А.Н.Телегин

УДК 550.834

НОВЫЙ ПОДХОД К ОБРАБОТКЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДА ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН

Изложен новый способ обработки сейсмических материалов метода преломленных волн. Предлагается всю обработку сейсмических материалов МПВ выполнять на основе миграции записей: изучение граничных (пластовых) скоростей и скоростей в покрывающей среде, учет сейсмического сноса и выделение полезных волн В процессе миграции происходит построение волнового изображения всех преломляющих границ любой конфигурации с использованием кинематических и динамических свойств преломленных волн. Результатом обработки является динамический сейсмический разрез, аналогичный разрезу метода отраженных волн. При его геологической интерпретации используются не только кинематические, но и динамические свойства преломленных волн, по которым можно прогнозировать не только структурный план отложений, но и состав пород. Предложенный способ обработки опробован на модельных материалах и на реальных сейсмических записях преломленных волн по опорному геофизическому профилю в Баренцевом море и при работах на мелководье Каспийского моря. Приведены примеры результатов обработки преломленных волн в сравнении с разрезом метода отраженных волн.

A new processing technique of seismic data of refracted wave method is given an account of in the paper. All seismic data are suggested to be processed on the basis of recording migration (boundary and cap rock speed study, displacement registration and useful event picking). In the process of migration there takes place wave imaging of all refracting boundaries of any shape using kinematic and dynamic properties of the refracted waves. The result of the data processing is a dynamic seismic section similar to the reflected wave method section. During its geological interpretation not only kinematic, but also dynamic properties of refracted waves are used. This enabling to predict not only structural plan of the sediment, but also its rock composition. The processing method offered has been tested on model data as well as on actual seismic refracted waves data on geo-physical profile in the Barents sea and the Caspian sea shelf. Examples of refracted wave data processing as compared to a reflected wave section are given.

* * *

С самого начала применения сейсморазведки в геологии (20-е годы прошлого столетия) основным был метод преломленных волн (МПВ). По своим физическим особенностям, а соответственно по необходимой аппаратуре и методике работ, он обеспечивал решение некоторых относительно простых геологических задач (в частности, поиски соляных куполов). МПВ усиленно развивался, особенно в нашей стране, и к началу 50-х годов были разработаны основные методические приемы ведения работ и обработки получаемых материалов [1].

Метод отраженных волн (МОВ) начал применяться несколько позднее МПВ, однако развитие метода было более интенсивным, и к началу 50-х годов объемы его применения в десятки раз превышали МПВ. В настоящее время МОВ доминирует в сейсморазведке, без его проведения не закладывается ни одна скважина в мире на нефть и газ. В МОВ используется вся зарегистрированная информация об отраженных волнах (кинематическая и динамическая), результатом работ является акустический разрез (акустическая фотография) изучаемой геологической среды. На основе связи акустических и геологических свойств прогнозируются строение изучаемых территорий, вещественный состав пород и возможные месторождения нефти и газа.

В методе преломленных волн осуществляется в основном кинематическая обработка записей [1, 2]. На сейсмических разрезах, как правило, отображается положение преломляющих границ и приводятся значения ско-

ростей (граничных, пластовых, средних) Динамические особенности волн используются в меньшей степени и привлекаются для определения природы волн и их разделения. В частности, не используется связь амплитуд волн с коэффициентом преломления («головления») и соответственно, перепадом акустических свойств на границе, как это широко практикуется в МОВ. Неоднократно предлагались различные способы (в том числе и на основе миграции записей) использования кинематических и динамических свойств при построении отдельных преломляющих границ, которые решали частные задачи обработки материалов МПВ [2, 3, 4].

В последние годы автором разрабатываются способы использования динамики преломленных волн для изучения акустических свойств геологической среды, основанные на построении волновых изображений преломляющих границ по записям МПВ. Предложен способ обработки записей преломленных волн в сопряженных точках [4]. Сопряженные точки для взаимно увязанных прямого и встречного годографов преломленной волны можно рассматривать в качестве источника и приемника для ее начальной точки. В начальной точке время прихода преломленной волны совпадает с отраженной, а амплитуда пропорциональна амплитуде отражения. Поэтому записи преломленной волны в сопряженных точках можно рассматривать как записи отражений в начальной точке и применять способы обработки МОВ, в частности, получать динамические разрезы ОГТ временной и глубинный, с учетом сейсмического сноса, что особенно важно при сложной конфигурации преломляющей границы, использовать миграцию записей встречных и нагоняющих систем наблюдений МПВ.

В продолжении проводимых исследований предлагается выполнять всю обработку сейсмических материалов МПВ только на основе миграции записей. В процессе миграции происходит построение волнового изображения преломляющих границ любой конфигурации с учетом явления проницания преломленных волн. Значения граничной скорости и скорости в покрывающей среде также определяются на основе миграции по кинематическим и динамическим параметрам преломленных волн.

Обработка сейсмических записей преломленных волн на основе предложенной схемы становится аналогичной обработке МОВ. В обработке сейсмических материалов МПВ выполняются те же операции и примерно в той же последовательности, что и в МОВ [5]: определение скоростей в покрывающей среде и преломляющем пласте, построение преломляющих границ (учет сейсмического сноса), разделение волн и повышение разрешенности сейсмических записей. Результатом обработки является также акустический разрез изучаемой геологической среды.

Первой операцией обработки в МПВ является определение параметров, необходимых для построения динамического разреза преломленных волн. В общем случае перебирается три параметра: граничная скорость, скорость в покрывающей среде и глубина до границы. Так как глубина преломляющей границы и скорость в покрывающей среде связаны между собой, технологически удобнее определять два параметра: граничную скорость и t_0 преломленных волн. Перебор этих параметров происходит на основе миграции записей и выполняется в следующей последовательности: вначале перебирается граничная скорость (рис.1), затем t_0 – соотношение глубины до преломляющей границы и скорости в покрывающей среде. В результате перебора определяется изменение граничных и средних скоростей с глубиной в отдельных пикетах профиля, так что в целом получается полное представление об изменении скоростей в изучаемом разрезе. В отличие от МОВ, кроме скоростей распространения упругих волн в покрывающей среде, в МПВ необходимо знать также граничные скорости и глубину залегания преломляющих горизонтов или их t_0.

Результаты перебора используются для построения динамического разреза по всем зарегистрированным преломленным волнам (по всей глубине изучаемого разреза) во временном масштабе (времена по вертикали до преломляющих границ) или в линейном

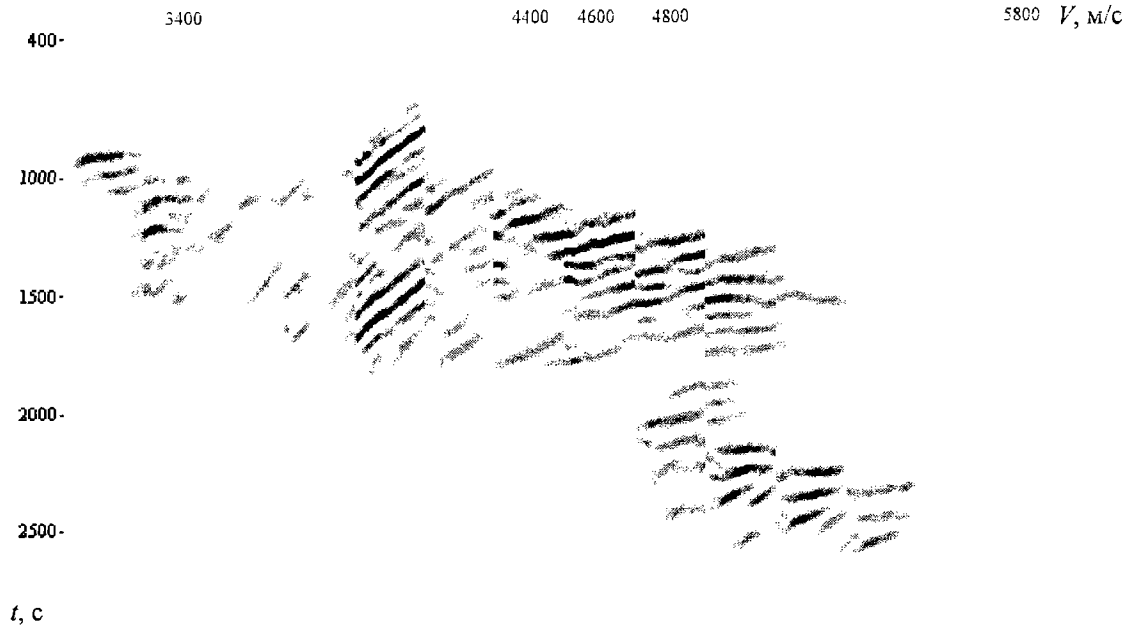

Рис1. Пример перебора граничных скоростей по записям преломленных волн

масштабе глубин. Амплитуды динамического разреза пропорциональны коэффициентам преломления в точке отрыва преломленной волны, при этом осредняется влияние покрывающей среды и преломляющей границы. Разрез может быть получен с различным шагом дискретизации по профилю (в частности и с шагом, аналогичным МОВ – шагом между сейсмограммами ОГТ), но оптимальным шагом для МПВ (информационно обеспеченным) является шаг между точками приема.

Возможности разделения преломленных волн основаны также как и в МОВ на кратности наблюдений прямых и встречных записей МПВ, т.е. в соответствии с кинематической схемой выделяемой полезной волны она должна в процессе миграции суммироваться синфазно, а все прочие регулярные волны суммируются не синфазно и относительно ослабляются. При использовании однократных систем наблюдений в МПВ возможности разделения волн ограничены и связаны в основном с различием их частотных спектров. Здесь существует полная аналогия с возможностями разделения волн в МОВ.

Повышение разрешенности записей также выполняется обычным образом с помощью процедур обратной фильтрации (деконволюции).

В МПВ должны использоваться все пять операций полной схемы обработки, которые применяются и в МОВ, но усложняется выбор оптимальных параметров миграции записей и использование амплитуд динамического разреза МПВ для прогнозирования вещественного состава пород.

Миграция сейсмических записей преломленных волн является основной операцией обработки материалов МПВ. Строгая и полная обработка преломленных волн возможна только на основе миграции записей. При этом используются кинематические и динамические свойства волн, т.е. вся зарегистрированная информация о преломленных волнах переносится в динамический разрез МПВ. Все прочие способы обработки являются частными случаями с использованием кинематических и динамических свойств или только кинематики преломленных волн. Приближенными способами являются суммирование записей по ОТП после редукции годографов преломленных волн и суммирование по ОСТ (ОГТ), последнее может выполняться на основе алгоритма сопряженных точек [4].

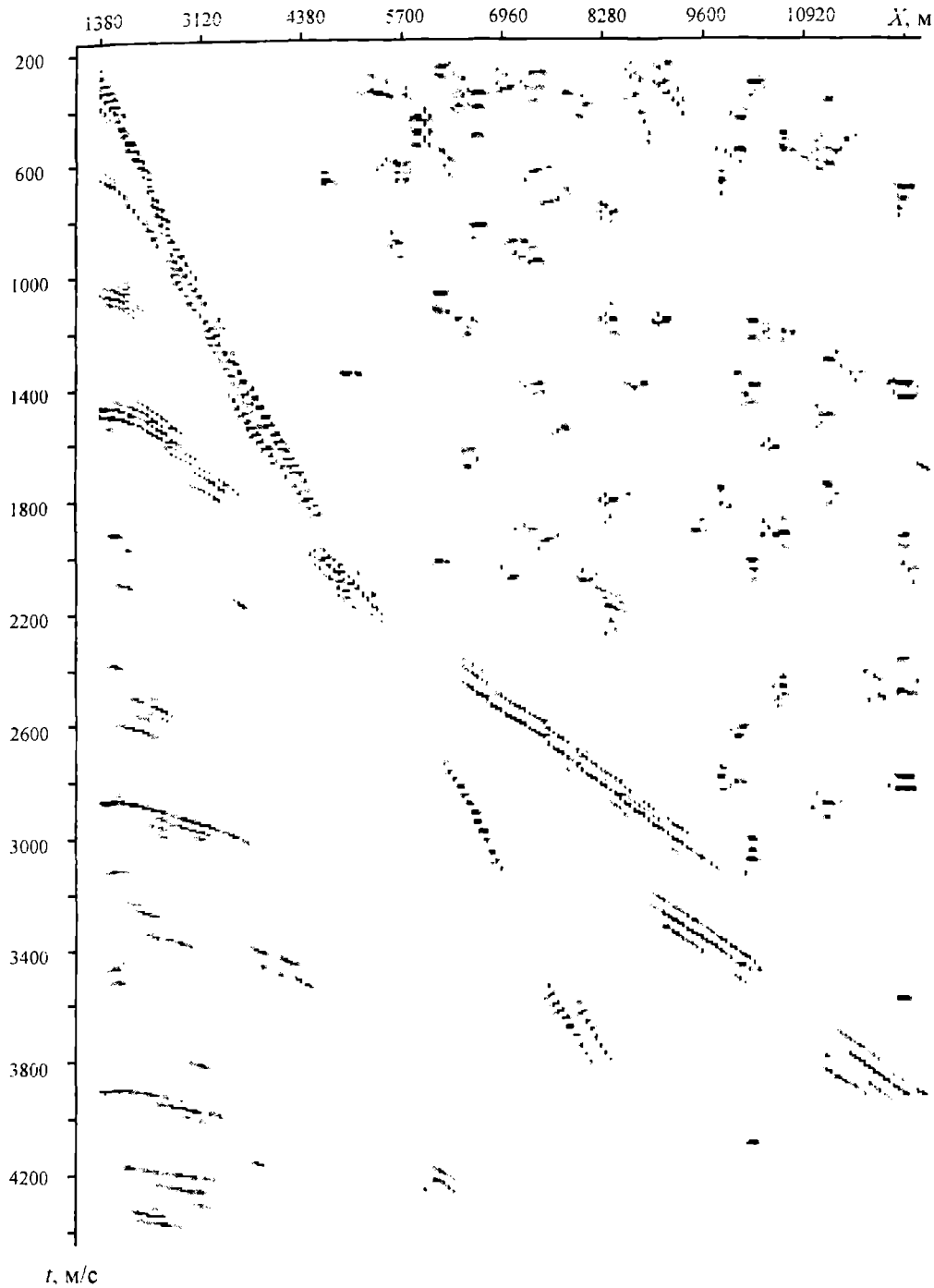

Рис.2. Пример исходных сейсмических записей на мелководье Каспийского моря

Такой подход позволяет автоматизировать обработку сейсмических записей МПВ с привлечением не только кинематических, но и динамических свойств волн, а результаты обработки использовать для прогнозирования как структурного характера (изучения пликативных и дизъюнктивных дислокаций), так и вещественного состава геологического разреза. Кроме того, упрощается сопоставление и совместное использование результатов МОВ и МПВ в концепции многоволновой сейсморазведки геологических сред.

Геологическая интерпретация временных динамических разрезов МПВ проводится совместно с разрезом МОВ (ОГТ). Так как различаются физические основы методов, они дают дополняющие друг друга сведения о распределении упругих свойств в изучаемой геологической среде. В частности, при получении динамического разреза МПВ, кроме изменения эффективных скоростей с глубиной, изучаются граничные (пластовые) скорости разреза.

Возможности МПВ определяются существованием преломленных волн и методикой работ. Предложенный подход к обработке

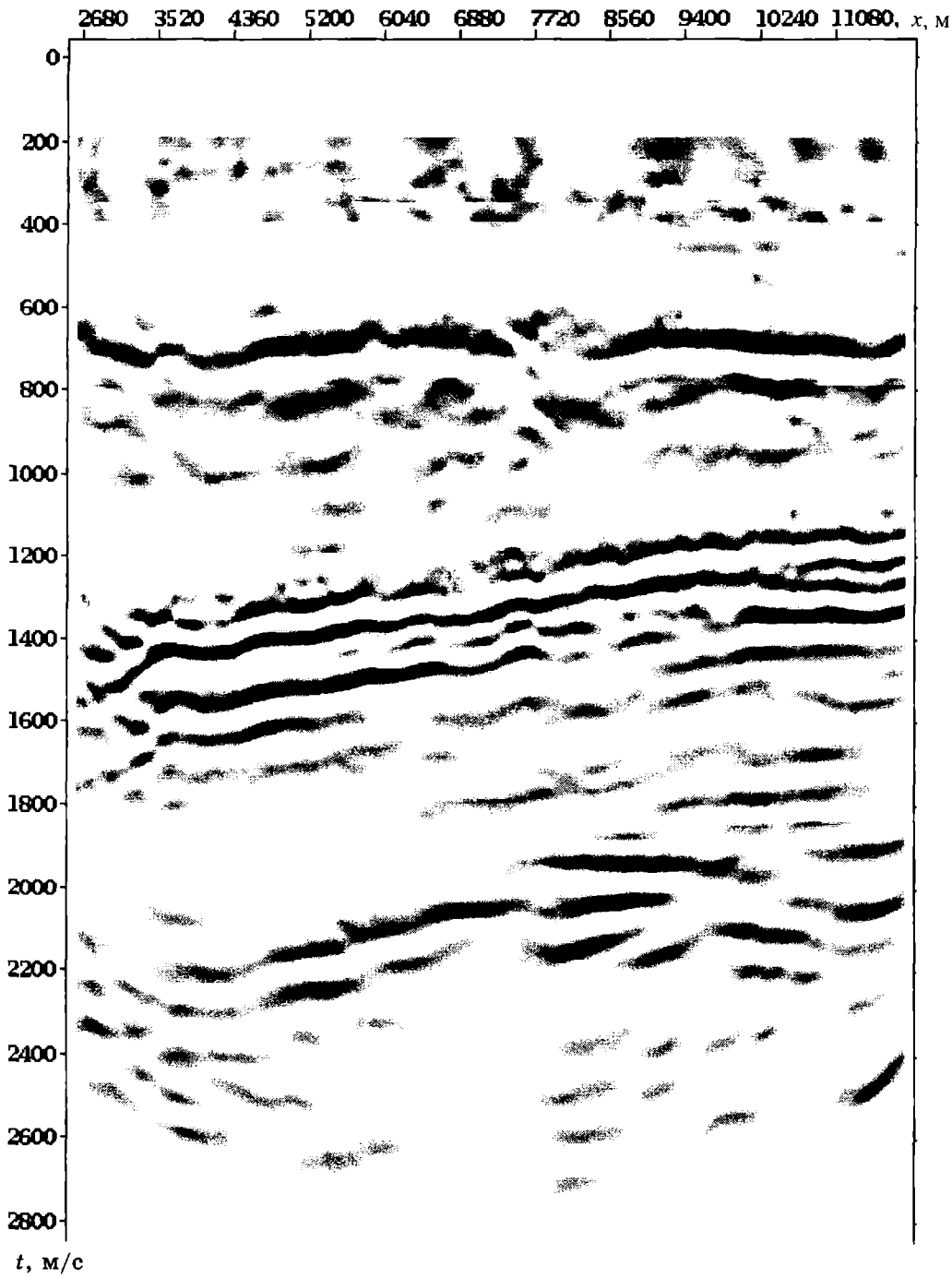

Рис.3. Фрагмент динамического разреза МПВ по одному из профилей на мелководье Каспийского моря

сейсмических материалов МПВ позволяет пересмотреть и выбор методики сейсмических работ МПВ, в частности, оптимальная методика работ должна выбираться с учетом не только регистрации преломленных волн от всех целевых границ, но и для разделения волн и ослабления волн-помех. Для разделения волн необходимо обеспечить кратность их наблюдения, т.е. количество записей и шаг между записями в сейсмограммах ОТП по профилю (или площади). За счет усложнения систем наблюдений работы МПВ, обычно считавшиеся более дешевыми по сравнению с МОВ, становятся сопоставимыми по затратам с МОВ.

Хорошим вариантом комбинирования МОВ и МПВ является методика работ МОВ с большими выносами источник-приемник, используемая при работах на мелководье (рис.2). При этом всю регистрируемую запись можно разделить на две части. В основной части - до удалений равных глубине изучения разреза регистрируются в основном отраженные волны и эта часть обрабатывается в рамках МОВ. Остальная часть записи (на удалениях больше глубины изучения разреза) в МОВ не используется, это область регистрации преломленных волн и она может обрабатываться по схеме преломленных волн.

Обработка преломленных волн на основе миграции записей опробована на модельных материалах и на реальных сейсмических записях преломленных волн по опорному геофизическом профилю в Баренцевом море. По материалам сейсмических работ на мелководье Каспийского моря впервые получен динамический разрез по записям преломленных волн (рис.3) на всю изученную глубину (по всем зарегистрированным волнам).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гамбурцев А.Г* Корреляционный метод преломленных волн. Руководство для инженеров-сейсморазведчиков / А.Г.Гамбурцев, Ю.В.Ризниченко, И.С.Берзон и др. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 239 с.

2. *Епинатьева А.М.* Метод преломленных волн / А.М.Епинатьева, Г.М.Голошубин, А.Л.Литвин и др. М.: Недра, 1990. 297 с.

3. *Пилипенко В.Н.* Разностное продолжение временных и волновых полей в задачах формирования изображений среды // Изв. АН СССР Физика Земли. 1991. № 9. С.96-104.

4. *Телегин А.Н.* Построение динамических разрезов по сейсмическим записям преломленных волн / А.Н.Телегин, И.М.Тихонова // ДАН РФ. 1992. Т.326. № 6. С.989-993.

5. *Телегин А.Н.* Сейсморазведка: Учебное пособие / Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 1999. 109 с.