

УДК 550.834:622.12

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ТЕКТОНИЧЕСКИХ
НАРУШЕНИЙ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА В БЛИЖНЕЙ К
ГОРНОЙ ВЫРАБОТКЕ ЗОНЕ НА ОСНОВЕ
СУММИРОВАНИЯ СЕЙСМОТРАСС ОБЩЕГО ПУНКТА
ВОЗБУЖДЕНИЯ ИЛИ ПРИЕМА**

Анциферов А. В., Сухинина Е. В.
(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Показані недоліки способу загальної глибинної точки (ЗГТ) та переваги способу загального пункту збудження та прийому (ЗПЗ та ЗПП) в шахтній сейсмозвідці. Розроблено нове уявлення лінійного поздовжнього годографа ЗПЗ для цифрової обробки сейсмограм ЗПЗ.

In article the drawbacks of common-depth-point method and the advantages of the method common-shot-point (-reception) in underground seismic exploration are given. A new representation of the linear longitudinal hodograph CSP for digital seismograms CSP was developed.

Разведка и уточнение положения тектонических нарушений угольных пластов имеет большое значение при разработке угольных месторождений.

При разведке мелкоамплитудных нарушений угольных пластов в основном используется шахтная сейсмозведка отраженными волнами (МОВ). Причем основной объем исследований МОВ выполняется в модификации общей глубинной точки (МОГТ) [1].

МОГТ был разработан как наземный метод и более полувека успешно применяется во всем мире для разведки с поверхности земли глубоких сейсмогеологических границ.

Шахтна сейсморозвідка виконується всередині масива породи з горних виробок і має свої особливості.

В шахтній сейсморозвідці відбиваючі межі мають інший характер. В порівнянні з слабонахиленими глибокими відбиваючими межами (поверхностями напластовування породи), для дослідження яких був розроблений МОГТ, цільові відбиваючі межі (тектонічні порушення) в шахтній сейсморозвідці розташовані під будь-якими кутами від 0 до 90 градусів і на будь-якій відстані від сейсмічного профілю в горній виробці.

На перші десятки метрів від лінії сейсмічного профілю належать до зони неувереного прогнозу. Обмеження сейсморозвідки в ближній зоні викликані тим, що:

- упругі хвилі розповсюджуються в вугільному пласті і вмещаючих породах у формі широкого хвильового пакета;
- в ближній зоні зменшується ефективність інтерференційної оброблюваної системи внаслідок малої відстані до відбиваючої межі порівняно з довжиною хвилі [2];
- в ближній зоні прямі і відбиті хвилі не розділяються на часових розрізах ОГТ.

Перші два обмеження частково усуваються підвищенням частоти хвиль.

Для розуміння третьої проблеми потрібно розглянути утворення годографів відбитих і прямих хвиль ОГТ і ОПВ в процесі обробки.

Часи приходу перших вступлень відбитої хвилі від точок збудження до точок прийому на сейсмічному профілі, розташованому в горній виробці, описуються лінійним продольним годографом відбитої хвилі.

Продольний годограф ОПВ відбитих хвиль [3, 4, 5] розраховується за формулою:

$$t(l) = \sqrt{\frac{4h^2 + l^2 \pm 4hl \sin \alpha}{v^2}}. \quad (1)$$

Продольний годограф ОГТ відбитих хвиль [3, 4, 5] розраховується за формулою:

$$t\left(\frac{l}{2}\right) = \sqrt{\frac{4h_0^2 + l^2 \cos^2 \alpha}{v^2}}, \quad (2)$$

где t – время прихода отраженной волны к точке приема;
 l – расстояние между источником и приемником волн;
 h – кратчайшее расстояние до отражающей границы (эхо глубина) от точки возбуждения волн;

h_0 – кратчайшее расстояние до отражающей границы (эхо глубина) от срединной точки между источником и приемником волн;

α – угол наклона границы к линии профиля;

знак $+$ для точек приема волн, отстоящих от источника по падению границы, знак $-$ для точек приема волн, отстоящих от источника по восстанию границы;

v – скорость распространения боковых волн в шахтной сейсморазведке либо эффективная скорость в наземной сейсморазведке.

Времена прихода прямых волн к точкам профиля в координатах сейсмограмм ОПВ и ОГТ определяются простыми выражениями. Годограф ОПВ прямой волны имеет вид:

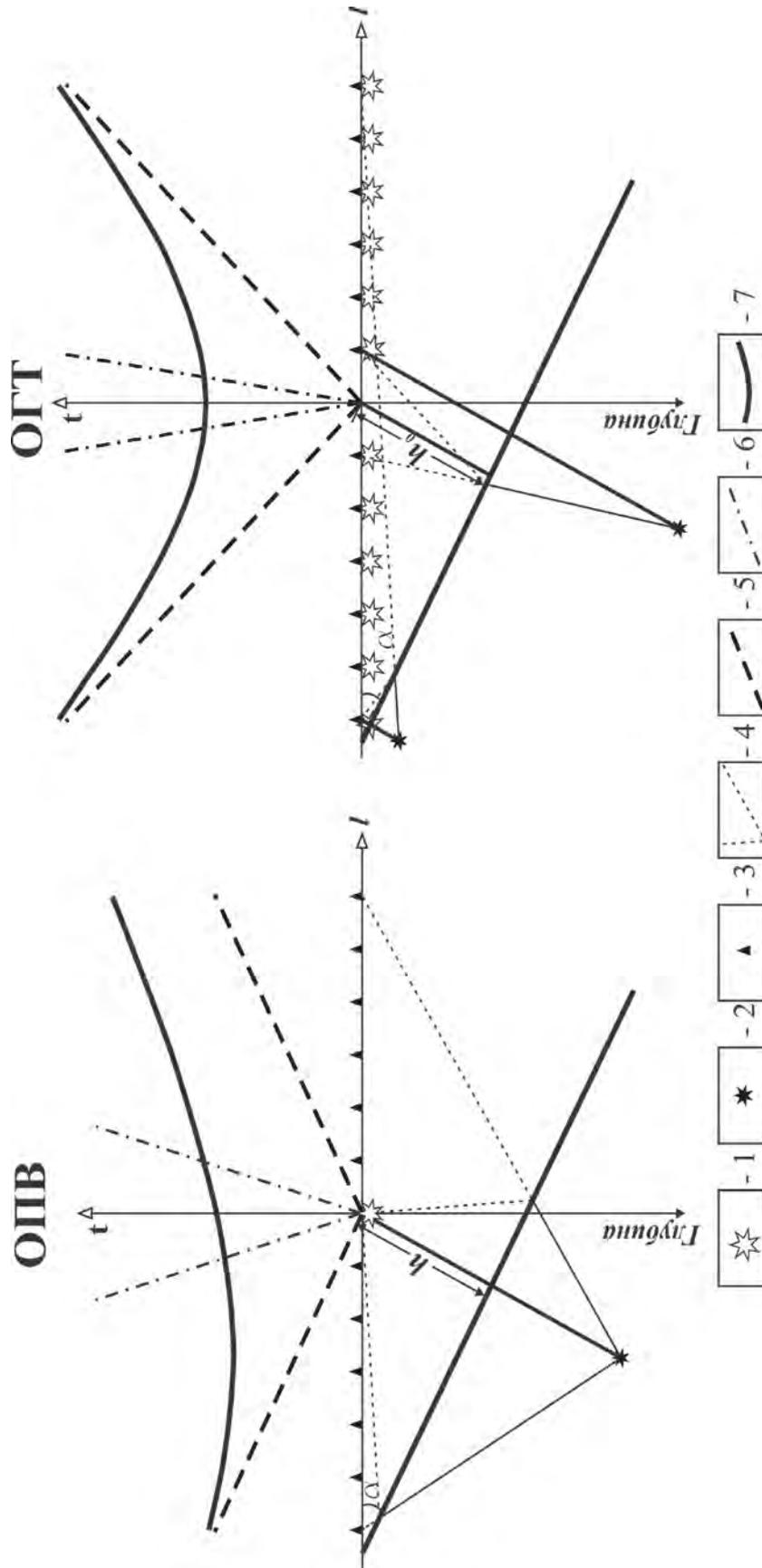
$$t(l) = \frac{l}{v_{нов}}. \quad (3)$$

Годограф ОГТ прямых волн выглядит так:

$$t\left(\frac{l}{2}\right) = \frac{l}{v_{нов}}, \quad (4)$$

$v_{нов}$ – скорость распространения волны вдоль линии сейсмического профиля по поверхности горной выработки либо поверхности земли.

Годографы ОПВ и ОГТ, совмещенные с изображением отражающей границы и схемой сейсмических лучей, показаны на рисунке 1. Начало координат совпадает с точкой возбуждения волн в годографе ОПВ, либо с общей глубинной (срединной) точкой в годографе ОГТ.



1 – источник упругих волн; 2 – мнимый источник волн, относительно отражающей границы, залегающей под углом α к сейсмическому профилю на эхо глубине h от точки возбуждения волн; 3 – точка приема волн; 4 – сейсмические лучи; 5 – годограф прямых волн в шахтной сейсморазведке; 6 – годограф прямых волн в наземной сейсморазведке; 7 – годограф отраженных волн.

Рис. 1. Годографы ОПВ, ОГТ прямых и отраженных волн на продольном сейсмическом профиле

Увеличение скорости распространения волн с глубиной типично для наземной сейсморазведки, поэтому значение скорости $v_{нов}$ намного меньше значения эффективной скорости в покрывающей толще v . Асимптоты годографа отраженной волны, представленные линиями эффективной скорости, это математическая абстракция. Интенсивная низкоскоростная поверхностная волна приходит намного позже отраженной волны к сейсмическому профилю (см. рис.1).

В шахтной сейсморазведке при расположении точек возбуждения и приема волн в шпурах в массиве пород, наблюдается относительное равенство значений v и $v_{нов}$. В этом случае линии годографа прямой волны совпадают с асимптотами гиперболического годографа отраженной волны. Чем меньше расстояние до отражающей границы, тем раньше по l годограф отраженных волн начинает приближаться к своим асимптотам – реально существующим прямым волнам. Причем интенсивность прямых волн намного превосходит уровень полезных отраженных волн, регулярных и случайных помех, что показано на рисунке 2.

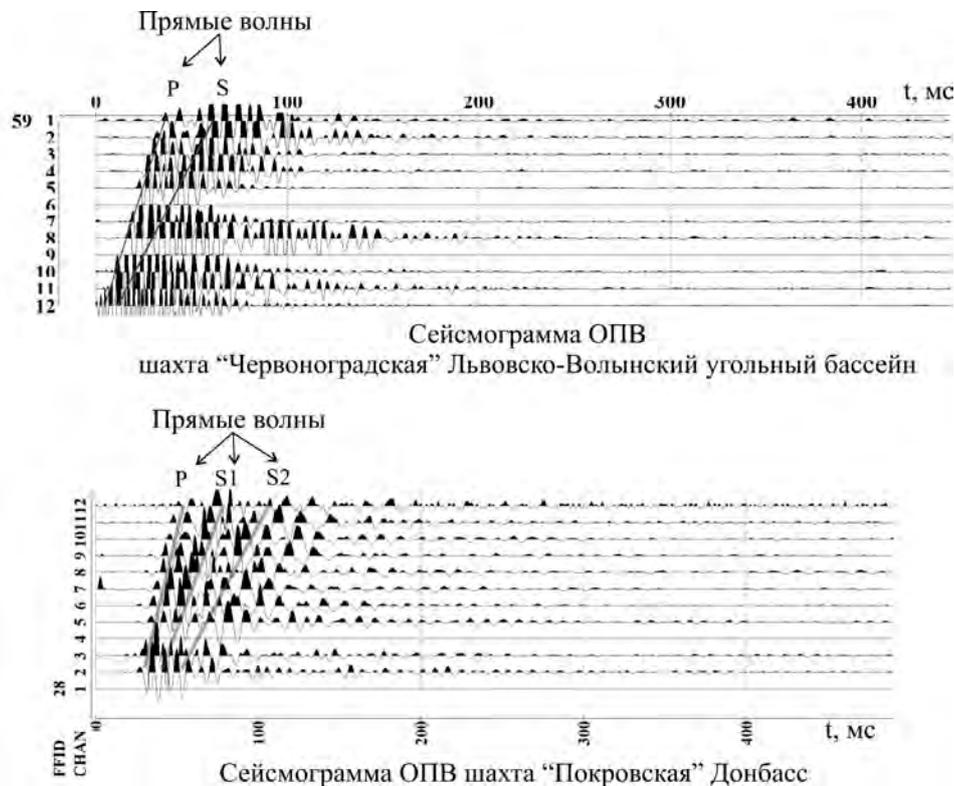


Рис. 2. Типичные шахтные сейсмограммы ОПВ

Большая часть энергии волны теряется при отражении от акустически шероховатой границы в зоне тектонического нарушения, поэтому времена прихода слабой отраженной волны к профилю до обработки неизвестны.

Для определения неизвестных значений времени прихода отраженной волны, скорости ее распространения и расстояния до отражающей границы создается интерференционная обрабатывающая система с нелинейной направленностью [5]. Сейсмотрассы ОГТ суммируются по годографам отраженных волн, направление суммирования регулируется значением скорости v . Положения максимумов на результирующих интерференционных картинах (временных разрезах и спектрах скорости) определяют время и скорость распространения волны до нарушения.

Рассмотрим детально процесс обработки на этапе суммирования сейсмотрасс по годографу отраженной волны для некоторого определенного значения регулирующего параметра v .

Для суммирования сейсмотрасс по годографу отраженной волны времена отраженных волн приводят к одному значению нормального времени t_0 путем ввода в сейсмические записи кинематических поправок.

Нормальное время t_0 определяется через эхо глубину при подстановке значения $l = 0$ в формулы годографов ОПВ (1) и ОГТ (2):

$$t_0 = \frac{2H}{v}, \quad (5)$$

где t_0 – время прихода отраженной волны на сейсмограммах ОПВ или ОГТ в точку возбуждения волны и в срединную точку соответственно, при совмещении источника и приемника;

H – эхо глубина отражающей границы в точке возбуждения волн (h), либо в срединной точке (h_0).

Для расчета кинематической поправки в процессе цифровой обработки используют формулу [3]:

$$\tau(t_0, l) = \sqrt{t_0^2 + \frac{l^2 \cdot \cos^2 \alpha}{v^2}} - t_0.$$

Замена и перестановка переменных в выражениях (2) и (5) дает более удобное для анализа представление кинематической поправки, которое в качестве составной части входит в формулу годографа ОГТ отраженных волн, адаптированную для цифровой обработки:

$$t\left(\frac{l}{2}\right) = t_0 + t\left(\frac{l}{2}\right) - \sqrt{t^2\left(\frac{l}{2}\right) - \frac{l^2 \cdot \cos^2 \alpha}{v^2}}. \quad (6)$$

Разность второго и третьего членов в формуле (6) равна значению кинематической поправки, после вычитания которой, годограф отраженных волн трансформируется в прямую горизонтальную линию нормального времени.

Так как кинематическая поправка вычитается из каждого момента времени сейсмической записи, то годограф прямых волн также трансформируется.

Если в выражение для расчета нормального времени в сейсмограмме ОГТ (третье слагаемое в формуле (6)) подставить формулу годографа ОГТ прямой волны (4) получится выражение для трансформированного годографа ОГТ прямой волны:

$$t_0 = \frac{l \cdot \sin \alpha}{v}. \quad (7)$$

Ввод кинематической поправки уменьшает крутизну годографа прямой волны.

Таким образом, в случае наклонного залегания отражающих границ на шахтных сейсмограммах ОГТ после ввода кинематических поправок присутствуют спрямленные до значения нормальных времен t_0 годографы отраженных волн и наклонные годографы прямых волн (рис. 3).

В результате суммирования сейсмотрасс ОГТ интенсивные прямые волны проявляются с достаточно высокой остаточной амплитудой в интервале между минимальным и максимальным значениями годографа ОГТ прямых волн. Они практически не отделяются промежутком времени от усиленных за счет синфазного суммирования отраженных волн от неглубоких границ.

Второе ограничение при использовании способа ОГТ в шахтах связано с прогнозом нарушений, которые пересекают горную выработку в пределах линии сейсмического профиля. Рядом с выходом нарушения в горную выработку годограф ОГТ отраженных волн теряет физический смысл, так как точки возбуждения и приема сейсмических волн находятся по разные стороны от нарушения (отражающей границы). Это значит, что вблизи от выхода нарушения в горную выработку прогноз нарушений способом ОГТ невозможен. Прослеживание нарушения начинает ухудшаться при подходе срединной точки к выходу нарушения, начиная с расстояния, которое определяется формулой:

$$h = \frac{l_{\max}}{2}. \quad (9)$$

В отличие от сейсмограммы ОГТ, для которой точки возбуждения и приема волн симметричны относительно срединной точки (ОГТ) при любой системе наблюдений, точки приема в сейсмограмме ОПВ при фланговой системе наблюдений расположены по одну сторону от точки возбуждения. Поэтому ОПВ может приближаться к выходу нарушения в горную выработку сколь угодно близко без потери физического смысла.

Третье ограничение связано с низкой кратностью суммирования ОГТ. При сейсмических исследованиях в шахте условия редко позволяют отработать длинный многоканальный профиль. Чаще всего работать приходится на ограниченном пространстве при ограничении времени. Поэтому упругие волны, как правило, принимаются на 12 канальные расстановки приемников. При формировании сейсмограмм ОГТ число каналов в них уменьшается в два раза. Результирующая кратность суммирования ОГТ, равная шести, недостаточна для усиления слабых отраженных волн на фоне помех. В отличие от ОГТ сейсмограммы ОПВ сохраняют исходную кратность, равную 12.

Максимальная глубина зоны неуверенного прогноза при использовании способа ОГТ в шахте определяется выражениями (8, 9) и для типичной системы наблюдений составляет 55 м. Так как ширина лавы, в пределах которой прогнозируются тектонические

нарушения, в среднем равна 200 м, то зона неуверенного прогноза составляет 25 % от общей площади исследований.

Для разделения прямых и отраженных волн в ближней зоне пришлось отказаться от обработки сейсмограмм ОГТ. Идея использовать сейсмограммы ОПВ и ОПП вместо ОГТ появилась в процессе обработки данных сейсмической локации впереди забоя одиночной горной выработки. Сейсмические наблюдения этим методом выполняются в виде отдельной сейсмограммы ОПВ (расположение источников в забое выработки), либо сейсмограммы общего пункта приема ОПП (расположение приемников в забое) [2].

Для синфазного суммирования отраженных волн необходимо было привести все точки годографа ОПВ (ОПП) отраженных волн к одному значению.

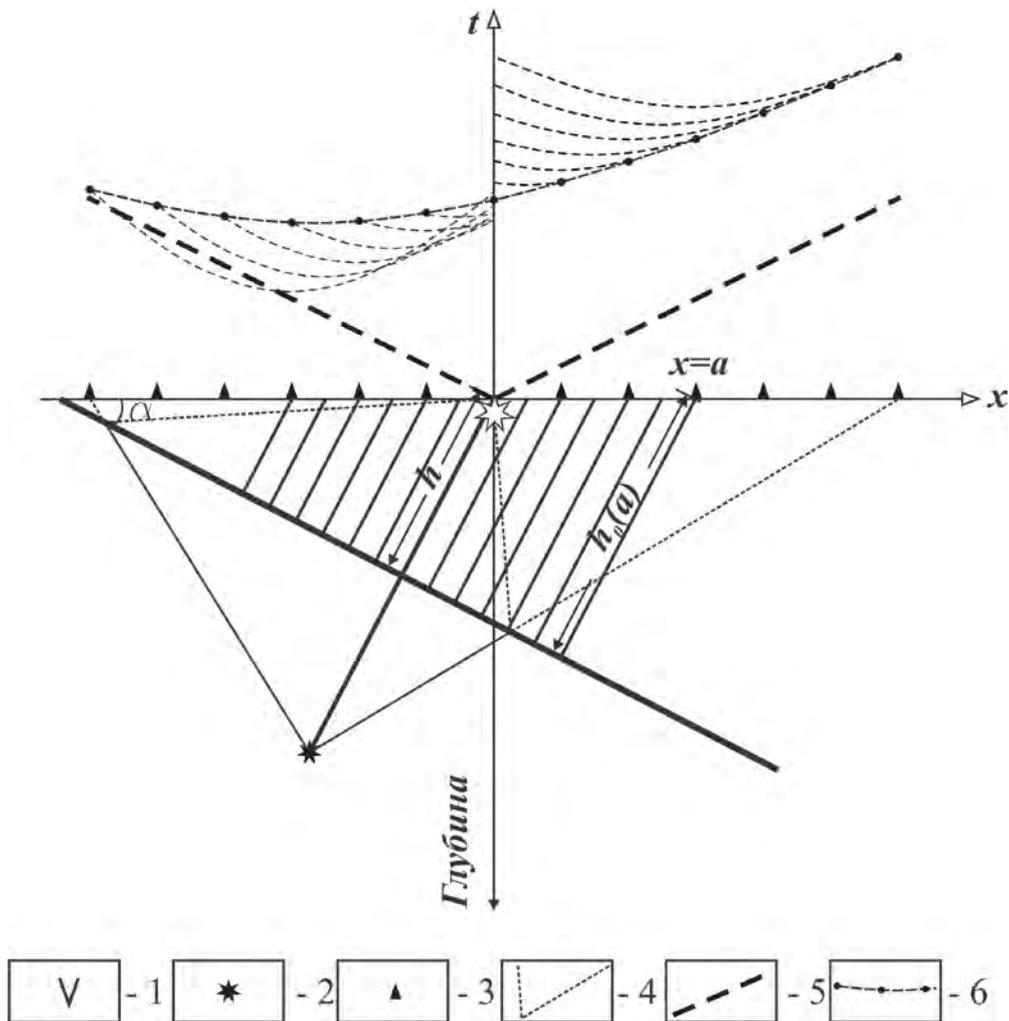
Было замечено, что годограф ОПВ отраженных волн имеет общие точки с годографами ОГТ, центры которых расположены между точками приема и единственной точкой возбуждения в сейсмограмме ОПВ. Значит, точки пересечения годографа ОПВ с годографами ОГТ отраженных волн можно трансформировать в значения нормального времени t_0 для каждого из годографов ОГТ вычитанием кинематической поправки ОГТ.

Множество годографов ОГТ, имеющих общую координату с годографом ОПВ отраженных волн, показано на рисунке 4.

Затем полученные значения t_0 ОГТ можно привести к единому значению t_0 ОПВ с учетом известной связи между эхо глубинами ОПВ и ОГТ плоской наклонной границы [4]:

$$h_0 = h \pm \left(\frac{l}{2}\right) \cdot \sin \alpha . \quad (10)$$

Для сравнения годографов ОПВ и ОГТ, необходимо представить их в единой системе координат с центром в точке возбуждения сейсмограммы ОПВ. Для упрощения преобразований необходимо заменить расстояние между точками возбуждения и приема волны l на координату точки приема волны x . Углу наклона границы также нужно задать направление, положительное при движении против часовой стрелки от линии профиля.



1 – источник упругих волн; 2 – мнимый источник волн, относительно отражающей границы, залегающей под углом α к сейсмическому профилю на эхо глубине h от точки возбуждения в сейсмограмме ОПВ; 3 – точка приема волн; 4 – сейсмические лучи; 5 – годограф прямых волн в шахтной сейсморазведке; 6 – годограф отраженных волн.

Рис. 4. Представление годографа ОПВ отраженных волн точками годографов ОГТ

В результате такой замены формула годографа ОПВ отраженной волны (1) приобретает вид:

$$t(x) = \sqrt{\frac{4h^2 + x^2 - 4hx \sin \alpha}{v^2}}, \quad (11)$$

где x – координата точки приема волны.

Годограф ОГТ отраженной волны (2) преобразуется к виду:

$$t(x-a) = \sqrt{\frac{4h^2(a) + 4(x-a)^2 \cos^2 \alpha}{v^2}}, \quad (12)$$

где a – координата общей срединной точки в сейсмограмме ОГТ;

$h(a)$ – эхо глубина отражающей границы в точке, у которой x координата равна a .

Выражение (10) преобразуется к универсальному виду:

$$h(a) = h - a \cdot \sin \alpha. \quad (13)$$

С учетом (5) выражение (13) принимает вид:

$$t_0(a) = t_0 - \frac{2a \cdot \sin \alpha}{v}, \quad (14)$$

где $t_0(a)$ – нормальное время в точке, у которой x координата равна a ;

t_0 – нормальное время в начале координат.

Чтобы найти x координаты точек пересечения годографа ОПВ с годографом ОГТ отраженной волны, нужно решить квадратное уравнение, к которому преобразуется равенство между выражениями (11) и (12).

Уравнение имеет два корня:

$$x_1 = 2a; \quad x_2 = \frac{4h \sin \alpha - 2a}{1 - 4 \cos^2 \alpha}.$$

В выражение второго корня входят неизвестные до обработки параметры: эхо глубина и угол наклона отражающей границы. Поэтому для преобразования годографа ОПВ он не подходит. Первый корень содержит единственный параметр, известный до обработки, координату общей срединной точки.

Для значения x , равного $2a$, значение годографа ОПВ отраженной волны (11) равно значению годографа ОГТ отраженной волны (12) и выражается формулой:

$$t(2a) = \sqrt{\frac{4h^2(a) + 4a^2 \cos^2 \alpha}{v^2}}. \quad (15)$$

С учетом (5) выражение (15) преобразуется к виду:

$$t_0(a) = \sqrt{t^2(2a) - \frac{4a^2 \cos^2 \alpha}{v^2}}. \quad (16)$$

Выражение (15) с учетом (14, 16) преобразуется к виду:

$$t(2a) = t_0 - \frac{2a \sin \alpha}{v} + t(2a) - \sqrt{t^2(2a) - \frac{4a^2 \cos^2 \alpha}{v^2}}. \quad (17)$$

Так как рассмотренный годограф ОГТ отраженной волны (12) один из множества годографов ОГТ, имеющих общую x координату с годографом ОПВ (см. рис. 5), то параметр $2a$ можно заменить переменной x в выражении (17).

В итоге получится общая формула для годографа ОПВ отраженной волны, адаптированная для цифровой обработки:

$$t(x) = t_0 - \frac{x \sin \alpha}{v} + t(x) - \sqrt{t^2(x) - \frac{x^2 \cos^2 \alpha}{v^2}}. \quad (18)$$

Переход к общепринятым в сейсморазведке переменным путем замены координат точек приема волн на расстояние между точками возбуждения и приема и отмены направления угла наклона отражающей границы приводит формулу годографа ОПВ отраженной волны к следующему виду:

$$t(l) = t_0 \pm \frac{l \sin \alpha}{v} + t(l) - \sqrt{t^2(l) - \frac{l^2 \cos^2 \alpha}{v^2}}. \quad (19)$$

Время прихода отраженной волны к точкам приема расстановки ОПВ (19) можно представить в виде суммы трех составляющих. Первая часть это нормальное время, связанное с эхо глубиной отражающей границы в точке возбуждения волны. Вторая выражена линейной функцией одной переменной l . Третья часть представляет собой кинематическую поправку, она выражена нелинейной функцией двух переменных t, l .

Когда угол наклона границы равен нулю, линейная часть формулы (19) обращается в ноль, а нелинейная достигает своего максимального значения. Когда граница расположена под углом 90° к линии профиля, в ноль обращается нелинейная часть формулы, а линейная достигает своего максимального значения.

После вычитания кинематической поправки годограф ОПВ отраженных волн принимает вид наклонной линии, причем ее наклон совпадает с наклоном линии годографа прямых волн для случая, когда точки приема в расстановке ОПВ смещены от точки возбуждения в сторону падения отражающей границы.

Чтобы привести все точки остаточного годографа ОПВ отраженных волн к значению нормального времени в точке возбуждения волн, вычитается линейная поправка, которая определяется формулой:

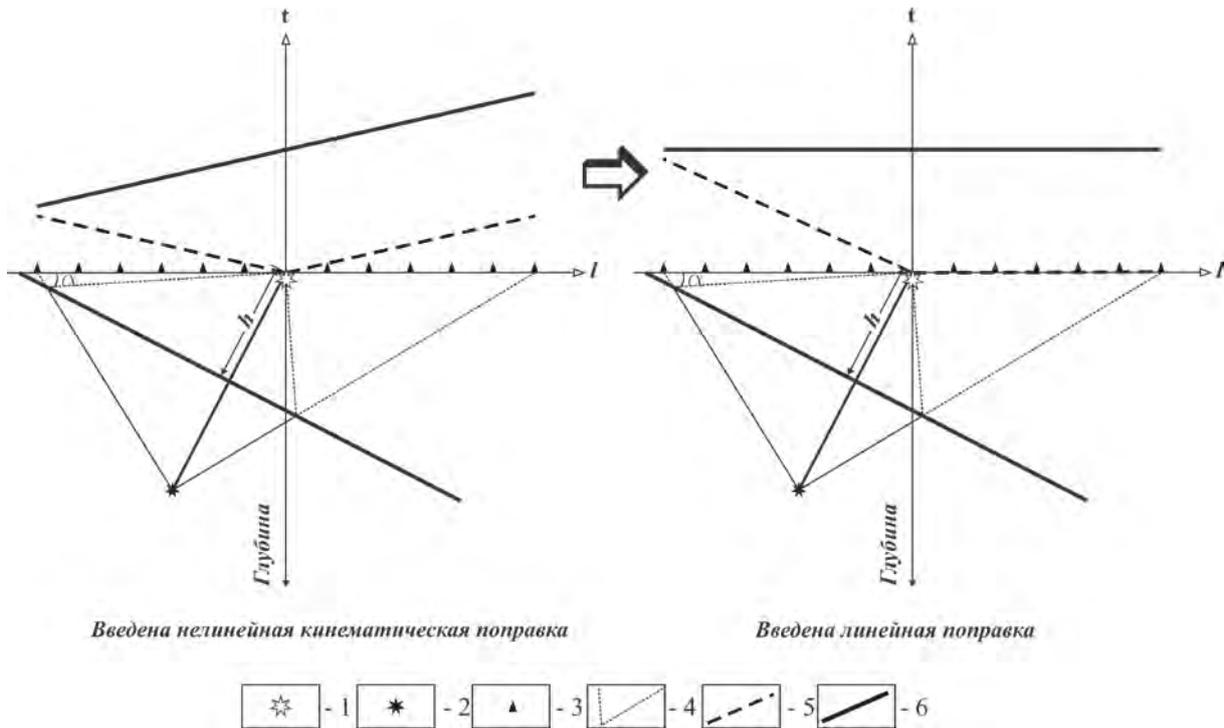
$$t = \pm \frac{l \cdot \sin(\alpha)}{v}.$$

При этом остаточный годограф ОПВ отраженных волн принимает вид прямой горизонтальной линии. Остаточный годограф прямых волн на участке смещения точек приема от точки возбуждения по падению границы обращается в ноль, а на участке смещения точек приема от точки возбуждения в сторону восстания границы его наклон по отношению к горизонтальной оси увеличивается. Последовательные трансформации годографов ОПВ при вводе поправок показаны на рисунке 5.

Интервал годографа ОПВ, где точки приема смещены по восстанию отражающей границы относительно точки возбуждения волн, не годится для последующей обработки из-за наличия прямых волн. Поэтому годограф ОПВ рассматривается только в той области, где точки приема смещены в сторону падения границы.

Используя новое представление годографа ОПВ отраженной волны (19) легко построить интерференционную обрабатывающую систему с двухкомпонентной направленностью – нелинейной и линейной.

В шахтной сейсморазведке скорость определяется по годографу прямых волн. Направление суммирования регулируется изменением значения угла наклона отражающей границы. На выходе обрабатывающей системы рассчитываются суммоменты в координатах t_0, α . Положение максимумов на суммоментах дают искомые значения t_0, α .



1 – источник упругих волн; 2 – мнимый источник волн, относительно отражающей границы, залегающей под углом α к сейсмическому профилю на эхо глубине h_0 от срединной точки между источниками и приемниками волн; 3 – точка приема волн; 4 – сейсмические лучи; 5 – годограф прямых волн в шахтной сейсморазведке; 6 – годограф отраженных волн.

Рис. 5. Трансформированный вводом кинематической и линейной поправок годограф ОПВ отраженных и прямых волн

В отличие от метода регулируемого направленного приема МРНП [5], который использует линейную аппроксимацию небольшого участка годографа отраженных волн, предложенный способ обработки опирается на точную формулу годографа ОПВ отраженных волн.

Расположение приемников по падению отражающей границы в расстановке ОПВ обеспечивается применением фланговой системы сейсмических наблюдений, которая обычно используется в шахтах.

Для случая, когда точки приема смещены от точки возбуждения колебаний в сторону восстания границы, вместо сейсмограмм ОПВ формируются сейсмограммы общего пункта приема

(ОПП) из исходного массива сейсмических записей системы многократных перекрытий. В соответствии с принципом взаимности [3] форма годографов при этом не изменится, а точки возбуждения волн будут расположены по падению отражающей границы относительно точки приема в расстановке ОПП.

Выполненное исследование показывает, что обработка сейсмограмм ОПВ и ОПП на основе преобразованного годографа ОПВ отраженной волны (19) разделяет по времени прямые и отраженные волны в ближней зоне.

Учитывая рассмотренные выше преимущества способа ОПВ (ОПП) по сравнению с ОГТ в условиях ограниченной длины профиля и при наблюдениях в области выхода тектонического нарушения в горную выработку можно сказать, что способ ОПВ эффективнее.

Остается один недостаток, который связан с большим разбросом точек отражения в сейсмограмме ОПВ (ОПП) относительно точки отражения при совмещенных пунктах возбуждения и приема волн.

Разброс точек отражения по наклонной отражающей границе при наблюдениях ОПВ определяется формулой:

$$\Delta l = \frac{lh \cos \alpha}{2h \pm l \sin \alpha}. \quad (20)$$

Смещение имеет максимальное значение для горизонтальных границ ($\alpha = 0^\circ$), уменьшается для наклонных границ и превращается в ноль для вертикальных границ ($\alpha = 90^\circ$). Причем смещение меньше для точек отражения, отстоящих от источника в сторону падения границы, чем в сторону восстания.

Точки отражения в сейсмограмме ОГТ локализованы относительно точки отражения при совмещении источника и приемника волн в срединной точке, соответствующее им смещение описывается формулой:

$$\Delta l = \frac{l^2 \sin \alpha \cos \alpha}{4h_0}.$$

Смещение имеет максимальное значение для границ, наклонных к линии профиля под углом $\alpha = 45^\circ$ и превращается в

ноль для горизонтальных и вертикальных границ ($\alpha = 0^\circ$, $\alpha = 90^\circ$).

Точки отражения в сейсмограмме ОПВ разбросаны сильнее по отражающей границе, чем в сейсмограмме ОГТ.

Исследование функции смещения (20) показало, что в ограниченном диапазоне переменных точки отражения достаточно хорошо локализованы.

По положению точек приема (возбуждения) этот диапазон ограничен расположением точек по падению границы. Углы наклона ограничены значениями от 45 до 90 градусов.

Так как обрабатывается область наблюдений, ограниченная расположением точек наблюдения (приема) по падению границы, и с учетом аппроксимации реальной отражающей границы протяженными отрезками прямых наклонных линий можно не учитывать разброс точек отражения по этой отражающей границе при обработке сейсмограмм ОПВ (ОПП).

В случае профильных наблюдений обработку способом ОПВ (ОПП) лучше выполнять в комплексе с обработкой способом ОГТ. Способ ОПВ позволяет принимать решения в отношении сомнительных отражений (помеха, или целевое отражение), а также уточняет угол наклона отражающей границы. Суммоменты в случае профильных наблюдений рассчитываются в трех координатах: t_0 , α и x . Дополнительным к поиску максимума признаком целевого отражения служит направление, вдоль которого прослеживаются отраженные волны. Это направление должно соответствовать углу наклона отражающей границы

Фрагмент суммоменты по результатам профильных сейсмических исследований на шахте «Червоноградская» показан на рисунке 6. Значения нормальных времен на суммоменте были пересчитаны в эхо глубины. Суммировались отраженные Р волны, которые наблюдаются на фоне интенсивных прямых S волн. В интервале эхо глубин 120-200 м для угла наклона отражающей границы 30° прослежено целевое отражение. Лава, в которой прогнозировались тектонические нарушения, еще не отрабатывалась.

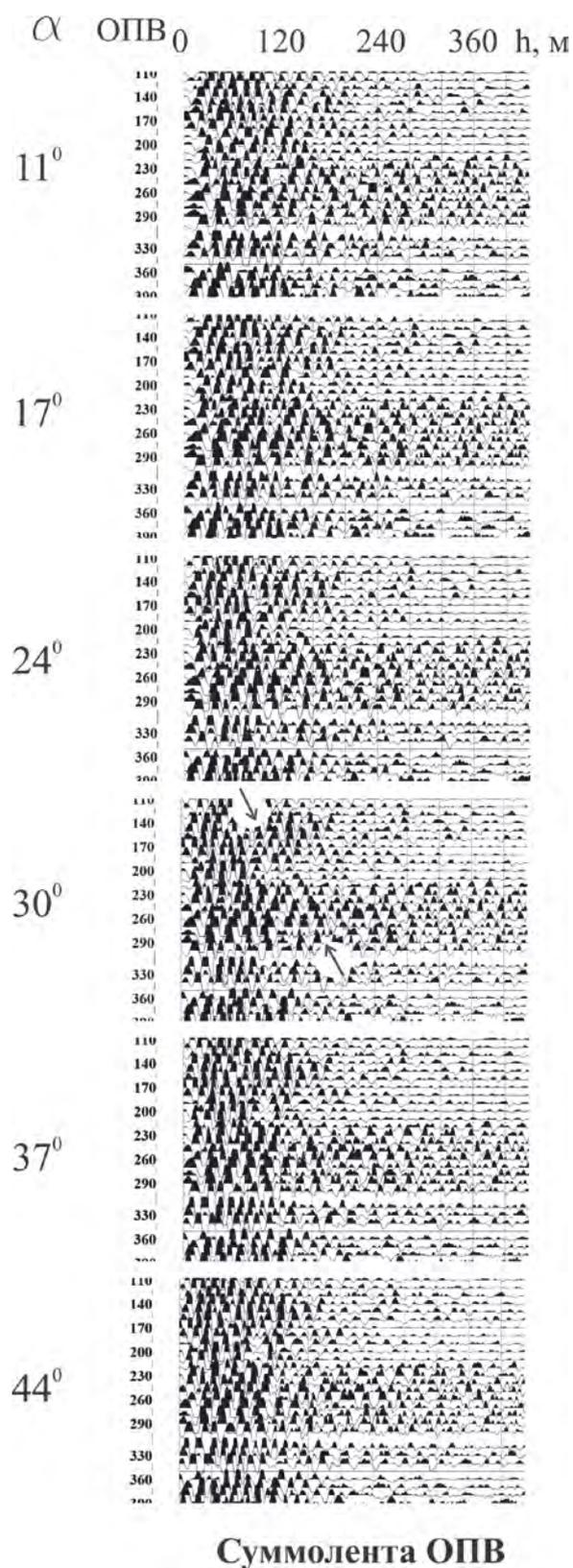


Рис. 6. Фрагмент суммоленга ОПВ по результатам обработки данных профильных наблюдений МОГТ на шахте «Червоноградская» ГП «Львовуголь»

Обработка сейсмограмм ОПП на основе преобразованного годографа ОПВ отраженных волн была выполнена при обработке данных метода сейсмической локации (МСЛ) из забоя горной выработки на шахте ЧП «Горняк» в центральном Донбассе.

Результаты обработки показаны на рисунке 7.

На суммоленге ОПП, для которой значения нормальных времен были пересчитаны в эхо глубины, был найден максимум на эхо глубине 24 м для угла наклона отражающей границы 50° .

Полученные значения были использованы для построения зоны тектонического нарушения «С». При последующей проходке горной выработки было встречено тектоническое нарушение 5-5, которое подтвердило сейсмический прогноз.

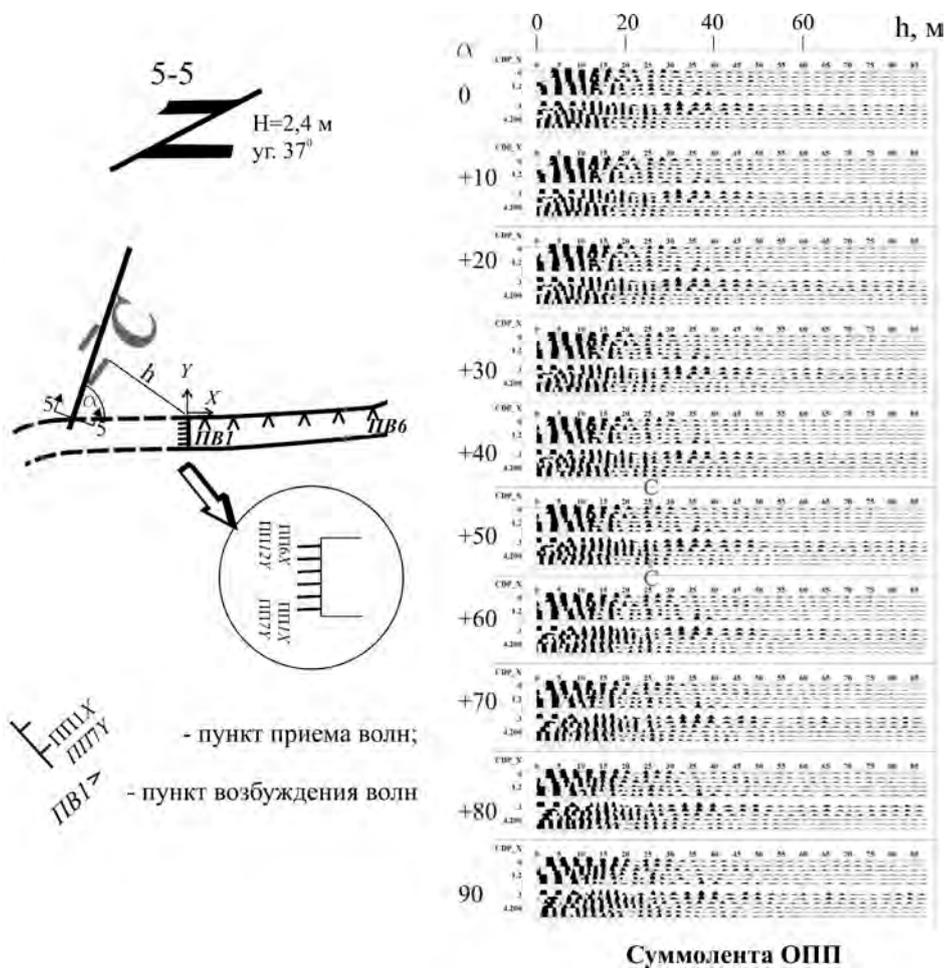


Рис. 7. Результат обработки способом ОПП данных метода сейсмической локации на шахте ЧП «Горняк» (центральный Донбасс)

Выводы

Разработано новое представление годографа ОПВ (ОПП) отраженных волн для обработки шахтных сейсмических данных способом ОПВ (ОПП), который имеет следующие преимущества по сравнению со способом ОГТ:

1) повышается чувствительность обрабатывающей системы по отношению к углу наклона отражающей границы;

2) появляется возможность прогнозировать тектонические нарушения в ближней к горной выработке зоне;

3) в два раза повышается кратность суммирования, что повышает уровень полезных волн на фоне помех.

Цифровая обработка способом ОПВ (ОПП) опробована на материалах шахтных сейсмических исследований с положительным результатом.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Анциферов А. В. Теорія та практика шахтної сейсморозвідки [Текст] / А. В. Анциферов. — Донецьк : ТОВ «АЛАН», 2003. — 312 с.
2. Кенжин Б. М., Сухинина Е. В., Компанец А. И., Бородин Д. С. Сейсмические исследования угленосных пород для прогноза геологических неоднородностей угольных пластов. — Наукові праці УкрНДМІ НАН України, Донецьк, 2009 — № 5 (частина 1), С. 395—417.
3. Сейсморозведка [Текст]: справочник Т. 1, 2 : / Под ред. В. П. Номоконова. — 2-е изд., перераб. — М. : Недра, 1990. — 736 с.
4. Геофизические методы исследований [Текст] : учеб. пособие / В. К. Хмелевской, Ю. И. Горбачев, А. В. Калинин и др. ; под ред. Н. И. Селиверстова. КГПУ. — Петропавловск-Камчатский: Университет, 2004. — 232 с.
5. Гурвич, И. И. Сейсмическая разведка [Текст] : учеб. / И. И. Гурвич, Г. Н. Боганик ; — М.: Недра, 1980, 551 с.