Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXIX, вып. 2, 1976 г.

О ВЫБОРЕ СКОРОСТИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОТРАЖАЮЩИХ ГРАНИЦ В РАЗРЕЗАХ ПЕЧЕНГСКОГО РАЙОНА

Л.К.КОКОРИНА, М.Д.ЛИЗИНСКИЙ

При изучении сейсморазведкой рудных районов скорость для построения отражающих границ не всегда может быть выбрана методами, разработанными в нефтяной сейсморазведке применительно к горизонтально-слоистым средам. Это связано со сложностью структур кристаллических пород, интенсивной тектоникой и магматизмом, определяющими закономерности распределения скорости упругих волн в разрезах рудных районов. Изучение этих закономерностей в связи с геологическим строением Печенгского района Балтийского щита позволило обосновать методику определения скорости для построения отражающих границ на сейсмических разрезах Печенгской структуры.

Печенгская структура представляет собой мульдообразный прогиб в архейском кристаллическом фундаменте, выполненный эффузивными и осадочными породами среднего протерозоя. Разрез структуры представлен четырьмя циклами чередования эффузивных толщ и маломощных осадочных и туфогенно-осадочных горизонтов. Породы падают к центру мульды под углом 30-50°. Моноклинальное залегание пород осложнено дизъюнктивной тектоникой и складчатостью высоких порядков. Мощность наносов, представленных моренными отложениями, колеблется от 0 до 5-10 м.

С осадочными горизонтами и другими границами печенгской эффузивно-осадочной серии связаны отраженные волны. Как правило, они характеризуются типичной для рудных районов сложной формой записи, допускающей фазовую корреляцию лишь на коротких интервалах профиля и поэтому затрудняющей определение эффективной скорости. В связи с этим для построения отражающих границ разработана методика выбора скорости, основанная на представлении разрезов Печенгской структуры косослоистой моделью с постоянными значениями мощности и скорости в каждом слое. Такое представление обосновано особенностями геологического строения и результатами изучения скоростного разреза района.

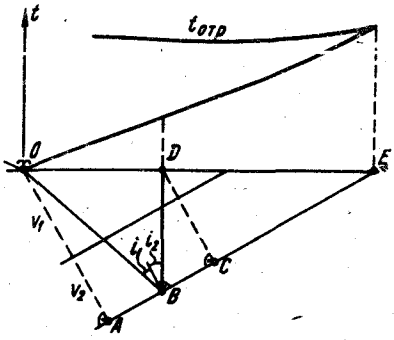


Рис.1. Схема годографов и сейсмических лучей для косослоистой модели

Для косослоистой модели разреза (рис.1) вводится понятие лучевой скорости $v_л$ отраженной волны, определяемое как отношение суммарной длины падающего и отраженного прямолинейных лучей ко времени регистрации волны в точке наблюдений:

$$v_л = \frac{\overline{OB} + BD}{\frac{\overline{OB}}{\bar{v}_{OB}} + \frac{BD}{\bar{v}_{BD}}} ,$$

где $\bar{v}$ – средняя скорость.

Такое определение обобщает известное понятие $v_л$ прямой волны на случай отраженных волн.

Для принятой модели $\bar{v}_{OB} = \bar{v}_{OE}$, $\bar{v}_{BD} = \bar{v}_{DE}$.

В свою очередь

$$\bar{v}_{OE} = v_{i_1} = l_1/t_1 , \qquad \bar{v}_{DE} = v_{i_2} = l_2/t_2 ,$$

где $l_1 = OE$, $l_2 = DE$, t_1 и t_2 – время распространения прямой волны от точки выхода отражающей границы на плоскость наблюдений соответственно до пункта взрыва (ПВ) и точки приема.

Как следует из рис.1, $\overline{OB}/BD = (l_1/l_2)(\cos i_2/\cos i_1)$.

В таком случае

$$v_л = \frac{\frac{l_1}{l_2}\cdot\frac{\cos i_2}{\cos i_1} + 1}{\frac{l_1}{l_2}\cdot\frac{\cos i_2}{\cos i_1}\cdot\frac{1}{v_{i_1}} + \frac{1}{v_{i_2}}} \approx \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2} .$$

Приближенное равенство следует из того, что в соответствии с законом Снеллиуса $\cos i_2/\cos i_1 \neq 1$, если $v_{i_1} \neq v_{i_2}$. Степень приближения можно оценить, представив формулу лучевой скорости в виде

$$v_л \approx \frac{k+1}{k/v_{i_1} + \frac{1}{v_{i_2}}} ,$$

где $k = \frac{l_1}{l_2}$,

и вычислив значение частного дифференциала

$$(dv_л)_k = \frac{\partial v_л}{\partial k} dk \approx \frac{\Delta v_i}{(k+1)^2} dk ,$$

где $\Delta v_i = |v_{i_1} - v_{i_2}|$.

Расчеты показывают, что в условиях Печенгского района, характеризующегося слабой скоростной дифференциацией пород ($v_{i_1}/v_{i_2} > 0{,}8$), величина $dk \approx \Delta k < 0{,}3k$, а $\Delta v_i < 1$ км/с. В таком случае $(dv_л)_k \approx (\Delta v_i)_k < 0{,}3k/(k+1)^2$. Эта функция принимает максималь-

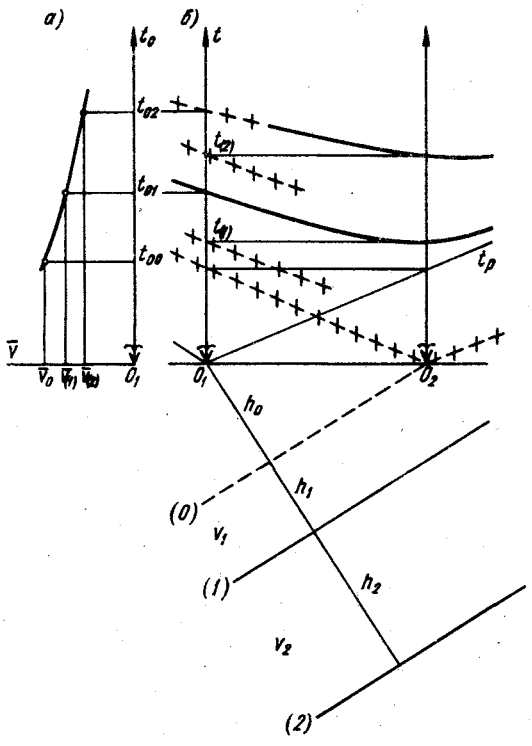


Рис.2. Схема косослоистой скоростной модели: а – скоростной разрез $\bar{v}(t_o)$; б – годографы прямых и отраженных волн

ные значения при $k = 1$, поэтому погрешность лучевой скорости за счет приближения составит $(\Delta v_л)_к < 0{,}3$ км/с, а относительная ошибка $\frac{\Delta v_л}{v_л} < 5\%$ для $v_л = 6$ км/с, соответствующего скоростному разрезу Печенгского района.

Погрешность $m_{v_л}$ вычисления лучевой скорости, вызванная случайными ошибками m_t времени регистрации прямой волны, определяется в результате дифференцирования приближения по формуле

$$m_{v_1} = \frac{v_л^2 m_t \sqrt{3}}{l_1 + l_2} .$$

Чтобы эта погрешность не превышала ошибки вычисления в Печенгском районе средней скорости по данным сейсмокаротажа (0,1 км/с), требуется соблюдение условия $l_1 + l_2 \geq 3$ км.

Как показали расчеты, лучевая скорость отраженных волн, прослеженных по восстанию границ, отличается от средней скорости незначительно (на величину, сопоставимую с погрешностью определения). На этом основана методика вычисления скоростных разрезов сейсморазведочных профилей с использованием годографов вступлений, исправленных за влияние поверхностных неоднородностей. Для определения $\bar{v}$ до отражающих границ, пересекаемых сейсморазведочным профилем, достаточно иметь годографы вступлений в окрестностях точки выхода границы на поверхность наблюдений. Определение $\bar{v}$ до более глубоких границ основано на известной скоростной модели района и оценке мощности пластов, полученной по предварительному разрезу изучаемого профиля.

Методику вычисления скоростного разреза в виде $\bar{v}(t_0)$ для системы корреляционно увязанных годографов МОВ поясняет рис.2. По годографу вступлений $t_р$ из ПВ O_1 в направлении восстания пород рассчитывают $\bar{v}_0 \approx v_л = \frac{O_1 O_2}{t_р}$ до воображаемой границы О косослоистой модели, выходящей на дневную поверхность во взаимной точке O_2 . По мощности h_0 толщи, лежащей выше упомянутой границы, для полученной $\bar{v}_0$ вычисляют $t_{00} = \frac{2h_0}{\bar{v}_0}$. Далее зависимость $\bar{v}(t_0)$ наращивают по истинным мощностям h_1, h_2 нижележащих толщ, для которых принимают значения пласто-

вой скорости v_1, v_2 в соответствии с обобщенной скоростной моделью Печенгской структуры:

по границе (1)

$$v_{(1)} = \frac{h_0 + h_1}{t_{00}/2 + h_1/v_1}; \qquad t_{01} = \frac{2(h_0 + h_1)}{\bar{v}_{(1)}},$$

до границы (2)

$$v_{(2)} = \frac{h_0 + h_1 + h_2}{t_{01}/2 + h_2/v_2}; \qquad t_{02} = \frac{2(h_0 + h_1 + h_2)}{\bar{v}_{(2)}}$$

и т.д.

Полученный скоростной разрез (рис.2, а) используют для построения отражений, прослеженных из $ПВО_1$ по восстанию пород до взаимной точки. Для годографов волн, не доведенных до $ПВО_1$ (например, $t_{(2)}$ на рис.2,б), t_0 и соответствующие $\bar{v}$ определяют с помощью экстраполяции. Скорость для построения отражений ($t_{(1)}$ и $t_{(2)}$), прослеженных из $ПВО_2$ по падению, принимают равной той, которая определена для корреляционно увязанных с ними волн, прослеженных по восстанию границ.

Методика вычисления скоростного разреза опробована при построении сейсмических профилей общей длиной около 60 км. Применение изложенной методики повысило точность построения сейсмических разрезов в сложных условиях Печенгского района. По результатам сопоставления с данными глубокого бурения, погрешность построения отражающих границ не превосходит 5%.

Выводы

1. В связи со сложностью определения эффективных скоростей для построения отражающих границ в Печенгском рудном районе разработана методика расчета по годографам вступлений лучевой скорости отраженных волн, основанная на представлении разрезов косослоистой моделью.

2. На основе изученной скоростной модели Печенгской структуры и малого (в пределах ошибки определения) различия лучевой и средней скоростей отраженных волн, наблюдаемых по восстанию пород, предложена методика вычисления скоростных разрезов сейсмических профилей, применение которой повышает точность построения отражающих границ.