

Научные обзоры

УДК 550.834

В. Ф. Козяр, Н. В. Козяр

ВОЛНЫ ЛЭМБА И СТОУНЛИ В СКВАЖИНЕ И РЕШАЕМЫЕ С ИХ ПОМОЩЬЮ ЗАДАЧИ ПРОМЫСЛОВОЙ ГЕОФИЗИКИ

Дан обзор применения волн Лэмба и Стоунли для решения различных геолого-геофизических, геолого-технологических и технических задач в скважинах.

Ключевые слова: акустический каротаж, волны Лэмба и Стоунли, проницаемость, контроль цементирования.

Противоречивость публикаций

Применение цифровой регистрации данных акустического каротажа (АК) резко подняло интерес к волнам Лэмба и Стоунли, параметры которых применяют для решения различных геологических и технических задач. Среди них выделение коллекторов с различной структурой порового пространства, прогнозирование и определение интервалов развития трещин гидроразрыва, оценка качества цементирования обсадных колонн и др.

Во времена аналоговой регистрации первичных данных АК публикации об этих волнах принадлежали преимущественно геофизикам-теоретикам. Они не особенно интересовали специалистов производственных организаций, не имевших возможности регистрировать эти волны и измерять их характеристики. Поэтому только в последние годы нарастает количество сообщений геофизиков-практиков о попытках применения характеристик этих волн для решения геолого-геофизических задач. Стало очевидным, что авторы разных публикаций (теоретики и практики), как правило, не понимают друг друга.

Основные причины создавшейся ситуации заключаются в следующем. Геофизики-теоретики, а в публикациях они занимают доминирующее положение, не затрудняют себя созданием какой-либо единой теории распространения волн Лэмба и Стоунли или хотя бы единой терминологии. Проявилось четкое разделение публикаций на две группы, впервые это отмечено в [5]. В одной группе приоритет принадлежит классической теории ультразвука, связанной с именами лорда Рэля, Лэмба, Н. Е. Жуковского и др. [4, 24, 35]. В другой предпочтение отдается “волновой”, или “динамической” теории Френкеля–Био–Розенбаума о распространении упругих волн в скважине, пересекающей пористые среды. “Волновой” теории принадлежит преобладающее количество публикаций.

Терминология авторов публикаций не имеет ограничений. В опубликованных источниках волны Лэмба и Стоунли фигурируют под следующими названиями: гидроволны [17, 19, 30, 34]; волны псевдорэлеевские [20, 27, 46]; волны Стоунли [25–27, 44] или Лэмба–Стоунли [9, 10, 18, 19, 23, 28, 33]; трубные волны [10, 37, 42, 43]. В работе [17] определено, что при стремлении частоты колебаний к нулю фазовая скорость гидроволны становится равной скорости “так называемой волны Лэмба”, а при увеличении частоты (в идеале до бесконечности) – монотонно приближается к скорости поверхностной волны Стоунли на плоской границе жидкости и твердого тела. Этим же свойством обладает трубная волна в работе [10]. Термин “трубная волна”, активно используемый в англоязычной литературе, соответствует волне Стоунли [37, 42]. С гидроволной также нельзя смешивать водную волну [17] и прямую гидроволну [10], фазовые скорости которых равны скорости звука в безграничной жидкости.

Большинство перечисленных наименований – волны водные, гидро-, трубные, гибриды нормальной волны Лэмба и поверхностной Стоунли – неизвестны в физике ультразвука [4, 11, 12, 24, 35].

Неустоявшаяся терминология не способствует восприятию новшеств геофизиками-практиками. Еще в большей степени обескураживают противоречивые выводы о возможности применения характеристик волн Лэмба и Стоунли для решения практических задач. Вот только два примера. Определение проницаемости пород с использованием характеристик волны Стоунли разные авторы оценивают как достижимое на количественном уровне [37, 38, 48, 51], то же самое

