

## ВЛИЯНИЕ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА ЗОНДОВ НА ТРАНСФОРМАЦИИ СИГНАЛОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КАРОТАЖА

Д.А. Литвиченко

Научный руководитель доцент К.В. Сухорукова

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,  
г. Новосибирск, Россия

На территории Западной Сибири для исследования в вертикальных и наклонных скважинах часто применяются разновидности метода высокочастотного электромагнитного каротажного зондирования (ВЭМКЗ) [2]. Каротаж этим методом обычно проводится без центрирования прибора. Контраст удельного электрического сопротивления (УЭС) пород и бурового раствора приводит к тому, что на сигнал влияет эксцентриситет аппаратуры в скважине [3].

При смещении зонда вихревые токи, создаваемые полем генератора, пересекают границу скважины и породы, в результате чего на ней образуются электрические заряды, которые влияют на показания прибора [1] тем сильнее, чем выше рабочая частота зонда (диапазон частот ВЭМКЗ от 0.875 до 14 МГц).

Исследование заключается в сравнении результатов трансформации синтетических сигналов (разности фаз и отношения амплитуд э.д.с. в приемных катушках зондов) в кажущееся УЭС и кажущуюся относительную диэлектрическую проницаемость (ДП) при положении зонда на оси и на стенке скважины со значениями УЭС и ДП модели. Эти трансформации традиционно вычисляются в приближении однородной среды и используются, в том числе, в автоматизированной системе инверсии EMF Pro, разработанной для численной инверсии данных ВЭМКЗ.

Синтетические сигналы рассчитаны для широкого диапазона УЭС пласта и для единичной относительной ДП. Диаметр скважины 0.124, 0.146, 0.216, 0.300 м; диаметр прибора 0.073 и 0.102 м, УЭС бурового раствора варьируется от 0.02 Ом·м до 500 Ом·м; УЭС пласта от 0.1 до 2000 Ом·м.

В модели с биополимерным буровым раствором (диаметр скважины 0.216 м, прибора 0.073 м, УЭС раствора 0.02 Ом·м) значения трансформации в кажущееся УЭС не совпадают с модельными параметрами (рис. 1): при смещенном положении зонда значения меньше модельных, а при центральном – больше (для УЭС пласта не более 300 Ом·м).

При положении на оси скважины при сопротивлении пласта 250 – 700 Ом·м значения кажущегося УЭС длинных зондов резко увеличиваются до 20000 Ом·м, а затем уменьшаются. Этот эффект менее выражен для совместной трансформации в кажущееся УЭС: ее значения для длинного зонда (DF20) практически совпадают с модельными при любом положении зонда при УЭС пласта до 300 Ом·м.

Значения трансформации в кажущуюся ДП при центральном положении зонда завышены (до нескольких десятков) для зондов средней длины при УЭС пласта до 100 Ом·м, а также при смещенном положении для двух длинных зондов при низких УЭС пласта (до 2 Ом·м), в остальном диапазоне соответствуют модельному при центральном положении зондов и составляют около 10 при смещенном.

Трансформации в кажущееся УЭС (как разности фаз, так и совместной) в модели с буровым раствором на нефтяной основе (диаметр скважины 0.216 м, УЭС 500 Ом·м) совпадают с модельными значениями УЭС пласта практически на всем интервале сопротивлений.

При большом контрасте УЭС бурового раствора и пласта (УЭС пласта от 0.1 до 5 Ом·м при УЭС бурового раствора 500 Ом·м) значения кажущегося сопротивления зондов DF05, DF07 и DF10 для смещенного положения превышают модельные (до 30 Ом·м).

Эффект расхождения значений при большом контрасте наблюдается на всех диаграммах. При УЭС пласта более 2 Ом·м кажущаяся ДП для всех зондов при любом положении соответствует модельному значению.

### Выводы.

В результате численного моделирования сигналов ВЭМКЗ в геоэлектрической модели «скважина-пласт» получено следующее.

1. Влияние эксцентриситета на значения обеих трансформаций в кажущееся УЭС длинного зонда не превышает погрешности измерений в широком диапазоне УЭС пласта. Влияние смещения зонда на стенку скважины приводит к уменьшению значений обеих трансформаций в кажущееся УЭС, тем большему, чем выше частота зонда (меньше длина), что соответствует наличию понижающей зоны проникновения. Следовательно, необходим учет влияния смещения зонда с оси скважины до расчета трансформаций при большом контрасте УЭС пласта и бурового раствора.
2. Влияние эксцентриситета зонда на значения трансформации в кажущуюся ДП не приводит к значительному отличию от модельного значения ДП пласта. Значения кажущейся ДП завышены во всех случаях при низком УЭС пласта, а также для средних зондов при их центральном положении в скважине с биополимерным раствором низкого УЭС.
3. Влияние эксцентриситета снижается с увеличением сопротивления бурового раствора и длины зонда (с уменьшением частоты).

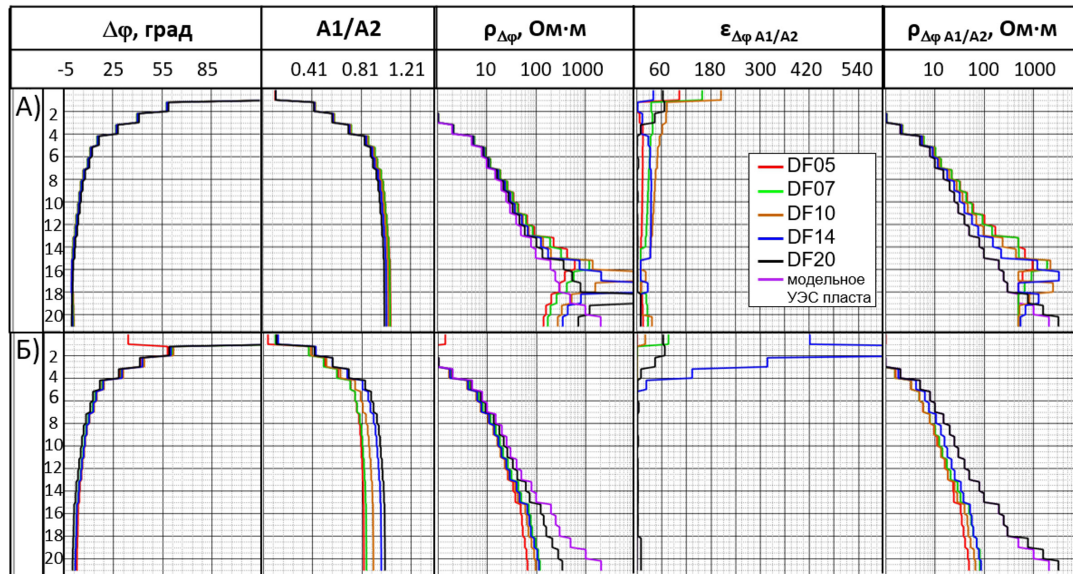


Рис.1. Результат трансформации сигналов ВЭМКЗ в относительную диэлектрическую проницаемость по однородной среде. Модель "скважина-пласт": УЭС раствора = 0.02 Ом·м, диаметр скважины = 0.216 м. А) зонд расположен на оси скважины; Б) зонд расположен на стенке скважины. Столбцы слева направо: разность фаз, отношение амплитуд, трансформация разности фаз в кажущееся сопротивление, совместная трансформация разности фаз и отношения амплитуд в диэлектрическую проницаемость и в кажущееся сопротивление

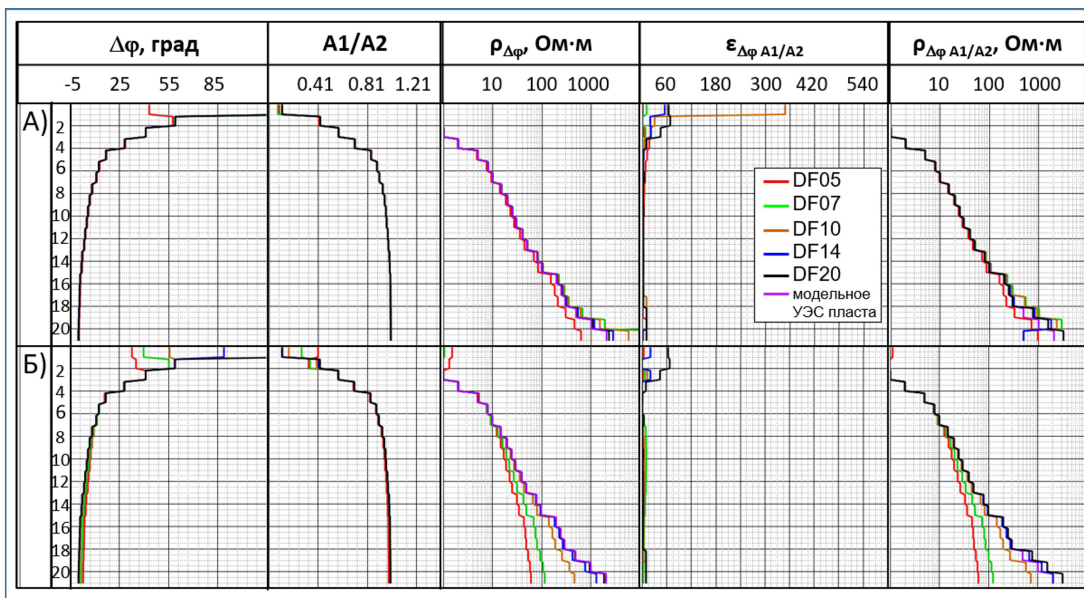


Рис. 2. Результат трансформации сигналов ВЭМКЗ в относительную диэлектрическую проницаемость по однородной среде. Модель «скважина-пласт»: диаметр скважины = 0.216 м, УЭС раствора = 1 Ом·м. А) зонд расположен на оси скважины; Б) зонд расположен на стенке скважины. Легенду см. на рис. 1

#### Литература

1. Горбатенко А.А., Вологдин Ф.В., Сухорукова К.В. Моделирование влияния неровностей стенки скважины и эксцентриситета каротажного зонда на показания высокочастотного электромагнитного каротажного зондирования в скважинах с высокопроводящим раствором // Каротажник. – 2013. – №2. – С. 54–64.
2. Технология исследования нефтегазовых скважин на основе ВЭКИЗ. Методическое руководство / Под ред. М.И. Эпов, Ю.Н. Антонов. – М.: Издательство СО РАН, 2000. – 122 с.
3. Эпов М.И., Сухорукова К.В. Электрические и электромагнитные каротажные зондирования в реалистичных моделях нефтегазовых коллекторов: численное моделирование и интерпретация // Геофизический журнал. – 2012. – № 4. – С. 5–15.