

Отчет об использовании оборудования ИВЦ НГУ

Тема работы

Разработка вычислительных схем для математического моделирования электромагнитного геофизического зонда.

Состав коллектива

1. Долгун Алексей Александрович: ИНГГ СО РАН, м.н.с. лаборатории многомасштабной геофизики, к.ф.-м.н., DolgunAA@ipgg.sbras.ru
2. Эпов Михаил Иванович: ИНГГ СО РАН, г.н.с. лаборатории многомасштабной геофизики, д.т.н., академик РАН, EpovMI@ipgg.sbras.ru; зав. кафедрой геофизики ГГФ НГУ
3. Глинских Вячеслав Николаевич: ИНГГ СО РАН, зав. лабораторией многомасштабной геофизики, д.ф.-м.н., член-корр. РАН, GlinskikhVN@ipgg.sbras.ru; доцент кафедры геологии месторождений нефти и газа ГГФ НГУ

Научное содержание работы

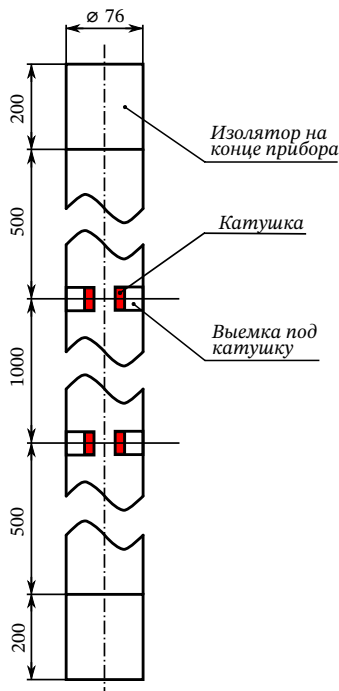


Рис. 1. Модель прибора

В настоящее время одной из актуальных проблем, с которой сталкиваются исследователи при поиске нефтегазовых месторождений, является выделение нефтенасыщенных пластов-коллекторов, образованных чередованием тонких песчаных и глинистых слоев. При электроразведке тип флюидонасыщения определяется по удельному электрическому сопротивлению (УЭС). Обычно нефтенасыщенные коллекторы обладают высоким УЭС. Однако наличие проводящих слоев глин, чередующихся с нефтенасыщенными песчаниками, снижает электрическое сопротивление, и такие коллекторы могут быть интерпретированы как водонасыщенные.

Для разделения по типу насыщения производится измерение вертикального и горизонтального УЭС (анизотропии УЭС). Параметры анизотропии определяются с помощью сложных зондов с ортогональными катушками. Такие системы используют ведущие зарубежные компании: Baker Hughes GE, Halliburton, Schlumberger и др. В данной работе производится разработка вычислительных схем для моделирования подобного отечественного прибора.

На рис. 1 представлена упрощенная модель устройства, применяемая для расчетов. Зонд состоит из металлического корпуса и двух тороидальных генераторных катушек, утопленных внутрь корпуса. Моделирование производится с помощью векторного метода конечных элементов. Решается уравнение второго порядка относительно вектор-потенциала $\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A}$, $\mathbf{E} = -i\omega\mathbf{A}$:

$$\nabla \times \left(\frac{1}{\mu_0 \mu} \nabla \times \mathbf{A} \right) + (i\omega\sigma - \omega^2 \epsilon_0 \epsilon) \mathbf{A} = \mathbf{J}.$$

Моделирование тороидальных катушек производится напрямую, без использования дипольных представлений. Учитываются реальные размеры катушек, а также проводимость и

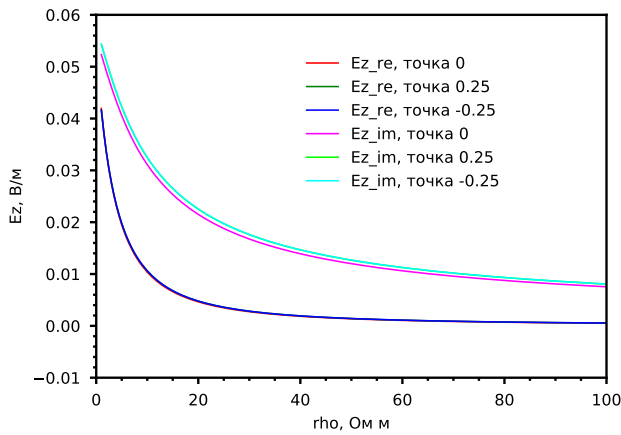


Рис. 2. E_z в трех точках на поверхности прибора в зависимости от УЭС окружающего скважину пространства

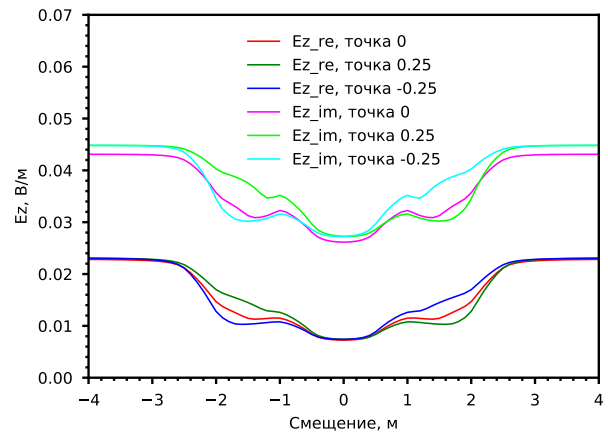


Рис. 3. E_z в трех точках на поверхности прибора в зависимости от смещения прибора относительно пласта

магнитная проницаемость сердечника.

Зонд движется в скважине с УЭС бурового раствора 2 Ом·м и УЭС окружающего скважину пространства 4 Ом·м, пересекая пласт толщиной 3 м с УЭС 15 Ом·м. Измеряемыми величинами является компонента E_z электрического поля на поверхности прибора в трех точках вдоль корпуса.

Сначала решается задача для неподвижного зонда при отсутствии слабо проводящего пласта и изменении УЭС окружающего скважину пространства. На рис. 2 показаны полученные кривые для действительной и мнимой частей E_z . Эти кривые являются опорными при выполнении инверсии.

На рис. 3 показано, как изменяется E_z при движении в скважине при наличии пласта и указанных выше значениях УЭС в пласте и окружающем пространстве. Видно значительное изменение действительной и мнимой компонент при прохождении пласта во всех точках.

Наконец, на рис. 4 показано кажущееся сопротивление в окружающем скважину про-

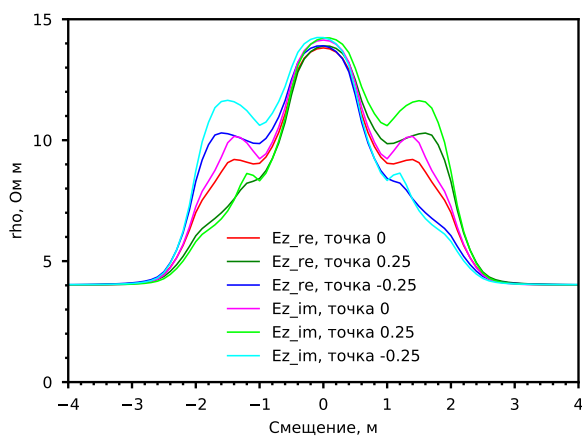


Рис. 4. Кажущееся сопротивление для трех точек на поверхности прибора относительно зонда со скважиной в однородной среде

странстве при движении зонда. Оно получено путем вычисления значения УЭС по рис. 2 для значений E_z при проходе пласта (рис. 3). Хорошо видно, что до входа в пласт и после выхода из него УЭС равно 4 Ом·м, а во время прохода достигает практически до 15 Ом·м, что соответствует начально заданным значениям.

Эффект от использования кластера в достижении целей работы

Кластер использовался для ускорения вычислений и оказал особую помощь в решении серий задач, возникающих при изменении параметров (УЭС среды, положения зонда и т.п.).