

Унифицированный алгоритм инверсии данных азимутального индукционного каротажа в процессе бурения для повышения эффективности проводки скважин в коллекторах углеводородов

М.В. Свиридов¹, А.П. Мосин²

¹ООО «Роджии-Европа», m.sviridov@rogii.com

²ООО «Роджии-Европа», a.mosin@rogii.com

АННОТАЦИЯ

Приборы индукционного каротажа обладают наибольшей глубиной среди всех каротажных методов и могут быть использованы для определения свойств удаленных от скважины зон среды. Данная особенность является критически важным фактором для геонавигации – процедуры проводки ствола скважины в наиболее перспективных участках пласта с использованием технологий наклонно-направленного бурения для максимизации притока углеводородов. Применение индукционных приборов в процессе бурения позволяет осуществлять геонавигацию проактивным образом – определять свойства геологических объектов на расстоянии и на основе этой информации принимать обоснованные решения по изменению направления бурения в целях недопущения вскрытия нежелательных объектов, или наоборот, прокладки скважины таким путем, чтобы достичь наиболее проницаемые и насыщенные углеводородами области пласта.

Приборы индукционного каротажа в процессе бурения представляют собой высокотехнологичные устройства, предоставляющие многозондовые и многочастотные измерения. Приборы последнего поколения имеют ортогонально или наклонно расположенные передающие / приемные антенны, которые обеспечивают измерениям азимутальную чувствительность, то есть несут в себе информацию о пространственной ориентации геологических объектов, окружающих скважину. Этих данных обычно достаточно чтобы с приемлемой точностью определить параметры среды, вмещающей скважину.

Для обработки измерений приборов и построения геоэлектрических моделей сред в реальном времени применяются специальные алгоритмы инверсии. В настоящее время в отрасли нет единого стандарта для таких алгоритмов, оценки качества их результатов и формы предоставления. Большинство существующих алгоритмов разработаны производителями приборов для внутреннего использования и только для их собственной продуктовой линейки. Различия в конфигурациях применяемых приборов и подходах к обработке их измерений от производителя к производителю часто приводит к разной эффективности геонавигации в геологических условиях конкретного месторождения. У операторов месторождений зачастую отсутствует возможность произвести сравнение эффективности приборов от различных поставщиков перед началом работ из-за различий в определении ключевых терминов, используемых моделях сред, применяемых алгоритмах инверсии и форматах выдачи результатов.

В докладе будет представлена первая реализация алгоритма инверсии, который применим к любому из существующих приборов и позволяет стандартизировать эффективность геонавигации. Предлагаемый унифицированный алгоритм основан на одномерной горизонтально-слоистой модели среды с произвольным количеством слоев. Определяемыми параметрами модели являются горизонтальное и вертикальное удельные электрические сопротивления каждого из слоев, координаты границ слоев и угол их наклона. Алгоритм основан на стохастическом методе Монте-Карло с использованием цепей Маркова с обратимым скачком, который позволяет строить модели в автоматическом режиме, опираясь только на измеренные данные без предварительных допущений о структуре пласта. Для глобализации поиска алгоритм порождает несколько цепей Маркова, способных обмениваться своими состояниями между собой для перехода из окрестностей локальных минимумов к более перспективным областям пространства параметров. Инверсия сохраняет промежуточные модели, которыми она оперирует в ходе работы, чтобы оценить точность разрешения параметров пласта и сформировать несколько показателей качества, поставляемых вместе с итоговыми геоэлектрическими моделями. Высокая производительность инверсии достигается за счет использования быстрого и точного полуаналитического решателя для расчета откликов приборов и их производных по параметрам модели. Кроме того, одновременная эволюция нескольких цепей Маркова делает алгоритм пригодным для параллелизации, позволяя значительно сократить время вычислений.

Ключевые слова: геонавигация, азимутальный индукционный каротаж, стохастическая инверсия.
