

УДК 550.834.015.2

Н. А. Смирнов

ООО «Нефтегазгеофизика»

ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ТРЕЩИН НА ИНТЕРВАЛЬНЫЕ ВРЕМЕНА ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН В СКВАЖИНЕ (ЗНАЧЕНИЯ ЭФФЕКТОВ АКУСТИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ)

Путем проведения кросс-дипольных измерений в моделях, имитирующих скважины, показаны эффекты от одноосного сжатия и одиночной трещины. Установлено, что величины эффектов соизмеримы, а их направление перпендикулярно плоскости поляризации «быстрой» поперечной волны. Анализ измерений в реальных горизонтальных и наклонных скважинах показывает, что наблюдаемые в них эффекты, влияющие на параметры поляризованных поперечных волн, могут быть объяснены результатами модельных экспериментов.

Ключевые слова: горные породы, акустическая анизотропия, трещиноватость, кросс-дипольный акустический каротаж.

Акустическая анизотропия – различие скоростей упругих волн в зависимости от направления распространения – известна и обсуждается уже около двухсот лет [10]. Первоначально она рассматривалась касательно упругих свойств кристаллов [4] и только в последние декады двадцатого века приобрела значение в разведочной геофизике [15]. Внимание геофизиков к акустической анизотропии* горных пород, прежде всего, привлекли работы Stampin [8], в которых говорится о существенном влиянии трещиноватости на скоростные характеристики упругих волн. Также в этих работах было открыто явление «расщепления» (splitting) поперечной волны, что принципиально позволяет определить направление и плотность трещин в горной породе.

Изучение акустической анизотропии горных пород началось методами наземной сейсморазведки [6]. Появление в конце двадцатого века новой техники акустического каротажа, основанной на применении

* В начале 60-х годов прошлого века во ВНИИГРИ (сектор трещинных коллекторов, зав. сектором Е. М. Смехов) Ю. И. Кузнецовым и Б. В. Позиненко были выполнены фундаментальные исследования по анизотропии горных пород относительно их упругих свойств и влиянии трещиноватости на эти свойства. Оба исследователя тогда же успешно защитили диссертации по этой тематике. (Прим. ред.)

дипольных электроакустических преобразователей, позволило возбуждать и регистрировать в скважине поляризованные поперечные колебания [9, 12]. Таким образом, к решению задачи по изучению анизотропии стали привлекаться и каротажные данные. Однако в силу различия в системах наблюдения в сейсморазведке и в акустическом каротаже существенно различие измеряемых параметров, используемых для расчета акустической анизотропии.

1. Если в сейсморазведке измеряется разница скоростей волн, распространяющихся вдоль и поперек напластования осадочных горных пород, то есть определяются параметры Томсена [14], то при каротаже (чаще всего выполненного в вертикальной скважине) речь может идти только об азимутальной анизотропии, то есть обусловленной различием скоростей поперечных колебаний вдоль различных участков стенки скважины. *Методики, основанные на использовании расчетных значений скорости поперечной волны по значениям скорости волны Стоунли [1], которая принимается как скорость вдоль напластования, явно надуманные. Во-первых, волна Стоунли – поверхностная, и ее параметры определяются при скважинной зоной в несколько сантиметров. Во-вторых, ее скорость измеряется в направлении, параллельном оси скважины, то есть в том же самом, что и других волн. И наконец эта волна по своей природе мало чем отличается от изгибной волны, возбуждаемой дипольным излучателем, как по форме движения в колебательном процессе частиц среды, так и по глубинности.*

2. В сейсморазведке используются усредненные значения скоростей и плотностей горных пород, поэтому параметры Томсена рассчитываются на основе элементов тензора напряжений, по размерности совпадающих с модулями упругости (для чаще всего встречающихся трансверсально-изотропных сред это C_{11} , C_{12} , C_{33} , C_{44} , C_{66}). В акустическом каротаже из-за большой изменчивости интервальных времен и объемных плотностей по стволу скважины в качестве показателя азимутальной анизотропии более удобно использовать относительное изменение интервального времени поперечных колебаний по самому быстрому и самому медленному направлению [2].

В литературе называются три главные причины азимутальной анизотропии:

1. Ориентированная слоистость некоторых видов горных пород, например сланцев.

