

Отчет об использовании кластера ИВЦ НГУ

1. Наименование работы

Исследование систем источник-приемник (тороидальные и соленоидальные) в скважинной электроразведке

2. Состав коллектива исполнителей

Архипов Дмитрий Александрович, младший научный сотрудник, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука.

3. Контактное лицо (ФИО, адрес электронной почты)

Архипов Д.А., d_arhipov@list.ru

4. Научное содержание работы

(а) Постановка задачи

Поведение трехмерного электрического поля при гармонической зависимости от времени ($e^{i\omega t}$) описывается векторным уравнением Гельмгольца

$$\operatorname{rot}\mu^{-1}\operatorname{rot}\mathbf{E} + k^2\mathbf{E} = -i\omega\mathbf{J}_s, \quad (1)$$

$$\mathbf{E} \times \mathbf{n}|_{\partial\Omega} = 0$$

где $k^2 = i\omega\sigma - \omega^2\varepsilon$, \mathbf{E} - напряженность электрического поля, комплексная векторная функция, ω - циклическая частота (Гц), ε - диэлектрическая проницаемость (Ф/м), μ - магнитная проницаемость (Гн/м), σ - электрическая проводимость (См/м), i - мнимая единица, Ω - область моделирования, $\partial\Omega$ - граница области Ω , \mathbf{J}_s - вектор плотности тока, $\mathbf{J}_s \in [\mathbf{L}_2(\Omega)]^3$ и удовлетворяет условию $\operatorname{div}\mathbf{J}_s = 0$.

Моделирование проводится в среде со слабо проводящим слоем и обсаженной генераторной скважиной (см. рис. 1). Геометрия тороидального источника представлена на рис. 2.

Геометрические параметры среды:

Внешний радиус тороидальной катушки: 0.035 м.

Внутренний радиус тороидальной катушки: 0.025 м.

Высота тороидальной катушки: 0.01 м.

Число витков тороидальной катушки: 20.

Радиус соленоидальной катушки: 0.035 м.

Мощность слабопроводящего слоя: 0.5 м.

Радиус скважины: 0.108 м.

Толщина обсадной колонны: 0.02 м.

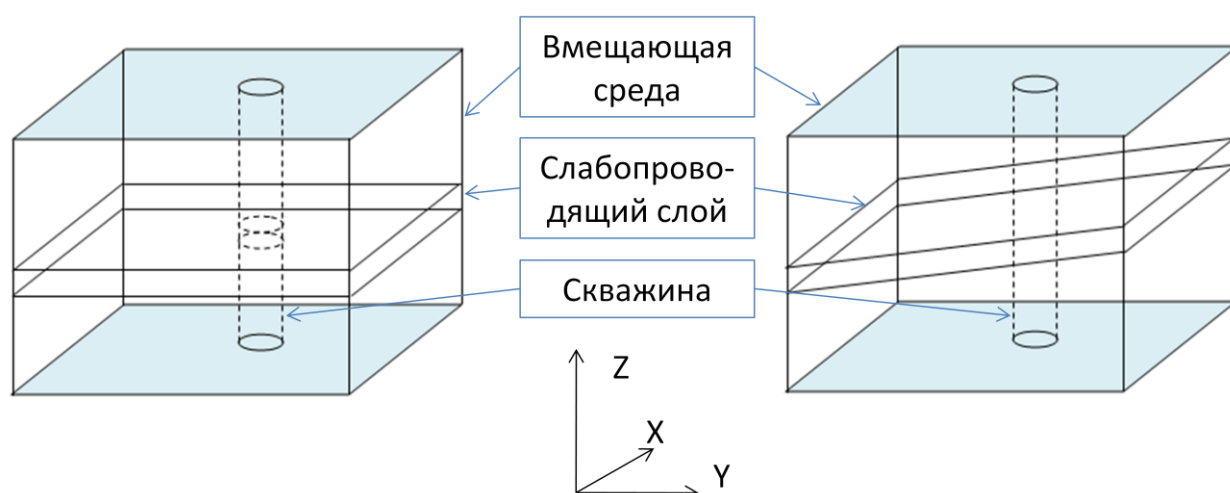


Рис. 1. Область моделирования.

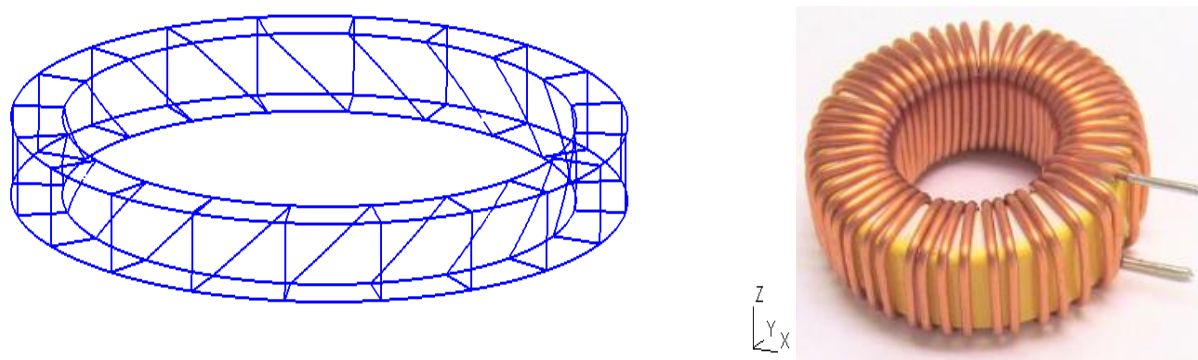


Рис. 2. Торoidalный источник.

Электрофизические параметры среды представлены в следующей таблице

Область	ϵ	μ	$\sigma, [Sm/m]$
Буровой раствор	1	1	5
Обсадная колонна	1	1	1.0e+6
Вмещающая среда	1	1	0.2
Слабopроводящий слой	1	1	0.01
Сердечник генераторной торoidalной катушки	3.5	200	0.1
Сердечник приемной торoidalной катушки	1	1	1.0e-6

Сила тока: 1 А. Частота источника: 14 МГц и 500 кГц.

(b) Современное состояние проблемы

Необходимость разработки эффективных вычислительных схем для интерпретации результатов измерений, полученных в наземной или скважинной электроразведке, приводит ко все возрастающим требованиям к процедурам многовариантного прямого моделирования, т.е. к эффективным алгоритмам решения систем уравнений Максвелла в трехмерных сложнопостроенных областях.

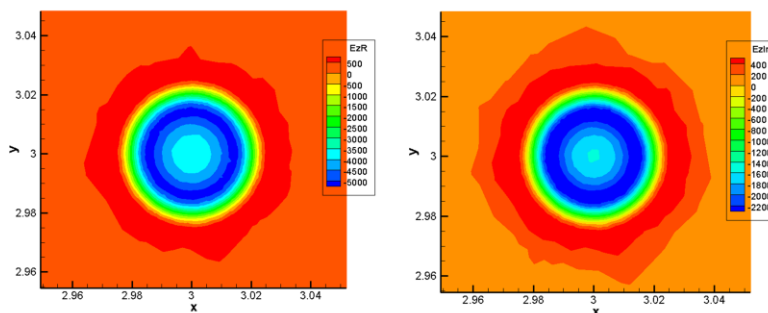
Поэтому использование суперкомпьютеров и параллельных алгоритмов может широко использоваться в нефте- и газодобыче.

В скважинной электроразведке используются скважины, обсаженные стальными колоннами, что при моделировании приводит к неизмеримо большим размерностям задачи, поэтому необходимо разрабатывать математические модели, позволяющие строить либо параллельные алгоритмы, ориентированные на использование вычислительных кластеров, или позволяющие уменьшить размерность задачи сокращением области моделирования или заменой обсадки плоскостью.

(с) Полученные результаты

В результате работы были получены распределения напряженности электрического поля. На рисунках (3)-(5) приведены напряженности электромагнитного поля.

Электрическое поле в сечении генераторной катушки,
компонента E_z



Магнитное поле в сечении генераторной катушки

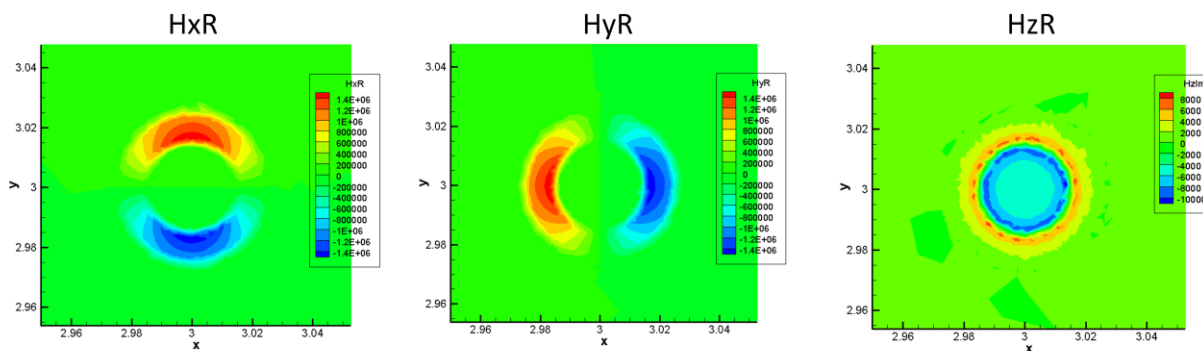
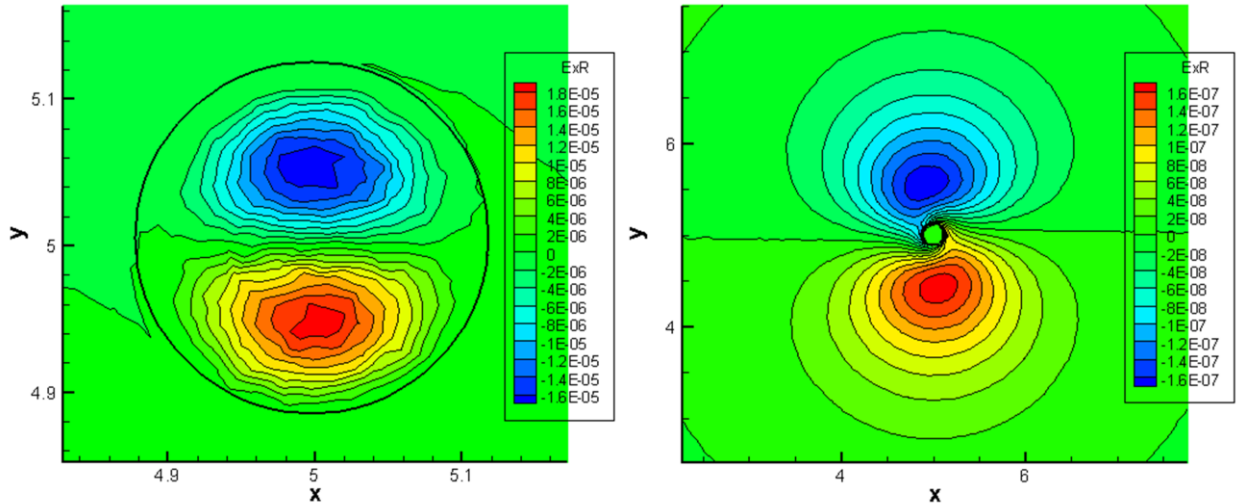


Рис. 3. Распределение напряженности электромагнитного поля в тороидальной катушке.

Действительная компонента E_x . Обсаженная скважина.



Сечение плоскостью xOy .

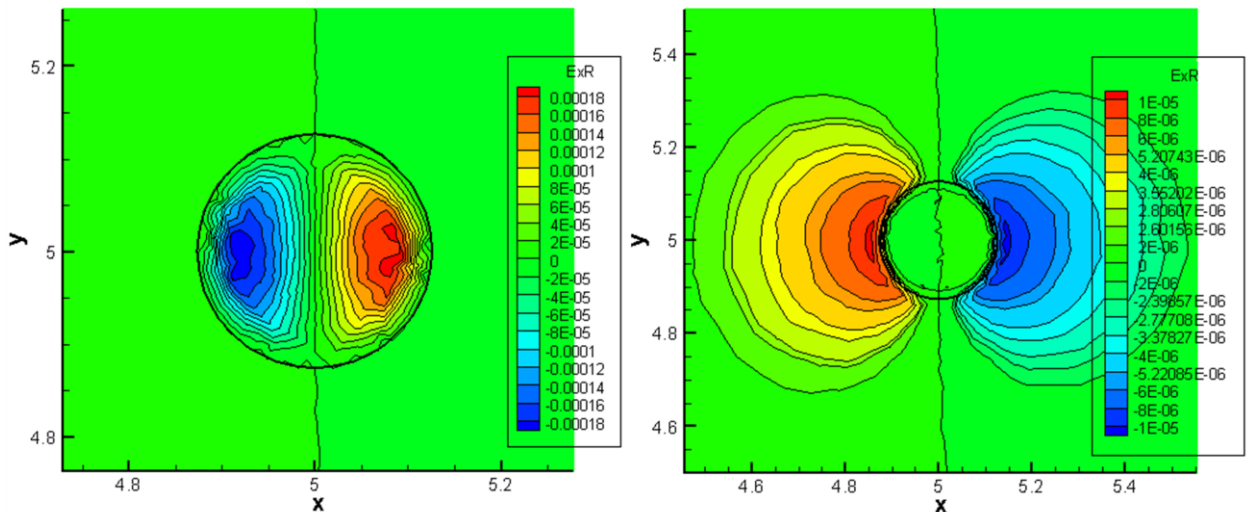
1 м ниже генераторной петли.

Сечение плоскостью xOy .

1.5 м ниже генераторной петли.

Рис. 4. Распределение напряженности электромагнитного поля в соленоидальной катушке. Частота 1 МГц.

Действительная компонента E_x . Обсаженная скважина.



Сечение плоскостью xOy .

0.75 м ниже генераторной петли.

Сечение плоскостью xOy .

1 м ниже генераторной петли.

Рис. 5. Распределение напряженности электромагнитного поля в соленоидальной катушке. Частота 1 МГц.

(d) Эффект от использования кластера в достижении целей работы

Без использования кластера решение поставленной задачи было бы неосуществимо.

5. Ваши впечатления от работы вычислительной системы и деятельности ИВЦ НГУ, а также Ваши предложения по их совершенствованию.

С появлением узлов с оперативной памятью 190 Гбайт, полностью перешел на ваш кластер и доволен его работой.