

Подавление поверхностных волн модулем SWANA

Тепляков Д. С.

В данном докладе описывается одна из современных технологий подавления поверхностных волн, используемая в обработке сейсмических данных. Современный уровень обработки сейсморазведочных данных должен обеспечивать высокое качество, как данных до суммирования, так и данных после суммирования. Исследования на примерах показали, что SWANA дает возможность подавлять шумы поверхностных волн без подавления полезного сигнала с целью повышения его качества. Подавление поверхностных волн положительно влияет на все этапы обработки.

Ключевые слова: Поверхностная волна, (не)зеркальный характер отражения, алясинг, неалясинг, амплитуда отражения, удаление, продольная волна, азимут, инлайн, кросслайн

ВВЕДЕНИЕ

Такие стандартные методы, как FK фильтрация и преобразование Радона, применяющие фиксированную параметризацию на площадях, где характеристики поверхностных волн сильно отличаются по площади в ходе проведения сейсмометрических работ, становятся неэффективными. Программа подавления поверхностных волн (SWANA) убирает поверхностные волны с зеркальным и/или незеркальным характером отражения путем применения стандартных параметров в двухмерном и трехмерном пространстве. Комплексный подход с применением функции Fast Wavelet Transform (быстрое преобразование элементарных волн) при FX моделировании сигнала и шума, а также с частичным использованием поправок NMO/LMO позволяет лучше удалять поверхностные волны с высокими амплитудами, с зеркальным и незеркальным характером отражения, при этом отлично сохраняя неизменность исходных данных. Программа SWANA также используется для подавления прямых волн, позволяя применять более широкое обнуление растяжек, улучшить пикировку скоростей, увеличить соотношение сигнал-помеха в данных и обеспечить данные хорошими дальними удалениями для AVO анализа (зависимость амплитуды отражения от удаления) и в дальнейшем для динамической интерпретации.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

SWANA – модуль, адаптивного подавления поверхностных волн и прямых волн в области 2D и 3D, эффективно работает на данных, как с регулярным распределением удалений, так и с нерегулярным распределением удалений. С помощью процедуры SWANA можно удалять эффект алясинга поверхностных волн, так же можно подавлять высокочастотные линейные шумы.

Особенности:

- Полностью управляемая данными программа
- Гибкое нелинейное подавление шума с использованием FX моделирования со схемой преобразования элементарных волн (Wavelet Transform)
- Не требует регулярного распределения данных по площади
- Приспосабливает азимутальные изменения в шуме, наблюдаемом в полно-азимутальных данных (3D)

Преимущества:

- Удаляет поверхностные волны с зеркальными отражениями
- Сохраняет амплитуды объемных сейсмоволн продольных и поперечных
- Сохраняет диапазон частот данных
- Очищает данные на дальних удалениях, позволяя:
 - Расширить область обнуления растяжек, выполнить более точный скоростной анализ
 - Сделать более достоверный анализ AVO

Применение:

У данной процедуры имеются различные варианты применения: каскадное, пространственный вариант, адаптивное вычитание модели помехи из данных. Процедуру SWANA можно применять для

различных видов сейсмосъемки: наземные данные, морские данные, донные приемники, мульти-компонентные приемники и т.д.

Применяется для подавления следующих волн помех:

- Поверхностные волн с присутствием алясинга или прямых волн
- Рассеивающиеся поверхностные волны без алясинга или прямые волны
- Поверхностные волны донного приемника
- Линейный шум с высокой амплитудой, вызванный тресканьем льда в районах вечной мерзлоты

Преимущества применения программы SWANA для удаления поверхностных волн с зеркальным или не зеркальным характером отражения показаны на нескольких примерах:

1. В этом стандартном обзоре широко-азимутальных данных результаты SWANA сравниваются с нашим стандартным процессом адаптированного подавления поверхностных волн (AGORA). Программа SWANA более эффективно удаляет поверхностные волны с низкими частотами и зеркальным отражением (см. картину ниже, красная стрелка).

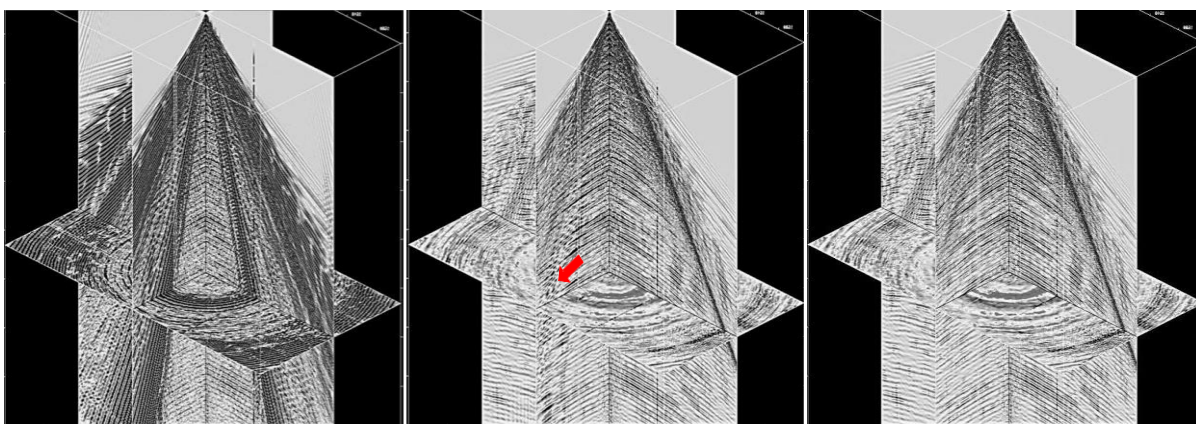
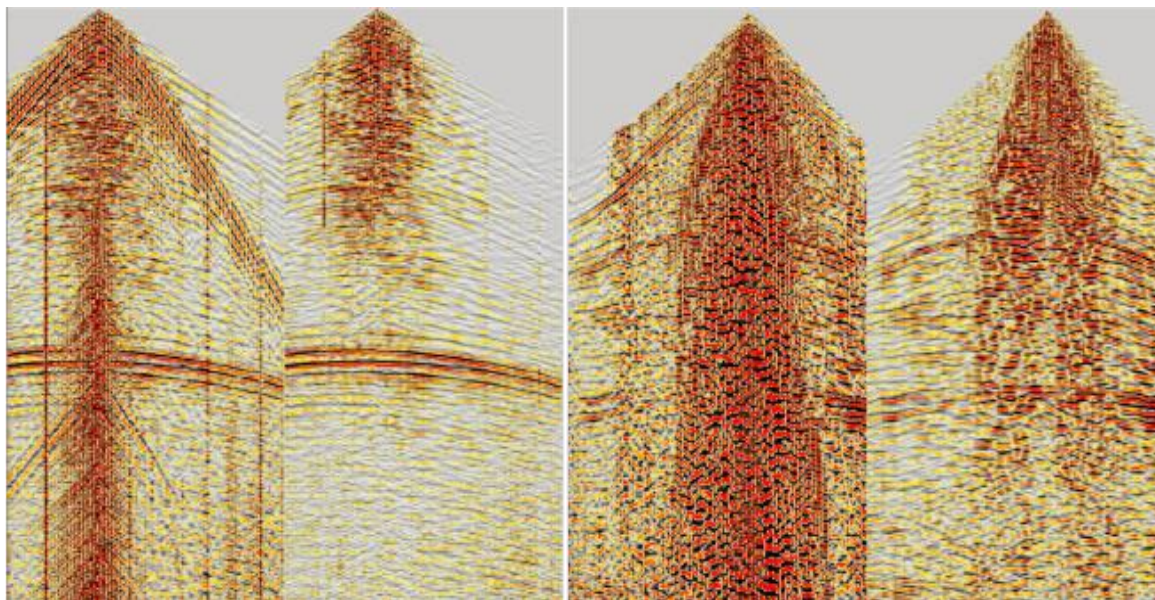


Рис. 1. Исходные данные крестообразной расстановки (слева), после применения модуля AGORA (в середине) и после обработки программой SWANA(справа)

2. Ниже пример 2Д данных с низкой кратностью, программа SWANA эффективно удаляет различные поверхностные волны. В данном примере 2Д линия проходит через замерший сор. Лед в отстойном пруду являлся причиной очень слабого соотношения сигнала к помехе (S/N) (см. рисунок ниже). Ледниковые импульсы с колебаниями изгиба и поверхностные волны с сильными зеркальными отражениями были успешно удалены.



Исходные данные *После обработки*
зоны без соров *программой SWANA* *Исходные данные* *После обработки*
с зоны замерзшего сора *программой SWANA*

Рис. 2. Исходные данные на земле и в замерзшем соре до и после SWANA

Преимущества такого процесса обработки данных также отображены на примерах результатов суммирования. Приповерхностные условия чрезвычайно сильно меняются вдоль 2Д профиля, что приводит к образованию поверхностных волн с различными характеристиками, ледниковым импульсам с колебаниями изгиба и поверхностных волн с незеркальным отражением, плюс поверхностных волн с низкоскоростными зеркальными отражениями с правой стороны (см. рисунок ниже). Все это показывает, что при помощи программы SWANA происходит эффективное удаление поверхностных волн в данной переходной зоне без оказания негативного влияния на сигнал, в особенности в зоне отстойного пруда.

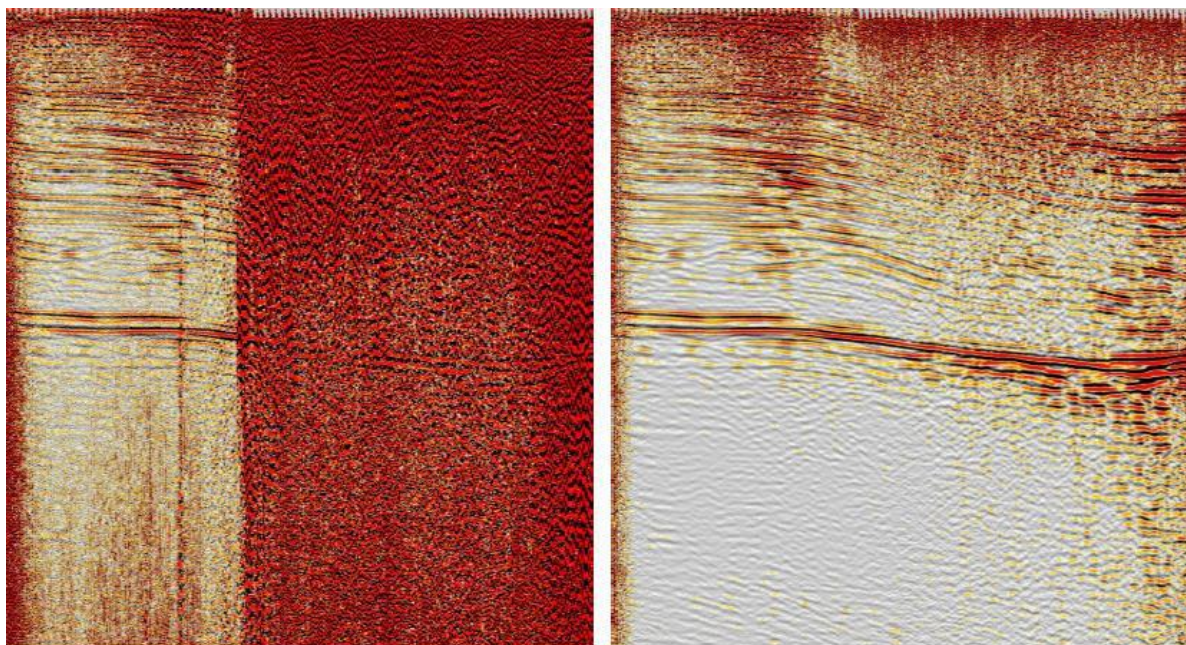
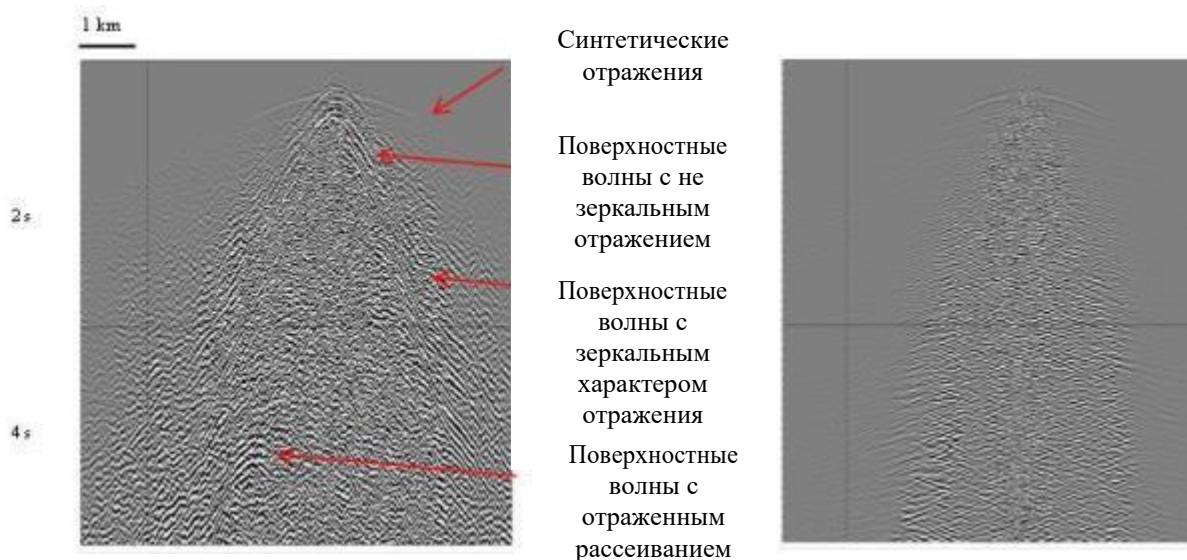


Рис. 3. Результат суммирования до подавления шума и после применения SWANA

3. В данном примере 3Д данные полученные с площади осложнённой большим присутствием песков на поверхности, большая часть энергии, зарегистрированная на трассах, поступала с преломленных или поверхностных волн (см. рисунок ниже). Отражения очень слабые и представляли собой лишь малую долю всех зарегистрированных импульсов. Кроме того, расчет данных сейсморазведочных работ и анализ

зоны малых скоростей выявили высокочастотные поверхностные волны с зеркальным отражением и импульсы обратного рассеивания. В целях контроля подавления поверхностных волн, в исходные данные были добавлены синтетические отражения. Поверхностные волны с зеркальным отражением, высокочастотные импульсы обратного рассеивания и поверхностные волны с не зеркальным характером отражения были удалены при помощи программы SWANA, не оказывая вреда добавленным синтетическим отражениям и истинным данным.

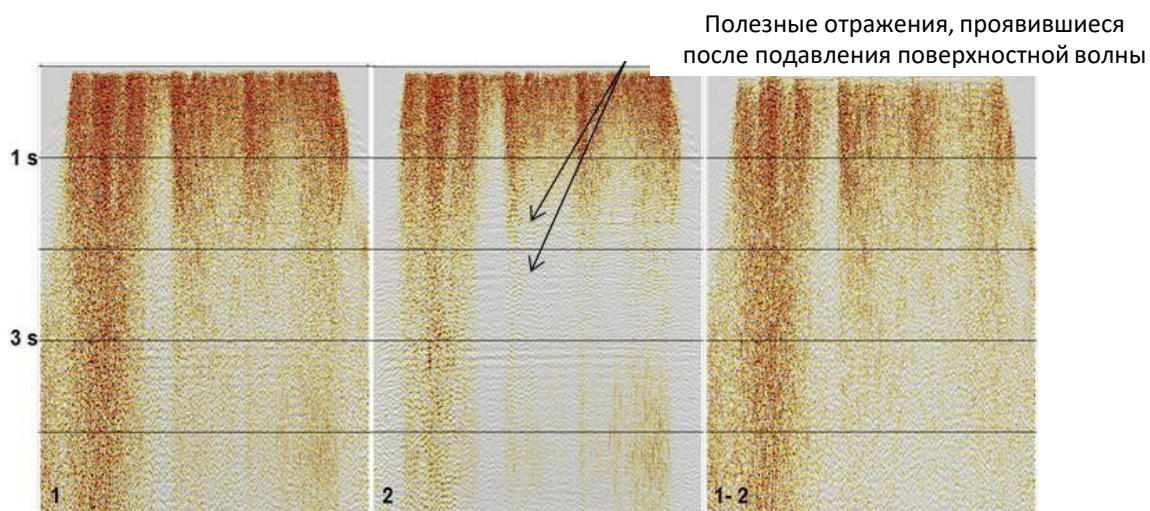


Слева: исходные данные общего пункта взрыва, включающие синтетические отражения.

Справа: обработанные данные общего пункта взрыва после применения программы SWANA.

Рис. 4. Сейсмограмма ПВ до и после применения программы SWANA

Данные суммирования были получены в целях проверки подавления поверхностных волн (см. рисунок ниже). После подавления поверхностных волн прослеживаемость основных горизонтов постоянна на протяжении всей линии, даже в зашумленных областях. Нерегулярные помехи, присутствующие на данных, как до суммирования, так и после суммирования, будут подавляться на последующих этапах обработки. Данный пример демонстрирует эффективность применения программы SWANA для удаления поверхностных волн с зеркальным и не зеркальным характером отражения при применении современной 3Д сейсморазведки в пустынных условиях.



Слева: исходные данные суммирования.

В середине: данные суммирования после адаптивного подавления поверхностных волн

зеркальным/незеркальным отражением.

Справа: разница данных сумм.

Рис. 5. Результат суммирования после подавления поверхностных волн с зеркальным/незеркальным отражением с применением модуля SWANA

РЕЗУЛЬТАТЫ

Компания RES совместно с бизнес-партнёром CGG имеет большой опыт в применении модуля SWANA для подавления поверхностной волны в ходе обработки сейсмических данных МОГТ 3Д и 2Д Казахстана.

Программа создает модель шума, который затем адаптивно удаляется из данных.

Программа SWANA предусматривает два режима работы: подавление поверхностных волн и прямых волн. Ниже показаны примеры применения модуля SWANA на данных, полученных в Прикаспийском регионе.

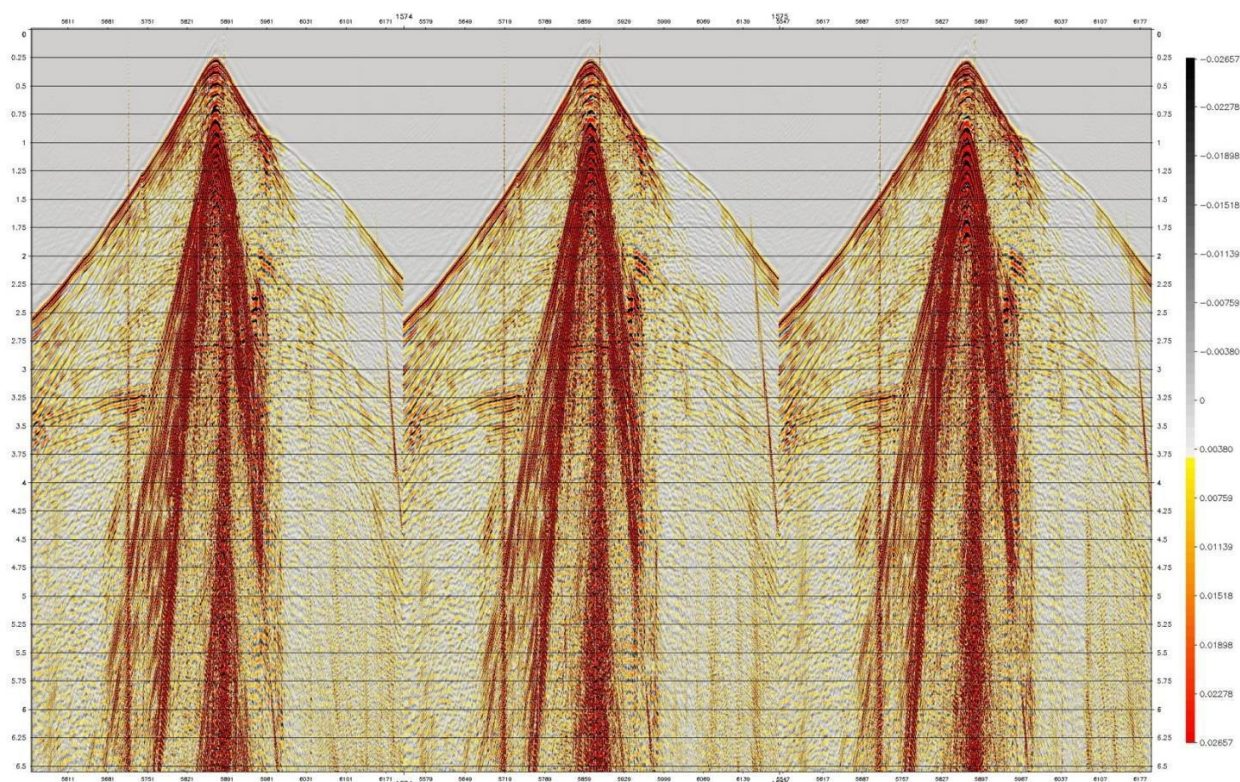


Рис. 6. Сейсмограммы ПВ до применения SWANA

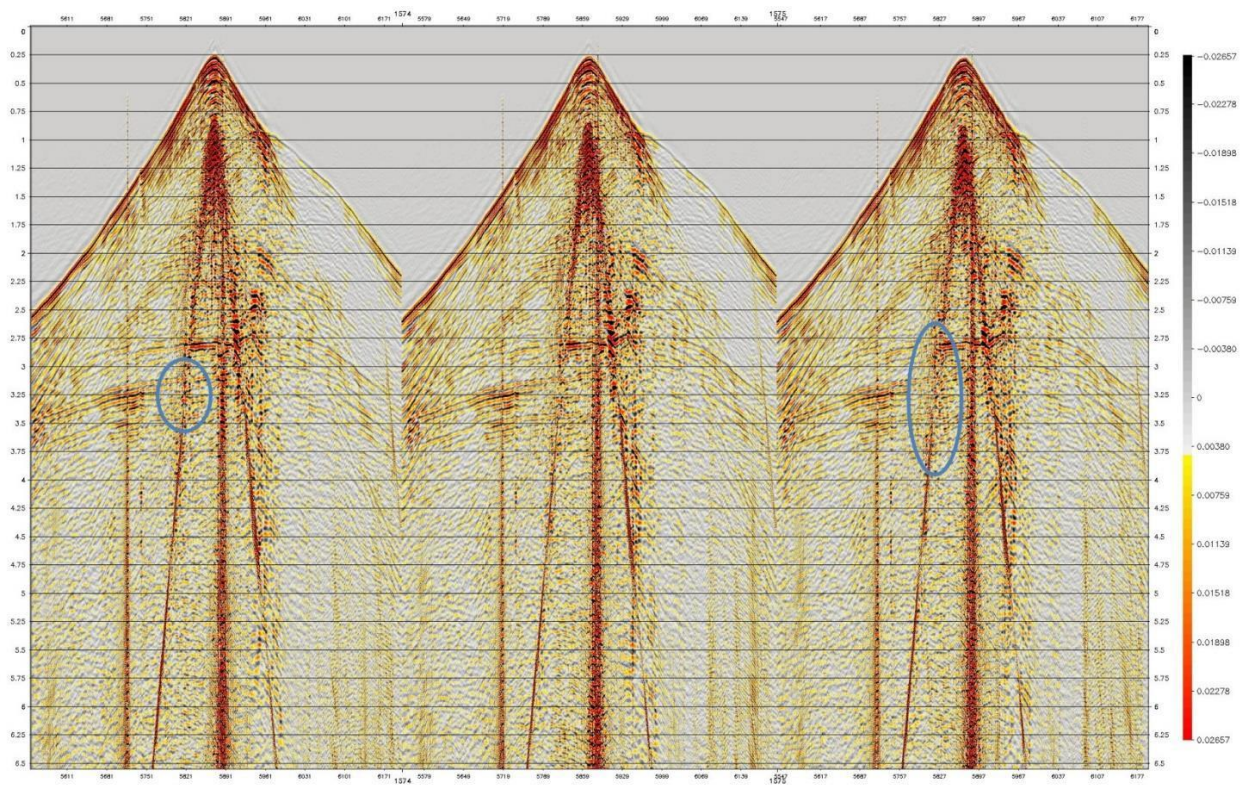


Рис. 7. Сейсмограммы ПВ после применения SWANA

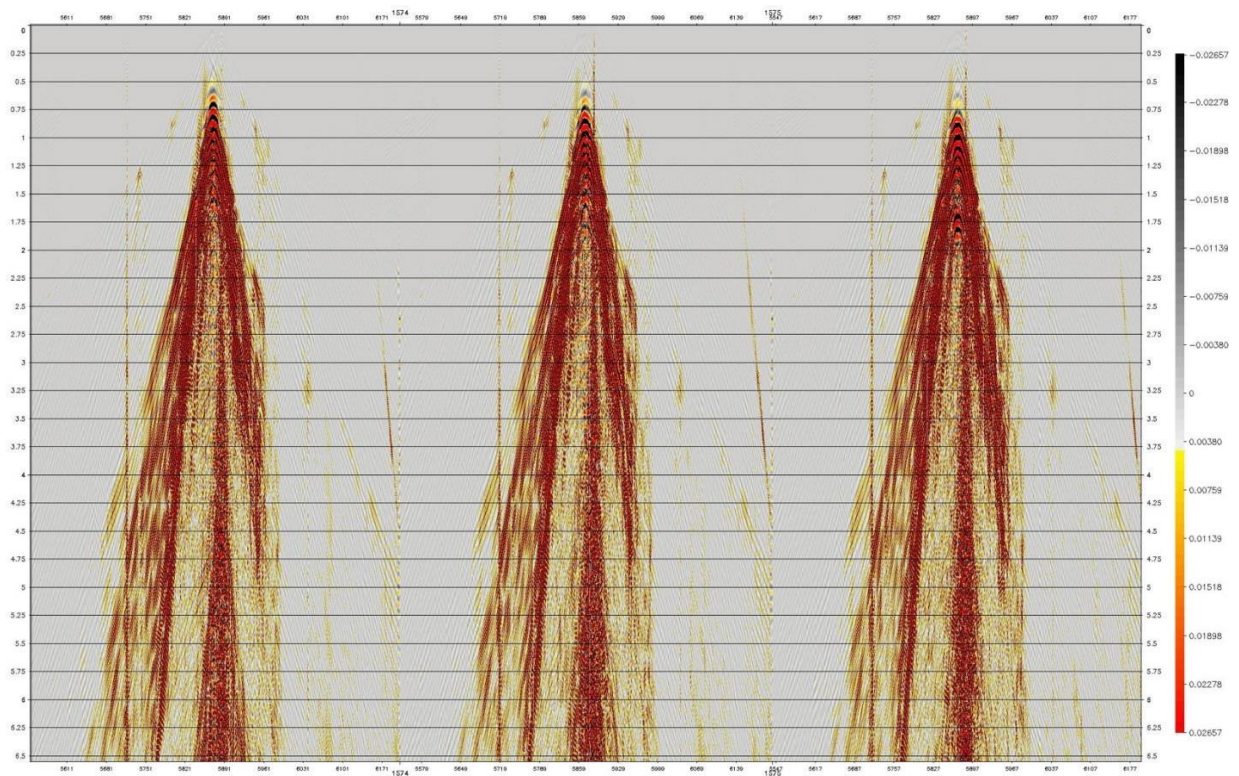


Рис. 8. Разница сейсмограмм ПВ до и после применения SWANA

В следующем примере продемонстрированы результаты суммирования трасс до и после применения модуля SWANA:

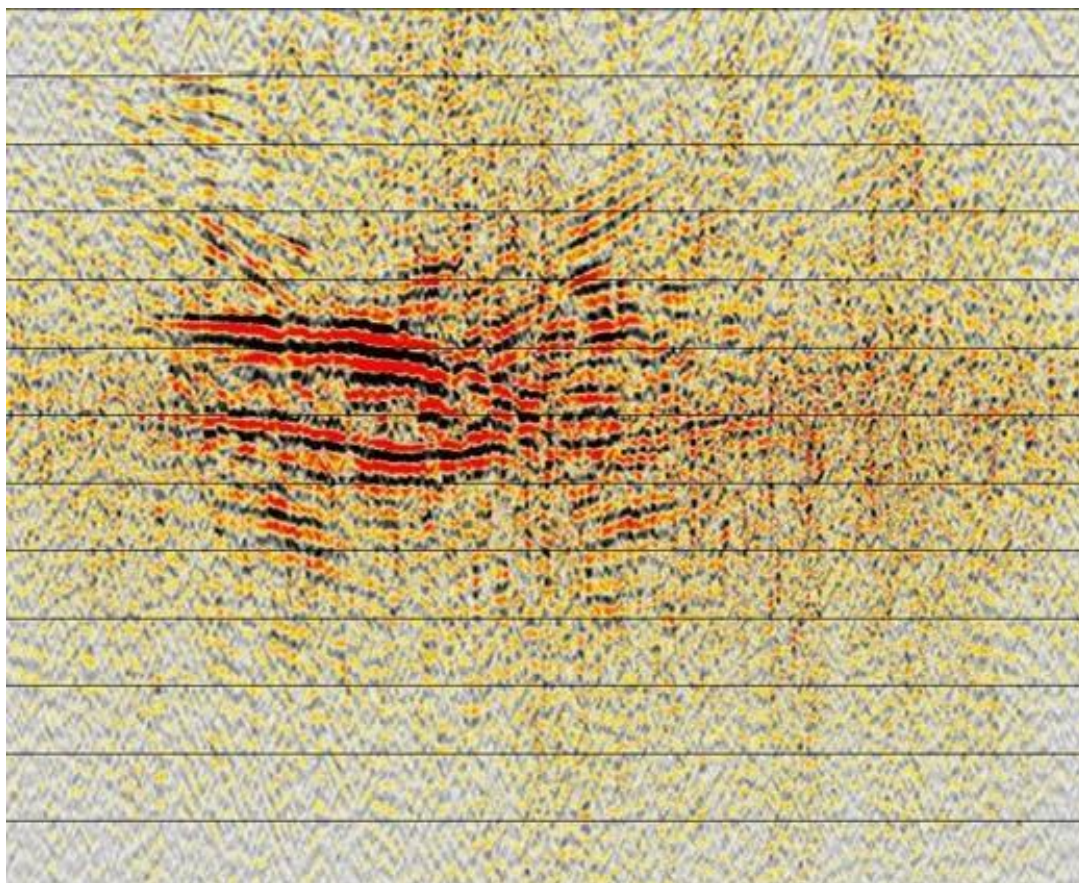


Рис. 9. Результат суммирования до применения SWANA

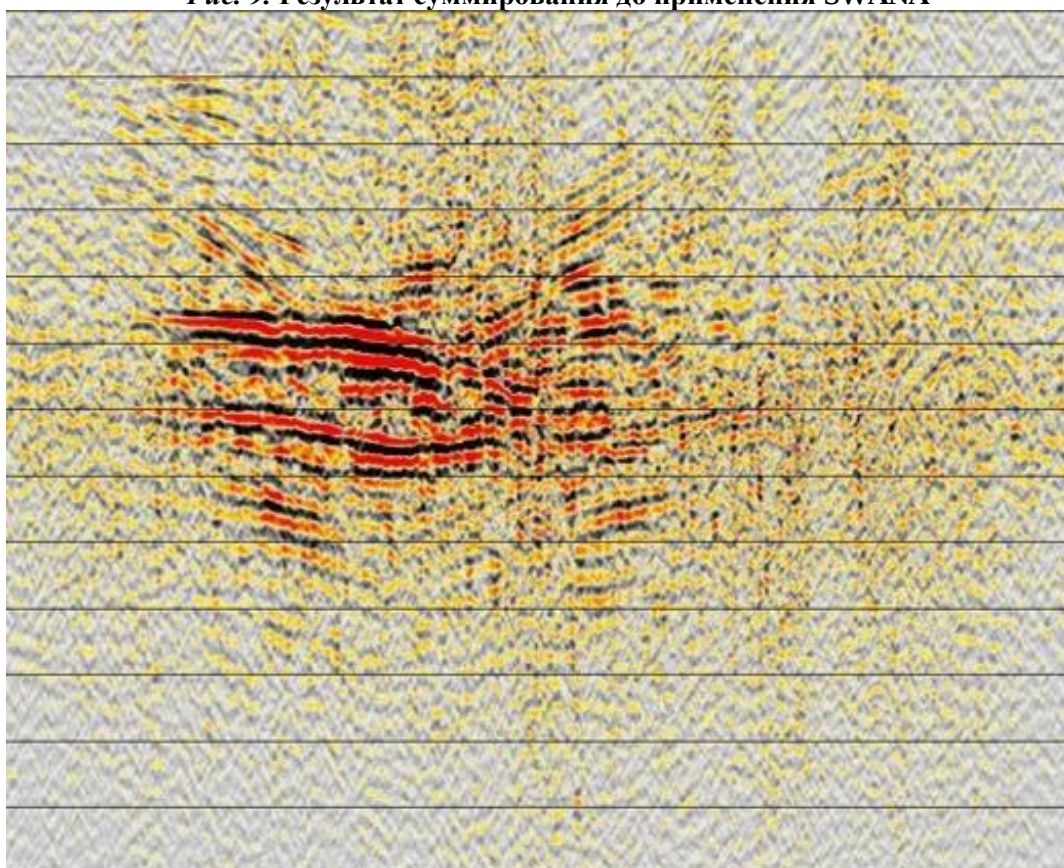


Рис. 10. Результат суммирования после применения модуля SWANA

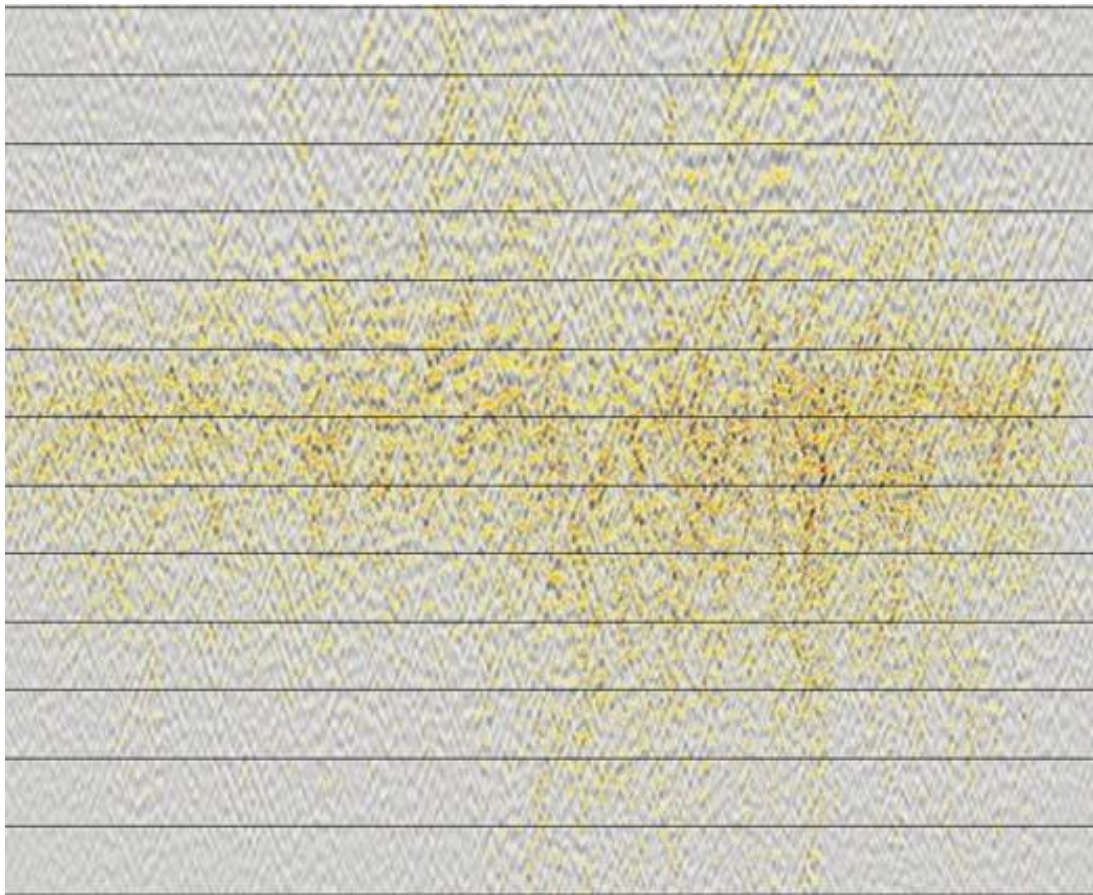


Рис. 11. Разница результатов суммирования до и после применения SWANA

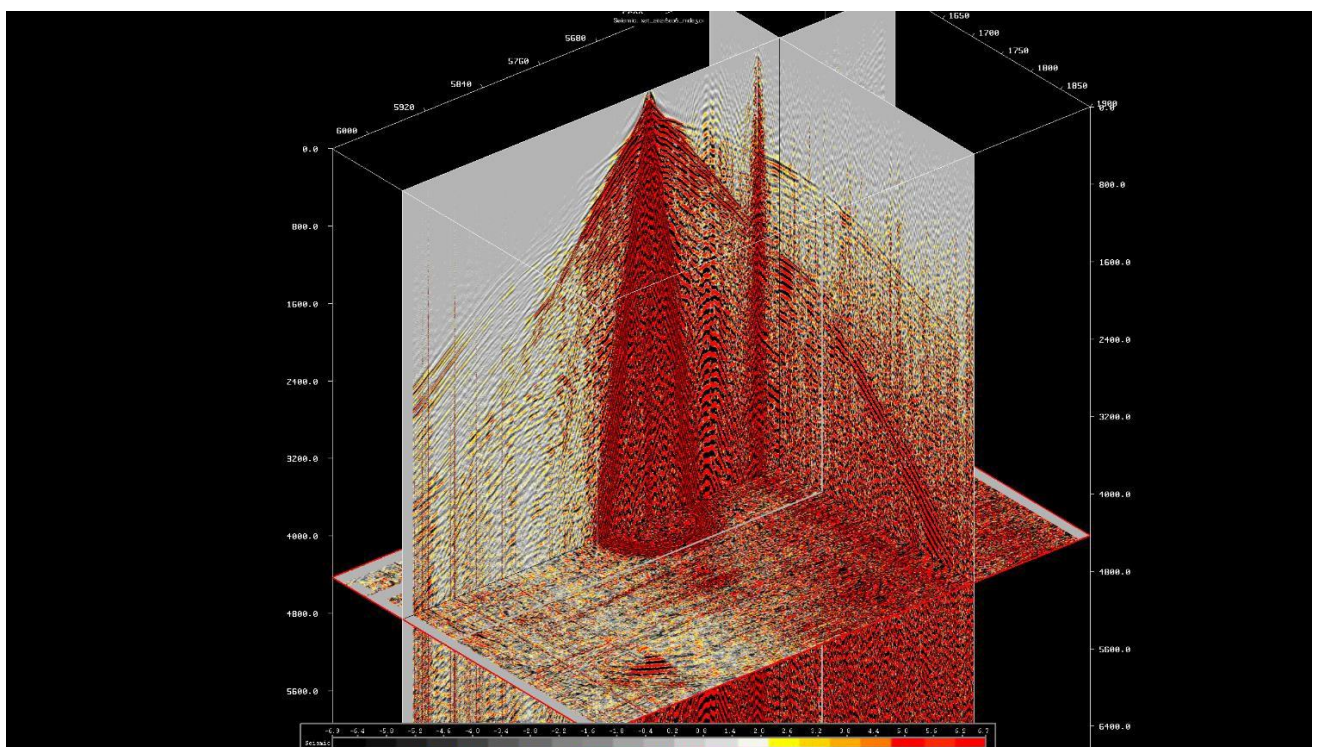


Рис. 12. Исходные данные в области крестообразной расстановки (Crossspread) до применения SWANA

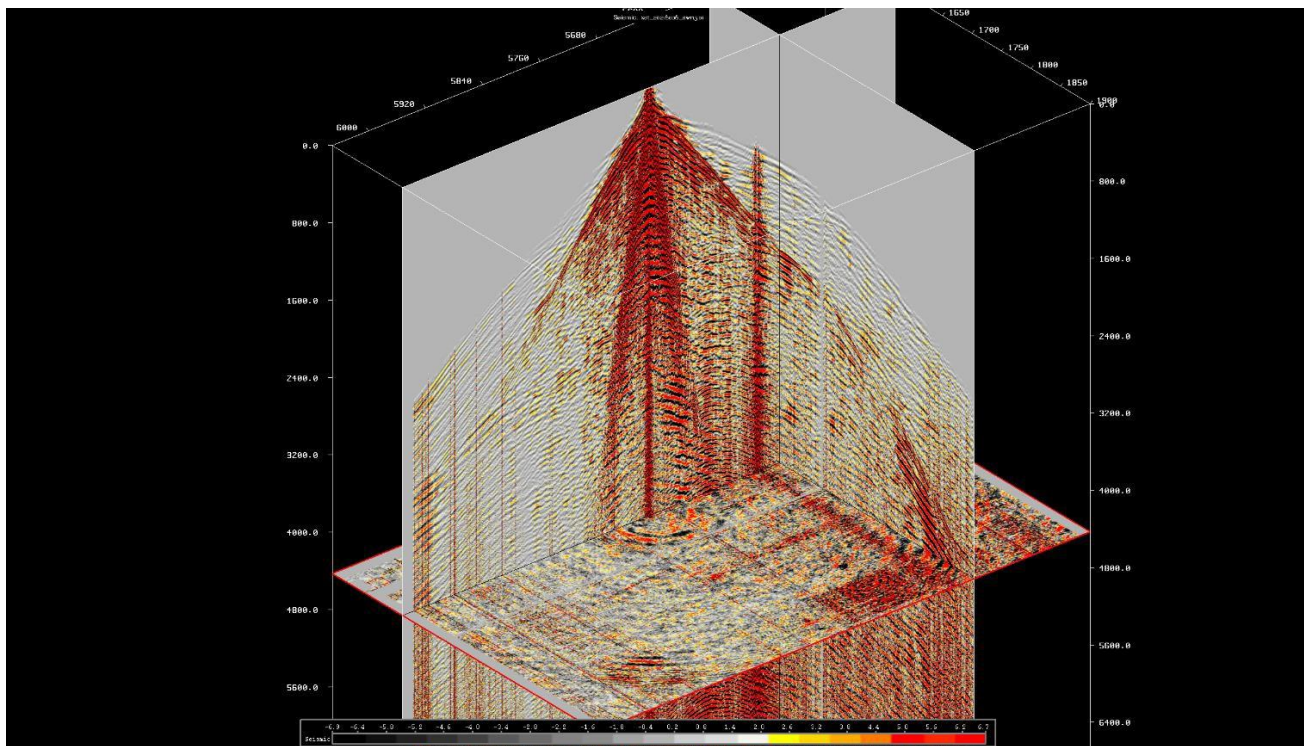


Рис. 13. Данные в области крестообразной расстановки (Crosspread) после применения 1-го шага SWANA

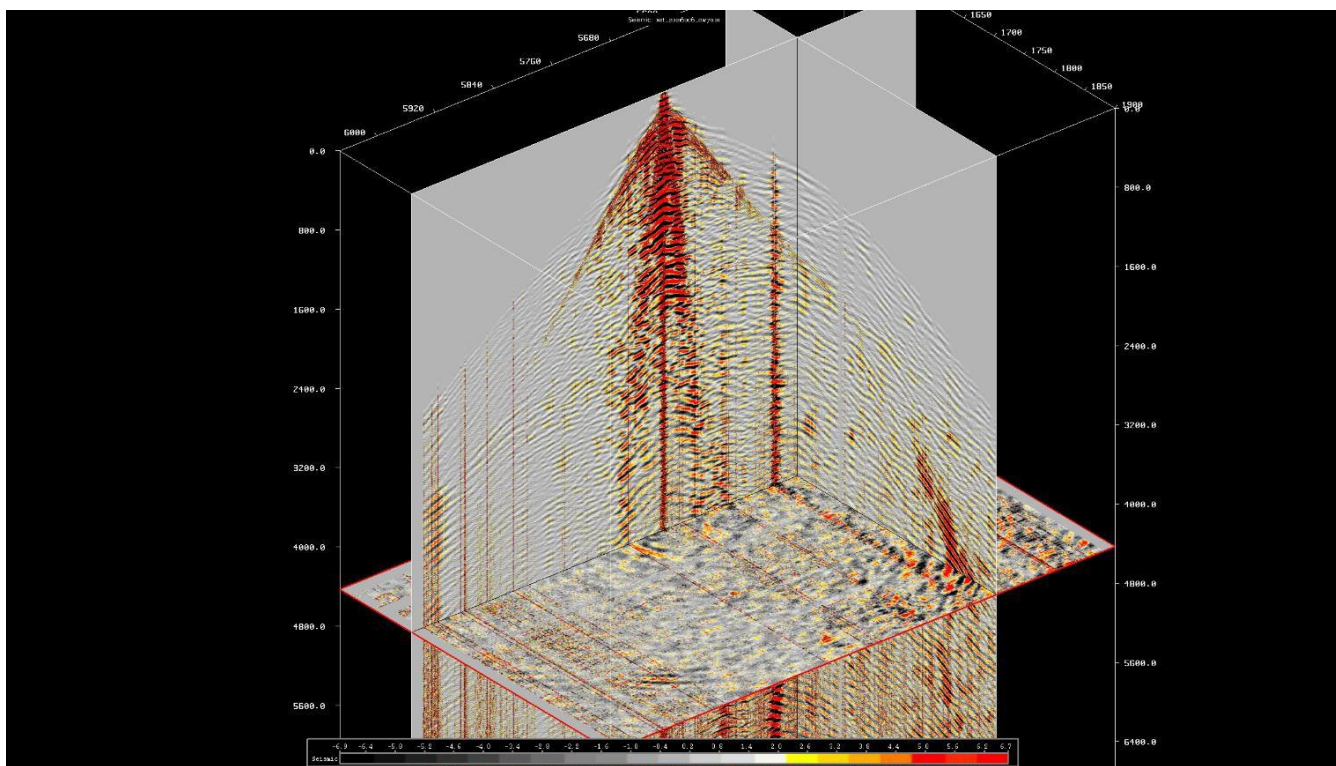


Рис. 14. Данные в области крестообразной расстановки (Crosspread) после применения 2-го шага SWANA

Рассмотрение вычтенного шума убедительно показывает, что в отличие от программ двухмерной фильтрации (например, FK-фильтрации), алгоритм SWANA эффективно ослабляет линейный шум в локальном зашумлённом участке сейсмограммы, не внося искажений в динамические характеристики полезного сигнала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

SWANA является современным и эффективным модулем подавления поверхностных волн в процессе обработки сейсмических 2D и 3D наземных и морских данных.

Программа SWANA применяет адаптивное вычитание модели шума из данных. Преимущество применения данного алгоритма к данным заключается в том, что если при указанной частоте и скорости, поверхностных волн не наблюдается, то подавления сигнала не будет. Это означает, что мы можем задавать более расширенные параметры скорости и частоты для области применения, чтобы подавить более широкий спектр линейных шумов.

Применение SWANA дает ряд улучшений результатов линейного подавления шума по сравнению с другими модулями.

Данный модуль может быть рекомендован в качестве стандартного модуля при обработке сейсморазведочных данных с сохранением истинных амплитуд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сейсморазведка: Справочник геофизика. – М.: Недра, 1990. – Т2, стр.49-72.
2. Yilmaz O. Seismic data analysis. – Society of Exploration Geophysicists, 2001 -Рр. 837-998.