

Обработка данных

Ослабление кратных дифрагированных волн с применением

каскадного шумоподавления

Attenuation of multiple diffractions using a cascaded noise removal sequence

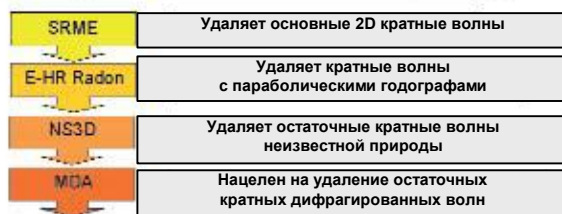
Джон Бриттен (John Brittan) и Энди Ренч (Andy Wrench) из PGS Geophysical*, Великобритания, описывают еще один прием обработки данных сейсморазведки, нацеленный на подавление энергии кратных дифрагированных волн

Шумы, связанные с кратными дифрагированными волнами, создают значительные проблемы при получении данных сейсморазведки из многих важнейших нефтеносных провинций. Такие шумы преобладают в глубоководных областях и

при сложном строении верхней части разреза. В таких случаях кратные отражения от неоднородностей ВЧР и первичные отражения из глубинной части разреза приходят одновременно. Энергия первичных отражений, из-за большой длины пробега в земле, оказывается существенно меньше по амплитуде и беднее по частотному составу. Напротив, отражения от неоднородностей ВЧР распространяются в основном по слою морской воды, где поглощение незначительно. Таким образом, на глубоких частях разреза преобладают, особенно на высоких частотах, некогерентные дифрагированные кратные волны большой амплитуды. Так как годографы таких волн не являются гиперболами, их трудно подавить с помощью стандартных процедур, таких как 2D подавление кратных волн с опорной поверхностью (SRME) или параболический алгоритм Радона.

В работе Видмайера (Widmaier *et al.*, 2002) показано, что полевые измерения по методике многократных перекрытий с регистрацией по нескольким азимутам могут значительно повысить эффективность суммирования по ОГТ при подавлении кратных дифрагированных волн. Тем не менее, для стандартных морских работ следует создать четкую методику шумоподавления. Методики, подобные 3D SRME, весьма перспективны для ослабления кратных дифрагированных волн (van Borselen *et al.*, 2004). В этой работе на примере типичных полевых данных мы рассмотрим, как можно использовать каскадное применение различных (до четырех) процедур для подавления нежелательных волн (рис. 1).

Каскадный подход к подавлению кратных дифрагированных волн



Можно применять все или лишь некоторые из этих процедур

Рис. 1. Основы каскадного подхода к ослаблению кратных дифрагированных волн

*PGS Geophysical, PGS Court, Walton-On-Thames, Surrey, KT12 1RS, UK

3D суммирование с весами по наклонным осям

Процедура шумоподавления с применением 3D суммирования с весами по наклонным осям (NS3D) описана в работах Мартинеса (Martinez *et al.* 2000, Martinez 2003). Суть процедуры состоит в том, что в пределах некоторого элементарного объема проводится трансформация данных путем 3D суммирования с весами по наклонным осям (веса обычно выбираются как обратные величины амплитуд в некоторой степени), а затем обратной трансформацией получается результирующая трасса, которую относят к центру объема. Результатом процедуры является подавление когерентных, некогерентных и импульсных волн-помех с крутопадающими осями синфазности. В приведенном ниже примере (рис. 2) входной набор данных представлен в виде объема с горизонтальными координатами «пункт возбуждения – пункт приема». Процедура NS3D применена для удаления некогерентных дифрагированных волн с крутопадающими осями синфазности при сохранении когерентных первичных отражений.

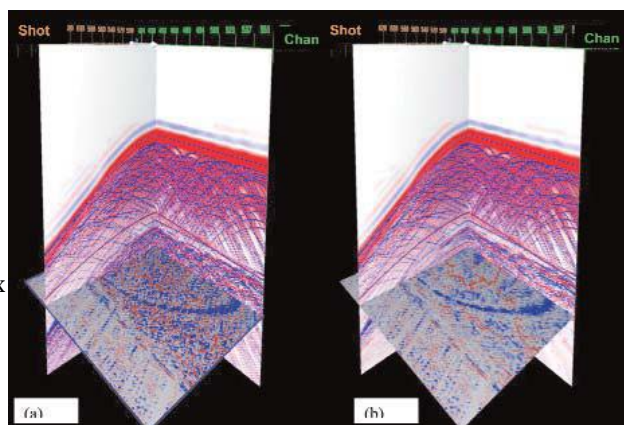


Рис. 2. Модельные данные в координатах ПВ-ПП после применения процедуры 2D SRME (a) и процедур 2D SRME и NS3D (b). Применение 3D суммирования с весами по наклонным осям подавляет кратные дифрагированные волны

Ослабление кратных дифрагированных волн

Ослабление кратных дифрагированных волн (MDA) – это новая технология обработки, предназначенная для ослабления высокоинтенсивных эффектов реверберации на неоднородностях ВЧР. В ней задействованы алгоритмы распознавания образов, которые применяются для разделения кратных дифрагированных волн с высокой амплитудой и первичных отражений от нижележащих горизонтов. Разделение основано на различии частотных, амплитудных и фазовых характеристик этих двух типов отражений. Привлечение всех этих характеристик дает возможность тонкой настройки алгоритма на природу

Обработка данных

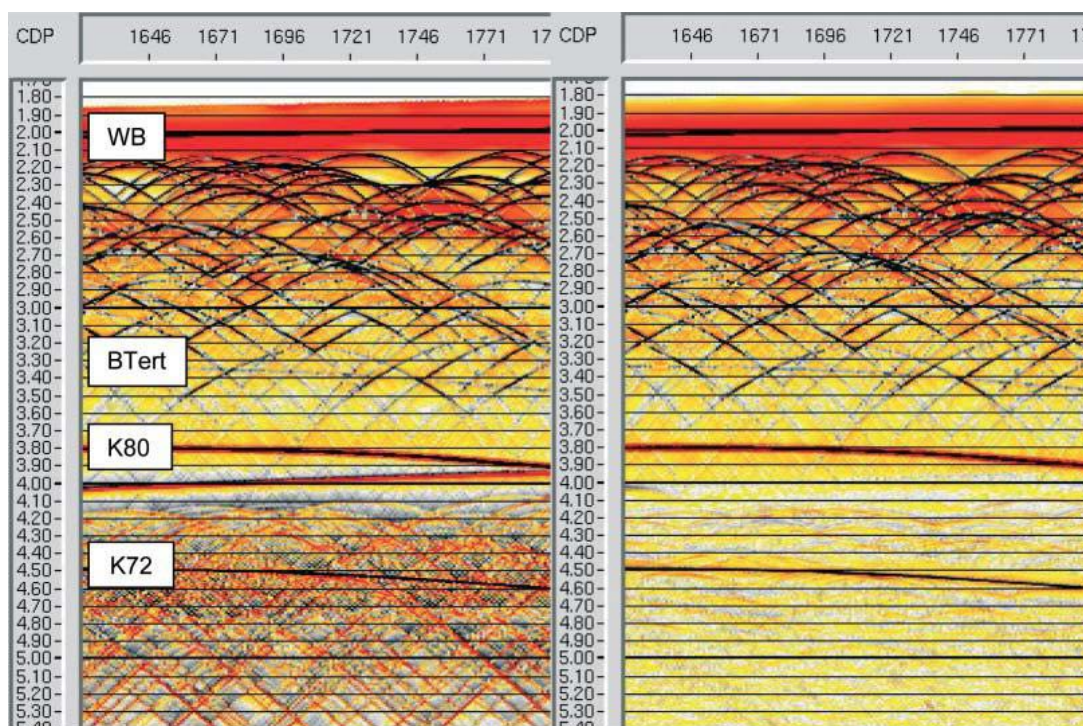


Рис. 3. NMO разрез исходных модельных данных

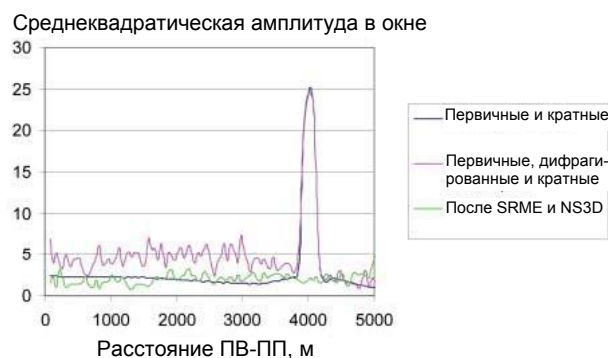


Рис. 5. Типичный график амплитуды волны от границы K72 до и после обработки. Амплитуды измерены в окне шириной 50 мс относительно границы на типичном модельном разрезе. Лиловой линией показаны амплитуды до подавления кратных волн, темно-синей – истинные амплитуды при отсутствии в модели дифрагирующих объектов. Дребезг на лиловом графике связан с интерференцией отраженных кратных волн, а выброс на расстоянии 4000 м – с наложением кратной волны от дна на первичное отражение. Идеальный (сохраняющий первичные отражения) процесс подавления кратных волн даст темно-синий график (кроме пересечения с кратной от дна). Зеленая линия представляет график амплитуды после применения процедур 2D SRME и NS3D; относительные амплитуды первичных отражений хорошо сохранены.

Рис. 4. Модельные данные после применения процедур 2D SRME и NS3D.

кратных дифрагированных волн в каждой конкретной геологической обстановке.

Модельный пример

Модельные данные были получены лучевым методом 3D для модели разреза с пятью отражающими границами (горизонтальными или с малыми углами падения). Кроме того, во второй слой модели, расположенный на глубине 150 м под дном моря, случайным образом введены 140 дифрагирующих объектов. Входные данные (временной разрез NMO) представлены на рис. 3. Прежде всего, к данным была применена процедура 2D SRME (Verschuur and Berkhout, 1997; King *et al.*, 2000). Хотя с помощью этой процедуры были подавлены высокоамплитудные кратные отражения от морского дна, она, очевидно, не обнаружила сложные кратные дифрагированные волны ни по фазе, ни по амплитуде. Это было вполне ожидаемым результатом; речь идет об известной особенности этого метода (Kabir and Abma, 2003). Идеальное решение задачи дал бы аналог процедуры 3D SRME; однако, для многих методик сбора данных (и, особенно, для повторной обработки), редкая сеть наблюдений и ограниченный динамический диапазон данных по линии разреза могут стать причиной недостаточно эффективного подавления кратных дифрагированных волн.

Применение к таким данным современных методик высокого разрешения, основанных на алгоритме Радона, заранее предполагает, что, хотя на данных до суммирования по ОГТ можно видеть некоторый эффект, улучшение на разрезе после суммирования будет не столь

Обработка данных

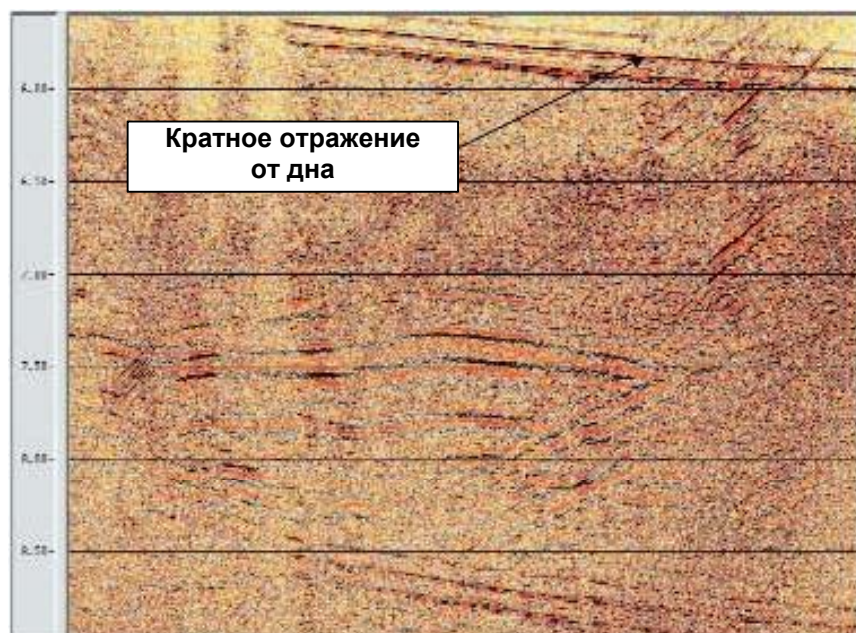


Рис. 6. Временной разрез (NMO) полевых данных. Видны прерывистые крутопадающие оси синфазности кратных дифрагированных волн.

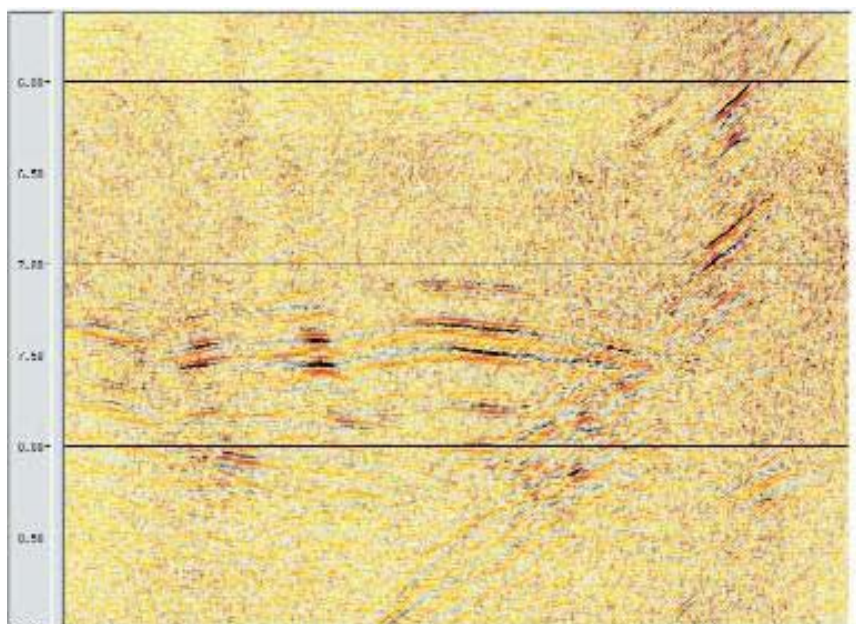


Рис. 7. Временной разрез (NMO) полевых данных после применения процедур 2D SRME, E-HR, NS3D и MDA. Ср. с рис. 6.

заметно. Объяснением этого может служить то, что, поскольку годографы кратных волн не являются гиперболами, остаточные аномалии и артефакты алгоритма Радона на малых дистанциях ПВ-ПП могут иметь большую амплитуду. Совместное применение параболического алгоритма Радона с нестандартными параметрами и алгоритма Радона со смещенной вершиной (см. (Hargreaves *et al.*, 2003) к этим данным дало некоторое улучшение по сравнению со стандартным алгоритмом Радона высокого разрешения. Однако, наряду с улучшением подавления кратных волн, обе процедуры приводят к увеличению общего усиления первичных отражений. Поэтому было принято решение использовать только процедуры 2D SRME и NS3D.

Представленный на рис. 4 результат показывает, что эффекты кратных волн удалось в основном подавить, и нижележащий горизонт К72 теперь можно точно интерпретировать.

Из природы модельных данных следует, что AVO-зависимости первичных отражений известны. Таким образом, становится возможным количественно оценить степень сохранности первичных отражений для выбранной процедуры подавления кратных волн. Для этого проведен расчет среднеквадратической амплитуды вдоль отражающей границы К72 в окне шириной 50 мс (рис. 3). Выбор этого отражения обусловлен тем, что на меньших временах прихода отмечаются и когерентные кратные отражения от морского дна, и некогерентные кратные отражения от дифрагирующих объектов.

Обработка данных

Анализ показывает, что применение процедур SRME и NS3D сохраняет относительные амплитуды первичных отражений (рис. 4).

Полевые примеры

Этот граф обработки был опробован на нескольких наборах полевых данных. Временной разрез одного из наборов показан на рис. 6. Все полевые данные содержат мощные кратные отражения от морского дна и поддонных границ, а на рис. 6 ясно видны кратные дифрагированные волны большой амплитуды, которые сильно искажают более глубокие части разреза. Обработка проводилась в предположении, что граф, включающий процедуру 2D SRME, за которой следуют улучшенный алгоритм Радона высокого разрешения (E-HR), NS3D и MDA, даст оптимальный для этих данных уровень подавления кратных волн (рис. 7). В отличие от графа, выбранного для модельных данных, сравнение временных разрезов до суммирования по ОГТ с применением алгоритма Радона и без него показывает, что применение алгоритма существенно снижает остаточный эффект кратных волн. Такое различие можно объяснить тем, что полевые данные получены на разрезе с большим числом дифрагирующих объектов, чем модельные. Кроме того, в модельных данных нет кратных волн другого происхождения.

Можно отметить, что для адекватного удаления эффектов кратных дифрагированных волн из полевых данных необходим многоэтапный подход к подавлению кратных волн в целом. Применение процедур NS3D и MDA в ходе такого многоэтапного подавления кратных волн значительно снижает остаточные эффекты кратных волн на разрезах как до, так и после суммирования по ОГТ. Такое снижение может быть решающим для успеха любых процедур анализа данных до суммирования (таких, как определение скоростей, AVO-анализ и даже миграции разреза до суммирования по ОГТ).

Заключение

В этой статье показано, что применение 3D суммирования с весами по наклонным осям и/или алгоритмов, основанных на распознавании образов, может дать существенные преимущества при подавлении кратных дифрагированных волн. Эти процедуры лучше всего применять в составе каскадного графа обработки, включающего также 2D SRME и (если нужно) параболический алгоритм Радона высокого разрешения. Исследования на модельных данных показали, что при такой обработке амплитуды первичных отражений хорошо сохраняются.

Благодарности

Авторы благодарят компании «Бритиш Петролеум» за предоставленные данные и PGS Geophysical за разрешение опубликовать эту статью. Хотелось бы также выразить благодарность Оливеру Лэнгтону (Oliver Langton) за участие в обработке данных, а также Дэйву Кингу (Dave King) и Роальду ван Борселену (Roald van Borselen) за полезные замечания.

Литература

- Hargreaves, N., VerWest, B., Wombell, R. and Trad, D. [2003] Multiple attenuation using an apex-shifted Radon transform. *73rd Annual Meeting Society of Exploration Geophysics, Expanded Abstracts*, 1929-1932.
- Kabir, N. and Abma, R. [2003] Weighted subtraction for diffracted multiple attenuation. *73rd Annual Meeting Society of Exploration Geophysics, Expanded Abstracts*, 1941-1944.
- King, D., Hoy, T., van Borselen, R. and Brittan, J. [2000] How surface-related multiple elimination works in practice. *First Break*, **18**, 495 v-vii.
- Martinez, R.D. [2003] Weighted slant stack for attenuating seismic noise. *US Patent No. 6,574,567*.
- Martinez, R.D., Kamps, W.H. and Takh, V.A. [2000] A robust method for 3-D noise attenuation. *70th Annual Meeting Society of Exploration Geophysics, Expanded Abstracts*, 2077-2080.
- Van Borselen, R., Schonewille, M. and Hegge, R. [2004] 3-D SRME: acquisition and processing solutions. *To be presented at the 74th Annual Meeting Society of Exploration Geophysics, 2004*.
- Verschuur, D.J. and Berkhou, A.J. [1997] Estimation of multiple scattering by iterative inversion, Part II: Practical aspects and examples. *Geophysics*, **62**, 1596-1611.
- Widmaier, M., Keggin, J., Hegna, S. and Kjos, E. [2002] The use of multi-azimuth streamer acquisition for attenuation of diffracted multiples. *72nd Annual Meeting Society of Exploration Geophysics, Expanded Abstracts*, 89-92.