

Численное моделирование данных электромагнитного каротажа с использованием параллельных вычислений

Научные руководители:
Глинских В.Н.
Киреев С.Е.

Выполнила:
Буланцева Ю.О.

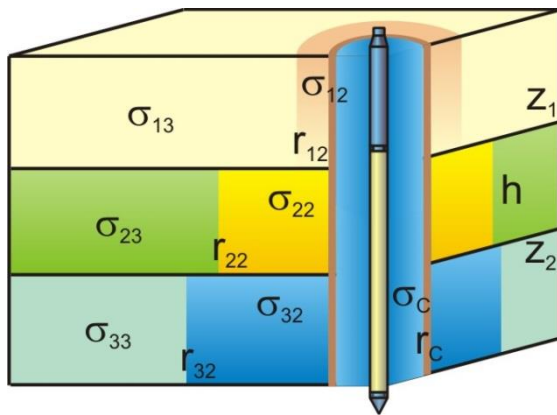
Новосибирск 2013

Задачи

1. Разработать параллельный алгоритм численного решения прямой двумерной задачи электромагнитного каротажа в нефтегазовых скважинах
2. Провести математическое моделирование диаграмм электромагнитного каротажа в типичных геоэлектрических моделях нефтяных пластов
3. Провести сравнительный анализ производительности вычислений

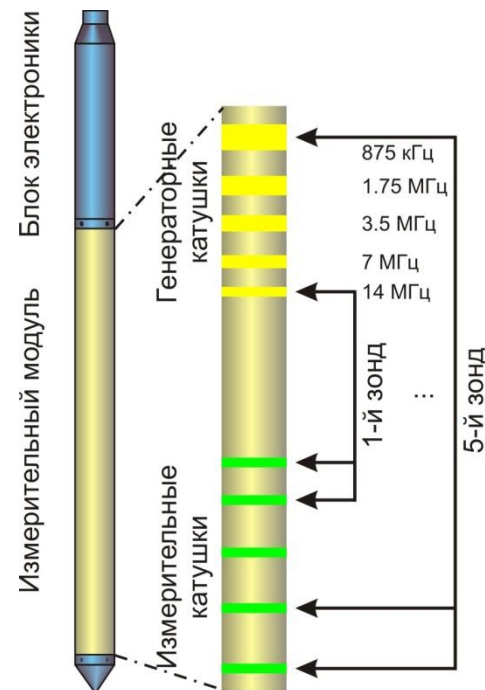
Электромагнитный каротаж

Двумерная геоэлектрическая модель



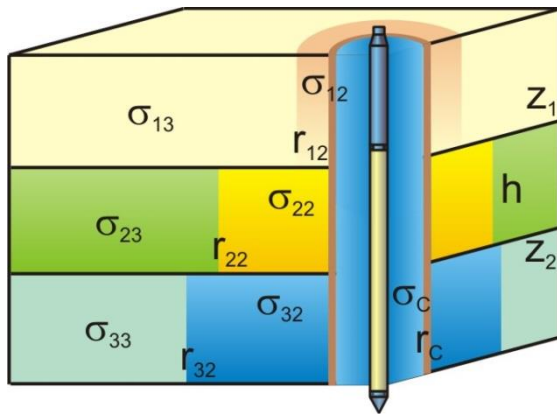
- σ_{ij} – электропроводность
- z_j – координаты горизонтальных границ
- r_{jl} – координаты цилиндрических границ

Зонд электромагнитного каротажа



- Частота 0,875-14 МГц
- Длина 0,5 - 2,0м

Решение двумерной прямой задачи электромагнитного каротажа



Уравнения Максвелла:

$$\begin{cases} \text{rot } \vec{H} = \gamma \vec{E} + \vec{j}^{cm} \\ \text{rot } \vec{E} = i \omega \mu_0 \vec{H} \end{cases}$$

Уравнение Гельмгольца:

$$\text{rot rot } \vec{E} + k^2(r, z) \vec{E} = -i \omega \mu_0 \vec{j}^{cm}$$

Метод возмущений:

$$\sigma(r, z) = \sigma_b(p) + \delta\sigma(r, z)$$

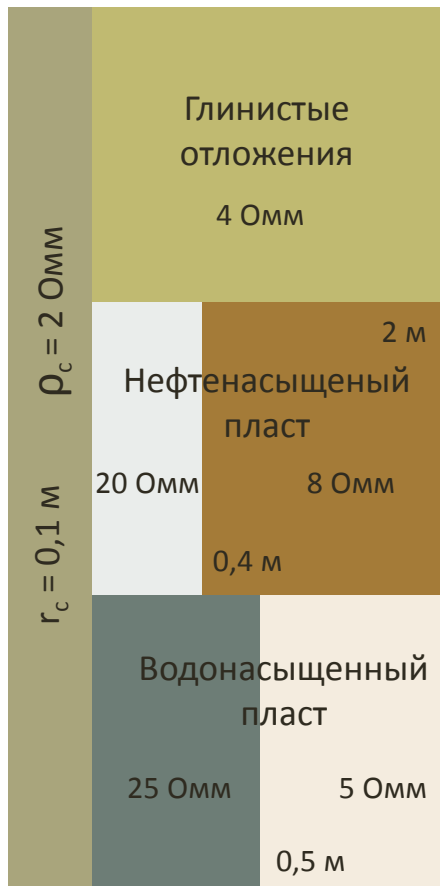
$$\vec{E} = \vec{E}_b + \delta\vec{E}$$

Решение интегрального уравнения для электрического поля

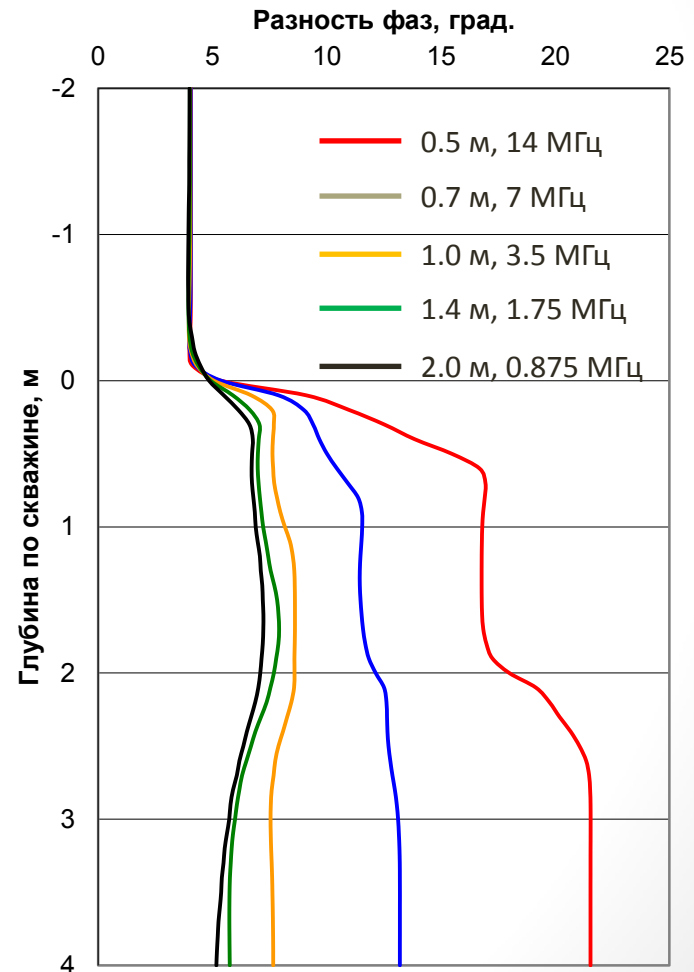
$$\vec{E}(r_0, z_0 | r, z) = \vec{E}^b(r_0, z_0 | r, z) - 2\pi \int_S \delta k^2(\tilde{r}, \tilde{z}) \vec{G}^E(r, z | \tilde{r}, \tilde{z}) \vec{E}(r_0, z_0 | \tilde{r}, \tilde{z}) dS$$

Двумерное моделирование диаграмм электромагнитного каротажа

Двумерная геоэлектрическая модель нефтенасыщенного пласта



Синтетические диаграммы



Построение диаграммы

Параметры задачи:

- Распределение электропроводности в среде
- Параметры зонда
 - Длина зонда
 - Частота зонда
 - Глубина погружения зонда

Выход:

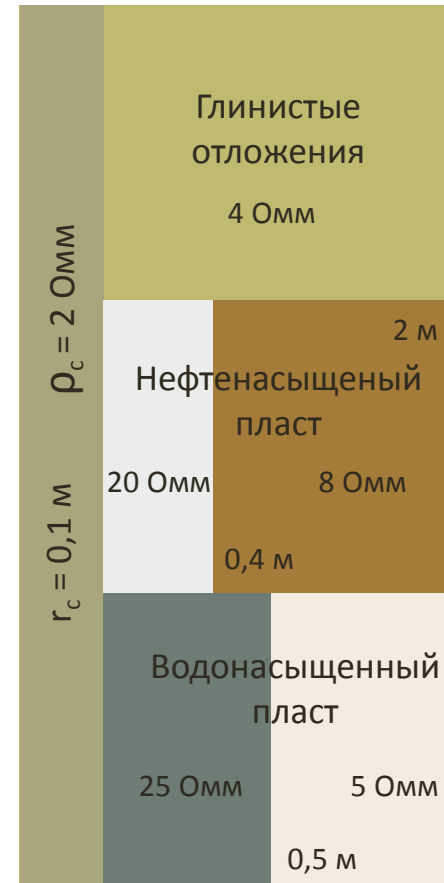
- Диаграмма, соответствующая модели среды:
 - зависимость разности фаз от глубины погружения зонда для зондов с различными параметрами

Вычисление:

- Разность фаз - это результат вычисления интеграла по пласту среды на заданной глубине
- Пласт среды определяет область интегрирования
- Параметры задачи входят в подынтегральную функцию

Алгоритм

- 1) Задание параметров среды
- 2) Перебор глубин погружения (в заданном диапазоне, с заданным шагом)
- 3) Перебор зондов с различными параметрами
- 4) Определение профиля в зависимости от типа и глубины погружения зонда
- 5) Перебор катушек зондов
- 6) Вычисление разности фаз для заданного профиля и заданных параметров зонда



Что сделано

- Реализована параллельная программа вычисления интеграла в одной подобласти с использованием OpenMP+MPI

Планы

- Реализовать вычисление интеграла во всех подобластях
- Параллельная реализация методом декомпозиции пространства моделирования

Спасибо за внимание