

Решение структурных задач по записям сейсмических колебаний в криволинейных скважинах.

М.Т. Якупов*

(* ООО НПЦ «Геостра»)

Solution for structural problems by seismic records in curvilinear wells

M.T. Yakupov*

(* SPC “Geostra ltd”)

Аннотация

В ООО НПЦ «Геостра» завершена разработка первой версии комплекса программ обработки данных скважинной сейсморазведки «Geosis Pro». Кроме обрабатывающих программ, для этого комплекса разработана программа построения временных и глубинных разрезов по сейсмическим данным, зарегистрированным в криволинейных скважинах.

Abstract

The first version of program complex, for well seismic data processing, - Geoseis Pro was developed in SPC Ltd “Geostra”. Among other processing programs, for this complex was developed the program for constructing time and depth cuts using seismic data collected in curvilinear wells.

Решение задачи построения сейсмических разрезов осуществляется лучевым методом на основе закона Снеллиуса [1].

$$\sin(a_1)/v_1 = \sin(a_2)/v_2 = \dots = \sin(a_i)/v_i = p,$$

где p – искомый параметр луча, по направлению которого распространяется волна из пункта возбуждения до точки приема; a_i – угол падения луча на границу раздела двух сред; v_i – скорость распространения волны в соответствующих геологических пластах.

Для системы наблюдения приведенной на рис. 1 используются следующие соотношения

$$X = \sum x_i, \quad \text{где} \\ x_i = h_i * \operatorname{tg}(a_i),$$

h_i – мощность пласта, в котором распространяется волна.

Из этих равенств и (1) составляется следующее равенство:

$$X - p * \sum h_i * v_i / \sqrt{1 - p^2 v_i^2} = 0.$$

Непосредственное решение этого уравнения относительно p не простая задача и автору неизвестны способы ее устойчивого решения.

Для решения этой задачи в [2] предложено функцию представить

$$1 / \sqrt{1 - p^2 v_i^2}$$

в виде ряда Тейлора, ограничивая число членов которого, получим многочлен степени n . Тогда приближенное значение параметра p можно определить как корень следующего уравнения:

$$X - A_0 p - A_1 p^3 - \dots - A_m p^{2m+1} = 0, \text{ где} \quad (1)$$

A_i – коэффициенты определяются как члены ряда Тейлора.

Однако, этот способ не достаточно устойчивый и позволяет вычислить параметр луча p только для прямой волны. В этом случае информации о координатах пунктов возбуждения и приема колебаний вполне достаточно для решения задачи прослеживания лишь прямой волны.

Для прослеживания отраженных волн кроме информации о координатах пункта возбуждения и приема необходима информация и о координатах точек отражения. Т.е одного уравнения (1) для определения параметра p не достаточно. Эту информацию можно получить из решения системы уравнений, включающей уравнение 1, общий вид которой на первый взгляд достаточно прост:

$$\begin{cases} X - \sum h_i \cdot \text{tg}(a_i) = 0 \\ T - \sum t_i = 0. \end{cases}$$

Однако, системы нелинейных уравнений такого типа пока не имеют аналитического решения.

Для решения данной системы уравнений нами используется метод последовательного приближения, позволяющий определить параметр P с задаваемой точностью. Существованию и единственности решения, получаемого таким методом, способствует то, что многочлен (1), имеет единственный действительный корень [3]. Параметр P вычисляется для каждого отсчета сейсмической записи и соответственно для каждого отсчета записи вычисляются координаты точки отражения .

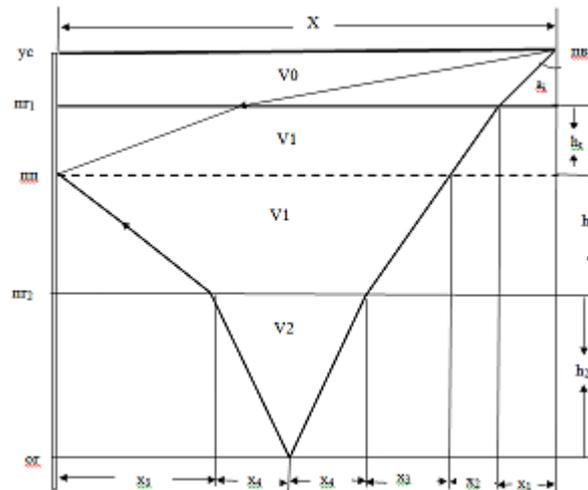


Рис.1 Схема распространения лучей прямых и отраженных волн.
 УС - устье скважины; ПВ - пункт возбуждения; ПП - пункт приема;
 ПП1- ПП2 - преломляющие границы; ОГ - отражающая граница.

Разработанный алгоритм и соответственно программа разделены на две части. В первой части на основе рассчитанных координат точек отражения производится расчет и внесение кинематических поправок за удаление пункта возбуждения. Результатом выполнения этой части алгоритма является волновое поле с введенными кинематическими поправками и массив данных содержащий информацию о положении точки отражения в пространстве и времени регистрации сигнала. Рассчитанное облако координат точек отражения в дальнейшем используется при построении временного разреза.

Во второй части программы выполняются преобразование волнового поля непосредственно во временной разрез.

Выделение процедуры расчета и ввода кинематических поправок в отдельную часть позволяет произвести оценку качества результата после ввода кинематических поправок и при необходимости скорректировать заданную модель разреза перед выполнением процедуры построения временного разреза. Случай вертикальной скважины:

В случае вертикальной скважины все точки отражения лежат в плоскости пункт возбуждения (ПВ) – устье скважины – забой. При этом построение разреза проводится вдоль отрезка прямой, соединяющей середину удаления ПВ от устья скважины с проекцией забоя скважины на горизонтальную плоскость, которая в этом случае совпадает с устьем скважины. В [4] эта линия задается координатами середины отрезка, соединяющего ПВ и устье скважины, в качестве входной информации.

На основе задаваемых параметров – шаг между пикетами и радиуса отражающей площадки – отбирается часть точек отражения и соответствующие им интервалы записей на профиле с введенными кинематическими поправками для формирования временного разреза. В этом случае все точки отражения на различных глубинах для одного ПВ располагаются на одном и том же отрезке прямой.

В случае криволинейной скважины рассмотренный выше алгоритм не применим в исходном виде, поскольку точки отражения не лежат в одной вертикальной плоскости. Поэтому для построения временного разреза изменяется алгоритм поиска интервалов записей, соответствующих точкам отражения, расположенных на скаттеррограмме, рассчитываемой для каждой заданной глубины залегающей границы. Используя задаваемый интервал между пикетами, на скаттеррограмме определяются координаты точек, вокруг которых с заданным радиусом определяется отражающая площадка и соответствующие ей интервалы сейсмических записей для формирования временного сейсмического разреза. В качестве примера на рис.2 приведены линии точек отражения – скаттеррограммы по одной из скважин для различных пунктов возбуждения для одной и той же глубины. Естественно, для различных глубин отражающей границы линии точек отражения имеют различный вид.

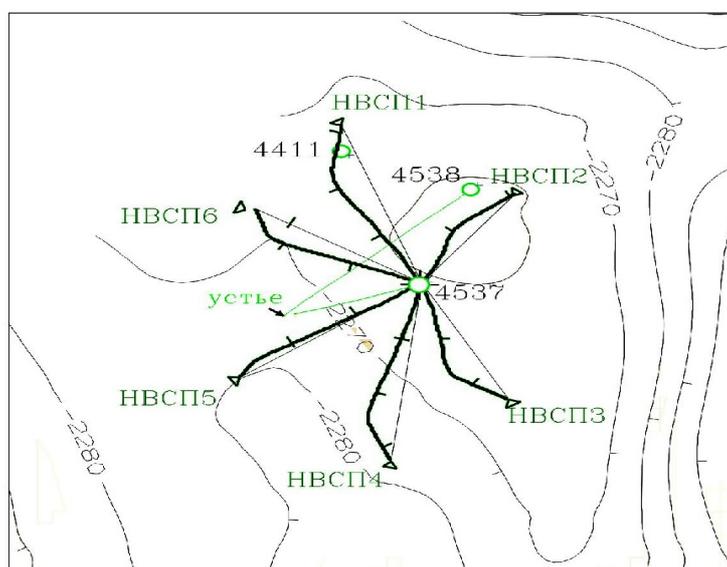


Рис. 2 Наложение скаттеррограмм на фрагмент структурной карты по кровле турнейского яруса по данным ОГТ.

На рис.3 приведен фрагмент временного разреза полученного для ПВ2 и глубины 1450

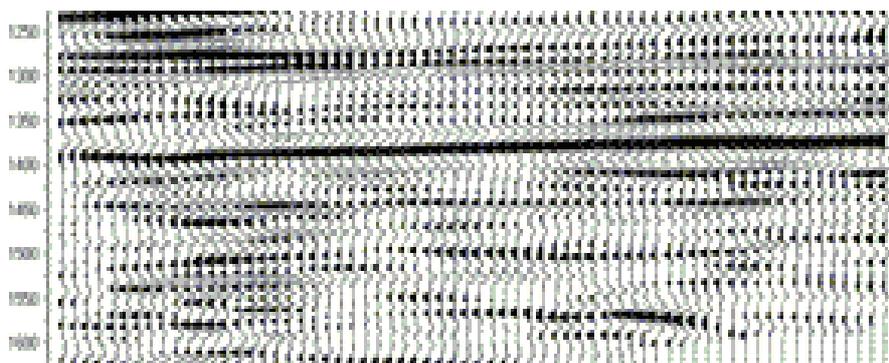


Рис.3 фрагмент временного разреза при возбуждении колебаний в ПВ2,

Получаемый таким образом временной разрез более точно позиционируется в пространстве.

Литература

1. Гурвич И.И. Сейсмическая разведка. М., Гостоптехиздат, 1960
2. Антипин Ю.Г., Исмагилова Р.С. Расчет профиля ВСП с учетом преломления волн на границах. – Разведочная геофизика, вып. 102, М., изд. “Недра” 1986.
3. Бугров Я. С., Никольский С. М. «Высшая математика», Изд-во «Дрофа», 2009 г.
4. Geocluster, Seismic Processing Software, Release 4.1- May 2006. Compagnie Generale de Geophysique 1,Rue Leon Migaux 91341 Massy Cedex-France.