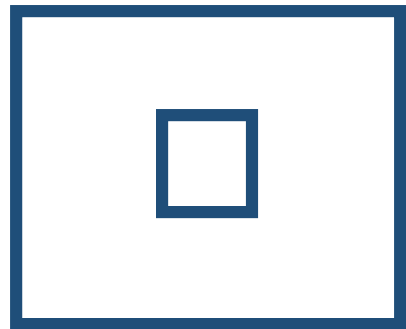
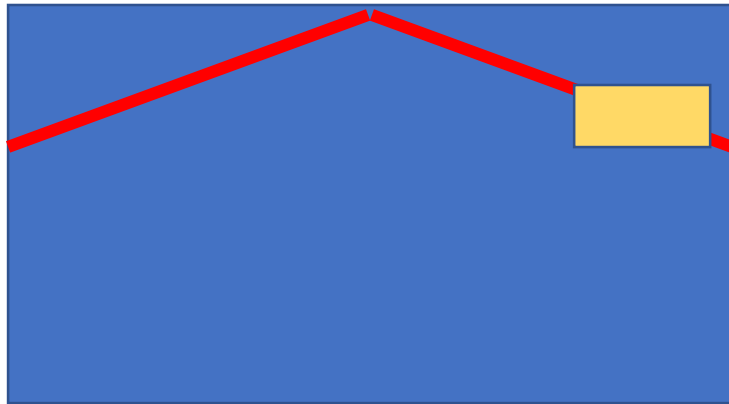


АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ ЗОНДИРОВАНИЯ СТАНОВЛЕНИЕМ ПОЛЯ В ЗАДАЧЕ РУДНОЙ ГЕОФИЗИКИ

Штабель Надежда Викторовна,

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

Особенности численного моделирования сигналов ЗСБ



- Распространение электрического поля под углом 26° к плоскости источника
- Корреляция размеров генераторной петли, размеров расчетной области и порядка затухания кривой ЭДС.
- Размер области от 50 размеров генератора для затухания на 6-7 порядков
- Присутствие в модели среды тонких пластов существенно увеличивает размерность сетки

Моделирование нестационарного сигнала зондирования становлением поля:

$$\operatorname{rot} \mu^{-1} \operatorname{rot} \mathbf{E} + \sigma \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = -\frac{\partial \mathbf{J}_0}{\partial t}$$

Начальные и краевые условия $\mathbf{n} \times \mathbf{E}|_{\partial\Omega} = 0 \quad \mathbf{E}|_{t_0} = \mathbf{E}_1 \quad \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}|_{t_0} = \mathbf{E}_2$

Вариационная постановка для векторного метода конечных элементов

Для заданного $\mathbf{J}_0 \in \mathbf{L}^2(\Omega) \times (0, T)$

найти $\mathbf{E} \in H(\operatorname{rot}, \Omega) \times (0, T)$, такое что $\forall \mathbf{W} \in H_0(\operatorname{rot}, \Omega)$:

$$\int_{\Omega} \mu^{-1} \operatorname{rot} \mathbf{E} \cdot \operatorname{rot} \mathbf{W} d\Omega + \int_{\Omega} \sigma \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \cdot \mathbf{W} d\Omega + \int_{\partial\Omega} (\mu^{-1} \operatorname{rot} \mathbf{E} \times \mathbf{n}) \cdot \mathbf{W} d\Omega = - \int_{\Omega} \frac{\partial \mathbf{J}_0}{\partial t} \cdot \mathbf{W} d\Omega$$

$$H(\operatorname{rot}, \Omega) = \{x \in \mathbf{L}_2(\Omega) : \operatorname{rot} x \in \mathbf{L}_2(\Omega)\}$$

$$H_0(\operatorname{rot}; \Omega) = \{\mathbf{u} \in H(\operatorname{rot}; \Omega) \mid \mathbf{u} \times \mathbf{n}|_{\partial\Omega} = 0\}$$

$$\mathbf{E} = \sum_{k=1}^{N_e} e_k \mathbf{W}_k,$$

Схема аппроксимации по времени

$$\mathbf{B}\mathbf{e}(t) + S \frac{\partial \mathbf{e}(t)}{\partial t} = - \frac{\partial F}{\partial t}$$

$$[B]_{ij} = (\mu^{-1} \operatorname{rot} \mathbf{W}_i, \operatorname{rot} \mathbf{W}_j) \quad [S]_{ij} = (\sigma \mathbf{W}_i, \mathbf{W}_j) \quad [F]_i = (J_0, \mathbf{W}_i)$$

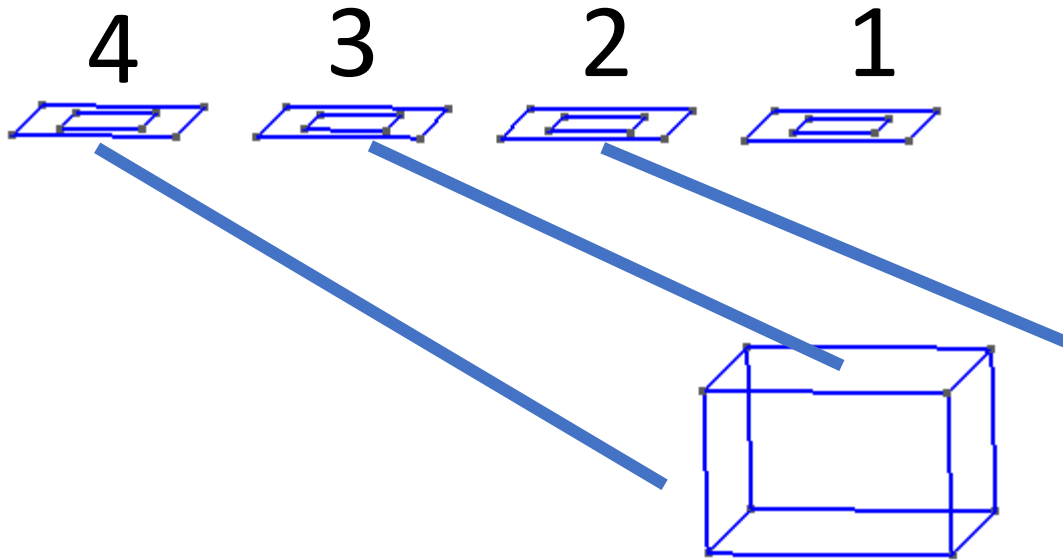
\mathbf{W}_i – реберная базисная функция

Трехточечная неявная схема с геометрическим шагом

$$B e^{n+1} + \frac{2}{\tau_2 \tau_0} S e^{n+1} = \frac{\tau_2}{\tau_1 \tau_0} S e^n - \frac{\tau_0}{\tau_1 \tau_2} S e^{n-1} - \frac{1}{\tau_0} (F^{n+1} - F^n)$$

$$\tau_0 = t_{n+1} - t_n \quad \tau_1 = t_n - t_{n-1} \quad \tau_2 = t_{n+1} - t_{n-1}$$

Моделирование сигналов ЗСБ в задачах рудной геофизики



Рудный объект параллелепипед 300 x 300 x 200 м на глубине 300 м.

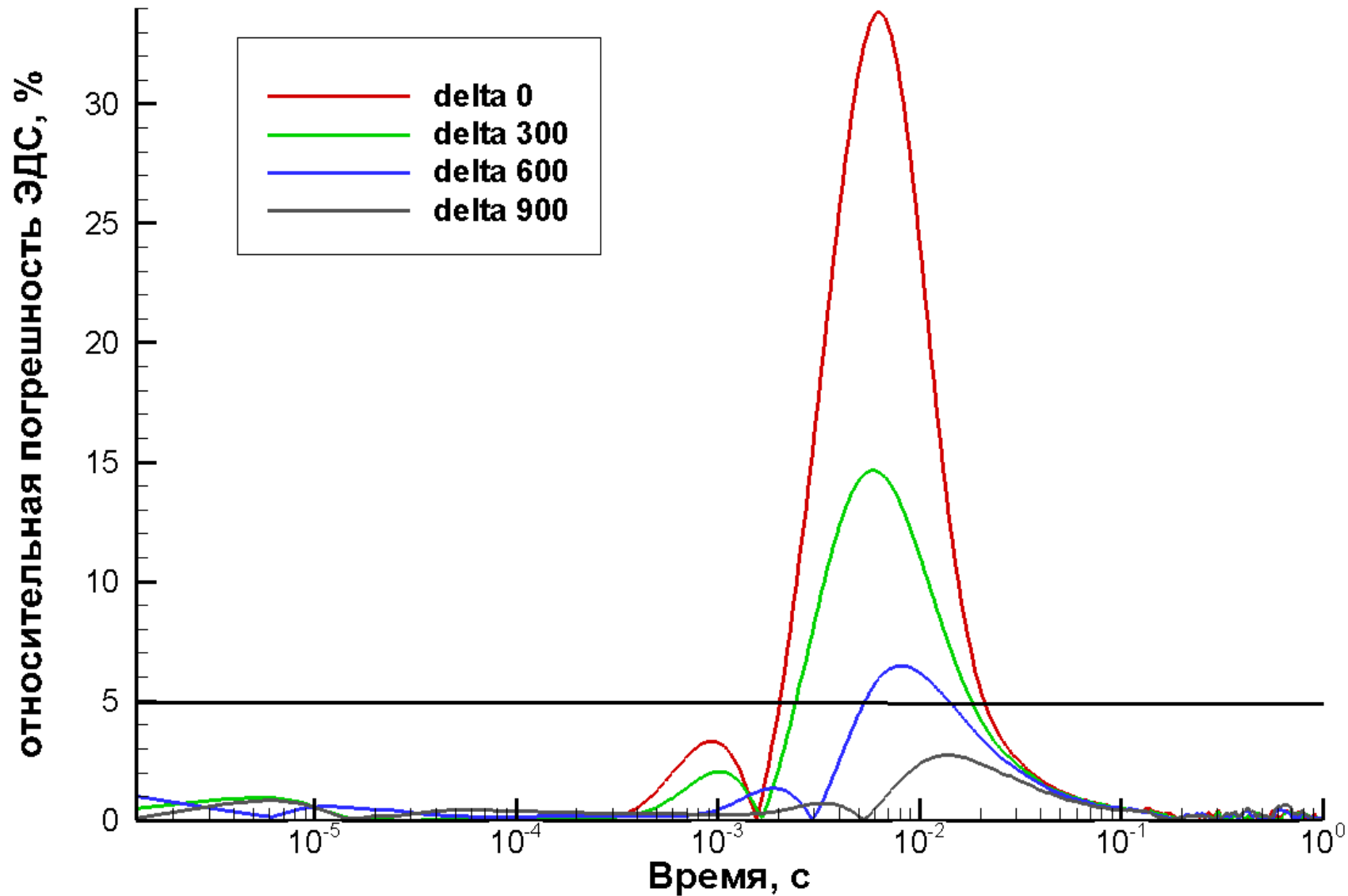
Установка: 200 x 200 м генераторная петля, 100 x 100 приемная петля.

Сопротивление вмещающей среды 50 ом, сопротивление объекта 2 ом

Номер установки	Центр генераторной петли	Положение относительно центра объекта
4	(-900, 0)	900 м влево
3	(-600, 0)	600 м влево
2	(-300, 0)	300 м влево
1	(0, 0)	Над центром

Время моделирования от 1 мкс до 1 с

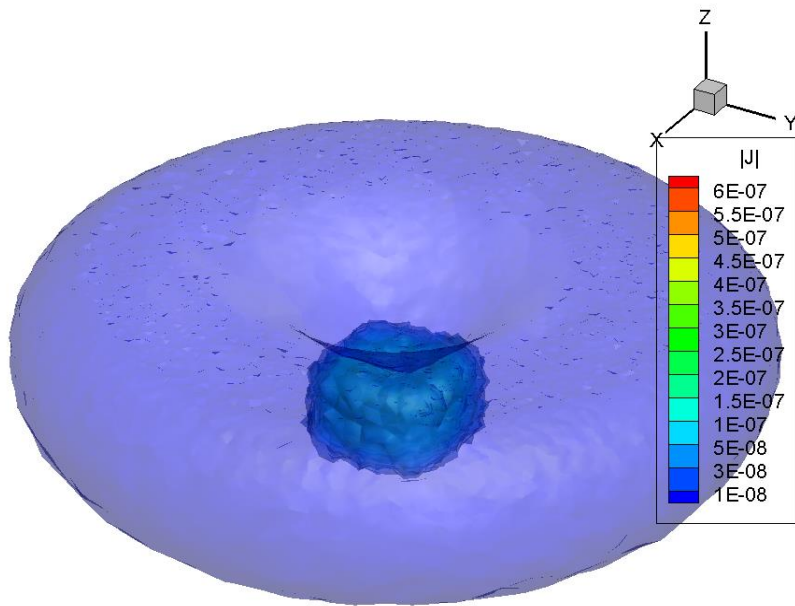
Моделирование сигналов ЗСБ в задачах рудной геофизики



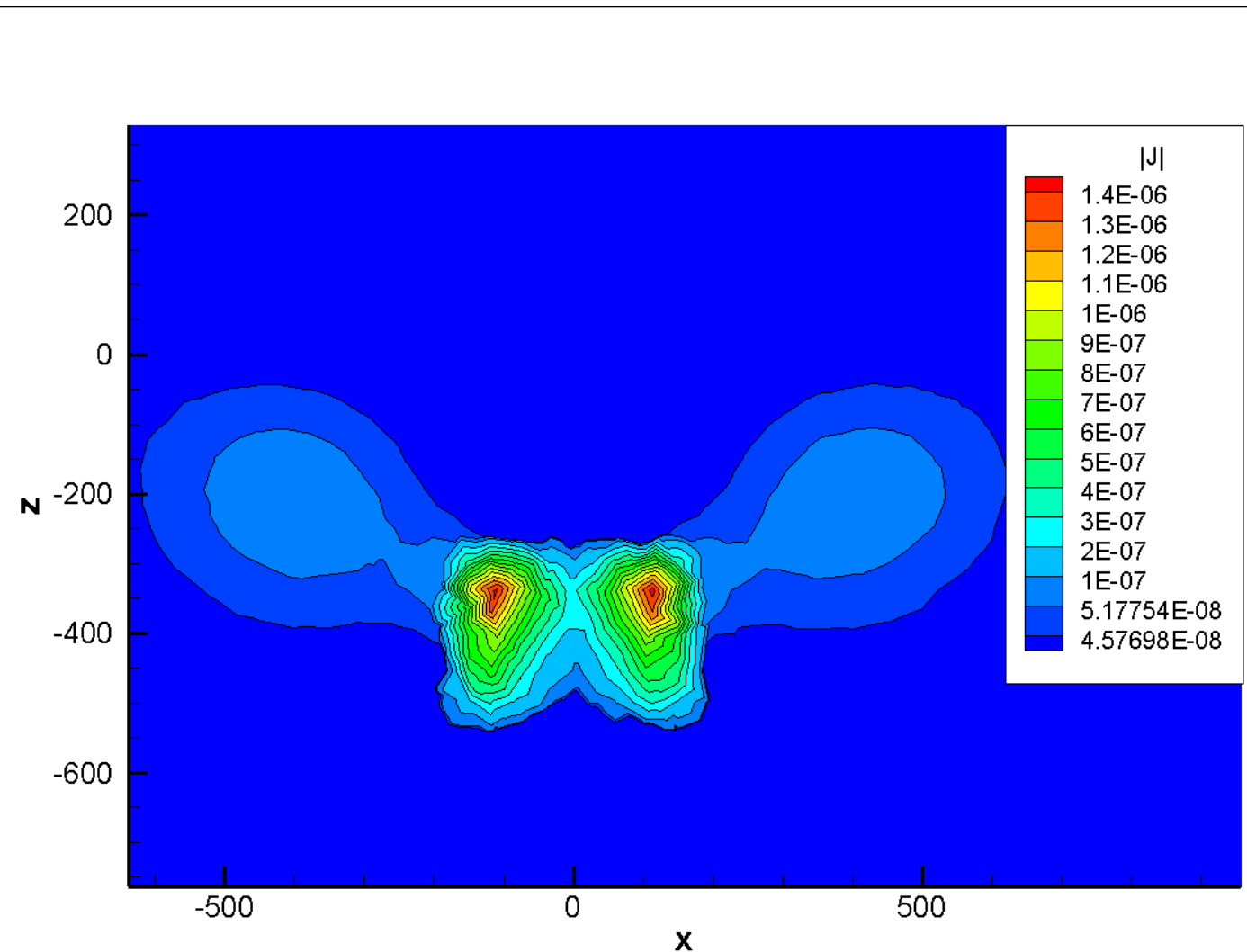
Моделирование сигналов ЗСБ в задачах рудной геофизики

Распределение модуля тока в сечении $y=0$ в момент времени 4 мс

Распределение
изоповерхностей тока в
момент времени 4 мс

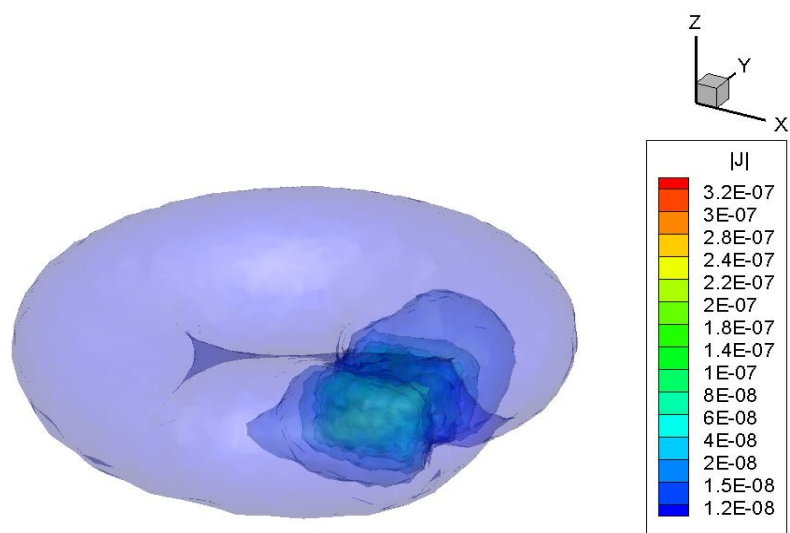


Генератор над объектом



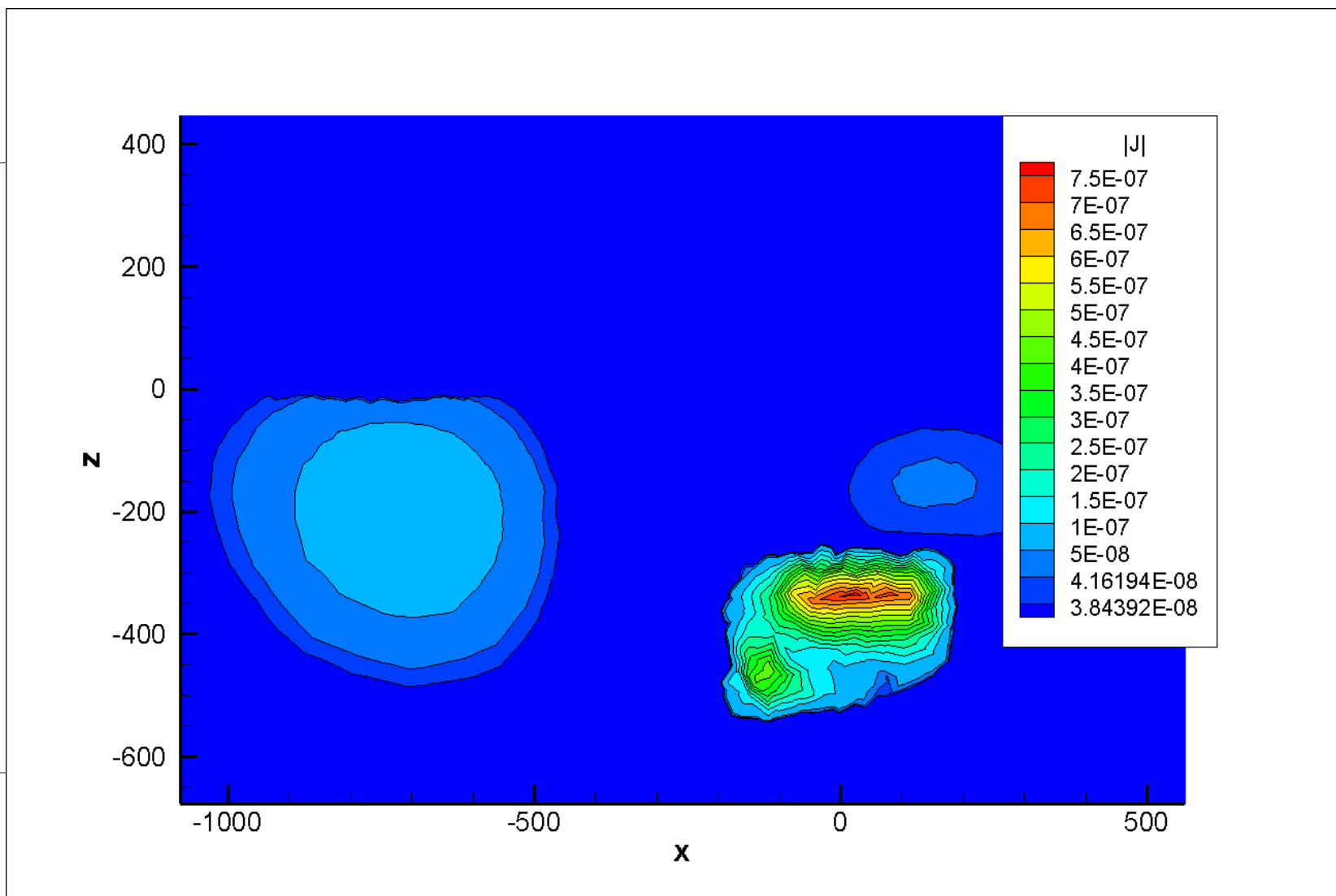
Моделирование сигналов ЗСБ в задачах рудной геофизики

Распределение
изоповерхностей тока в
момент времени 4 мс



Генератор смещен на 300 м

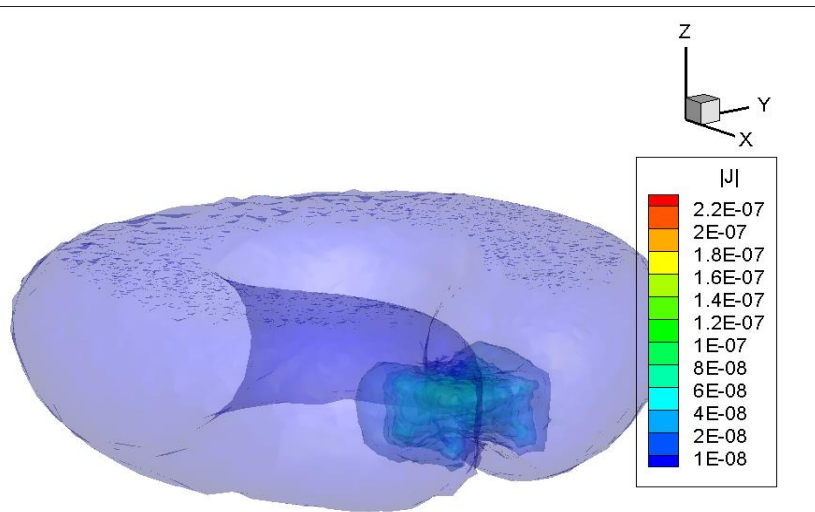
Распределение модуля тока в сечении $y=0$ в момент времени 4 мс



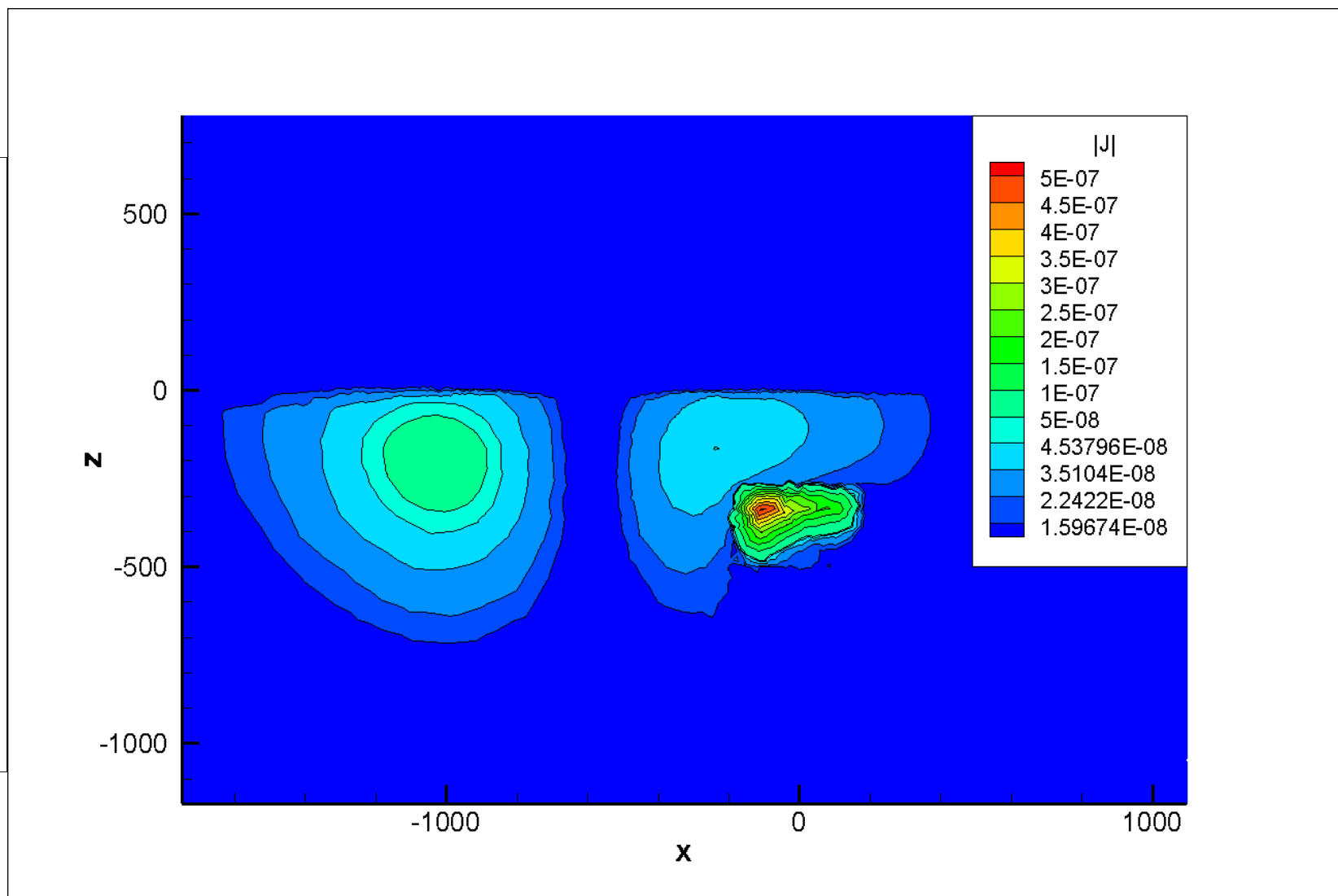
Моделирование сигналов ЗСБ в задачах рудной геофизики

Распределение модуля тока в сечении $y=0$ в момент времени 4 мс

Распределение
изоповерхностей тока в
момент времени 4 мс



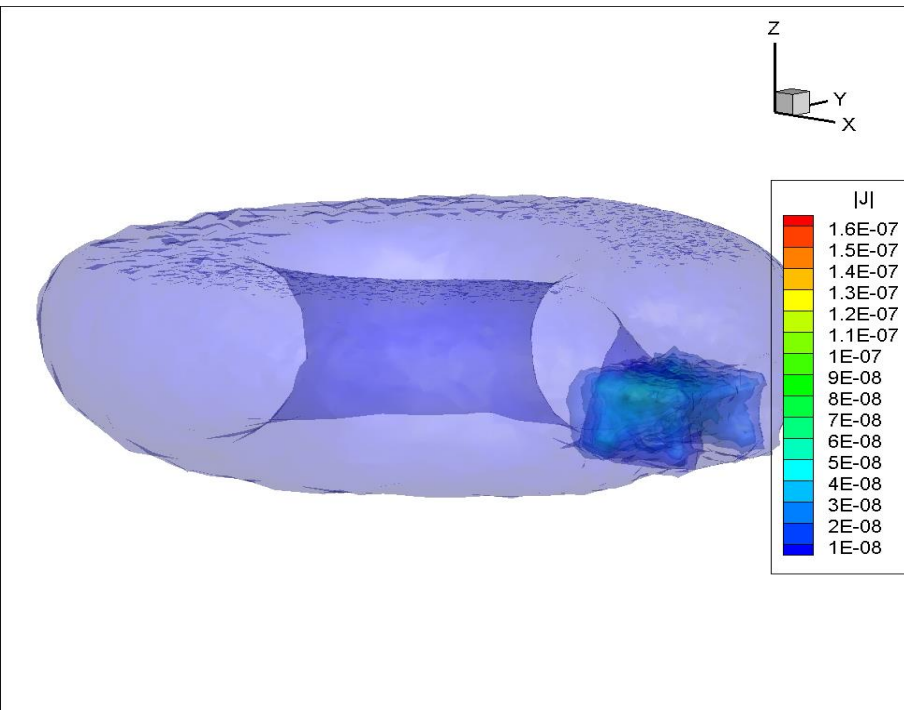
Генератор смещен на 600 м



Моделирование сигналов ЗСБ в задачах рудной геофизики

Распределение модуля тока в сечении $y=0$ в момент времени 4 мс

Распределение
изоповерхностей тока в
момент времени 4 мс



Генератор смещен на 900 м

