

Особенности ослабления вторичных пульсаций источника при обработке морских сейсмических данных разных лет

■ Филимонов А.В., Горбачев С.В., ООО «РН-Шельф-Арктика»

■ Ланцев В.В., Хохряков В.Н., Степанов Н.А., ОАО «МАГЭ»

Проблемы ослабления вторичных пульсаций источника на морских сейсморазведочных исследованиях достаточно хорошо изучены и описаны в различной литературе. На практике, при работе с данными разных лет, полученными с использованием разного оборудования и чаще всего без записи характеристик источника, возникают существенные сложности в компенсации таких эффектов. В работе представлены примеры совместной обработки данных разных лет, полученных в Баренцевом море. В результате детального анализа сейсмического материала и применения многоитерационного подхода удалось разработать и применить методику, позволяющую качественно решить задачу ослабления вторичных пульсаций для данных, полученных с различными методиками полевых работ.

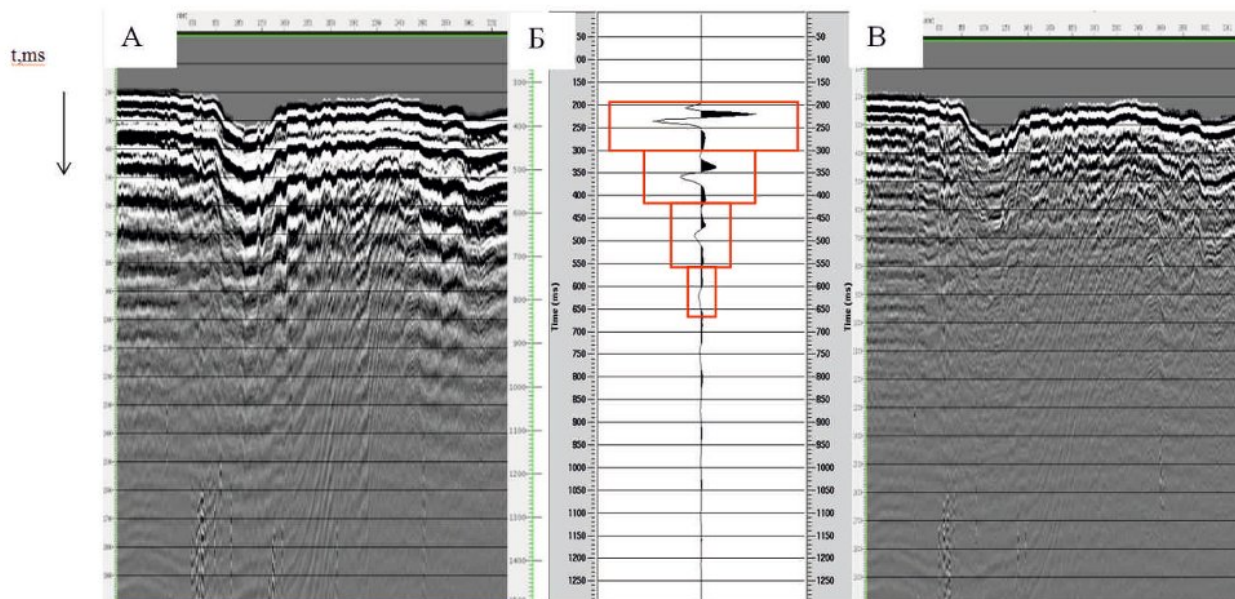
Введение

Особенности образования и ослабления вторичных пульсаций морского пневмоисточника хорошо изучены теоретически и практически. Процесс образования и затухания описаны в различной литературе, посвященной морской сейсморазведке [2, 5]. На практике же мы зачастую сталкиваемся с несовершенством системы наблюдения, в частности со значительными девиациями в глубине буксировки сейсмической аппаратуры. Особенно часто эта проблема возникает при одновременной обработке данных разных лет, ввиду использования, как технических средств разных поколений, так и различных методикотехнологических подходов [4]. В связи с этим, одним из важных этапов обработки морских сейсмических данных является устранение влияния побочных пульсаций источника колебаний (сигнатурная деконволюция [6]).

Вторичные пульсации источника возникают следующим образом. При срабатывании пневмопушки под водой образуется пузырь газов с высоким давлением. Пока давление газа превышает гидростатическое давление окружающей водной толщи, под его воздействием масса воды будет двигаться с

ускорением от точки взрыва. Сила давления уменьшается по мере расширения пузыря и становится равной нулю, когда расширение пузыря снижает давление газа до величины гидростатического. Но поскольку в этот момент водная масса достигает своей максимальной скорости движения от источника, она по инерции продолжает двигаться в том же направлении, но уже с замедлением, так как результирующая сила теперь направлена внутрь. Через некоторое время движение водной массы прекращается, затем сила, направленная внутрь, вызывает схлопывание полости с последующим резким увеличением давления газа, и процесс повторяется. В результате этого газовый пузырь пульсирует, и при каждой пульсации возбуждаются сейсмические волны [3].

На сейсмических данных сигнал от вторичного источника выглядит как повторные события (обычно низкочастотные), амплитуда и период которых зависят от характеристик источника и среды возбуждения, в первую очередь от объема камеры пневмопушки. Энергия вторичных пульсаций может быть весьма высокой. Данный эффект весьма вреден, так как вторичные пульсации интерферируют с полезными отражениями, скрывая их (Рис. 1.).



▲ Рис. 1. Пример данных с вторичными пульсациями: Разрез первого канала (А), извлеченная сигнатура (Б), разрез первого канала после ослабления эффекта вторичных пульсаций (В).

Существует несколько методов ослабления вторичных пульсаций. Первый способ – расчётно-теоретический. Имея отдельные характеристики пушек, можно рассчитать такие параметры группы пневмоисточников, которые позволят ослабить эффект вторичных пульсаций сложением сигнала отдельных источников. Данный способ активно применяется при современных сейсморазведочных работах, при этом, он не позволяет полностью избавиться от нежелательных эффектов.

Второй способ – ослабление методами обработки сейсмических данных. Для минимизации эффекта вторичных пульсаций уже на стадии обработки необходимо оценить характеристики сигнала, построить соответствующий оператор и свернуть с ним данные. Существуют несколько способов построения такого оператора, наиболее распространенными из них являются:

- Применение к данным предсказывающей деконволюции с потрассным расчетом оператора;
- Расчет единого оператора ослабления вторичной пульсации для всех дан-

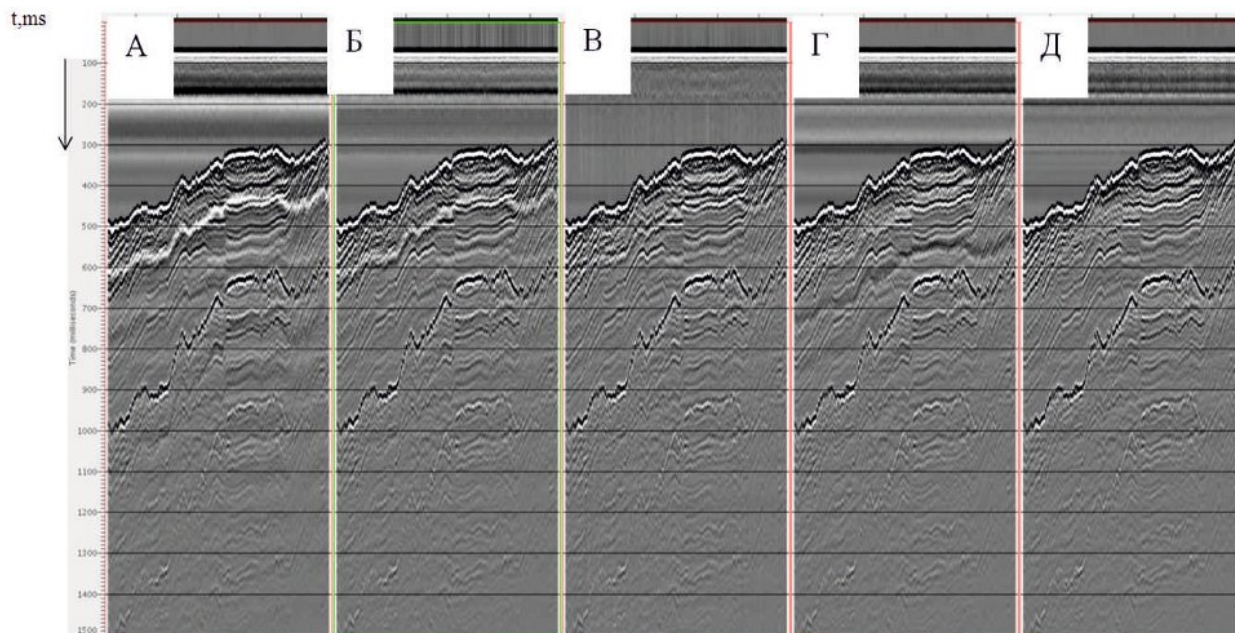
ных на основе сигнатуры (модельной, извлеченной из прямой волны или донного отражения) полученной:

- Расчетно-теоретическим путем (модельной);
- Извлечением из прямой волны;
- Извлечением из донного отражения.

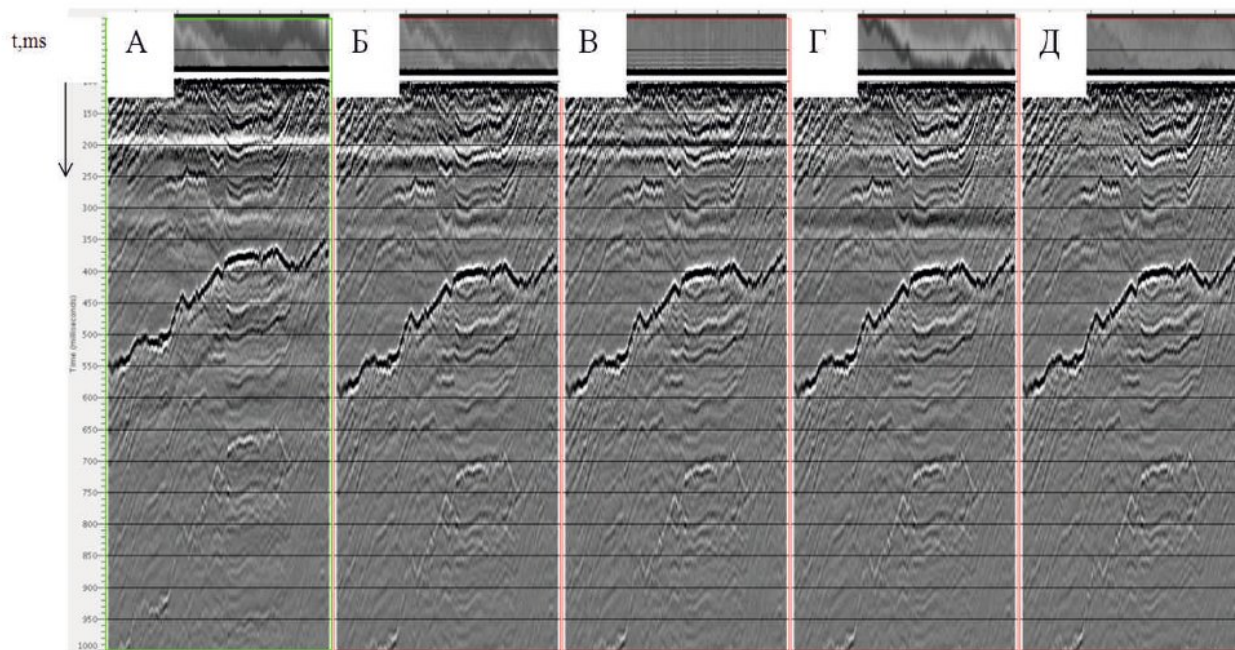
На Рис. 2 и 3 представлены примеры применения оператора, рассчитанного по модельным данным, извлеченным из прямой волны и донного отражения, к реальным материалам, полученным на акватории Баренцева моря. Видно, что в зависимости от данных и типа расчета оператора получаются различные результаты.

Почему же не всегда можно ослабить эффект вторичных пульсаций стандартными подходами?

Особенностью технологий работ 80-х и 90-х годов являлась конфигурация пневмоисточника, направленная на максимальную мощность, без предварительного моделирования и учета минимизаций подобных пульсаций. При проведении современных работ уделяется большое внимание анализу характеристик и



▲ Рис. 2. Пример применения разных способов ослабления эффекта вторичных пульсаций на разрезе ближнего удаления: до ослабления (А), после фильтра соответствия, построенного на основе теоретической сигнатуры (Б), после фильтра соответствия построенного на основе прямой волны (В), после предсказывающей деконволюции (Г), после фильтра соответствия, построенного на основе донного отражения (Д).



▲ Рис. 3. Пример применения разных способов ослабления эффекта вторичных пульсаций на разрезе ближнего удаления, спрямленного по донному отражению: до ослабления (А), после фильтра соответствия построенного на основе теоретической сигнатуры (Б), после фильтра соответствия построенного на основе прямой волны (В), после предсказывающей деконволюции (Г), после фильтра соответствия построенного на основе донного отражения (Д).

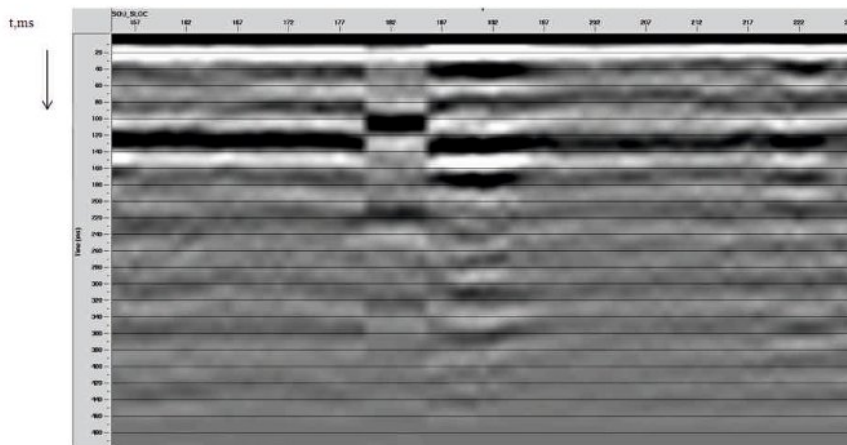


Рис. 4. Пример изменения вторичных пульсаций источника вдоль одного профиля на старых данных (запись гидрофон ближней зоны).

подбору оптимальных параметров для ослабления вторичных пульсаций. Также имеют место серьезные проблемы с точностью синхронизации отдельных пушек и нестабильностью глубины их погружения, что предполагает изменчивость сигнатуры источника и, как следствие, необходимость подбора оператора ослабления эффекта вторичных пульсаций в зависимости от изменений характеристик пневмоисточника. На старых данных можно увидеть изменение импульса источника вдоль профиля, связанного с нестабильной работой массива источника, а также с изменением его заглубления (Рис. 4). Еще одним моментом, приводящим к изменению характеристик сигнала, может стать изменение параметров группы в результате отключения или переключения между отдельными пушками для поддержания заданного объема всего

кластера.

Ослабление эффекта вторичной пульсации источника на старых и новых данных.

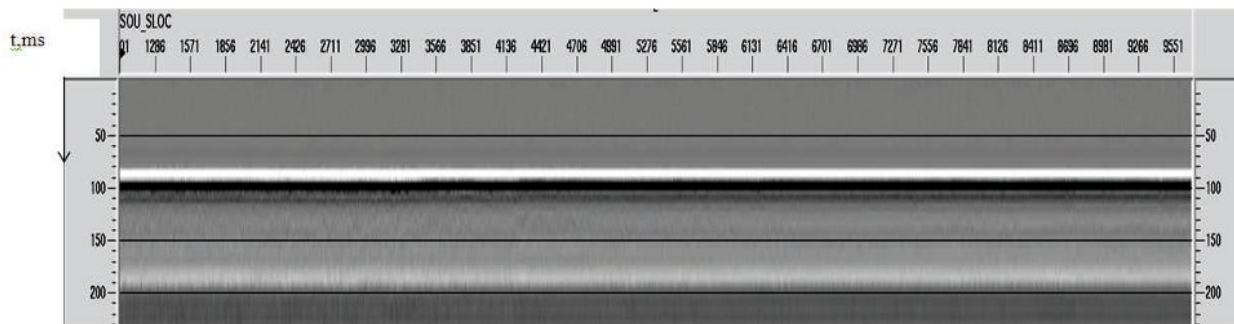
Методика ослабления

Для решения описанных выше проблем при современном производстве полевых работ выполняется предварительный расчет теоретической сигнатуры массива пушек. Выбирается такая конфигурация группового пневмоисточника, где, кроме того, что увеличивается мощность сигнала, еще и увеличивается соотношение амплитуды сигнала к амплитуде пузыря (Рис. 5а). Это достигается за счет группирования пушек различного объема (обычно от 40 до 300 куб. дюймов). На практике, извлеченная сигнатура (Рис. 5б) может существенно отличаться от теоретической сигнатуры из-за причин описанных выше.

Кроме этого, существуют современ-

Рис. 5. Пример различия сигнатур источника: теоретическая рассчитанная (А); извлеченная из донного отражения сигнатура (Б).





▲ Рис. 6. Пример стабильной работы пневмоисточника по профилю на современных данных (служебный канал).

ные достаточно жесткие требования по контролю стабильности работы пневмопушек в процессе работ по различным параметрам [1] (Рис. 6).

Для анализа и выработки совместной методики обработки были выбраны данные, полученные в акватории Баренцева моря.

Старые данные – съемки 1980-х годов, новые – съемка 2010-х годов. В данных 1980-х годов имеются следующие недостатки:

- Отсутствие теоретической сигнатуры источника и сведений о массивах пушек;
- Изменяющаяся вдоль профиля характеристика источника и, как следствие, характеристика вторичных пульсаций;
- Низкое отношение амплитуд сигнала и вторичных пульсаций.

Первой итерацией процесса ослабления вторичной пульсации является анализ теоретической сигнатуры. В данном случае этот этап возможен только на новых съемках, но он не дал положительного результата. После применения оператора, построенного на основе теоретической сигнатуры (Рис. 7) видно, что в данные привносится энергия, не связанная с геологическим строением разреза.

Далее применялся следующий многоитерационный подход:

1. Разделение профиля на участки со стабильным эффектом вторичных пульсаций.

2. Оценка ослабления вторичных пульсаций с использованием предсказывающей деконволюции.

3. Выбор участков профилей для извлечения сигнатуры.

4. Оценка ослабления вторичных пульсаций с использованием оператора, рассчитанного на основе сигнатуры, извлеченной из донного отражения и прямой волны.

5. Изменение/коррекция сигнатуры (при необходимости – переход к п. 3).

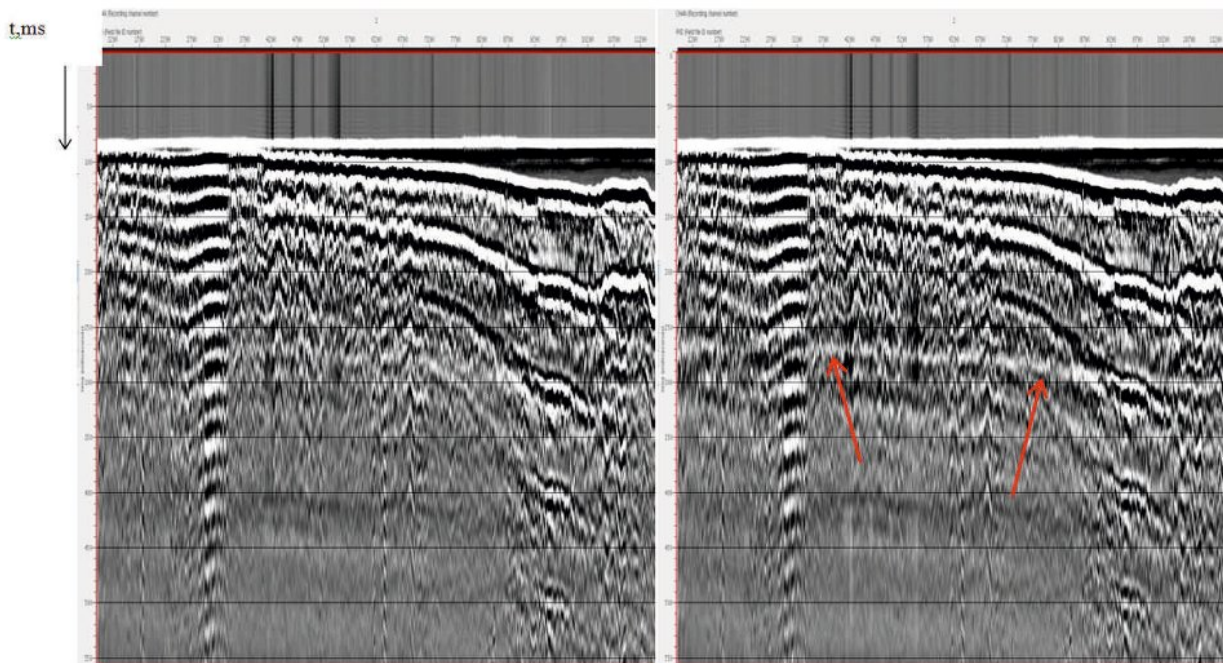
6. Адаптивное вычитание (при необходимости).

Под пунктами 3-5 понимается следующий процесс: анализируются данные по профилю, выбираются зоны, где отчетливо виден эффект вторичной пульсации, из этих данных извлекается сигнатура и строится оператор. Если построенный оператор работает не оптимально, то изменяется выбранная зона и производится новый расчет и анализ.

В некоторых случаях рассчитанный оператор недостаточно уменьшает энергию вторичной пульсации. В этом случае применение адаптивного вычитания позволяет добиться лучших результатов за счет наиболее оптимального согласования модельных и реальных данных.

Примеры по новым и старым съемкам

Применяя оператор ослабления вторичных пульсаций по новым съемкам



▲ Рис. 7. Применение теоретической сигнатуры к данным - исходный разрез слева, после применения справа. Стрелками показаны появившиеся артефакты (пример данных 2012 года).

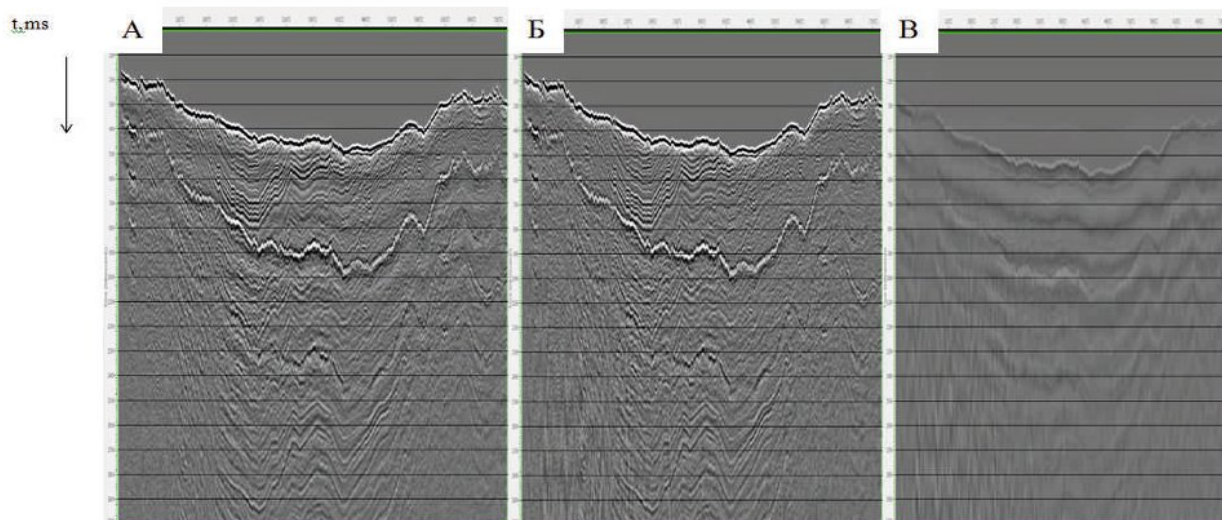
(Рис. 8.), получим данные без вторичной пульсации и модель вторичных пульсаций. Приведенный выше многоитерационный подход позволил, кроме ослабления первого пузыря, ослабить еще и второй, что отчетливо видно на Рис. 8.

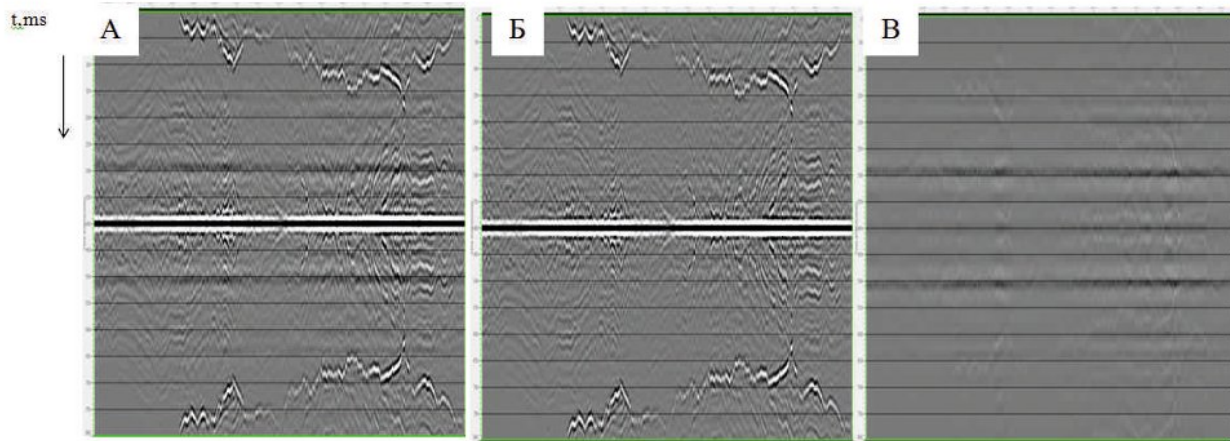
Неотъемлемой частью применения процедуры является контроль качества полученных результатов. В него входит, кроме получения разностных разрезов (сейсмограмм), получение амплитудно-

частотных спектров и построение функции автокорреляции (ФАК) до и после применения процедуры (Рис. 9).

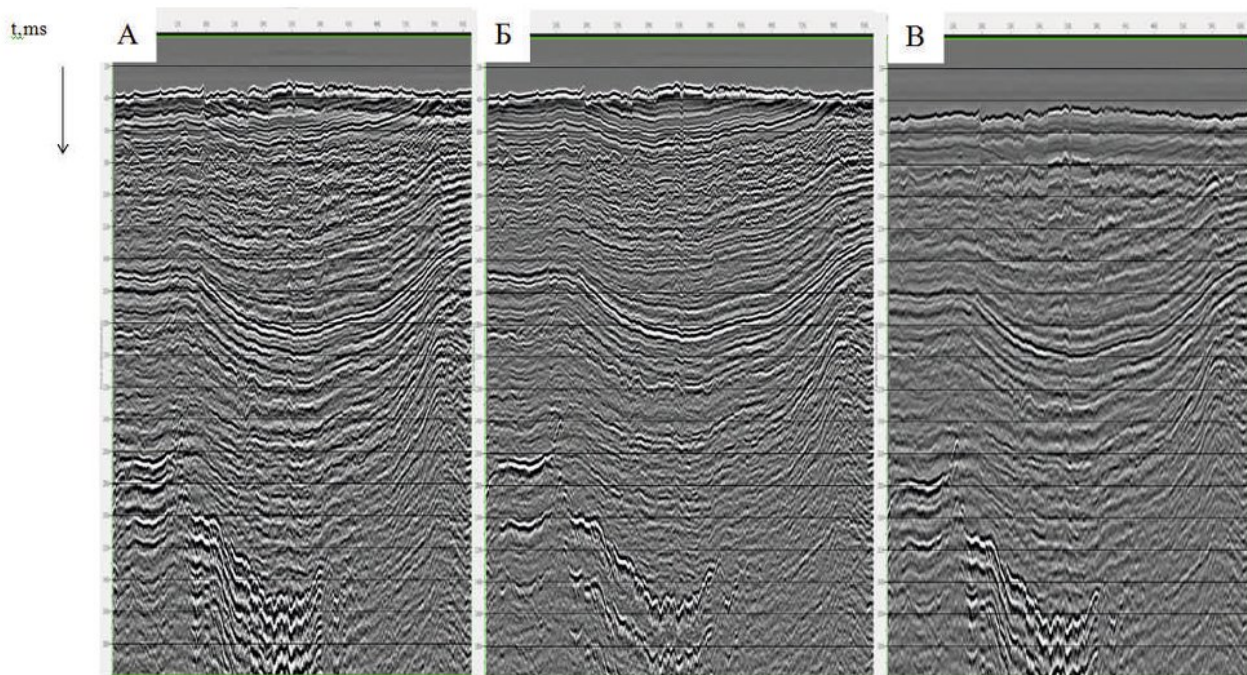
Далее приведены подобные иллюстрации по старым съемкам (Рис. 10, Рис. 11). Аналогично новым данным ослаблена не только первая пульсация пузыря, но и вторая. Кроме того, благодаря индивидуальному и детальному анализу данных по профилю на предмет изменения сигнатуры источника, удалось приблизить качес-

▼ Рис. 8. Временные разрезы по современным данным до (А) и после (Б) ослабления вторичной пульсации, разница (В).

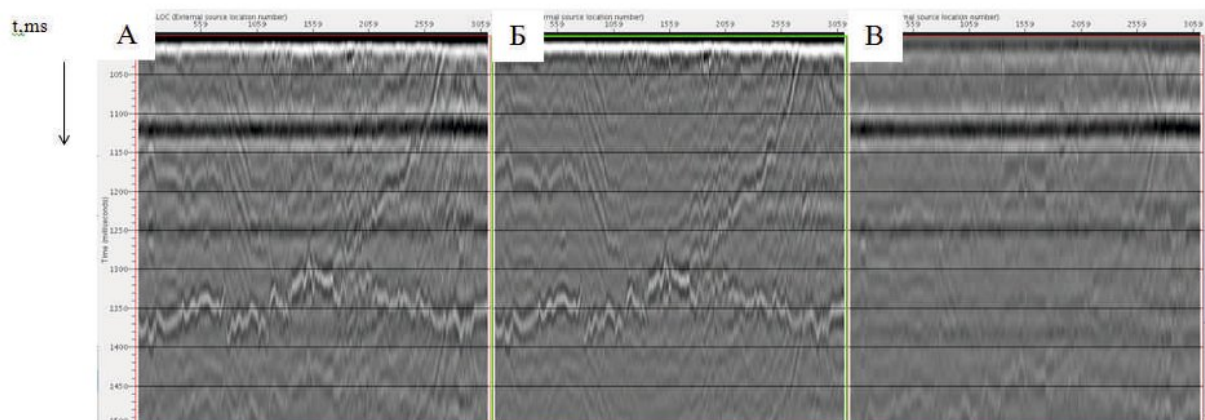




▲ Рис. 9. Функция автокорреляции: до ослабления вторичной пульсации (А), после (Б) и разница (В).



▲ Рис. 10. Временной разрез по старым данным до (А), после (Б) и разница (В).



▲ Рис. 11. Функции автокорреляции: до (А) и после (Б) ослабления вторичной пульсации, разница (В).

тво данных к качеству сигнальной обработки современных съемок. При этом все полезные отражения остались без изменений.

Выводы

Анализируя современные данные и данные прошлых лет можно утверждать, что методическая и технологическая часть морской сейсморазведки непрерывно развивается, позволяя получать более стабильные и точные данные.

Работа с данными разных лет, особенно 80-х и 90-х годов, является сложной задачей, ввиду таких факторов как низкая кратность, отсутствие информации о характеристиках источника, нестабильная работа источников и т.д.

Тем не менее, выполненный анализ данных позволил разработать многокритериальный подход к обработке архивных данных, значительно улучшив результат по ослаблению вторичных пульсаций источника, с получением результатов сопоставимых с обработкой современных данных.

Применение разработанного подхода к различным данным, с детальным подбором параметров процедур обработки и контролем их применения, позволяет получить качественные сейсмические изображения для дальнейшей структурной и динамической интерпретации, и предоставляет возможность актуализировать геологическое строение различных регионов.

Литература

1. Горбачев С.В., Титов А.Б. Элементы контроля качества морских сейсморазведочных работ / Приборы и системы разведочной геофизики. №1. 2016.
2. Калинин А.В., Калинин В.В., Пивоваров Б.Л. Сейсмоакустические исследования на акваториях // «Недра», 1983 год
3. Шерифф Р., Гелдарт Л. Сейсморазведка // «Мир», том 1, 1987.
4. Colin Sargent, Richard W. Hobbs, Darren

R. Grocke. Improving the interpretability of air-gun seismic reflection data using deterministic filters: A case history from offshore Cape Leeuwin, southwest Australia // Geophysics, Vol. 76, No. 3 2011.

5. Dragoset W.H. Air-gun array specs: A tutorial // Geophysics: The leading edge of exploration. January. 1990.

6. Gordon Poole and Chris Davison, CGG; Jake Deeds, Kevin Davies and Gary Hampson, Chevron. Shot-to-shot directional designation using near-field hydrophone data // SEG Annual Meeting. Houston 2013.

Подробнее об авторах



Филимонов
Антон Витальевич

старший геофизик
Управления реализации
ГРП ООО
«РН-Шельф-Арктика».



Горбачев
Сергей Викторович

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



Ланцев
Владимир Владимирович

начальник центра обработки
геофизических данных
ОАО «МАГЭ»



Хохряков
Василий Николаевич

начальник отдела обработки
геофизических данных
Московского филиала
ОАО «МАГЭ»



Степанов Николай Андреевич

геофизик первой
категории ОАО «МАГЭ»