

Инновационная технология 5Д интерполяции и регуляризации в условиях инфраструктуры Каспийского региона

Тепляков Д.С.

This report describes one of the state-of-the-art data processing technologies that improve the results of seismic data acquired in the problem areas with extended infrastructure and difficult surface environment. 5D interpolation and regularization allow seismic data with irregular grid to convert into data with regular distribution of SP, RP, CDP, offset, azimuths, etc. to pre-stack. This contributes to better virtually on all processing stages such as noise attenuation, velocities analysis, multiple attenuation, migration before stack, and, of course, on the final data results pre-stack and post-stack.

Keywords: *Interpolation, regularization, subline, crossline, offset, azimuth, CDP, shot, receiver.*

В данном докладе описывается одна из современных технологий обработки данных, позволяющая улучшить результаты сейсмических данных, собранных в районах, осложнённых развитой инфраструктурой и сложными поверхностными условиями. 5Д интерполяция и регуляризация позволяют преобразовать сейсмические данные с нерегулярной сетью наблюдения в данные с равномерным распределением ПВ, ПП, ОГТ, удалений, азимутов и т.д. до суммирования. Все это положительно влияет практически на все этапы обработки - подавление шума, анализ скоростей, подавление кратных волн, миграцию до суммирования и, конечно, на финальные результаты данных как до суммирования, так и после суммирования.

Ключевые слова: *Интерполяция, регуляризация, инлайн, кросслайн, удаление, азимут, ОГТ, пункт взрыва (ПВ), пункт приема (ПП)*

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время все больше развивается инфраструктура вокруг месторождений, что усложняет сбор сейсмических данных с регулярной сетью наблюдений. В большинстве сейсмических данных присутствуют пропуски и выносы ПВ и ПП, в связи с чем впоследствии мы имеем не регулярное распределение трасс по площади и редкую сеть наблюдения, что отрицательно влияет на результаты данных после обработки и в последующем на результаты интерпретации.

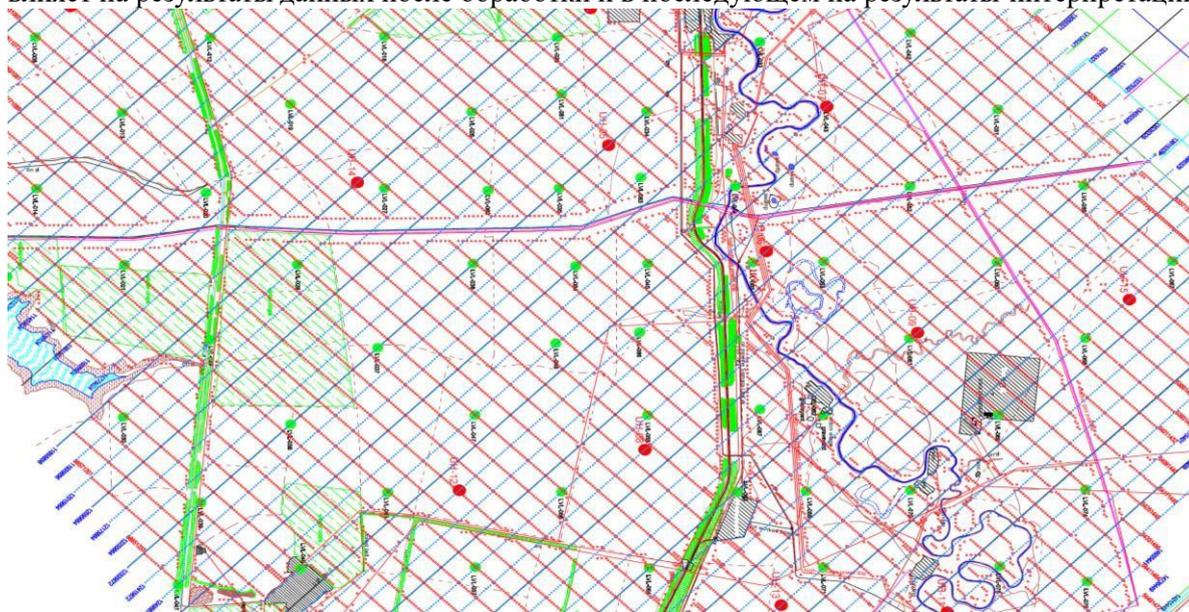


Рис. 1. Пример площади с развитой инфраструктурой (красные точки ПВ, синие точки ПП)

На этом рисунке показан пример площади с развитой инфраструктурой (дороги, река, ЛЭП, нефтепровод, поселок, скважины и т. д.)

Также большинство современных методов обработки, например подавление шума, анализ скоростей, подавление кратных волн, миграцию до суммирования и т.д., требуют максимально равномерного распределения трасс по площади, но, к сожалению, большинство современных наземных 3Д данных не выполняют эти требования в связи очень развитой инфраструктурой, что отрицательно влияет на результаты обработки.

Компания “RES” является бизнес-партнёром компании “CGG” и применяет в своей обработке все современные технологии, разработанные компанией “CGG”. 5Д интерполяция не является заменой полевых данных с регулярной сетью отстрела, но положительно влияет на результаты обработки и дальнейшего анализа данных как до суммирования, так и после суммирования.

В данном докладе мы представим новую технологию 5Д интерполяции и регуляризации данных.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

В данных до суммирования присутствует большое количество информации, такой как местоположение ПП и ПВ, удаление, азимут и т.д.. В процессе 2Д интерполяции невозможно использовать все эти данные и оптимально произвести интерполяцию. В связи с этим был разработан алгоритм 5Д интерполяции [1], который в полной мере использует всю информацию, имеющуюся в 3Д данных до суммирования. Процесс интерполяции происходит в пяти областях одновременно и алгоритм автоматически выбирает сэмпл из оптимальной области, что позволяет более эффективно заполнить большие пропуски и участить редкую сеть наблюдения. Также в результате 5Д интерполяции мы получаем не только сейсмические трассы, но и полную информацию о местоположении ПП, ПВ, удалениях, азимуте и т.д. для интерполированных трасс.

Алгоритм 5Д интерполяции основан на преобразовании Фурье [2] в пяти областях, таких как инлайн, кросслайн, удаление, азимут и частота, что позволяет разрешить различные проблемы сбора полевых данных.

Цель применения:

- Заполнение пропусков ПП, ПВ, ОГТ и т.д.
- Улучшение распределения азимутов и удалений
- Регуляризация трасс в бине
- Увязка площадей с разными системами отстрела
- Уменьшения размера бина

Особенности:

- Глобальная многомерная схема интерполяции
- Выполняется одновременно в пяти областях с учетом изменения амплитуд (инлайн, кросслайн, азимут, удаление и частота)
- Создает новую геометрию с дополнительными источниками и приемниками
- Применяется к данным до суммирования
- Подходит для сложных геологических структур

Преимущества применения:

- Улучшает протяженность горизонтов на разряженных данных и заполняет пропуски
- Улучшает результаты миграции до суммирования
- Сохраняет AVO и AVAZ эффекты
- Подготовка данных для анализа скоростей
- Положительно влияет на процесс подавления шума
- Во время интерполяции генерируются не только сейсмические трассы, но и все заголовки, относящиеся к ней
- Положительно влияет на качество неглубоко залегающих отложений

Сложности применения 5Д интерполяции и регуляризации:

- Для расчета 5Д интерполяции необходимо мощное кластерное оборудование, так как алгоритм интерполяции сложный
- Алгоритм 5Д интерполяции основан на преобразовании Фурье, интерполяция происходит в пяти областях одновременно

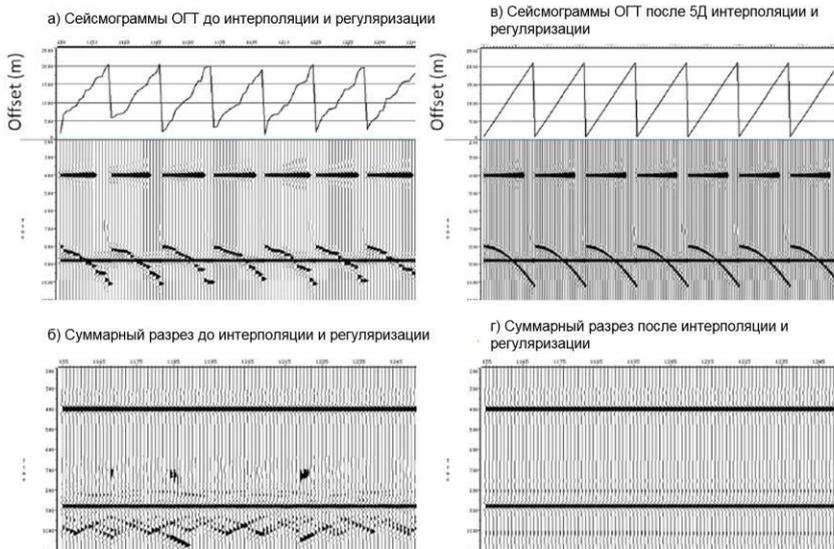


Рис. 2. Пример 5Д интерполяции на синтетических данных

На рисунке 2 показан пример синтетических данных. На рисунке а) сейсмограммы ОГТ с нерегулярной и редкой системой наблюдения. На данных мы видим 2 полезных горизонта на времени 400мс и 900мс и кратную волну, которая начинается со времени 800мс. На рисунке б) изображён результат суммирования данных ОГТ без интерполяции. Мы видим кратные волны в виде высокоамплитудного шума. На рисунке в) сейсмограммы после интерполяции. Получено равномерное распределение удалений и увеличение количества трасс в ОГТ. На рисунке г) видим результат суммирования ОГТ после интерполяции. Полезные отражения практически не изменились, а шум от кратной волны практически не виден, так как кратная волна не присутствует на всех удалениях и трасс без кратной волны становится больше, что положительно влияет на подавления кратной волны в процессе суммирования.

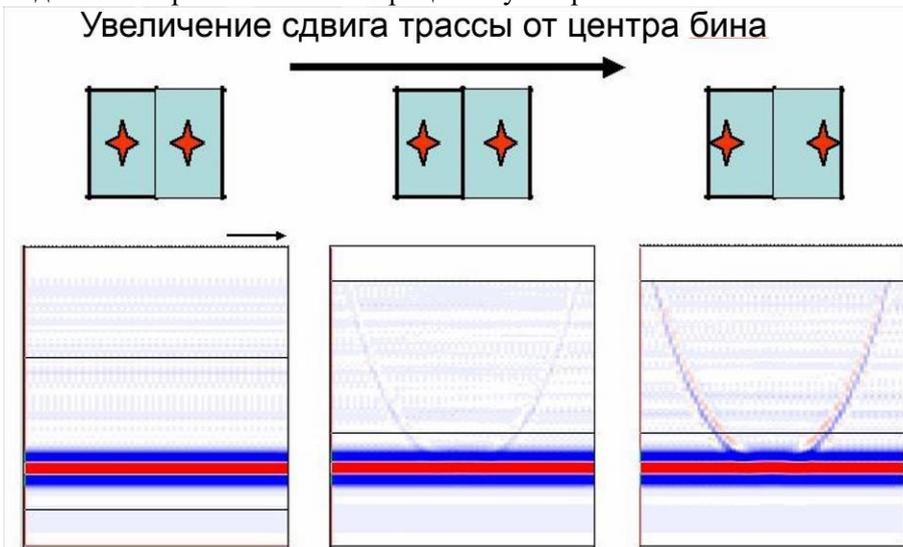


Рис. 3. Пример регуляризации на синтетических трассах

На рисунке 3 изображены бины с трассами (в верхней части рисунка) и результат миграции этих трасс (в нижней части рисунка). Мы видим, что чем больше расстояние от центра бина трассы, тем не оптимальнее интерференция у оператора миграции до суммирования, что приведет в последующем к появлению дополнительных шумов на данных после миграции.

Также регуляризация может применяться в следующих этапах обработки:

- Регуляризация данных - одно из условий применения SRME (технология подавления кратных волн)
- В процессе проведения 4Д сейсморазведки разница в данных различных годов отстрела должна быть минимизирована, в чем может помочь регуляризация данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Компания RES совместно с бизнес-партнёром CGG имеет большой опыт в применении 5Д интерполяции к данным Каспийского региона для решения различных задач:

- Заполнения пропусков ПВ и ПП, которые не смогли отработать в результате полевых работ из-за развитой инфраструктуры (трубопровод, дороги, ЛЭП, нефтедобывающие скважины и т.д.)
- Изменения размера бина и увеличения кратности
- Увязки площадей с разными системами отстрела
- Регуляризации удалений и азимутов
- Подготовки данных для анализа скоростей
- Подготовки данных для подавления шума и т.д.

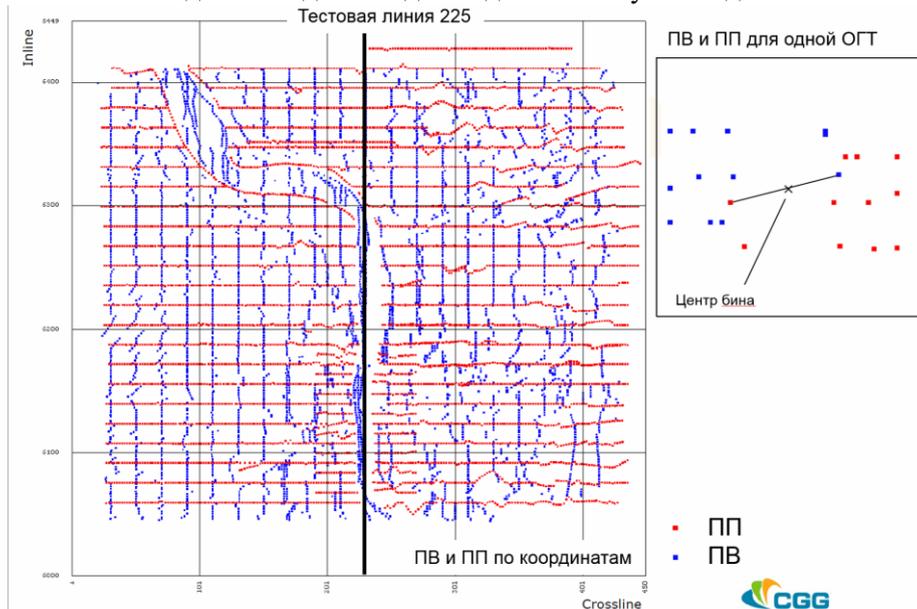


Рис. 4. Пример площади съемки до интерполяции

На данном рисунке мы видим площадь через которую проходит река, имеются различные выносы и пропуски ПП и ПВ. С правой стороны изображен бин со всеми ПП и ПВ, принадлежащих ему до интерполяции.

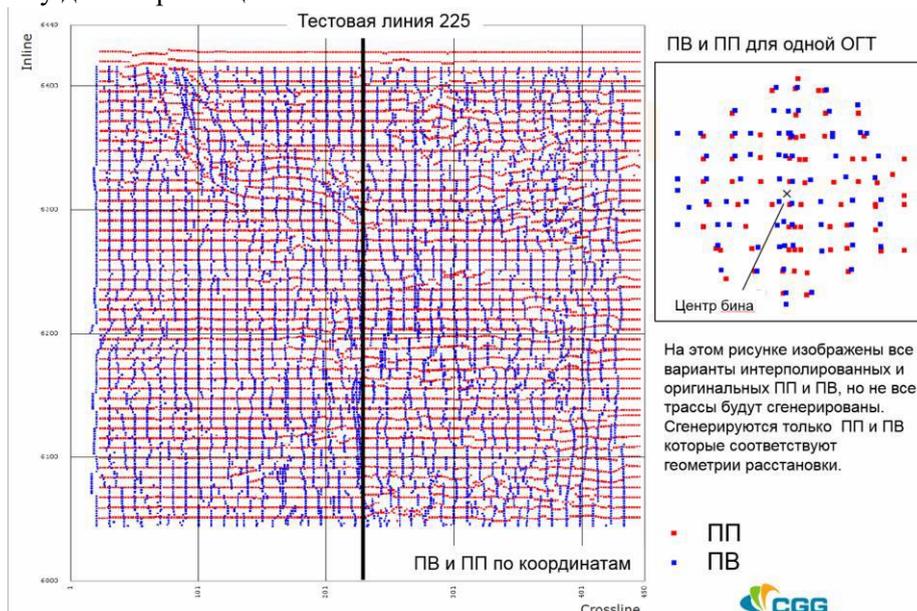


Рис. 5. Пример площади съемки после 5Д интерполяции

На рисунке 5 мы видим угущение линий взрыва и линий приема и заполнение пропущенных ПП и ПВ, что положительно повлияло на распределение трасс по площади и увеличение кратности.

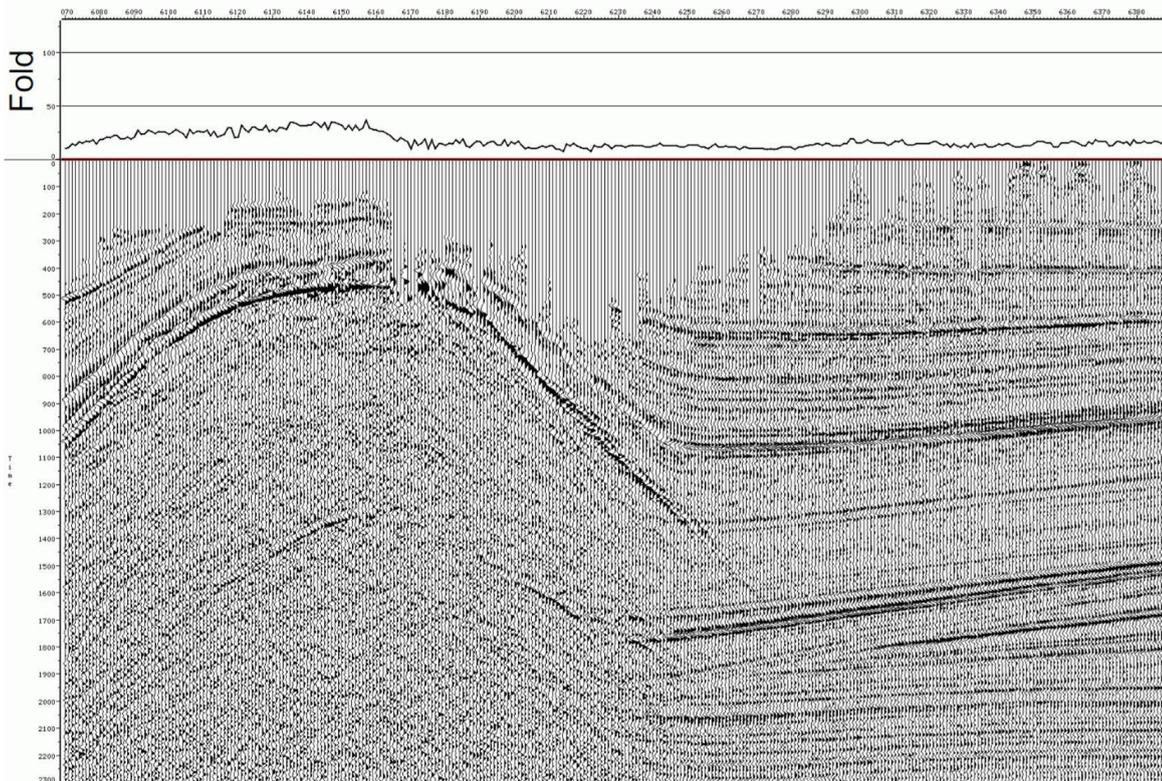


Рис. 6. Суммарный разрез по линии 225 до интерполяции

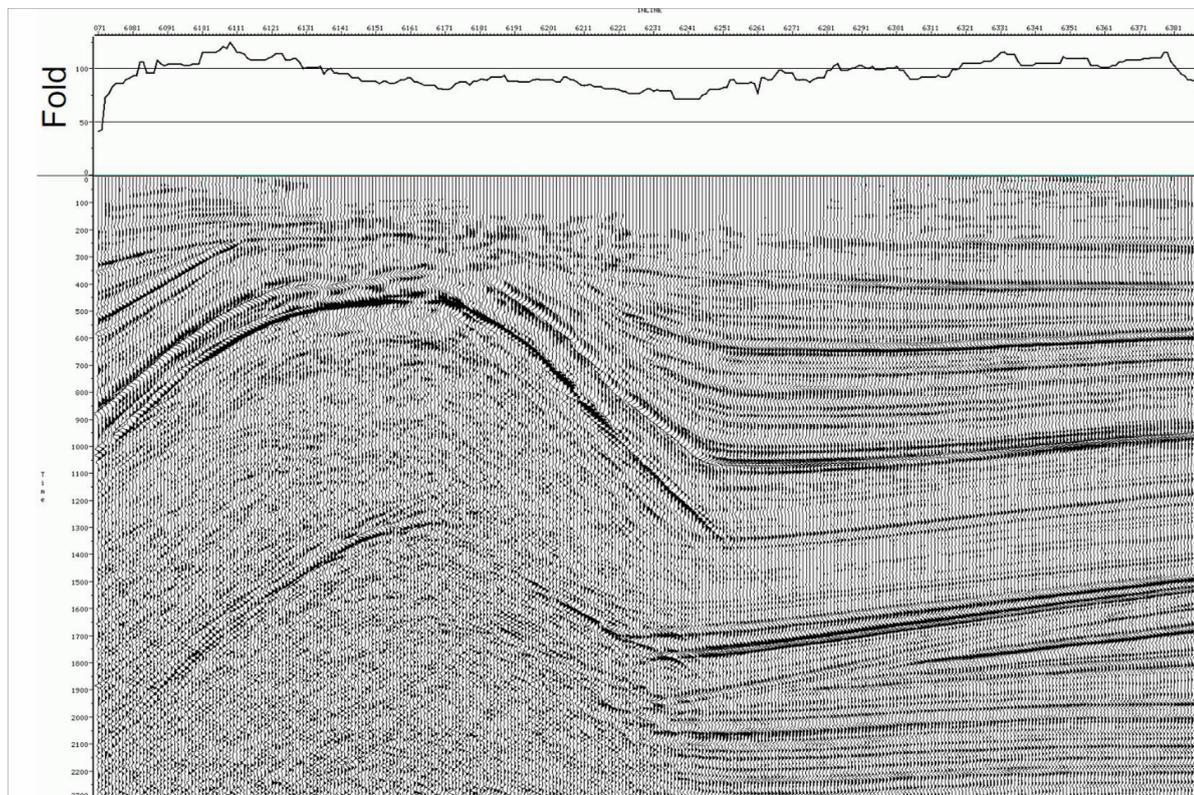


Рис. 7. Суммарный разрез по линии 225 после 5Д интерполяции

По результатам суммирования данных после 5Д интерполяции мы видим повышение и равномерное распределение кратности по площади, улучшение как в верхней части разреза (заполнение пропусков), так и в нижней части разреза, улучшение протяженности горизонтов и уменьшение случайного шума.

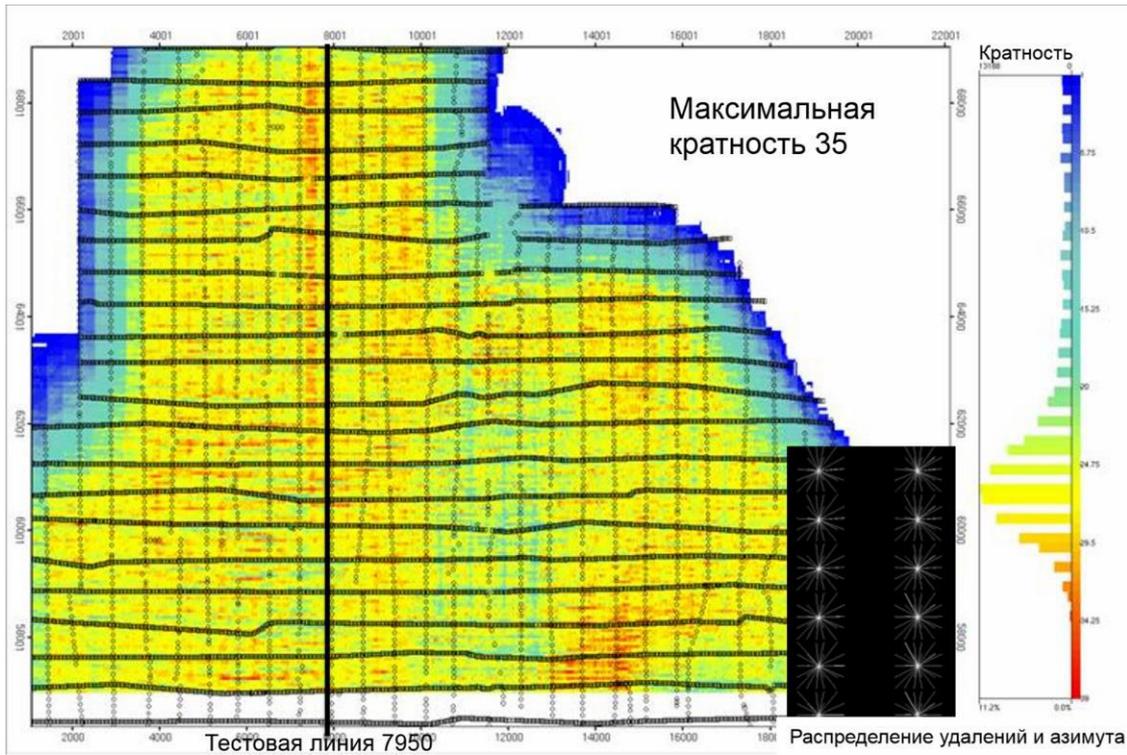


Рис. 8. Ортогональная геометрия до 5Д интерполяции

На рисунке 8 еще один пример площади с неравномерным распределением ПВ и ПП и маленькой кратностью (около 35). Также на этом рисунке изображено распределение удалений и азимутов в ОГТ (с правой стороны). На карте и гистограмме видим неравномерное распределение кратности по площади. ПВ вертикальные линии, ПП горизонтальные линии.

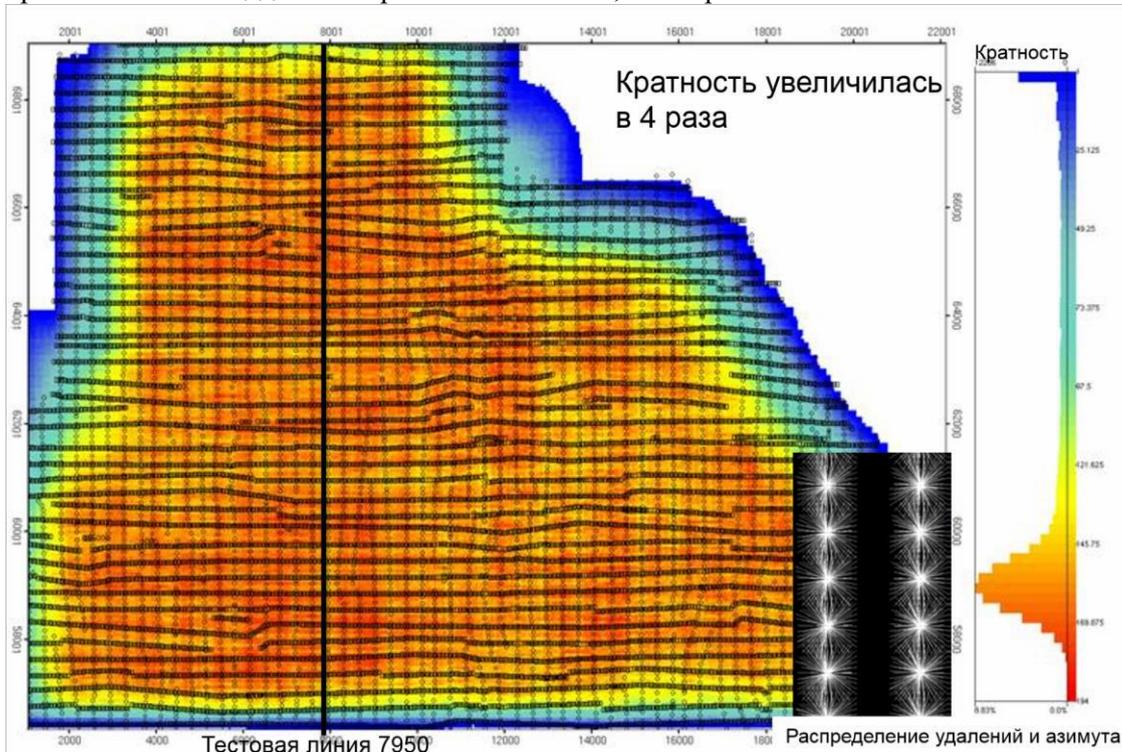


Рис. 9. Геометрия и карта кратности после 5Д интерполяции

Увеличилось количество линий приема и линий взрыва в два раза. Новые линии ПП и ПВ соответствуют оригинальным. Кратность увеличилась в 4 раза и стала равномерной по площади, что характеризуется равномерным распределением трасс по площади. Также мы видим улучшение в распределении удалений и азимутов в ОГТ (на картинке с правой стороны).

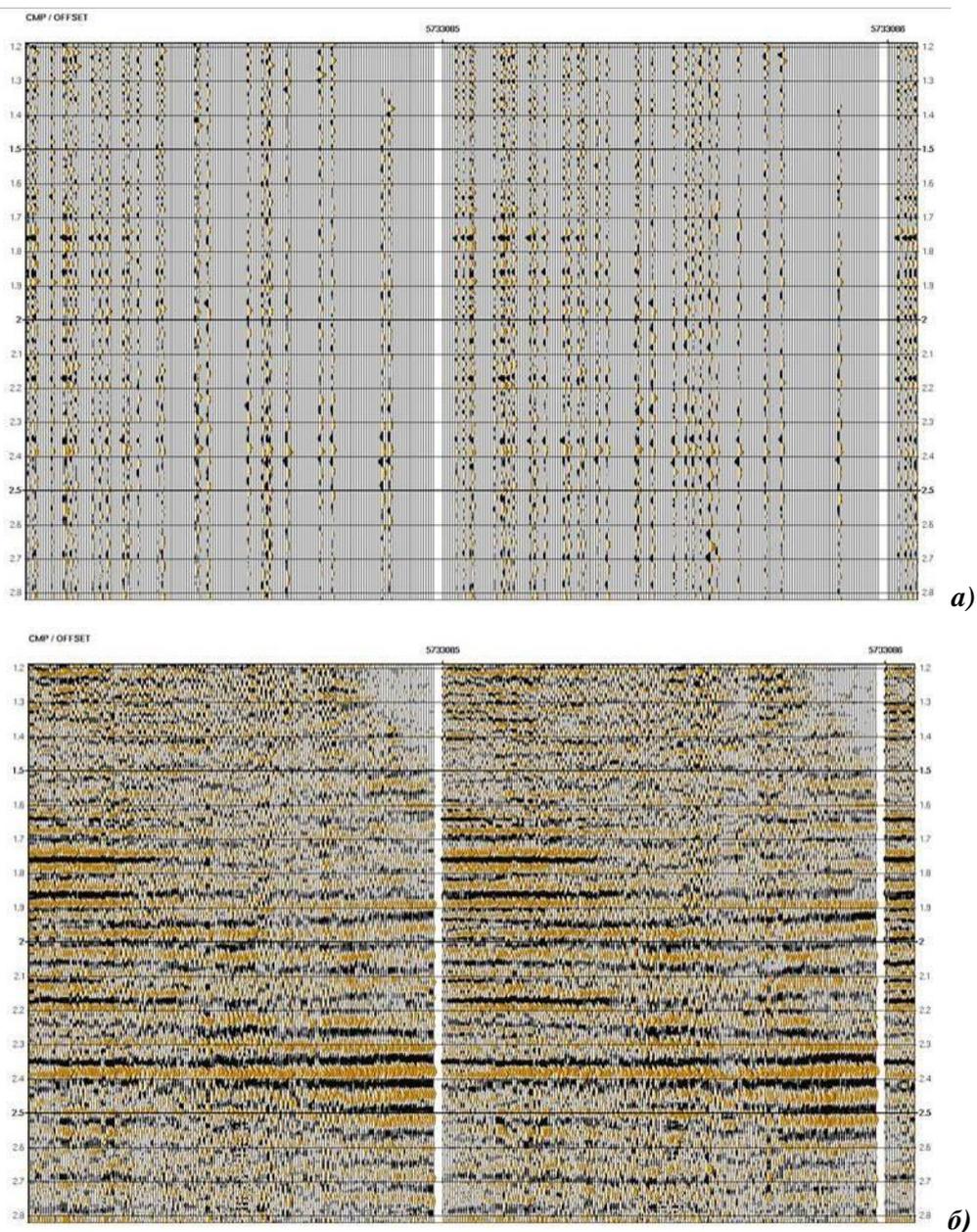


Рис. 10. а) сейсмограмма ОГТ до интерполяции, б) сейсмограмма ОГТ после 5Д интерполяции

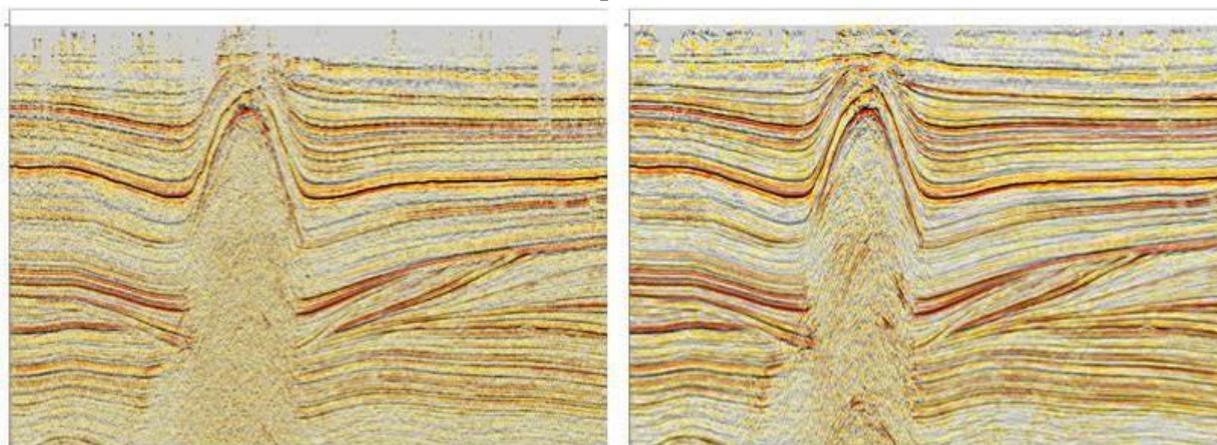


Рис. 11. Результаты миграции до суммирования без интерполяции (с левой стороны) и с использованием 5Д интерполяции (с правой стороны)

На следующих рисунках изображены результаты 5Д интерполяции и регуляризации на площади, осложнённой рекой, редкой и неравномерной сетью наблюдения и применением двух систем наблюдения.

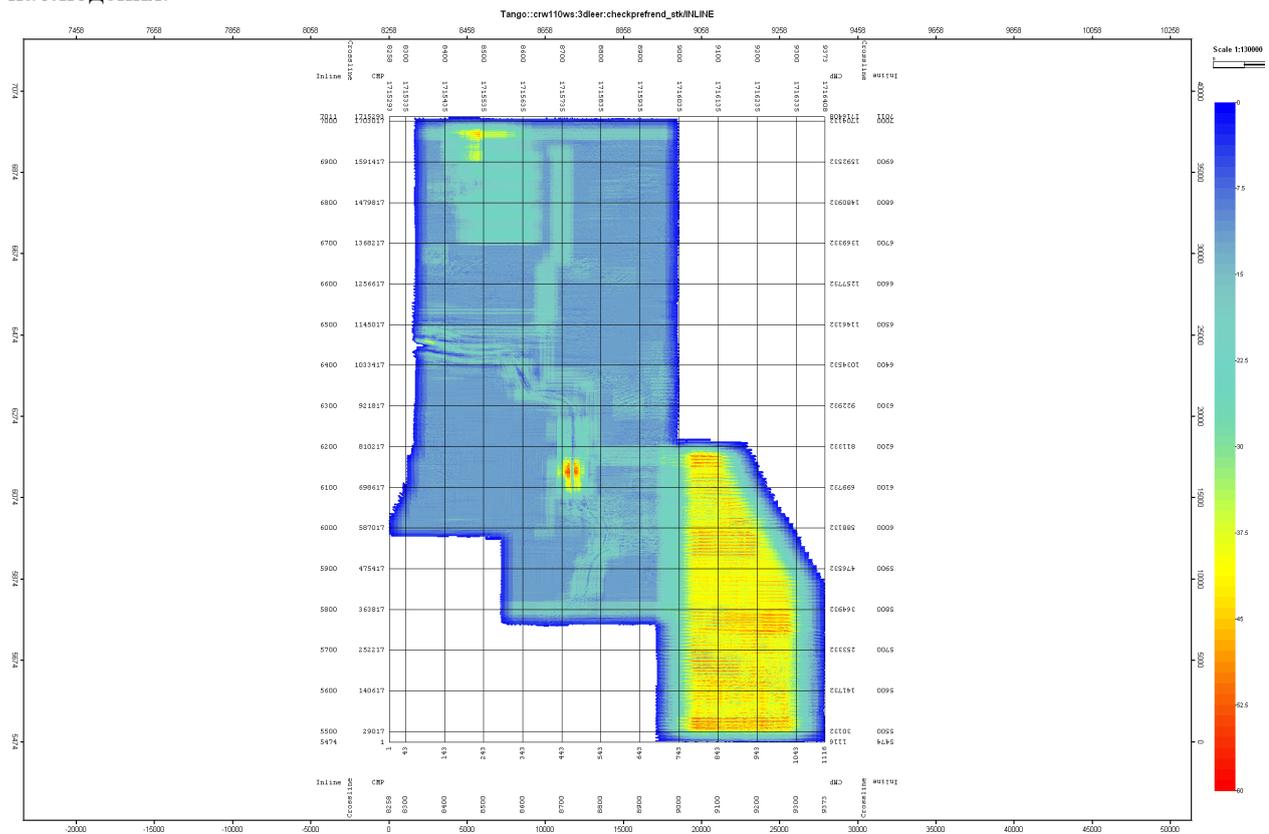


Рис. 12. Карта кратности до интерполяции

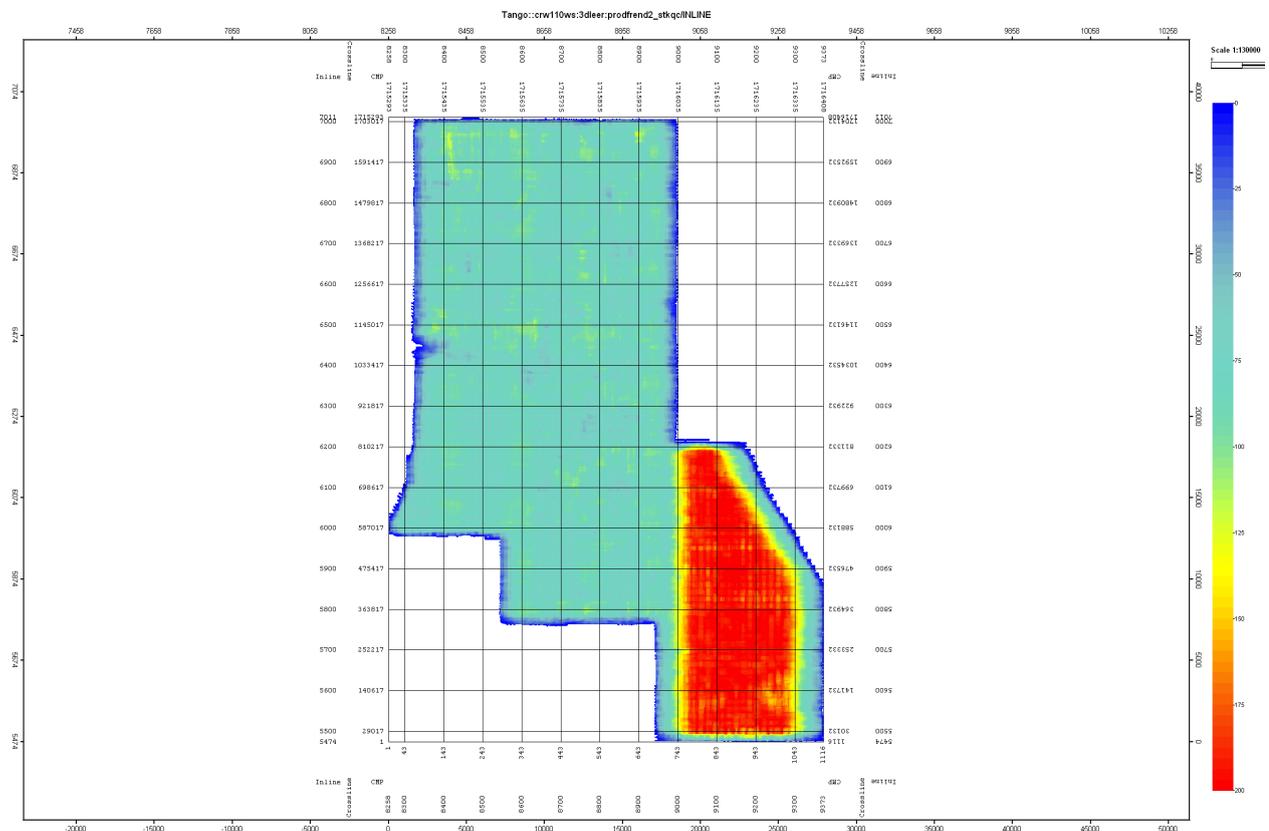


Рис. 13. Карта кратности после 5Д интерполяции

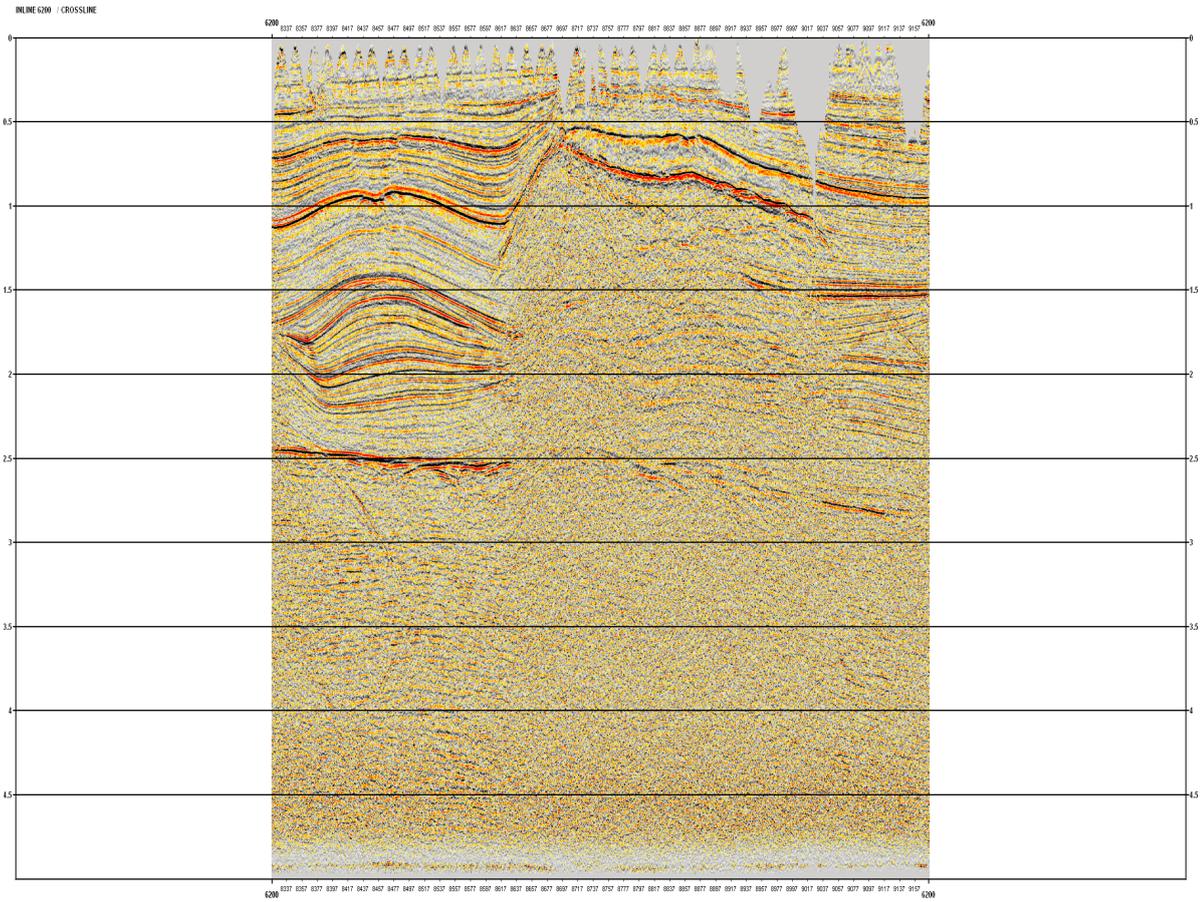


Рис. 14. Суммарный разрез по линии 6200 до интерполяции

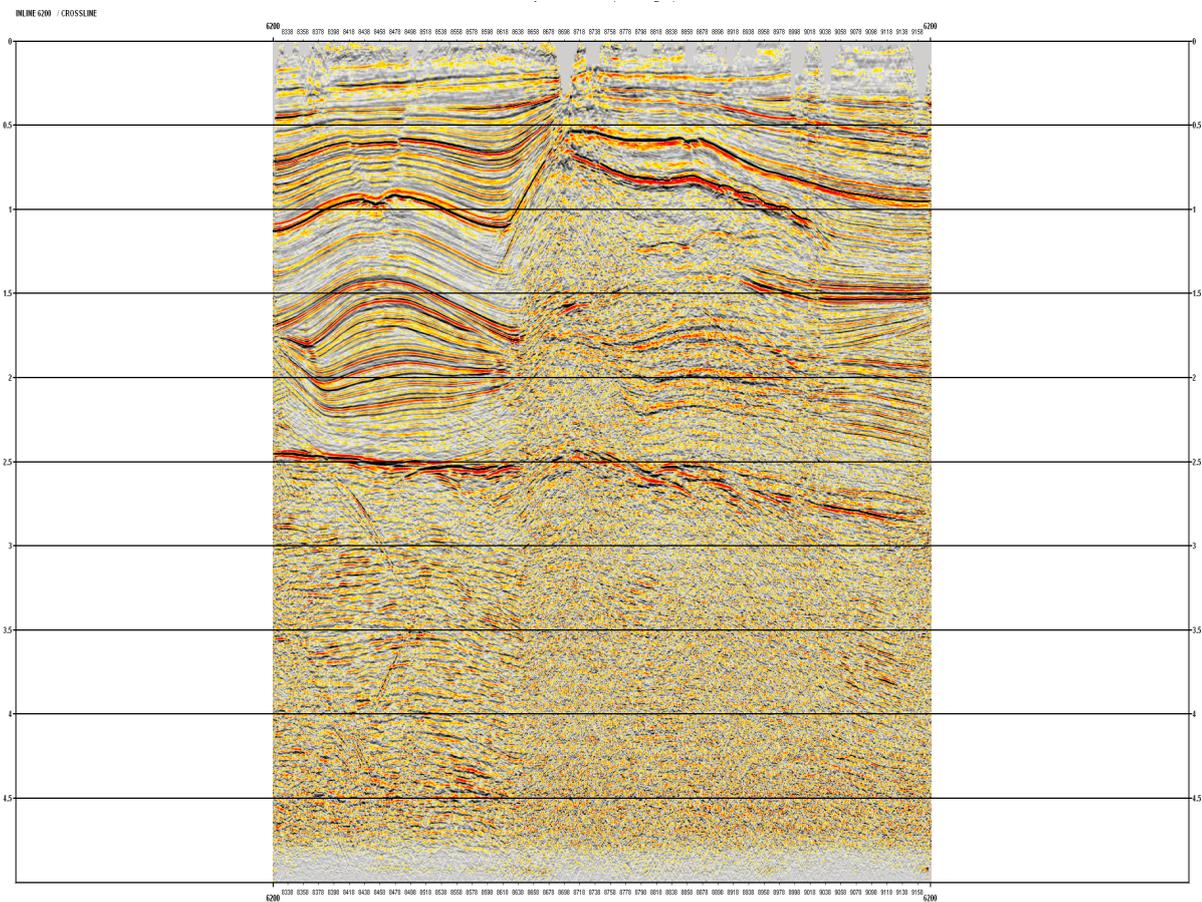


Рис. 15. Суммарный разрез по линии 6200 после 5Д интерполяции

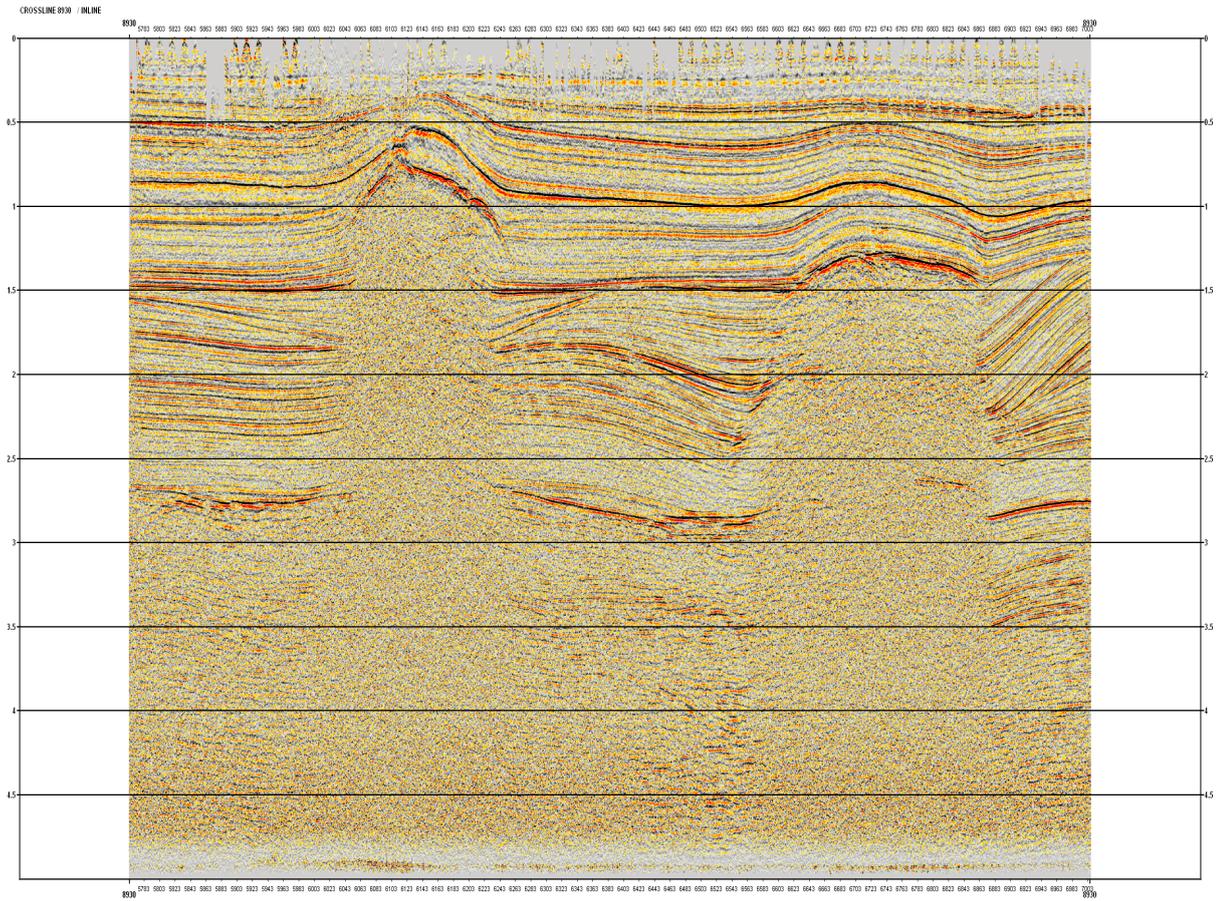


Рис. 16. Суммарный разрез по линии 8930 до интерполяции

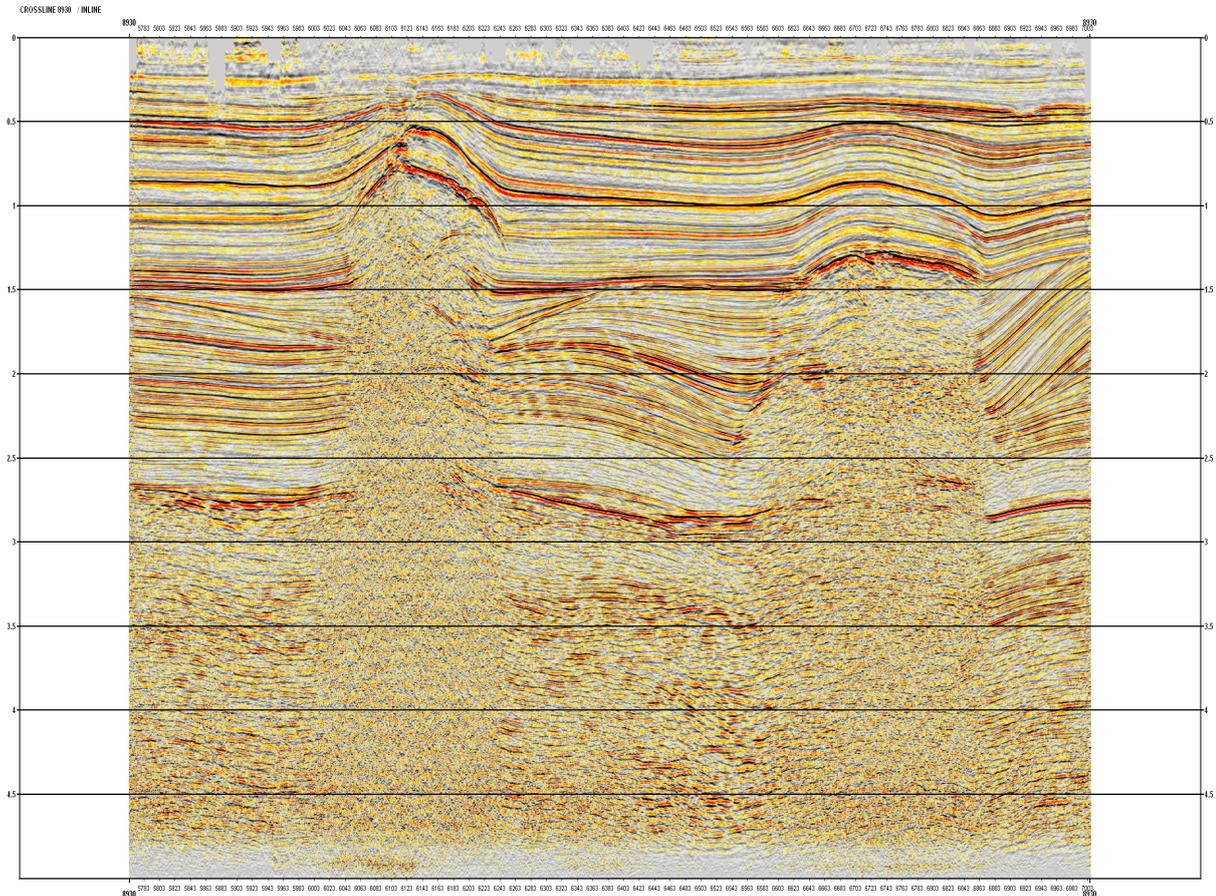


Рис. 17. Суммарный разрез по линии 8930 после 5Д интерполяции

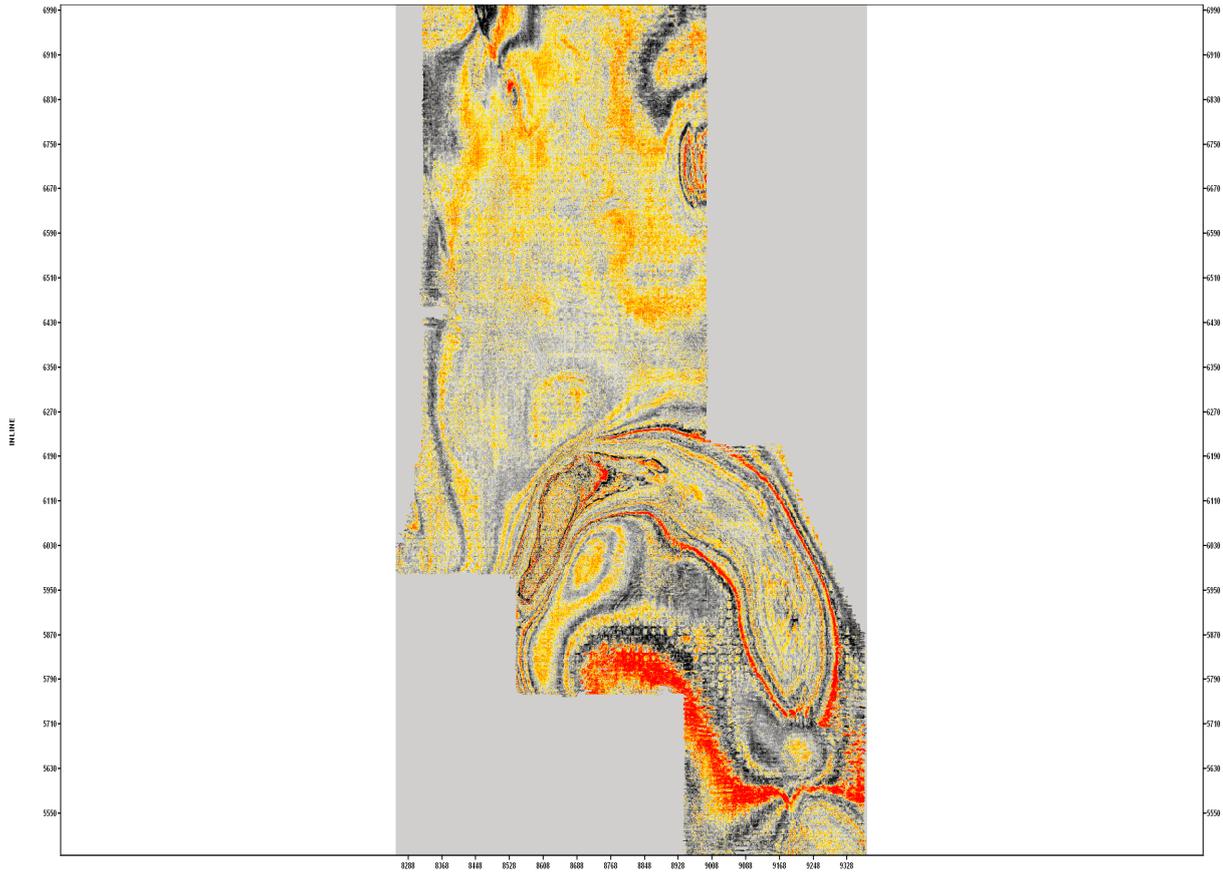


Рис. 18. Временной срез 500мс до интерполяции

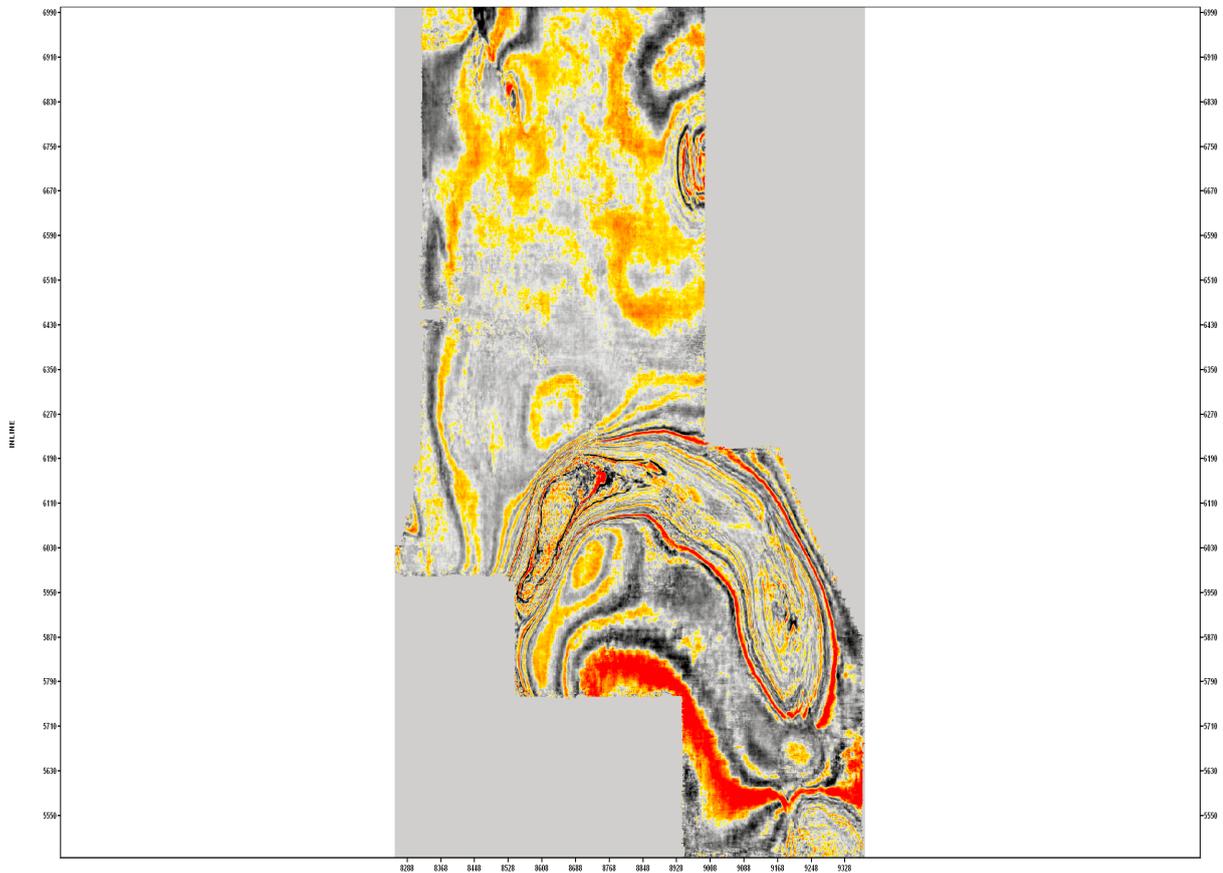


Рис. 19. Временной срез 500мс после 5Д интерполяции

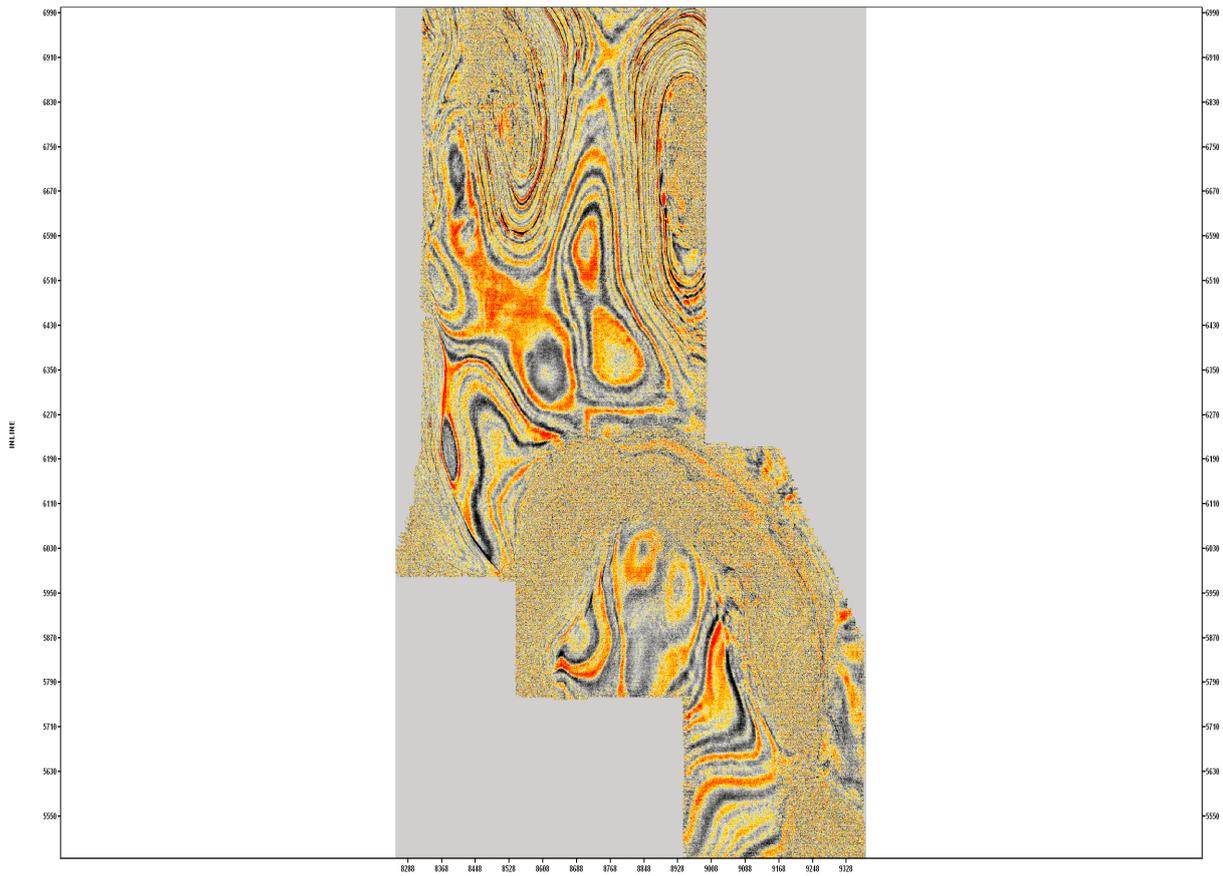


Рис. 20. Временной срез 2000мс до интерполяции

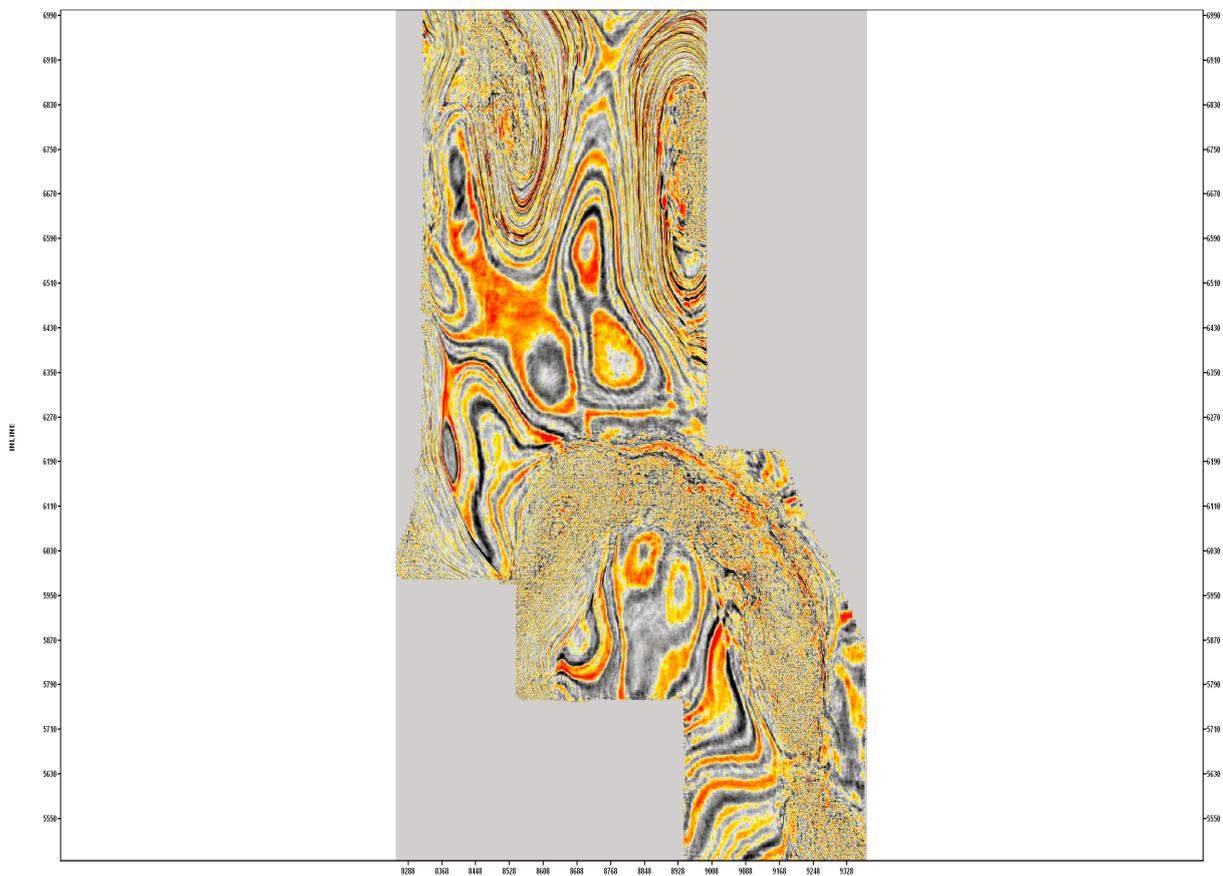


Рис. 21. Временной срез 2000мс после 5Д интерполяции

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

5Д Интерполяция и регуляризация являются важным этапом в процессе современной обработки 3Д наземных данных с нерегулярной сетью наблюдения.

Применение 5Д интерполяции дает целый ряд улучшений результатов обработки, начиная с анализа скоростей и подавления шума и заканчивая результатом миграции до суммирования и качеством ОГТ для динамической интерпретации.

Применение 5Д интерполяции - необходимое условие для получения качественных результатов обработки данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Liu, B., and M. Sacchi, 2004, Minimum weighted norm interpolation of seismic records: *Geophysics*, 69, 1560–1568.
2. Trad, D., 2007, A strategy for wide-azimuth land interpolation: 77th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 946–950.