

PP01

The Software Emfcore for Joint Geoelectrical Model Computation

M. Uramaev* (IPGG SB RAS), K. Serdyuk (IPGG SB RAS), D. Teytelbaum (IPGG SB RAS), A. Vlasov (IPGG SB RAS), A. Sobolev (IPGG SB RAS) & I. Yeltsov (IPGG SB RAS)

SUMMARY

This paper presents the description of the software Emfcore for well-logging interpretation. Emfcore contains computational procedures for VIKIZ, lateral logging, induction logging and laterlog data processing. The software permits creating a joint 1D cylindrically layered geoelectrical model

Программная библиотека Emfcoге для построения согласованной геоэлектрической модели пласта

М. Ш. Урамаев (ИНГГ СО РАН), К. С. Сердюк (ИНГГ СО РАН), Д. В. Тейтельбаум (ИНГГ СО РАН), А. А. Власов (ИНГГ СО РАН), А. Ю. Соболев (ИНГГ СО РАН), И. Н. Ельцов (ИНГГ СО РАН)*

Введение

Изучению электрических свойств околоскважинного пространства уделяется особое внимание, поскольку они тесно связаны с нефтяным насыщением горных пород. В настоящий момент основными методами, позволяющими определять удельное электрическое сопротивление (УЭС), являются высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование (ВИКИЗ) и индукционный каротаж (ИК), а также боковое каротажное зондирование (БКЗ) и боковой каротаж (БК).

Программная библиотека Emfcoге предоставляет полноценный инструмент для обработки данных, полученных с помощью методов ВИКИЗ, БКЗ, ИК и БК, а также проведения совместной инверсии и построения согласованной геоэлектрической модели околоскважинного пространства. Ключевой особенностью программного продукта является возможность встраивания в готовые интерпретационные системы. Emfcoге реализована в виде динамически подключаемой библиотеки с унифицированными интерфейсами вычислительных процедур.

Основной областью применения библиотеки Emfcoге является автоматическая обработка данных электрометрии в попластовом режиме, как для современных скважин, так и для скважин старого фонда. В отличие от изорезистивной методики в Emfcoге применяется подход, при котором строится геоэлектрическая модель, удовлетворяющая зарегистрированным сигналам нескольких методов.

Наряду с процедурами, работающими в автоматическом режиме, Emfcoге также включает в себя инструменты графического пользовательского интерфейса для ручной (детально настраиваемой) инверсии одного пласта.

Инструмент построения геоэлектрической модели

В основу вычислительных процедур библиотеки Emfcoге были положены математические алгоритмы из программной системы EMF Pro [1]. В настоящий момент времени Emfcoге состоит из нескольких частей – модуль обработки данных ВИКИЗ, модуль обработки данных БКЗ и инструмент совместной инверсии. Моделирование сигналов БК и ИК используется при построении согласованной модели среды.

Инструмент интерпретации данных ВИКИЗ представлен следующим набором вычислительных процедур:

- расчет кажущихся УЭС по значениям измеренных разностей фаз ВИКИЗ;
- восстановление значений разности фаз ВИКИЗ по кажущимся УЭС;
- коррекция данных ВИКИЗ за эксцентриситет;
- снятие существенных значений разности фаз и отношения амплитуд ВИКИЗ в пласте;
- автоматическая инверсия данных ВИКИЗ;
- ручная инверсия данных ВИКИЗ.

Инструмент интерпретации данных БКЗ представлен следующим набором вычислительных процедур:

- снятие существенных значений сопротивлений по методу БКЗ в пласте;

- снятие существенных значений сопротивлений по методу БКЗ в пласте с учетом вмещающих пород;
- оценка сопротивления бурового раствора по методу БКЗ;
- оценка качества каротажа БКЗ;
- автоматическая инверсия данных БКЗ;
- ручная инверсия данных БКЗ.

Инструмент совместной обработки состоит из оценки качества, автоматической и ручной инверсии данных ВИКИЗ, БКЗ, ИК и БК. В данном модуле подбирается согласованная геоэлектрическая модель околоскважинного пространства по всем перечисленным методам.

Оценка качества каротажа. Предобработка

При обработке данных скважин старого фонда зачастую приходится вносить правки в исходные измерения, с целью устранения несогласующихся результатов или приведению к соответствующего вида моделям. Программная библиотека Emfcore предоставляет набор процедур для предварительной обработки зарегистрированных сигналов.

Коррекция данных ВИКИЗ за эксцентриситет позволяет привести исходные значения сигналов к осесимметричной модели, используя палетки на основе трехмерного моделирования. Коррекция данных БКЗ заключается в снятии существенных значений в тонких пластах с учетом влияния сопротивления вмещающих пород и скважины.

Оценка качества каротажа проводится по опорным пластам большой мощности. В результате, получают коэффициенты, на которые нужно умножить измеренные значения, чтобы они были наиболее близки к теоретическим показаниям в смоделированных двухслойной моделью опорных пластах.

Единая геоэлектрическая модель

Задача построения геоэлектрической модели решается для одномерно цилиндрически-симметричной слоистой среды. Сначала выделяются пласты вдоль ствола скважины, затем снимаются существенные значения в пластах, строится начальная модели и на её основе осуществляется инверсия. На рисунке 1 представлена четырехслойная модель среды, каждый слой характеризуется параметрами удельным электрическим сопротивлением и относительной диэлектрической проницаемостью (только для ВИКИЗ). Максимальное число радиальных зон для Emfcore может равняться пяти (между «скважиной» и «зоной проникновения» может быть добавлена «промытая зона»).

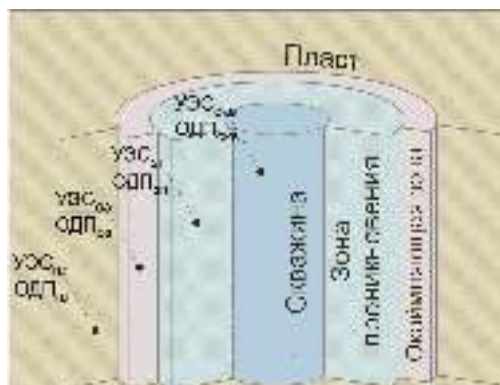


Рисунок 1 Модель коаксиально-цилиндрической среды, используемая при моделировании.

Идея использования единой геоэлектрической модели позволяет проводить интерпретацию БКЗ и ВИКИЗ как независимо друг от друга, так и в совместном режиме. ВИКИЗ обладает лучшей чувствительностью к низкоомным областям разреза, а за счет фокусирующих свойств он в меньшей мере подвержен влиянию скважины, прискважинной области и вмещающих пород. Метод БКЗ лучше чувствует высокоомные участки, но его диаграммы искажаются действием экранирующего эффекта [2]. Совместная инверсия ВИКИЗ и БКЗ уменьшает область эквивалентных геоэлектрических моделей среды и позволяет, главным образом, уточнить параметры зоны проникновения. По этой причине методика комплексной интерпретации данных электрического каротажа позволяет получать более надежные результаты.

Комплексная интерпретация

Реализованы две процедуры решения совместной обратной задачи, для автоматизированного и полуавтоматизированного получения геоэлектрической модели прискважинной области. Задача сводится к минимизации функционала, который описывает расхождение теоретически рассчитанных и экспериментальных данных. Обратная задача считается решённой тогда, когда суммарное расхождение по всем методам становится минимальным. Так как решение задачи находится в некоторой области эквивалентности из-за неопределённости модельных данных и ошибок измерений, обратная задача является неоднозначной. Привлечение большего количества данных позволяет снизить эту эквивалентность. Несмотря на различие механизмов распространения полей, в данном случае, постоянного электрического (БКЗ, БК) и переменного электромагнитного (ВИКИЗ, ИК), в конечном результате они отражают УЭС одной и той же среды, их показания зависят от электрических свойств исследуемых пород [3]. Но для этого необходим учёт многих факторов, способных повлиять на результат совместной инверсии. Необходимо знать условия проведения каротажа, учитывать различную чувствительность методов к параметрам геологического разреза и петрофизические особенности пород. В тонкослоистых разрезах также необходимо учитывать влияние вмещающих пород и контролировать достоверность подобранных моделей.

Результатом является построение геоэлектрического разреза. При проведении интерпретации определяются следующие параметры среды: удельное сопротивление пластов, зоны проникновения и окаймляющей зоны, а также радиусы цилиндрических границ.

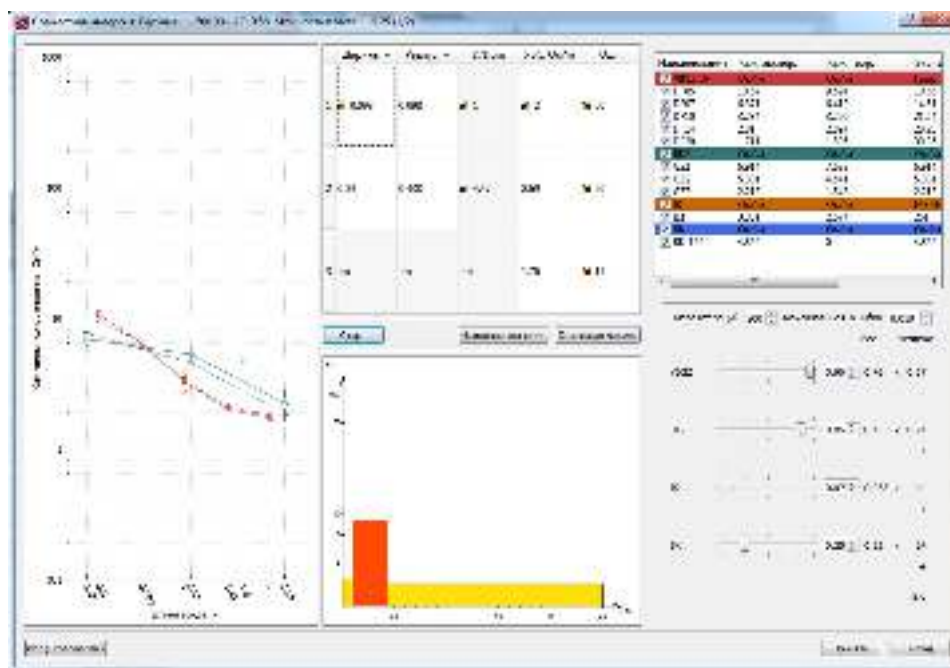


Рисунок 2 Диалоговое окно совместной ручной инверсии.

Полуавтоматическая инверсия производится на интервалах пластов, которые требуют дополнительного рассмотрения. Для каждого рассматриваемого интервала выводится окно интерпретации (рисунок 2).

Заключение

Основное назначение библиотеки Emfcore — проведение промышленной интерпретации в кратчайшие сроки, используя полный комплекс электрических исследований скважин. Развитие алгоритмических и аппаратно-вычислительных средств позволило создать методику реализации быстрых расчётов, аналогичных численному моделированию сигналов [4, 5]. Большинство алгоритмов, реализованных в программной библиотеке Emfcore, используют оптимизированные программные палетки и механизмы высокопроизводительных расчетов. Основной задачей при организации и ускорении процесса интерпретации данных является упрощение как пользовательского, так и программного интерфейсов, что позволяет производить обработку большого количества скважин за короткий промежуток времени.

Благодарности

Команда разработчиков выражает благодарность Алексею Лубинцу за помощь в тестировании библиотеки Emfcore и ее интеграции в интерпретационную систему Techlog.

Библиография

1. Эпов, М.И., Каюров, К.Н., Ельцов, И.Н., Петров, А.Н., Сухорукова, К.В., Соболев, А.Ю., Власов, А.А. [2010] Новый аппаратный комплекс геофизического каротажа СКЛ и программно-методические средства интерпретации EMF PRO. *Бурение и нефть*, № 2, 16-19.
2. Ингерман, В.Г. [1981] *Автоматизированная интерпретация результатов геофизических исследований скважин*. В.Г.Ингерман. М.: Недра, 224.
3. Калинин [1990] *Методические указания по комплексной интерпретации данных БКЗ, БК, ИК*. НПО «Союзпромгеофизика», 85.
4. Сердюк, К.С., Власов, А.А., Соболев, А.Ю., Ельцов, И.Н. [2014] Технология создания многопараметричных палеток для решения прямых и обратных задач скважинной геоэлектрики. *НТВ “Каротажник”*, Тверь: Изд. АИС, 7(241).
5. Мартыянов, А.С., Тейтельбаум, Д.В., Сердюк, К.С., Власов, А.А., Ельцов, И.Н. [2011] Использование свободных сетевых ресурсов предприятия для решения емких вычислительных геофизических задач. *НТВ “Каротажник”*, Тверь: Изд. АИС, 11(209).