

Analysis of a Broadband Processing Technology

Applicable to Conventional Streamer Data

Технология широкополосной обработки сейсмических данных, полученных с привлечением стандартной морской буксируемой косы

Zhengzheng Zhou, Milos Cvetkovic, Bing Xu, ION GX Technology, Philip Fontana, Polarcus

Чжэнчжэн Чжо, Милош Цветкович, Бин Сюй, ION GX Technology; Филип Фонтана, Polarcus

We recorded 2D lines parallel to and in close proximity of one another, with streamers towed at different depths. We applied WiBand, GXT's broadband processing method, to a deep tow line and recovered data free of receiver ghost notches. We find a good phase match between the WiBand result and a shallow tow line. The match validates the phase fidelity of the WiBand process.

В рамках проекта выполнена регистрация данных 2D с привлечением двух буксируемых морских кос. Регистрация данных производилась одновременно при буксировке морских кос в непосредственной близости друг от друга, но на разных глубинах. Сейсмические данные, полученные с помощью морской сейсмической косы, буксируемой на большей глубине, обработаны с применением технологии WiBand компании GXT для широкополосной обработки данных. Применение технологии обеспечило получение данных без врезов в амплитудно-частотной характеристике сигналов, возникающих на приемнике. По результатам выполненных работ установлена высокая сопоставимость между фазовыми характеристиками нижней (WiBand) и верхней буксируемых кос. Высокая сопоставимость подтверждает достоверность фазовых характеристик в случае применения технологии WiBand.

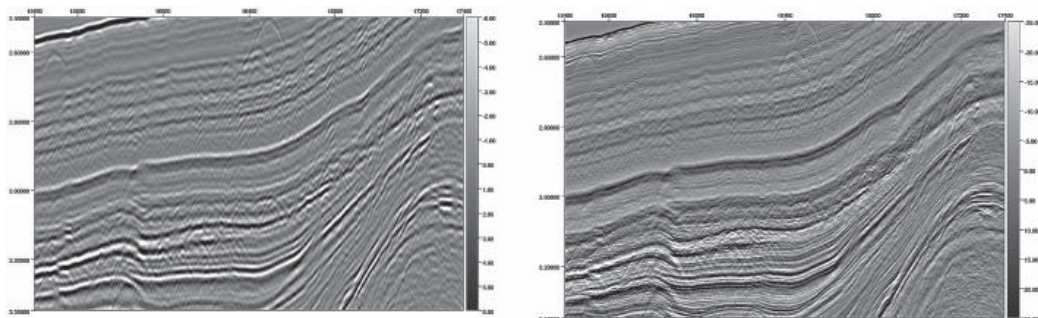
Введение

В последнее время разработан целый ряд различных технологий и методов, которые обеспечивают уменьшение влияния или устраняют эффекты, возникающие в результате образования волн-спутников, и позволяющие получать широкополосные отображения, характеризующиеся значительно более высоким разрешением. Тем не менее, для применения указанных методов (включая методы обработки зон над и под буксируемыми косами, технологии GeoStreamer и BroadSeis) необходима повторная регистрация сейсмических данных. Ни один из рассмотренных методов не может использоваться для обработки сейсмических данных, полученных с привлечением стандартной морской буксируемой косы в составе гидрофонов и соответствующих кабелей, которые буксируются на постоянной глубине на протяжении всего периода наблюдений.

Специалисты нашей компании разработали эффективную методику широкополосной обработки сейсмических данных, которая обеспечивает подавление большинства волн-спутников в данных, полученных с привлечением стандартной морской буксируемой косы. Для краткости и в целях удобства восприятия в рамках данного обзора мы будем называть новую методику обработки технологией WiBand. (WiBand — торговая марка компании GX Technology.) Новая методика предназначена для устранения проблем, связанных с ослаблением амплитуд и фазовыми искажениями вследствие образования волн-спутников, с целью получения плоских спектральных характеристик в диапазоне частот от 4 Гц до 150 Гц, а также получения сфокусированного сейсмического импульса. В целях проверки эффективности данной методики был проведен эксперимент, в рамках которого предусматривалась буксировка нескольких морских кос на различных глубинах, и проводилась оценка достоверности восстановления фазовых характеристик для предлагаемого алгоритма на основе сравнения результатов обработки данных нижней косы по методу WiBand и стандартной обработки сейсмических данных, полученных с привлечением морской косы, буксируемой на меньших глубинах.

Анализ результатов обработки по методу WiBand

В рамках эксперимента предусматривалась регистрация данных при различных комбинациях глубин установки источников и буксировки морской косы вдоль одного и того же сейсмопрофиля. Для целей настоящего ана-



● Figure 1 Left: Deep tow data high-cut filtered beyond receiver ghost notch. Right: WiBand result.
 ● Рис. 1. Слева: Данные нижней косы после фильтрации с помощью фильтра низких частот для отсека значения ниже врезов в амплитудно-частотной характеристике сигналов. Справа: Результаты обработки по методу WiBand.

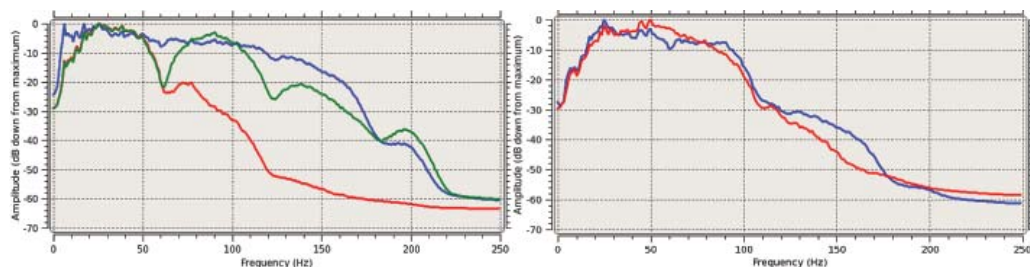
Introduction

Over the past few years, different techniques have emerged that makes it possible to mitigate or remove the effects of the ghosts and obtain broadband images with greatly enhanced resolution. However, the methods, including over-and-under streamers, GeoStreamer, and BroadSeis, require new data acquisition. They are not applicable to conventional streamer data acquired with hydrophone-only streamer cables tow at a constant depth for each survey.

We have developed an effective broadband processing method that can remove most of the ghost effects from conventional streamer data. In this abstract we will refer to this method simply as WiBand for convenience. (WiBand is a trademark of GX Technology.) This method is designed to address both the amplitude attenuation and the phase distortion introduced by the ghosts to obtain nearly flat spectral response from 4Hz to 150Hz, as well as a compact, well focused seismic wavelet. In order to validate our method, we carried out an experiment where multiple streamers were towed at different depths, and evaluated the phase reconstruction fidelity of the algorithm by comparing the WiBand result from the deep tow data with the standard processing result from the shallow tow data.

Analysis of WiBand Results

We acquired data with a number of source and streamer depth combinations over the same general line location.



● Figure 2 Spectra. Left: green, raw deep tow data; red, after high-cut filter; blue, after WiBand. Right: red, shallow tow data after high cut filter; blue, deep tow data with WiBand and shaping filter.
 ● Рис. 2. Спектр. Слева: зеленым цветом обозначены необработанные данные нижней косы, красным цветом обозначены данные после фильтрации с помощью фильтра низких частот, синим цветом обозначены данные, полученные в результате обработки по методу WiBand. Справа: красным цветом обозначены данные верхней косы после фильтрации с помощью фильтра низких частот, синим цветом обозначены данные нижней косы после обработки по методу WiBand и фильтрации с помощью формирующего фильтра.

лиза выбраны данные, полученные при глубине установки источника 5 м и глубине буксировки морской косы 12 м и 7 м. В процессе анализа морская коса, буксируемая на глубине 12 м, будет условно называться нижней косой, а коса на глубине 7 м — верхней косой.

В левой части рис. 1 показаны данные нижней косы после стандартной фильтрации с помощью фильтра

низких частот. В правой части рис. 1 показаны результаты обработки того же сейсмопрофиля по методу WiBand. Соответствующий спектр показан на рис. 2 слева. Анализ графиков спектра и суммарных разрезов показывает, что в результатах обработки сейсмических данных по методу WiBand содержатся широкополосные характеристики. Технология WiBand обеспечила восстановление сигналов в диапазоне 62 Гц и 123 Гц, которые ранее были значительно ослаблены, и удаление врезов в амплитудно-частотной характеристике. Кроме того, наблюдается значительное усиление низких частот. Тем не менее, необходимо также проверить эффективность сохранения фазовых характеристик восстановленных сигналов. Для этой цели мы приняли сейсмические данные, полученные верхней косой, в качестве базового куба, с которым сравниваются фазовые характеристики сигналов, полученных после обработки по методу WiBand.

Нуль-фазовый фильтр низких частот применялся для фильтрации данных верхней косы с целью отсека сигналов выше врезки в амплитудно-частотные характеристики на приемнике на отметке ~110 Гц. Результаты обработки показаны на рис. 3 слева. На следующем этапе осуществлена фильтрация данных нижней косы после обработки по методу WiBand с помощью другого нуль-фазового трапецидального фильтра с целью формирования спектра данных WiBand по образу и подобию данных верхней косы после фильтрации с помощью фильтра низких частот. Результаты обработки показаны на рис. 3 справа. Соответствующий спектр показан на рис. 2 справа. Необходимо отметить, что значение частоты вреза в амплитудно-частотную характеристику для данных нижней косы составляет 62 Гц и соответствует доминирующей частоте двух рассматриваемых кубов данных после фильтрации.

Сравнительный анализ отображений, приведенных выше, показывает, что фазовые характеристики отображений характеризуются высокой степенью сопоставимости. Далее были построены две


For this paper we focus on the data associated with the 5m source and the streamers at 12m and 7m depths. We will refer to the data from these two streamers as the deep tow line and the shallow tow line respectively.

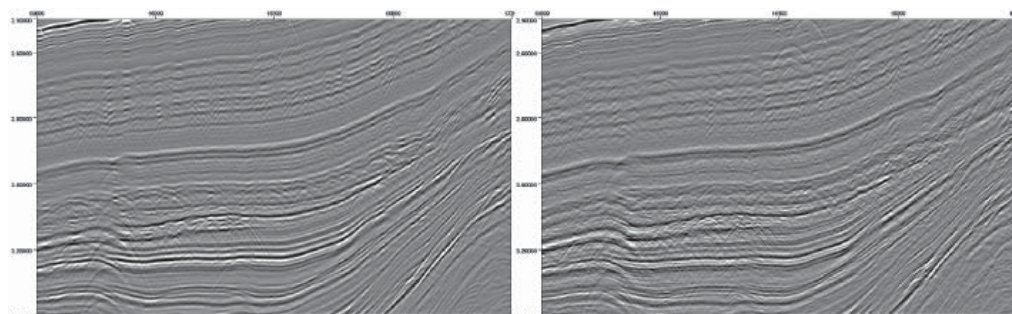
In the left panel of Figure 1, we show the deep tow data after a standard high-cut filter. In the right panel, we display the WiBand result from the same line. The respective spectra are plotted in Figure 2, left panel. As evident both from the spectrum plots and from the stack displays, the WiBand result contains broadband information. WiBand has recovered the previously much attenuated signal around 62Hz and 123Hz and filled in the notches. The low frequencies have also been considerably enhanced. However, we need to validate the phase fidelity of the recovered signal. For this purpose, we use the shallow tow data as the standard against which we compare the phase response of this WiBand result.

We apply a zero phase high cut filter to the shallow tow data to remove signal above its receiver notch, which is at ~110Hz. The result is displayed in Figure 3, left panel. We then apply a different zero phase trapezoidal filter to the deep tow data WiBand result to shape its spectrum to be broadly similar to that of the high cut filtered shallow tow data. The resultant image is displayed in Figure 3, right panel. The corresponding spectra are plotted in Figure 2, right panel. Note that the deep tow notch frequency of 62Hz is close to the dominant frequency of these two filtered results.

By comparing two images above, we determine that the two results match well in phase. We plot two traces, one from each line, in Figure 4, left panel. These traces are from the same CDP location, chosen arbitrarily. The traces have the afore-mentioned filters applied. The phases of the main events match remarkably well. Because the recovered signal around 62Hz contributes strongly to the wiggle plot of the shape-filtered WiBand trace here, such a match cannot be obtained unless the phase of the recovered signal has been reconstructed correctly. The right panel shows a similar comparison.

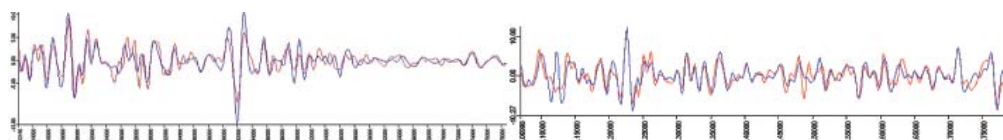
Conclusions

We have successfully obtained broadband signal from deep tow streamer data. The prominent receiver ghost notch at 62Hz is filled. An essentially flat power spectrum is recovered between 4Hz and 150Hz. We have validated the result by comparing it to shallow tow data, which is known to have a near-zero-phase wavelet below 110Hz. The comparison indicates that the phase of the recovered broadband data matches that of the shallow tow data. 



● Figure 3 Left: shallow tow data after 110Hz high cut filter. Right: WiBand data after shaping filter.

● Рис. 3. Слева: Данные верхней косы после фильтрации с помощью фильтра низких частот 110 Гц. Справа: Данные, обработанные по методу WiBand, после фильтрации с помощью формирующего фильтра.




● Figure 4 Traces from the shallow tow data (blue) and from the WiBand result of the deep tow line.

● Рис. 4. Сейсмотреассы по данным верхней косы (синий) и сейсмотреассы нижней косы после обработки WiBand.

сейсмотреассы, по одной сейсмотреассе для каждого сейсмопрофиля (см. рис. 4 слева). При построении сейсмотреасс использовалась одна и та же точка ОГТ, которая выбиралась в произвольном порядке. Для каждой сейсмотреассы заданы все перечисленные выше фильтры. Анализ показывает, что фазовые характеристики сигналов по основным отражениям практически совпадают. В связи с тем, что в данном случае восстановленный сигнал с частотой приблизительно 62 Гц является важной составляющей графика отклонений для трассы после фильтрации с помощью формирующего фильтра и обработанной по методу WiBand, столь высокое соответствие фазовых характеристик может обеспечиваться только в том случае, если производится корректное восстановление сигнала. Аналогичный сравнительный анализ приводится справа.

Выводы

Авторам работы удалось получить широкополосный сигнал для данных нижней буксируемой косы. Крупный врез в амплитудно-частотной характеристике на частоте 62 Гц на приемнике устранен. В диапазоне частот 4 Гц и 150 Гц получен в значительной степени однородный спектр характеристик. Достоверность полученных результатов проверена путем сравнения полученных данных с данными верхней косы, которые характеризуются нуль-фазовым импульсом в диапазоне частот ниже 110 Гц. Результаты сравнительного анализа показывают, что значения фазовых характеристик восстановленных широкополосных сигналов соответствуют аналогичным параметрам данных верхней косы. 

Acknowledgements

We thank Ophir Energy and the government of Gabon for allowing the acquisition of the experimental data in Ophir's block offshore Gabon. We thank Polarcus for acquiring this dataset.

Выражение признательности

Авторы выражают признательность компании Ophir Energy и правительству Габона за разрешение на проведение эксперимента и регистрацию экспериментальных сейсмических данных в пределах лицензионного блока компании Ophir на шельфе Габона. Авторы также выражают благодарность компании Polarcus, которая выполнила регистрацию экспериментальных данных.