

## ЭФФЕКТ ЭКРАНИРОВАНИЯ В МЕТОДЕ КМПВ

Китовани Д.Ш.

*Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили*

Изучение кристаллического фундамента – важная задача при разведке на нефть, газ, руды, при гидрогеологических и региональных исследованиях. При разведке на нефть и газ исследуются районы с глубоким залеганием фундамента ( $H > 2\text{км}$ ). Перед сейсморазведкой ставятся задачи определения мощности осадочной толщи, изучения соотношения структур фундамента и осадочного чехла, выявления и трассирования тектонических нарушений. При разведке на руды и при решении гидрогеологических задач, объектом исследований является фундамент при неглубоком его залегании ( $H < 500\text{м.}$ ). При этом изучаются физические свойства пород фундамента, выявляются контакты, тектонические нарушения, рудные тела, определяются глубины залегания кровли фундамента и его приповерхностных границ, определяется мощность зоны выветривания.

При региональных исследованиях с использованием разных методов, требуется определить глубину залегания поверхности фундамента, изучить его внутреннюю структуру.

Все сказанное свидетельствует о необходимости и важности изучения фундамента: его структуры и физических свойств в приповерхностных и внутренних частях, соотношения их с покрывающим осадочным чехлом и др.

Для изучения фундамента применяют разные сейсмические методы: отраженных волн (МОВ), общей глубинной точки (МОГТ), корреляционный метод преломленных волн (КМПВ), обменных проходящих волн (МОПВ), глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ).

Наиболее детальные и точные методы МОВ и МОГТ в ряде случаев не позволяют надежно разведать фундамент из-за характера отражающей границы, соответствующей поверхности фундамента (рассеяние колебаний др.) Даже в случае надежной регистрации отраженных волн изучается только геометрия границы. МОПВ также позволяет определить только положение и рельеф границы, свойства среды не изучаются. ГСЗ позволяет изучать поверхность фундамента и скорость в нем с очень малой степенью детальности, что обусловлено использованием низких частот и малой плотностью систем раблюдений.

Методом, обеспечивающим определение поверхности фундамента и скорости распространения волн в нем, является КМПВ. Этот метод применяется для разведки фундамента и при мелком и при глубоком его залегании, но решаются не все задачи из вышеперечисленных и не всюду с достаточной точностью.

Одной из главных причин недостаточной точности данных КМПВ по фундаменту – недостаточная разработанность физических основ метода применительно к задаче разведки фундамента, особенно для таких сред, которые характеризуются сложным строением.

Задача данной статьи заключается в том, чтобы на примере некоторых теоретических моделей показать как сильные, так и слабые стороны метода КМПВ.

### Модель 1.( вертикальная ступень )

Допустим имеется двухслойная среда с постоянными скоростями в слоях. Будем считать , что слои толстые , соблюдаются законы геометрической сейсмоки и выполняется условие  $V_2 > V_1$  , где  $V_1$  и  $V_2$  соответственно скорости распространения продольных волн в первом и во втором слоях(  $V_1 = 4,0$  км./с,  $V_2 = 6,0$  км/с). Допустим также, что в разделяющей границе этих слоев имеется вертикальная ступень, а крылья – плоские и горизонтальные. Уравнения годографов тех волн, которые будут регистрироваться в первых вступлениях, будут иметь вид:

$$t(OABx) = 2H/V_1 \cos i + x_1/V_2 \quad 2H \operatorname{tgi} \leq x_j \leq x_{BC} + H \operatorname{tgi}$$

$$t(OA_1CDx) = x_j - x_{BC}/V_2 + H/V_1 \cos \alpha + h/V_2 \cos \beta + (H+h) \cos i / V_1$$

$$x_j \geq x_{BC} + (H+h) \operatorname{tgi}$$

$$t_{\text{диф}}(OABX_j) = x_{BC}/V_2 + H \cos i / V_1 + \sqrt{H^2 + (x_j - x_{BC})^2}$$

$$t(O_1DFx_j) = x_j / V_2 + 2(H+h) \cos i / V_1 \quad 2(H+h) \operatorname{tgi} \leq x_j \leq x_{BC} + H \operatorname{tgi}$$

$$t(O_1DCKx_j) = x_{BC}/V_2 + (H+h) \cos i / V_1 + h/V_2 \cos \delta + h/V_1 \cos \gamma$$

$$x_j = x_{BC} + h \operatorname{tg} \delta + H \operatorname{tg} \gamma \quad \sin \gamma = n \sin \delta$$

Где  $h$  – амплитуда ступени ( $h = 1$ км),  $H$  – глубина залегания нижнего слоя над поднятым крылом ступени ( $H = 2$ км),  $x_j$  – текущая координата,  $n$  – показатель преломления (остальные обозначения см. Рис. 1).

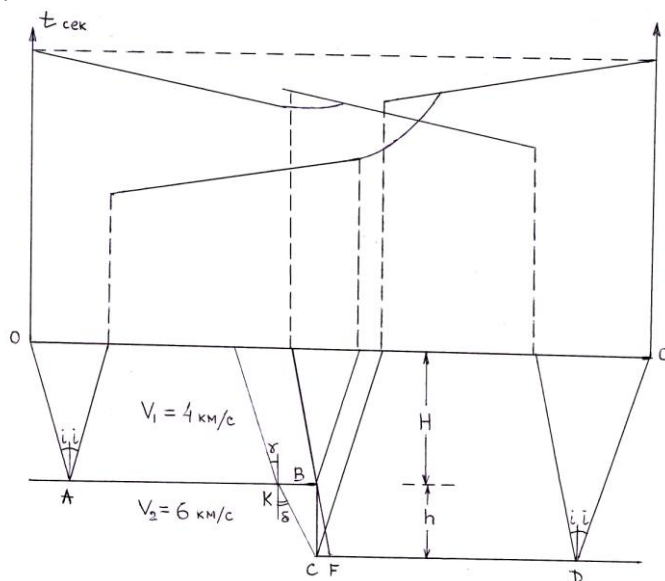


Рис. 1

Если с помощью этих уравнений построить годографы первых вступлений, то получим следующую картину (рис.1).

График интервальных граничных скоростей  $\langle V_{г, \text{инт}} \rangle$  построенный с помощью метода полей времен [1], дает картину (рис.2), интерпретация которой не представляет трудности. Как видим из этого графика, над поднятым крылом вертикальной ступени имеется максимум (MAX), а над опущенным крылом минимум (MIN) в значениях интервальных граничных скоростей. Прямой годограф ( $t_{пр}$ ) состоит из трех отрезков: первый отрезок, как и третий, соответствует головной волне с граничной скоростью  $V_2 = 6,0$  км/с. Второй отрезок соответствует годографу дифрагированной волны от края вертикального сброса. Этот отрезок располагается над опущенным крылом ступени и характеризуется кажущейся скоростью  $V_{\text{дифр}} < V_2$ . Поэтому над опущенным крылом вертикальной ступени имеем минимум в значениях интервальных граничных скоростей.

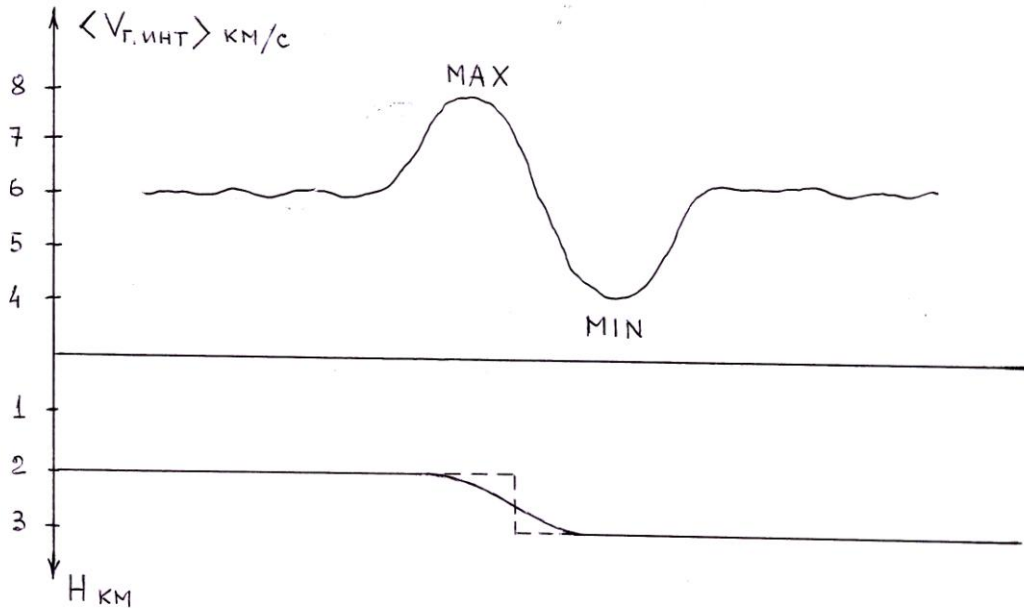


Рис. 2

Что касается обратного годографа ( $t_{обр}$ ), то он состоит из двух отрезков. Первый отрезок соответствует головной волне с граничной скоростью  $V_2 = 6,0$  км/с. Второй отрезок, это годограф дифрагированно-проходящей волны, которая отличается переменной кажущейся скоростью. Над поднятым крылом  $V^* = \infty$  (фронт волны параллелен дневной поверхности), а потом, по мере удаления от вертикальной ступени, быстро уменьшается и к концу профиля  $V^* \approx V_2 = 6,0$  км/с. Итак, можно сделать следующие выводы:

1. КМПВ дает возможность с достаточно большой точностью и детальностью определить как граничную скорость исследуемого горизонта, так и глубину его залегания.
2. С помощью этого метода можно выделять различные тектонические нарушения в исследуемой границе, т.е. дает возможность определять геометрию границы.

### Модель 2. (Тонкий слой с повышенной скоростью)

Допустим имеется та же самая двухслойная среда, что и в первой модели с теми же параметрами. В первый, т.е. в верхний слой, включим тонкий слой, скорость распространения продольной волны в котором отличается повышенным значением ( $V_3 = 5,5$  км/с). По существу мы получили четырехслойную среду. В первом и третьем слоях скорость волны равняется  $V_3 = 5,5$  км/с, а в четвертом исследуемом слое скорость распространения волны  $V_2 = 6,0$  км/с.

Определение «тонкий» означает, что мощность слоя  $\Delta h < \lambda/2$  где  $\lambda$  длина той волны, регистрация которой производится во время полевых работ с помощью метода КМПВ. Для конкретности примем, что  $h = 200$  м.

В том случае, когда в среде с горизонтальными границами имеется тонкий слой, в котором скорость распространения волны отличается повышенным значением, чем в соседнем нижнем слое, экранирование нижележащих слоев не происходит, так как волна как бы не «замечает» такую преграду и «перепрыгивает» ее.

Ситуация существенно меняется, когда преломляющая граница под тонким слоем не плоская, а содержит какое-нибудь тектоническое нарушение.

Уравнения годографа головных волн, которые должны регистрироваться в первых вступлениях, будут иметь следующий вид:

$$t_{1,пр} = H - \Delta h / V_1 \cos i + \Delta h / V_3 \cos \alpha + \{x_{BC} - [(H - \Delta h) \operatorname{tgi} + \Delta h \operatorname{tg} \alpha]\} / V_2 \quad (1)$$

$$t_{2,пр} = H - \Delta h / V_1 \cos \varphi + \Delta h / V_3 \cos \theta + h / v_2 \cos \psi + H - h - \Delta h / V_1 \cos i + \Delta h / V_1 \cos \alpha +$$

$$+ \{ 2X_{BC} - [(H - \Delta h) \operatorname{tg} \varphi + \Delta h \operatorname{tg} \theta + (H + h - \Delta h) \operatorname{tg} i + \Delta h \operatorname{tg} \alpha] \} / V_2 \quad (2)$$

$$t_{1,обр} = 2(H + h - \Delta h) / V_1 \cos i + 2 \Delta h / V_3 \cos \alpha + \{ X_{BC} - [(H + 2h - \Delta h) \operatorname{tg} i + \Delta h \operatorname{tg} \alpha] \} / V_2 \quad (3)$$

$$t_{2,обр} = (H + h - \Delta h) / V_1 \cos i + \Delta h / V_2 \cos \alpha + \{ X_{BC} - [(H + h - \Delta h) \operatorname{tg} i - \Delta h \operatorname{tg} \alpha] \} / V_2 +$$

$$+ h / v_2 \cos \delta + (H - \Delta h) / V_1 \cos \beta + \Delta h / V_3 \cos \gamma \quad (4)$$

$t_{1,пр}$ ,  $t_{2,пр}$  и  $t_{1,обр}$  представляют уравнения годографов головных волн, и поэтому они характеризуются постоянной кажущейся скоростью, а так как преломляющая граница горизонтальная, то  $V^* = V_r = \text{const}$  (в нашем случае  $V_r = V_2 = 6,0$  км/с).

$t_{2,обр}$  - представляет собой уравнение годографа проникающей волны через поднятый край ступени. Кажущаяся скорость этой волны над ступенью равна бесконечности (фронт волны в этом месте параллелен дневной поверхности), а потом быстро уменьшается, и к концу профиля его значение становится равным граничной скорости  $V^* = V_2$ . Криволинейный отрезок в годографе обратной волны, который характеризуется повышенной кажущейся скоростью, отвечает за максимум в графике граничных интервальных скоростей над поднятым крылом вертикальной ступени (рис. 3).

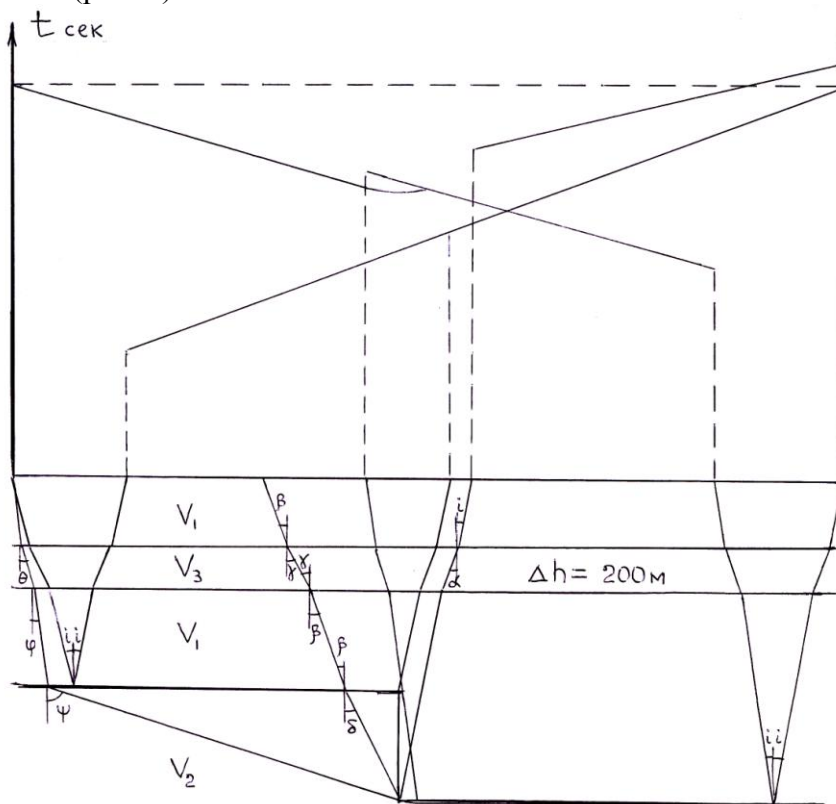


Рис. 3

Как известно, на верхней точке вертикального сброса возникает дифрагированная волна (волна такого же характера возникает и на нижней точке вертикальной ступени, но так как эта волна не участвует в формировании годографов первых вступлений, то мы ее не будем рассматривать), у которой кажущаяся скорость меньше, чем у головной волны. Поэтому в обычных условиях над опущенным крылом вертикального сброса появляется минимум на графике граничных интервальных скоростей.

В нашем случае картина существенно образом меняется из-за наличия тонкого слоя, в котором скорость распространения волны отличается повышенным значением ( $V_3 = 5,5$  км/с).

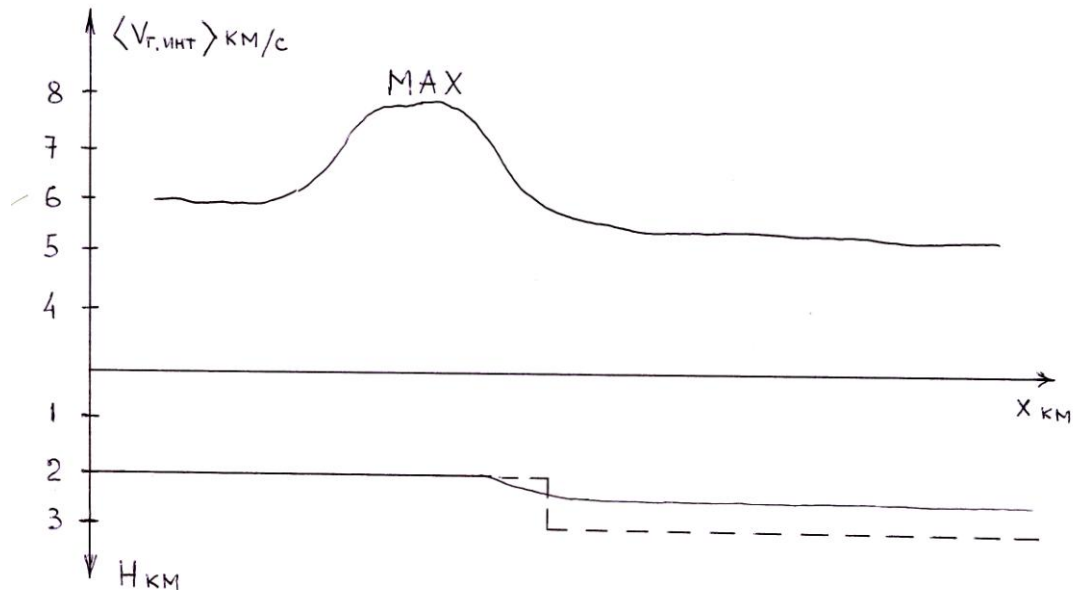


Рис. 4

Уравнение годографа дифрагированной волны, которая возникает на верхней точке вертикального сброса и после этого просвечивает верхние слои (в том числе и тонкий слой), имеет следующий вид:

$$t_{дифр} = H - \frac{\Delta h}{V_1 \cos i} + 2 \frac{\Delta h}{V_3 \cos \alpha} + \frac{(H - \Delta h)}{V_1 \cos \mu} + \frac{\Delta h}{V_3 \cos \nu} + \{x_{вс} - \{(H - \Delta h) \operatorname{tg} i + \Delta h \operatorname{tg} \alpha / V_2\} \quad (5)$$

Если с помощью уравнений (1)-(5) построим годографы, то увидим, что волна  $t_{пр,дифр}$  на всем протяжении профиля наблюдается в первых вступлениях и экранирует головную волну  $t_{2,пр}$  (рис.3). В результате этого на графике граничных интервальных скоростей будет отсутствовать минимум (рис.2) Кроме того, определение глубины залегания опущенного крыла вертикального сброса приводит к существенным ошибкам (рис.4).

Все вышесказанное имеет большое практическое значение, так как при изучении кристаллического фундамента в тех районах, где в покрывающей толще предполагается наличие тонкого слоя, в котором скорость распространения волны отличается повышенным значением, чем в соседнем нижнем слое, то при наличии различных тектонических нарушений происходит, как было показано выше, эффект экранирования, что приводит к существенным ошибкам во время построения поверхности кристаллического фундамента.

### Литература

1. Гамбурцев Г.А., Епинатьева А.М. и др. Корреляционный метод преломленных волн. М., Академиздат, 1952.
2. Епинатьева А.М., Невский М.В. Граничная скорость. - Географический сборник АН УССР, Вып.5. Киев, Наукова Думка. С.3-14.

## ეკრანირების ეფექტი გტკ მეთოდის დროს

კიტოვანი დ.

რეზიუმე

სტატიაში ნაჩვენებია, რომ თუ გარდამტეხი საზღვრის ზემოთ, რომელიც შეიცავს ტექტონიკურ საფეხურს, არსებობს თხელი ფენა, რომელშიც დრეკადი ტალღების გავრცელების სიჩქარე მომატებულია, ადგილი აქვს ქვემოთ მდებარე ფენის ეკრანირებას, რაც იწვევს მნიშვნელოვან ცდომილებას გარდამტეხი საზღვრის ჩაწოლის სიღრმის განსაზღვრის დროს.

## **SHIELDING EFFECT IN THE METHOD OF REFRACTION WAVES**

**Kitovani D.**

**Abstract**

The article shows that if above the refractive border which contains tectonic step, the thin layer exists where the speed of resilient waves is increased, lower layer is screening, what causes the error during the determination of the depth of the refractive border.