

Оптимизация графа обработки двухкомпонентных данных сейсморазведки 3D шельфа Печорского моря

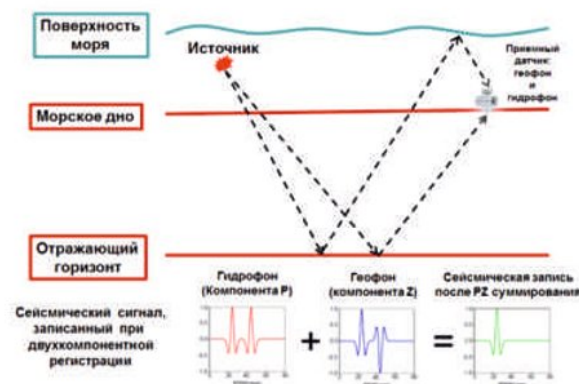
■ Никульников А.Ю., Горбачев С.В., Нурмухамедов Т.В.,
ООО «РН-Шельф-Арктика», г. Москва

В статье рассмотрены основные особенности обработки двухкомпонентных данных, полученных в мелководной части Печорского моря. Сейсмические данные характеризуются сложной волновой картиной с наличием большого количества помех различной природы. В работе показано, что применение стандартного графа обработки двухкомпонентных данных не позволило добиться качественного результата. Адаптация графа предоставила дополнительные преимущества предложенной авторами последовательности процедур по сравнению со стандартной обработкой.

Введение

В рамках данной работы представлен пример обработки сейсморазведочных данных 3D, полученных на шельфе Печорского моря с использованием двухкомпонентного донного оборудования (гидрофон и геофон). Исследуемый район [1] находится в прибрежной зоне и характеризуется малыми глубинами моря (от 5 до 30 м). Сейсмогеологические условия и небольшая глубина морского дна приводят к тому, что в зарегистрированном волновом поле наблюдается интенсивный фон волн-помех.

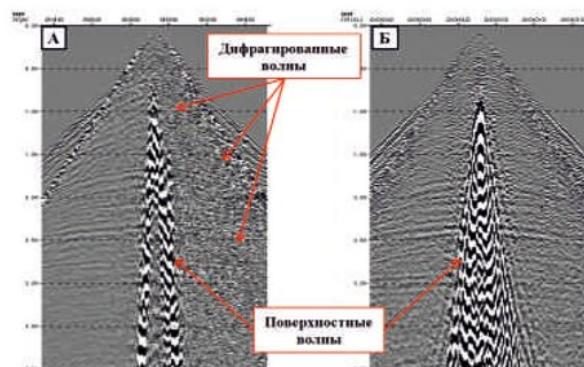
Сейсмическая запись, полученная с помощью датчиков различного типа (геофона и гидрофона) [2], дает возможность разделить поле на восходящую (однократно отраженные волны) и нисходящую (частично-кратные волны) компоненты. Последующая обработка данных, включающая в себя процедуру суммирования записи обеих компонент (PZ суммирование), позволяет эффективно подавить кратные волны и волны-спутники со стороны пункта приема, распространяющиеся внутри водного слоя [3, 6]. На рисунке 1 показана принципиальная схема двухкомпонентной регистрации сейсмического сигнала, а так же технология суммирования полученных данных для устранения волн-спутников.



▲ Рис. 1. Схема двухкомпонентной регистрации сейсмических данных и процедуры PZ суммирования.

Анализ исходных данных

На исходных данных двух компонент имеется большое количество волн-помех различной природы (рис. 2). Наиболее интенсивными помехами являются поверхностные и высокочастотные дифрагированные волны, образующиеся в придонных отложениях.



▲ Рис. 2. Сейсмограмма ОПВ по гидрофонам (А) и геофонам (Б).

Для оценки уровня помех и подбора оптимальных процедур и параметров обработки по площади были рассчитаны различные атрибуты сейсмической записи: абсолютная и среднеквадратичная амплитуды, доминантная частота, ширина спектра сигнала, абсолютная и среднеквадратичная амплитуды микросейсм и другие. Карты среднеквадратичной амплитуды и доминантной частоты представлены на рисунке 3. На них хорошо видно, что интенсивность высокоамплитудных помех варьируется по площади, а так же носит ярко выраженный зональный характер, не коррелируемый с рельефом дна. Данные помехи прису-

тствует практически во всём спектре зарегистрированной записи, значительно осложняя волновую картину каждой компоненты. При этом интенсивность помех на записи геофонов и гидрофонов различна, что приводит к необходимости применения различных графов к каждой из них. На рисунке 4 представлены предварительные временные разрезы.

Обработка данных

«Классический» граф обработки двухкомпонентных данных подразумевает применение PZ суммирования практически к исходным данным после приведения их амплитудно-частотных и

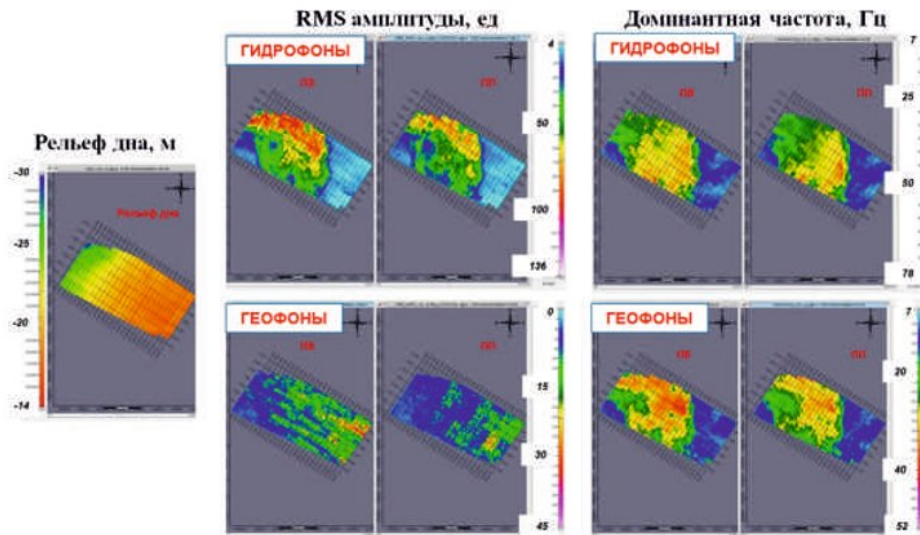
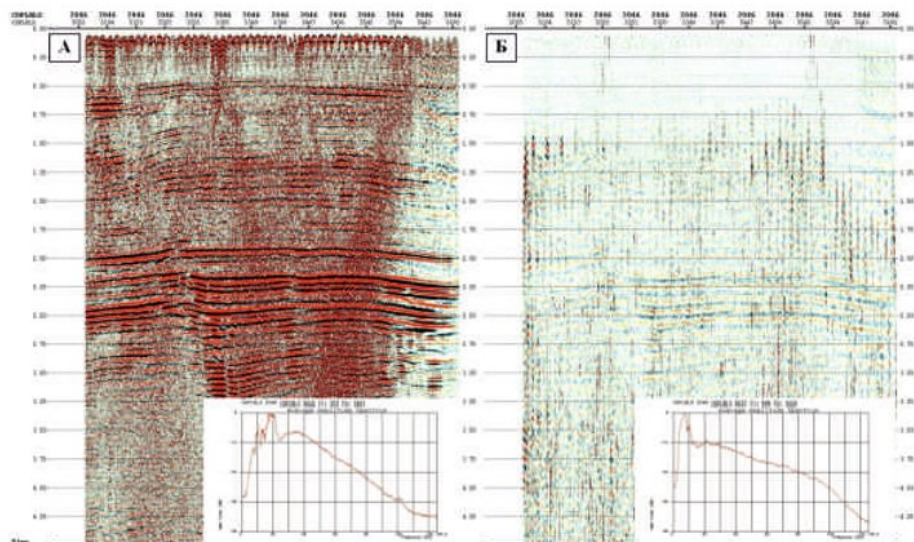


Рис. 3. Карты атрибутов контроля качества данных сейсмической записи по гидрофонам и геофонам.

Рис. 4. Пример предварительных временных разрезов по гидрофонам (А) и геофонам (Б).



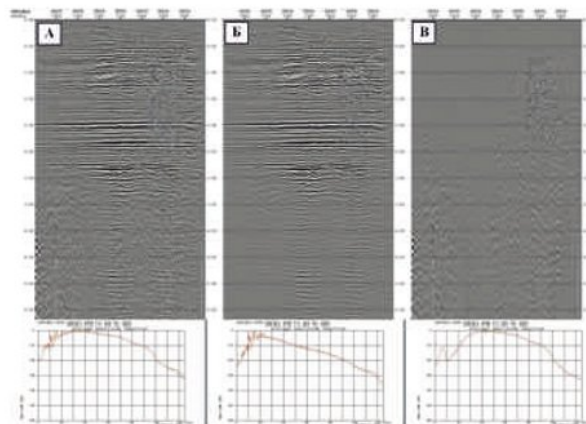
фазово-частотных характеристик. В ходе применения такого подхода были получены неудовлетворительные результаты, что было обусловлено в первую очередь особенностью зарегистрированных данных, характеризующихся наличием мощной высокочастотной помехи на большей части площади, большими различиями в амплитудно-частотных и фазовых характеристиках компонент.

После анализа результатов работы процедуры PZ суммирования, рассчитанной по «классическому» графу, было решено вернуться на предыдущий этап и выполнить специальную обработку сейсмограмм, заключающуюся в предварительном подавлении помех, сигнатурной деконволюции по обеим компонентам, более корректном согласовании амплитудных и фазовых характеристик геофонов и гидрофонов. На рисунке 5 представлен «классический» граф обработки и «адаптированный», включающий в себя этап предварительной обработки данных перед PZ-суммированием.

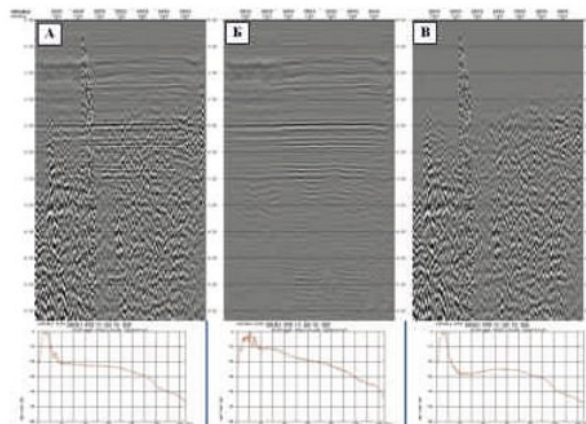
Рассмотрим особенности предлагаемого «адаптированного» графа. На первом этапе для ослабления волн-помех различной природы к каждой из компонент была применена методика, основанная на разделении сигнала и шума по амплитуде в разных частотных диапазонах. Далее в каждом частотном диапазоне было выполнено ослабление волн-помех до уровня меньшего или равного сигналу [5]. На рисунках 6 и 7 представлены примеры временных разрезов ОСТ по гидрофонам и геофонам до и после шумоподавления. Хорошо видно, что предварительное подавление помех увеличивает соотношение сигнал/помеха и значительно повышает когерентность отражений.



▲ Рис. 5. Сравнение «классического» графа обработки двухкомпонентных данных (А) и «адаптированного» графа с учетом специальной подготовки данных до PZ суммирования (Б).



▲ Рис. 6. Временные разрезы и их амплитудно-частотные спектры по гидрофонам до подавления помех (А), после (Б) и разность (В).



▲ Рис. 7. Временные разрезы и их амплитудно-частотные спектры по геофонам до подавления помех (А), после (Б) и разность (В).

После подавления помех к данным была применена сигнатурная деконволюция. При стандартном подходе данная процедура применяется только для записи гидрофона. По нашему мнению, в случае двухкомпонентной регистрации ее необходимо применять к обоим компонентам, так как амплитуды вторичных пульсаций регистрируются как гидрофонами, так и геофонами.

После применения процедур предварительной обработки данных геофонов и гидрофонов необходимо выполнить согласование фазово-частотных и амплитудно-частотных характеристик. Необходимость приведения формы сигналов, записанных датчиками различного вида, обусловлена в первую очередь тем, что геофоны и гидрофоны измеряют различные параметры колебательного процесса среды. При этом измеренные значения давления, регистрируемые гидрофонами, имеют фазовую задержку относительно скорости, регистрируемой геофонами. Также, датчики геофонов и гидрофонов имеют различную чувствительность, а их АЧХ не являются идентичными. В большинстве случаев учет фазового сдвига сигнала, регистрируемого гидрофоном ($-\pi/2$) [4], и расчет коэффициентов с целью приведения амплитуд не позволяют эффективно выполнить последующее PZ-суммирование. Возможные причины этого могут заключаться в несоответствии фактических АЧХ и ФЧХ приборов относительно заявленных производителем и не идеальными условиями приема (контакт приемника со средой). По этому для приведения характеристик записи двух компонент необходимо рассчитывать фильтры, учитывающие частотно-зависимые фазовые задержки.

При обработке данных, рассматриваемых в данной статье, согласование АЧХ и

ФЧХ характеристик записи геофонов и гидрофонов выполнялось в два этапа. В первую очередь была проведена оценка формы импульса для каждой компоненты, после чего сигнал обоих датчиков приводился к минимально-фазовому виду. После этого выполнялся расчёт фильтра приведения записи геофонов к гидрофонам.

Тем не менее, после согласования спектральных характеристик сигналов некоторое различие в уровне амплитуд сохранилось. Данная проблема была решена расчетом и вводом амплитудных коэффициентов. В зависимости от программного обеспечения, эта процедура может быть реализована как отдельными модулями, так и в составе программы PZ суммирования. Данный подход включает в себя несколько этапов. Для каждой пары трасс гидрофона и геофона в скользящем окне рассчитывалась средняя абсолютная амплитуда. Далее к каждому отсчету трассы применялся коэффициент, исходя из рассчитанной средней амплитуды в окне. Каждая пара трасс (геофон и гидрофон) суммировалась, в результате чего на выходе была получена трасса с ослабленными волнами-спутниками и кратными волнами. Таким образом, специальная подготовка данных, предшествовавшая процедуре PZ суммирования, позволила корректно скомпенсировать различие амплитудно-частотных и фазовых характеристик двух компонент.

На рисунке 8 представлены временные разрезы по гидрофонам, геофонам и после PZ суммирования. По сравнению с классическим, применение адаптированного подхода позволило эффективнее ослабить кратные волны внутри водного слоя и повысить когерентность основных отражающих горизонтов (рис. 9). В результате были получены данные с более

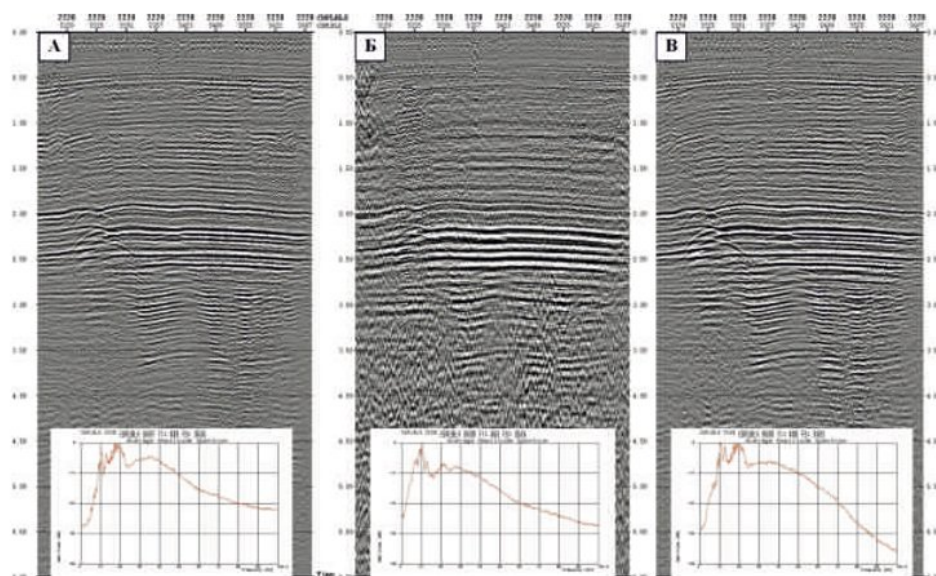
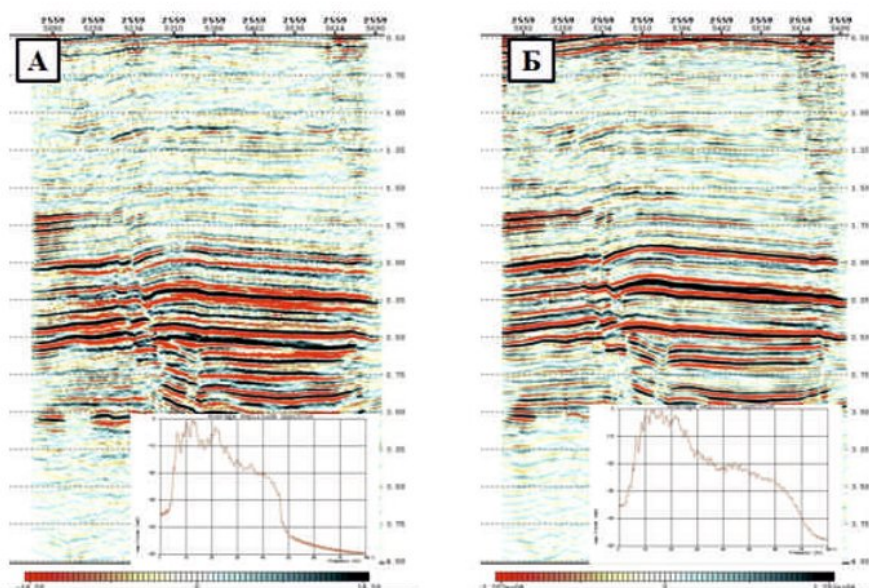


Рис. 8. Временные разрезы и их амплитудно-частотные спектры по гидрофонам (А), геофонам (Б) и результат PZ суммирования (В).

Рис. 9. Временные разрезы и их амплитудно-частотные спектры после обработки с применением «классического» графа (А) и «адаптированного» (Б).



высоким соотношением сигнал/помеха и большей шириной спектра полезного сигнала за счет устранения высокочастотной шумовой компоненты.

Выводы

Работа с двухкомпонентными данными, полученными в регионе со сложными сейсмогеологическими условиями, является сложной задачей, требующей применения нестандартных методов и многоитерационных подходов для получения качественного результата обработки. Выбор корректной последовательности процедур графа является одним из

наиболее весомых факторов, влияющих на качество итогового результата. Также, при обработке подобных данных особое значение имеет положение процедуры PZ суммирования в графе обработки.

В результате проведенной работы показано, что применение предварительного подавления помех и сигнатурной деконволюции к данным гидрофона и геофона позволяет значительно повысить эффективность работы процедуры PZ суммирования при обработке двухкомпонентных данных. С помощью данного подхода удалось получить качественный результат, существенно влияющий на

стабильность работы последующих процедур. С точки зрения геологической интерпретации, полученные данные позволяют провести более детальный анализ динамических характеристик сейсмической записи.

Вопрос обработки двухкомпонентных данных, при всей кажущейся простоте, каждый раз требует поиска нестандартных решений. Разработанная методика может быть рекомендована в качестве одного из методических подходов к обработке данных 2С и 4С в сложных сейсмогеологических условиях.

Литература

1. Горбачев С.В, Титов А.Б. Широкоазимутальные сейсморазведочные работы с донным оборудованием на Арктическом шельфе Печорского моря // Научно-практическая конференция «Сейсмические технологии», Москва, ИФЗ РАН им. О.Ю. Шмидта, 21-23 апреля 2014.
2. Жгенти С.А., Запорожец Б.В., Лещенко Д.П. Использование синхронного PZ-приема колебаний при сейсморазведке в транзитных зонах для подавления интерференции волн в ближней зоне приемника // Технологии сейсморазведки, 3, 2008.
3. Соловьянова И. П., Шабунин С. Н., 2004, Теория волновых процессов: Акустические волны. Учебное пособие: Екатеринбург,
4. Al-Saleh S.M., Nietupski D.A. A robust dual summation method: Application to OBC data from the Arabian Gulf // CSEG National Convention, 2005.
5. Jason Choo, Jon Downton and Jan Dewar, LIFT: A New Practical Approach To Noise And Multiple Attenuation; Paradigm: Calgary, 2003.
6. Hugonnet P., Boelle J.L., Herrmann P., Prat F., Lafram A. PZ Summation of 3D WAZ OBS Receiver Gathers // EAGE Conference & Exhibition, 2011.

Подробнее об авторах



Никульников
Алексей Юрьевич

к.т.н., главный специалист
Управления реализации
ГРП ООО «РН-Шельф-
-Арктика».



Горбачев
Сергей Викторович

к.т.н., начальник
Управления реализации
ГРП ООО «РН-Шельф-
-Арктика».



Нурмухамедов
Тимур Ваисович

менеджер по обработке
сейсмических данных
Управления реализации
ГРП ООО «РН-Шельф-
-Арктика».