

Оптимизация систем наблюдений сейсморазведки 3D на шельфе Баренцева моря

■ Савицкий Л. М., Корнев А. С., ООО «СЖЖ Восток», г. Москва

В статье рассматриваются вопросы оценки влияния плотности и распределения трасс на эффективность этапов и качество результатов обработки на примере модельных сейсмических данных. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации сейсмических исследований на шельфе Баренцева моря.

Введение

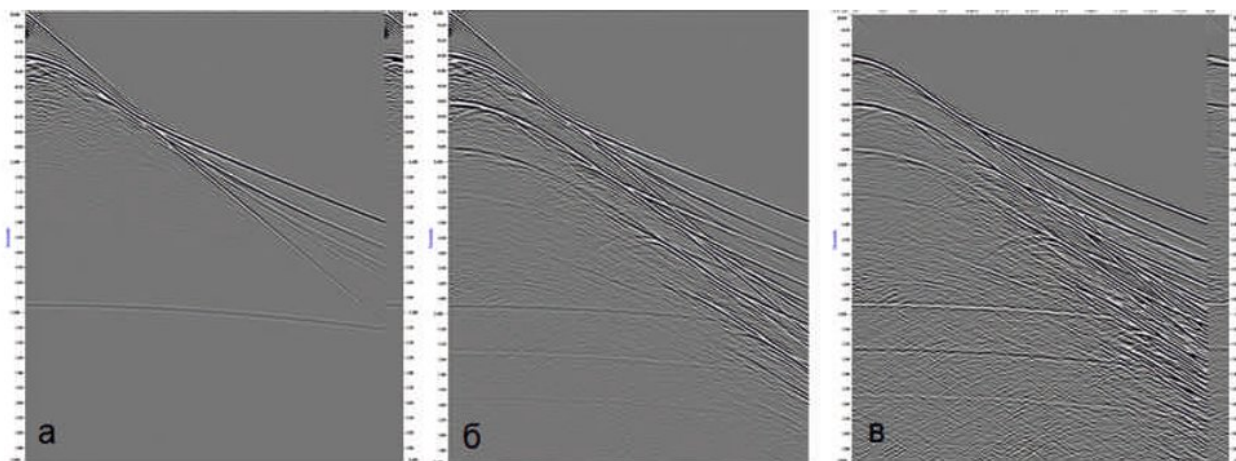
Разведанные запасы на шельфе Баренцева моря составляют значительную часть от общих запасов углеводородов шельфа РФ. Добыча на шельфе стоит значительно дороже, чем на суше, поэтому на шельфе уделяется особое внимание качеству сейсмических работ, проводимых для поиска нефтегазовых месторождений. В настоящий момент большую популярность имеют трехмерные наблюдения, которые позволяют получить более детальную информацию. Такие работы довольно дорогостоящие, поэтому важно найти оптимальное соотношение между параметрами съемки и затратами на их проведение. Район характеризуется сложным геологическим строением, а также жестким и неглубоким морским

дном. Такие условия формируют комплексное сейсмическое поле. Одной из основных проблем при обработке сейсморазведочных данных в данном регионе является наличие кратных волн, связанных с водным слоем. В данной статье рассмотрена зависимость качества подавления кратных волн от параметров съемки. Анализ результатов тестирования выполняется на суммарных разрезах после 2D временной миграции до суммирования, что позволяет решать поставленную в исследовании задачу оценки влияния параметров систем наблюдения на качество сейсмического изображения.

Были рассмотрены 3 варианта узкоазимутальных съемок (Таблица 1). Основные отличия между вариантами выделены ниже в таблице.

▼ Табл. 1.

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Число кос (к-во)	12	10	12
Длина косы (м)	6000	6000	6000
Расстояние между косами (м)	50	75	75
Число источников (к-во)	1	2	2
Интервал ПВ (пункт взрыва) (м)	18.75	37.5 (18.75 flip-flop)	37.5 (18.75 flip-flop)
Кратность	160	80	80
Размер бина XL (м)	25	18.75	18.75
Размер бина IL (м)	6.25	6.25	6.25
Наибольшее из минимальных удалений (м)	285	340	415
Ширина покрытия кос (м)	550	675	825



▲ Рис. 1. а) 3D-модельные данные первичных отражений; б) 3D-модельные данные первичных отражений + кратные отражения; в) 3D-модельные данные первичных отражений + кратные отражения (с коррекцией амплитуд).

Для проведения исследований были смоделированы синтетические сейсмограммы, соответствующие указанным выше вариантам съёмок и глубиной водного дна 300мс. Исследования выполнялись путем тестирования различных процедур обработки, сопоставления результатов и оценки влияния параметров съемки на сейсмическое изображение.

Тесты включали:

- Построение синтетических сейсмограмм ПВ с параметрами геометрии вариантов 1, 2 и 3
- Тестирование трехмерного подавления кратных волн

Анализ влияния параметров сейсмической съемки на подавление кратных волн на примере модельных данных

Данное исследование описывает моделирование трех геометрий сейсмических съемок и их последующий анализ на предмет качества подавления кратных волн. Ниже приведены примеры синтетических сейсмограмм ПВ с первичными и кратными отражениями (Рис. 1).

Синтетические сейсмограммы ПВ формировались с интервалом ПВ 18,75м и шагом пунктов приема 12,5м, которые

были прорежены для того, чтобы получить три варианта геометрий сейсмических съемок:

- Интервал ПВ 18,75м с 12-ю сейсмическими косами и сепарацией 50м
- Интервал ПВ 37,5м с 10-ю сейсмическими косами и сепарацией 75м
- Интервал ПВ 37,5м с 12-ю сейсмическими косами и сепарацией 75м

Для подавления кратных волн использовались:

- Трехмерное построение модели кратных волн, метод MWD [Pica et al., 2005; Wang et al., 2011].
- Адаптация и вычитание модели кратных волн в области пунктов приема

Модель кратных волн рассчитывалась для каждого варианта после интерполяции данных:

- Для варианта 1 на сетку 6,25x12,5м
- Для варианта 2 и 3 на сетку 6,25 x 9,375м

Параметры адаптивного вычитания кратных волн были подобраны для варианта 1 и применены также для варианта 2 и 3. Параметры не были протестированы для каждого варианта отдельно. Сравнение выполнялось как на внутренней, так и на внешней сейсмической косе для каждого варианта.

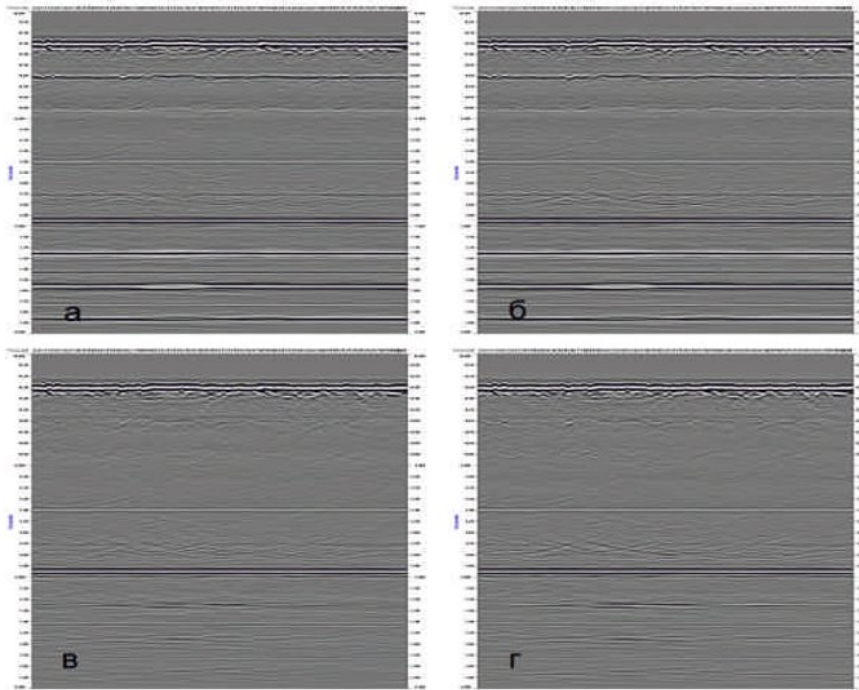


Рис. 2. а) Суммарный разрез до подавления кратных волн – вариант 1 (интервал ПВ 18.75м, поперечный размер бина 25м); б) Суммарный разрез до подавления кратных волн – вариант 2 и 3 (интервал ПВ 37.5м, поперечный размер бина 18.75м); в) Суммарный разрез после подавления кратных волн – вариант 1 (интервал ПВ 18.75м, поперечный размер бина 25м); г) Суммарный разрез после подавления кратных волн – вариант 2 и 3 (интервал ПВ 37.5м, поперечный размер бина 18.75м)

Влияние кратности и интервала ПВ на подавление кратных волн

Первый тест был выполнен на одном 3D профиле для того чтобы оценить результат трехмерного подавления кратных волн для внутренней сейсмической косы для варианта 1, 2 и 3. Минимальное удаление было равным для трех вариантов. Различия были в интервалах ПВ, которое составляло 18,75м для варианта 1 и 37,5м для вариантов 2 и 3, а также в бине для расчёта модели кратных волн: была выполнена интерполяция данных на сетку 6,25х12,5м для варианта 1 и 6,25х9,375м для варианта 2 и 3.

На внутреннем кабеле была выполнена 2D временная миграция до суммирования и получен суммарный разрез, как с применением, так и без применения процедуры подавления кратных волн. Рисунок 2 показывает результаты подавления кратных волн.

После применения процедуры подавления кратных волн было выполнено сравнение помех остаточных кратных на 2D суммарных разрезах после временной миграции до суммирования варианта 1 с

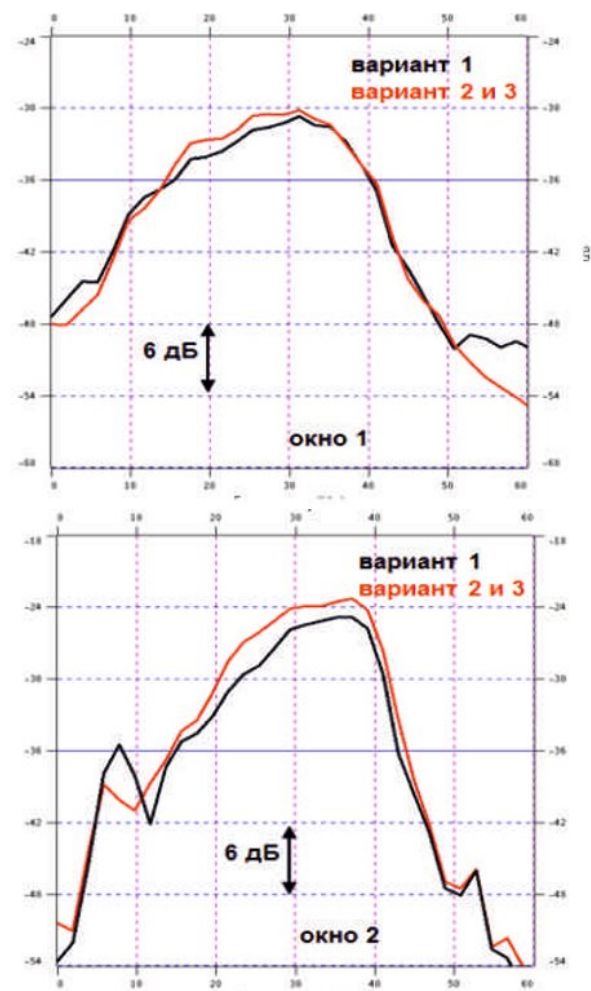


Рис. 3. Сравнение энергии остаточного шума после подавления кратных волн на внутренней приемной косе.

вариантами 2 и 3. Остаточный шум кратных волн рассчитывался в двух окнах:

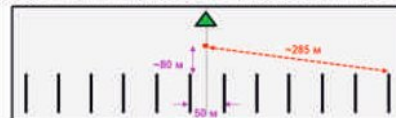
- Остаточные кратные волны, связанные со свободной поверхностью, от водного дна: 500-900мс
- Остаточные кратные волны, связанные со свободной поверхностью, от отражения на времени 2с: 2200-2500мс

Наблюдался эффект меньшего интервала ПВ, а так же большей кратности для варианта 1 при подавлении остаточных кратных волн. При сравнении амплитудных спектров уровень остаточных кратных для варианта 1 ниже на 2-3дБ в сравнении с вариантами 2 и 3 (Рис. 3).

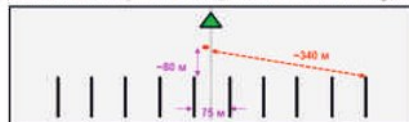
Влияние наибольшего из минимальных удалений на подавление кратных волн.

Для анализа влияния наибольшего из минимальных удалений на подавление кратных волн было выполнено сравнение

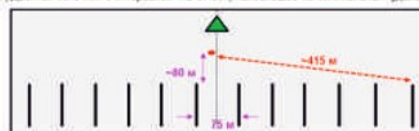
12 кос x 50м | Одиночный источник с интервалом ПВ 18.75м | Наибольшее из минимальных удалений ~285м



10 кос x 75м | Двойной источник с интервалом ПВ 37.5м | Наибольшее из минимальных удалений ~340м



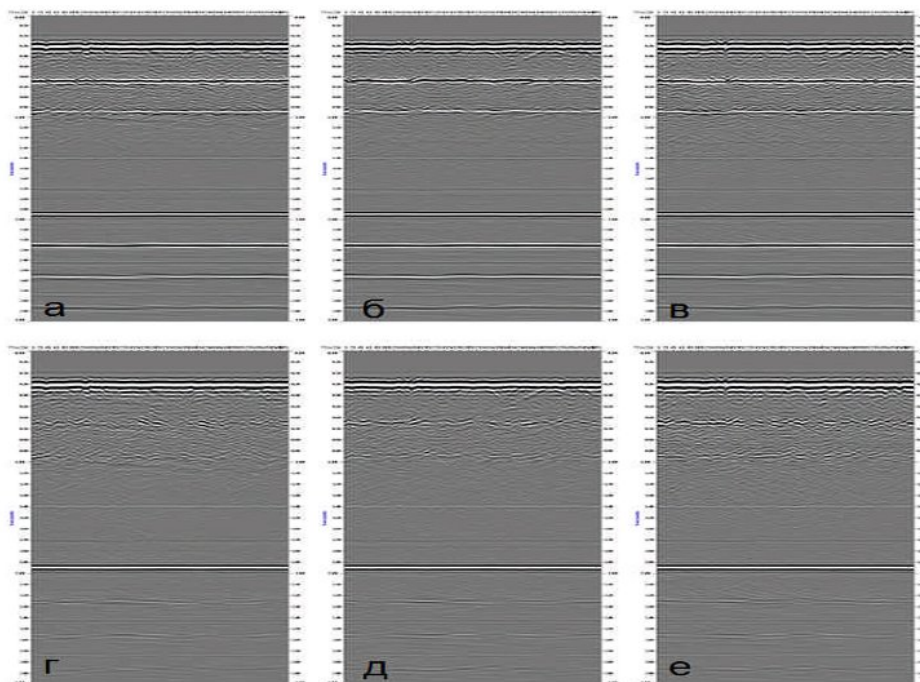
12 кос x 75м | Двойной источник с интервалом ПВ 37.5м | Наибольшее из минимальных удалений ~415м



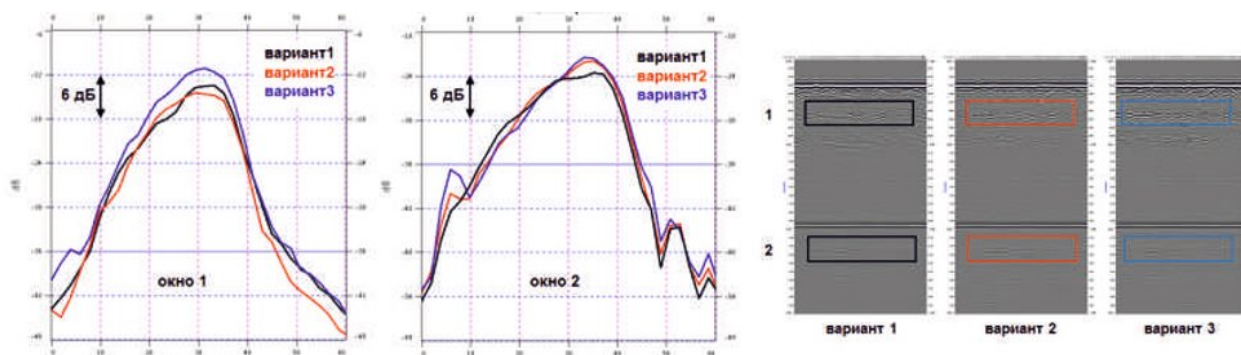
▲ Рис. 4. Геометрия вариантов 1, 2 и 3 – наибольшее из минимальных удалений.

результатов на внешних приемных косах для каждого варианта. Минимальное удаление для внешнего кабеля каждого из вариантов составило (Рис. 4):

- Вариант 1 - 285м
- Вариант 2 - 340м
- Вариант 3 - 415м



▲ Рис. 5. а) Суммарный разрез до подавления кратных волн – вариант 1 (удаление 285м); б) Суммарный разрез до подавления кратных волн – вариант 2 (удаление 340м); в) Суммарный разрез до подавления кратных волн – вариант 3 (удаление 415м); г) Суммарный разрез после подавления кратных волн – вариант 1 (удаление 285м); д) Суммарный разрез после подавления кратных волн – вариант 2 (удаление 340м); е) Суммарный разрез после подавления кратных волн – вариант 3 (удаление 415м).



▲ Рис. 6. Сравнение остаточного шума после подавления кратных волн на внешней приемной косе.

Сравнение выполнялось на суммарных разрезах (0-20° после 2D временной миграции до суммирования). Подавление кратных волн выполнялось с использованием всех трасс внешнего кабеля, но для визуализации расчет суммарного разреза выполнялся с равным минимальным удалением для каждого варианта. Таким образом, первые трассы для кабеля вариантов 1 и 2 удалялись, что соответствовало минимальному удалению 415м, по аналогии с вариантом 3 (Рис. 5).

На результатах тестов, выполненных на внешней приемной косе, наибольшая разница между вариантами видна для подавления кратных волн, связанных с водным слоем.

Для первого окна уровень остаточных кратных волн для вариантов 1 и 2 примерно сопоставим. Вариант 3 показывает более высокий уровень остаточных кратных приблизительно на 3дБ. Для окна 2 уровень остаточного шума трех вариантов сопоставим (Рис. 6).

Выводы

- Результаты тестирования показали, что интервал ПВ оказывает на подавление кратных волн от водного дна, связанных со свободной поверхностью. Тем не менее, интервал ПВ не оказывает влияния на подавление кратных волн от отражающих горизонтов ниже 1.5с. Кратные волны от отражающих горизонтов ниже 1.5с не подвергаются эффекту алейсинга в обла-

сти сейсмограмм ОСТ при интервале ПВ 37.5м (75м между трассами в сейсмограмме ОСТ). Таким образом, уменьшение расстояния между трассами не дает улучшения качеству подавления кратных волн в нижней части разреза.

- Ширина покрытия кос, а также значение минимального удаления влияют преимущественно на верхнюю часть разреза. Для кратных волн от водного дна, связанных с водной поверхностью, наблюдается возрастание остаточного шума в среднем около 2дБ из-за большей ширины покрытия.

- На нижнюю часть разреза и кратные волны от горизонтов 1.5с и 2с ширина покрытия сейсмических кос не оказывает значительного влияния. Все три варианта съемок дают схожие результаты.

Литература

- Pica, A., Poulain, G., David, B., Magesan, M., Baldock, S., Weisser, T., Hugonnet, P. and Hermann, P. 2005. 3D Surface-related multiple modelling. 67th EAGE Conference and Exhibition.
- Wang, P., Jin, H., Xu, S. and Zhang, Y. 2011 Model-based water-layer demultiple. SEG Technical Program Expanded Abstracts.