

УДК 550.834

## ОБРАБОТКА СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН НА ОСНОВЕ МИГРАЦИИ

© 2003 г. А. Н. Телегин, И. М. Тихонова, Т. С. Сакулина

Представлено академиком В.С. Сурковым 25.11.2002 г.

Поступило 25.11.2002 г.

В методе преломленных волн (МПВ) в настоящее время осуществляется в основном кинематическая обработка записей [2, 3]. На сейсмических разрезах, как правило, изображаются преломляющие границы и приводятся значения скоростей (граничных, пластовых, средних). Динамические особенности волн используются в меньшей степени и привлекаются в основном для определения природы волн и их разделения на стадии считывания кинематических параметров. При этом не используется связь амплитуд волн с коэффициентом преломления (“головления”) и, соответственно, с перепадом акустических свойств на границе, как это широко практикуется в МОВ. Существуют различные способы использования кинематических и динамических свойств при построении отдельных преломляющих границ, в том числе и на основе миграции записей, однако они решают только частные задачи обработки данных МПВ [1, 3–5]. Предлагается выполнять всю обработку сейсмических материалов МПВ на основе миграции записей.

Если рассматривать преломляющую границу любой конфигурации как набор точек дифракции, то соответствующую этой границе преломленную волну ( $t_1$ ) можно представить в виде набора годографов преломленно-дифрагированных волн ( $t_d$ ) с учетом проницания (рис. 1) в соответствии с принципом Гюйгенса–Френеля.

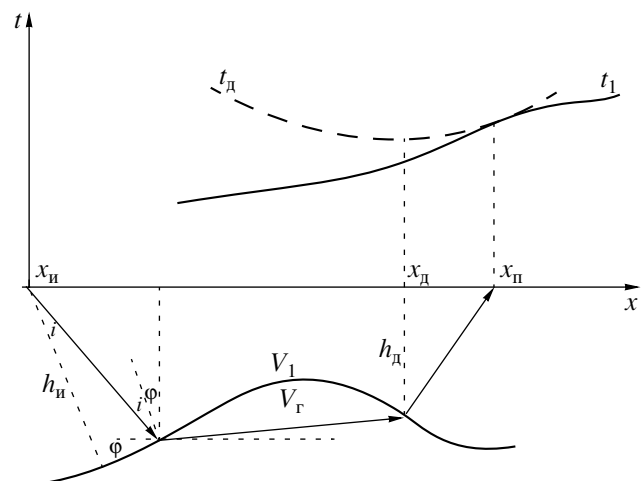
Годограф преломленно-дифрагированной волны от точки дифракции на преломляющей границе (с учетом проницания) аналитически можно выразить в следующем виде (см. рис. 1):

$$t = \frac{h_n}{V_1 \cos i} +$$

$$+ \frac{\sqrt{\left(x_d - x_n \pm h_n \frac{\sin(i \pm \varphi)}{\cos i}\right)^2 + \left(h_n \frac{\cos(i \pm \varphi)}{\cos i} - h_d\right)^2}}{V_r} + \frac{\sqrt{(x_n - x_d)^2 + h_d^2}}{V_1}, \quad (1)$$

где  $x_n$  и  $x_n$  – координаты источника и приемника на профиле,  $h_d$  и  $x_d$  – координаты точки дифракции,  $h_n$  – глубина до преломляющей границы под источником,  $V_1$  и  $V_r$  – скорости в покрывающей среде и преломляющем пласте,  $\varphi$  – угол наклона границы в точке входа преломленной волны,  $i$  – угол падения волны в точке ее входа.

Использование выражения (1) позволяет определить времена прихода преломленных волн в самом общем случае (криволинейная граница и проницание). Построение преломляющей границы по головным волнам происходит как частный случай преломленно-дифрагированной волны, когда проницание отсутствует и волна скользит вдоль границы. При таком подходе реальные преломленно-дифрагированные волны также ис-



**Рис. 1.** Принципиальная схема миграции преломленных волн с учетом явления проницания.

пользуются в обработке и по ним строится изображение объекта дифракции.

Если угол наклона преломляющей границы в точке ее входа мал, им можно пренебречь и уравнение (1) значительно упростится:

$$t \approx \frac{h_n}{V_1 \cos i} + \frac{\sqrt{(x_d - x_n \pm h_n \operatorname{tg} i)^2 + (h_n - h_d)^2}}{V_r} + \frac{\sqrt{(x_n - x_d)^2 + h_d^2}}{V_1} \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2) используются в случае миграции преломленных волн. Динамический разрез, получаемый в результате миграции записей преломленных волн, аналогичен разрезу МОВ, полученному также в результате миграции исходных записей.

Особенности миграции записей преломленных волн иллюстрируются на материалах моделирования, модель представлена четырьмя преломляющими границами; их граничные скорости и скорости в покрывающей среде увеличиваются с глубиной. Миграция одной сейсмической записи с преломленными волнами от всех границ позволяет построить изохроны возможного положения каждой преломляющей границы. При миграции одной сейсмограммы происходит построение всех существующих преломляющих границ (рис. 2), но для каждой границы остается наложение волн-помех (преломленных волн от других границ), и они заметно усложняют разрез. Миграция записей многократных наблюдений преломленных волн позволяет не только построить преломляющие границы, но и ослабить волны-помехи и, в частности, разделить интерференцию преломленных волн.

Эффективность миграции сейсмических записей преломленных волн демонстрируется на материалах, полученных при работах МОВ (ОГТ) с большими удалениями источник–приемник на мелководье Каспийского моря (рис. 3). Регистрируемая в этом случае сейсмическая запись может быть разделена фактически на две части. Ближняя к источнику часть записи (до удалений, равных глубине изучения разреза), где прослеживаются отраженные волны, обрабатывается в рамках МОВ (рис. 3а). Остальная часть записи (на удалениях, больших глубины изучения разреза), где регистрируются в основном преломленные и закрытые отраженные волны, как правило, не используется в МОВ, но она может быть обработана по схеме преломленных волн (рис. 3б).

Обработка сейсмических записей преломленных волн на основе предложенной схемы становится аналогичной обработке МОВ. Выполняются те же операции и примерно в той же последовательности, что и в МОВ [6]: определение скоростей в

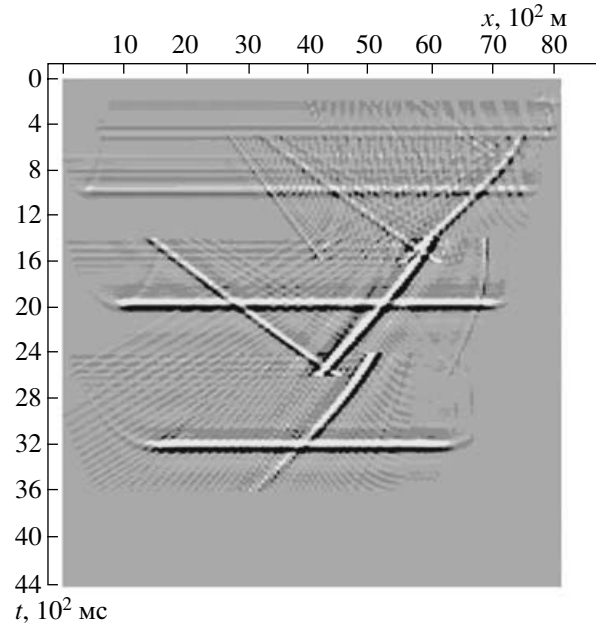
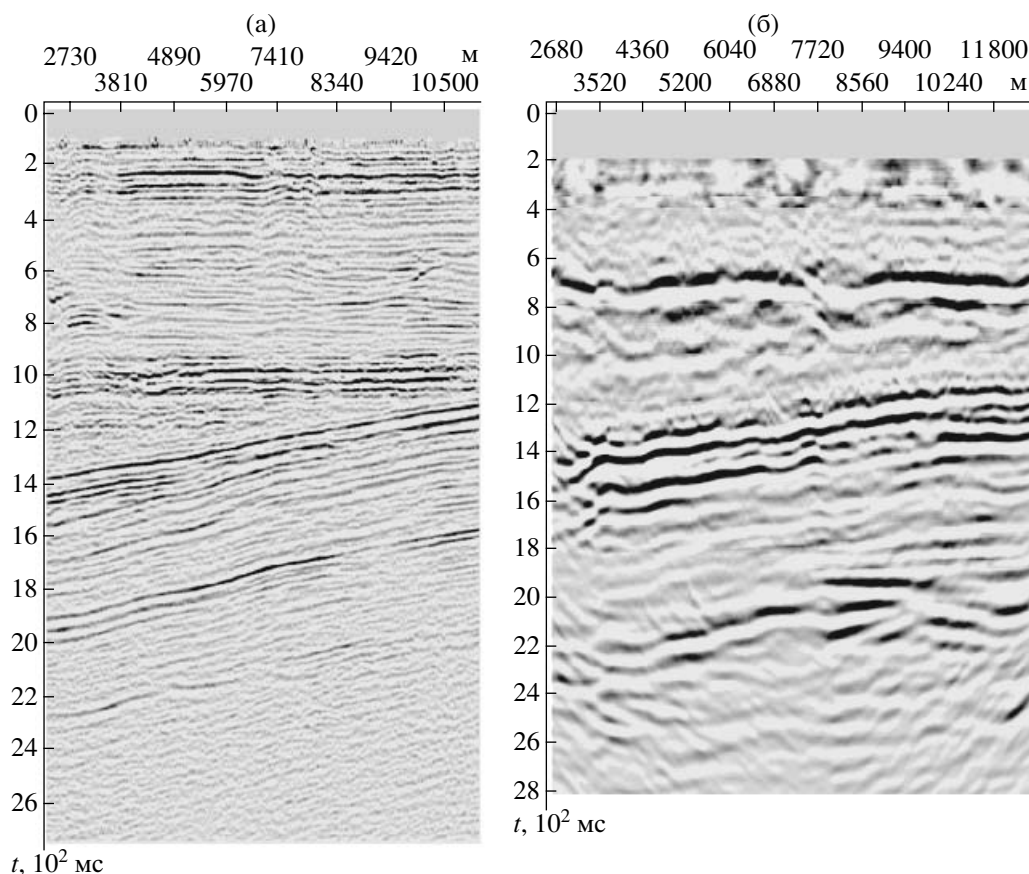


Рис. 2. Миграция преломленных волн по одной сейсмограмме.

покрывающей среде и преломляющем пласте, построение преломляющих границ (учет сейсмического сноса), разделение волн и повышение разрешенности сейсмических записей. Результатом обработки может быть также разрез упругих свойств изучаемой геологической среды.

Одной из наиболее важных операций обработки в МПВ является изучение скоростей распространения упругих волн, необходимых для построения динамического разреза. В отличие от МОВ, кроме скоростей распространения упругих волн в покрывающей среде, в МПВ необходимо определять также граничные скорости головных волн (или скорости в преломляющем пласте). Скорости в покрывающей и подстилающей средах определяются при переборах их значений на основе миграции записей.

Предложенный способ позволяет в рамках одной процедуры миграции построить динамический разрез по всем зарегистрированным преломленным волнам (т.е. по всей глубине изучаемого разреза) в масштабе времен (двойные времена по вертикали до преломляющих границ) или в линейном масштабе глубин. Разрез может быть получен с различным шагом дискретизации по профилю, в частности с шагом, аналогичным таковому в МОВ (шагом между сейсмограммами ОГТ), но в МПВ оптимальным шагом (информационно обеспеченным) является шаг между точками приема или возбуждения. Амплитуды динамического разреза пропорциональны коэффициентам преломления (или “головления”) в точке входа или выхода преломленной волны. Влияние покрыва-



**Рис. 3.** Сравнение динамических сейсмических разрезов, полученных по отраженным (а) и преломленным (б) волнам на мелководье Каспийского моря.

ющей среды и преломляющей границы на амплитуды преломленных волн можно учесть, используя характеристики взаимных записей [5], или осреднить за счет многократных наблюдений. При миграции возможен также учет рефракции преломленных волн, если известно нарастание скорости ниже преломляющей границы.

Миграция сейсмических записей преломленных волн является основой обработки материалов МПВ. При этом используется вся зарегистрированная информация о преломленных волнах, которая переносится в динамический разрез МПВ. Все прочие способы обработки, использующие кинематические и динамические или только кинематические параметры преломленных волн, являются частными случаями предложенного подхода [3–5].

Предлагаемый подход позволяет автоматизировать обработку сейсмических записей МПВ и перейти к определению природы волн и их разделению не на исходных записях или годографах, а на динамических разрезах, что упрощает и ускоряет обработку, делает ее более объективной.

Результаты обработки могут быть использованы для изучения как структурных особенностей

разреза, так и вещественного состава слагающих его пород. Кроме того, повышается эффективность сопоставления и совместного использования результатов МОВ и МПВ в концепции многоволновой сейсморазведки. Из-за различия физических основ методов они дают дополняющие друг друга сведения о распределении упругих свойств в изучаемой геологической среде.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голошубин Г.М., Вингалов В.М. // Геология и геофизика. 1985. № 7. С. 134–137.
2. Гамбурцев А.Г., Ризниченко Ю.В., Берзон И.С. и др. Корреляционный метод преломленных волн. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 239 с.
3. Епинатьева А.М., Голошубин Г.М., Литвин А.Л. и др. Метод преломленных волн. М.: Недра, 1990. 297 с.
4. Пилипенко В.Н. // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1991. № 9. С. 96–104.
5. Телегин А.Н., Тихонова И.М. // ДАН. 1992. Т. 326. № 6. С. 989–993.
6. Телегин А.Н. Сейсморазведка. Учебное пособие. СПб.: СПб. гос. горн. ин-т, 1999. 109 с.