

Алгоритм расчета статических поправок по известным временам прихода отраженной волны, основанный на понятии разности шага

■ Мараев С.Л., ООО “Сварог”, г. Геленджик, Мараев В.С., РГУ нефти и газа, г. Москва.

В данной работе рассматривается алгоритм расчета статических поправок по известным временам прихода отраженной волны, основанный на понятии разности N шага.

Теоретические основы метода

Разность N шага – разность двух значений функции, отстоящих друг от друга на N значений:

$$Dx0(N) = F(x0) - F(x0 + N)$$

Сумма N шага – $Sx0(N) = F(x0) + F(x0 + N)$

Рассмотрим схему прихода отраженной волны от горизонтальной поверхности (ось x) с введенной кинематической поправкой.

Пусть функция $F(x)$ описывает линию отстрела и наблюдения. Тогда время прихода отраженной волны от горизонтальной поверхности с введенной кинематической поправкой можно записать как:

$$T(x1) = F(x1 + N1) + F(x1)'$$

где $x1$ – местоположение первого источника, $x1 + N1$ – местоположение 1 приемника

$$T(x2) = F(x2 + N2) + F(x2)'$$

где $x2$ – местоположение второго источника, $x2 + N2$ – местоположение 2 приемника.

Тогда разница прихода волны между 1 и 2 приемником:

$$T(x1) - T(x2) = F(x1 + N1) + F(x1) - F(x2 + N2) - F(x2)$$

или

$$T(x1) - T(x2) = F(x1 + N1) - F(x2) + F(x1) - F(x2 + N2)$$

Можно записать

$$F(x1) - F(x2 + N2) = Dx1(R1), \text{ так как } x2 + N2 - x1 = R1$$

$$F(x2) - F(x1 + N1) = Dx2(R1), \text{ так как } x1 + N1 - x2 = R1$$

$$T(x1) - T(x2) = Dx1(R1) - Dx2(R1)$$

Так как $x2 - x1 = R2$, то можно записать

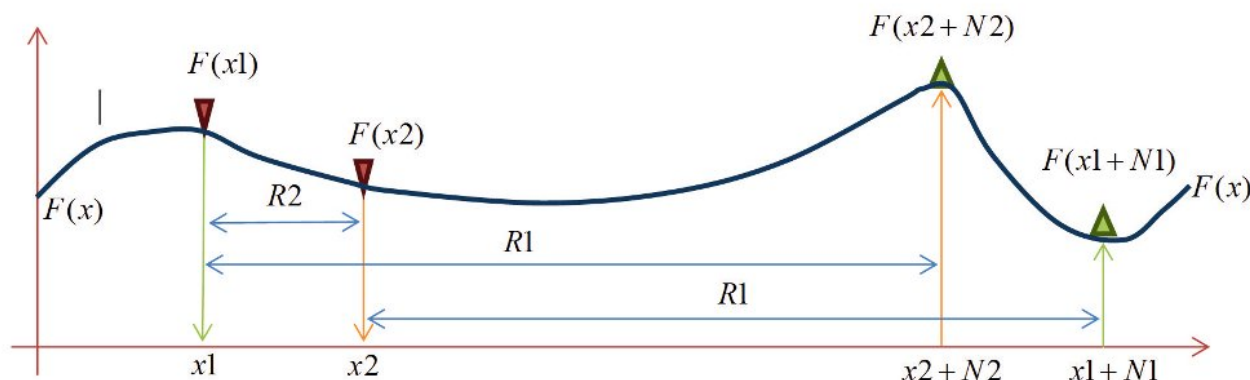
$$T(x1) - T(x2) = Dx2(R2)(R1)$$

Можно доказать, что просуммировав два раза это выражение с шагом $R2$ и $R1$, по правилам суммы N шага, можно восстановить функцию $F(x)$, то есть линию наблюдения, что и является решением задачи вычисления статических поправок в рамках поверхностно-согласованной 2-х факторной модели

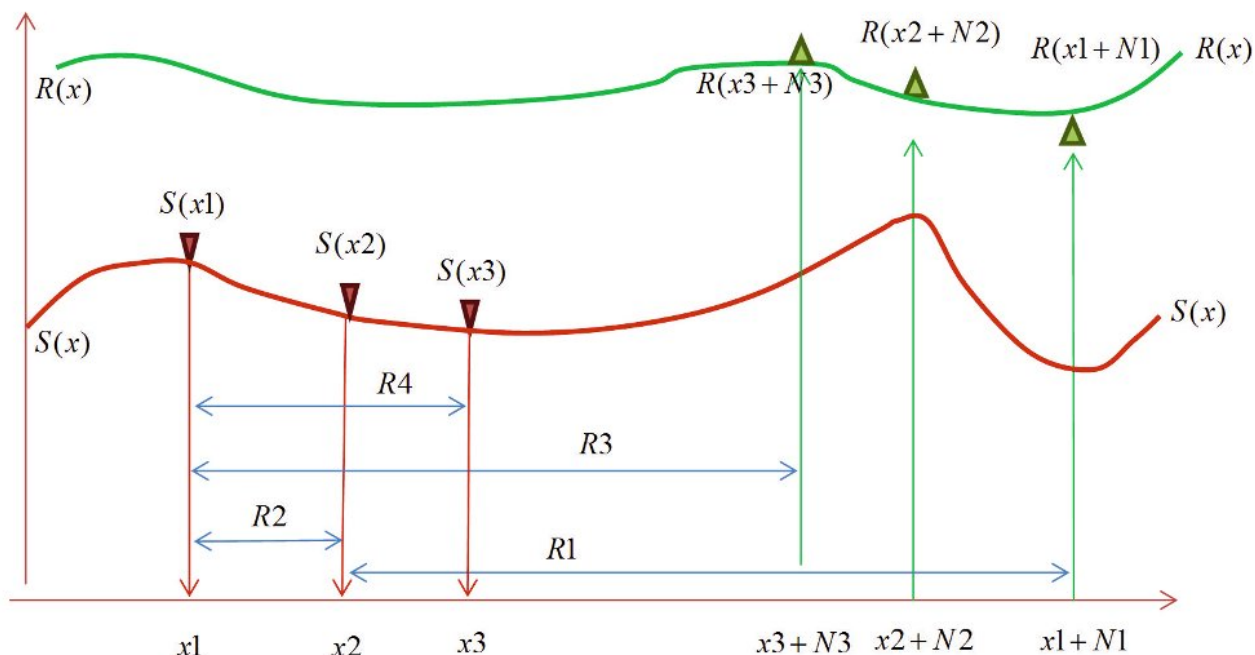
В случае 3-х факторной модели остальные кинематические сдвиги отсутствуют.

$$T(Xr, Xs) = R(Xr) + S(Xs) + G(Xcmp),$$

где Xr, Xs – координаты приемника и источника; $Xcmp = (Xr + Xs)/2$ – координата



▲ Рис. 1. Схема для вывода формулы для 2 факторной модели статической поправки.



▲ Рис. 2. Схема для вывода формулы для 3 факторной модели статической поправки.

средней точки; $R()$, $S()$ – функции описывающие поправки для источников и приемников; $G()$ – время прихода отражений от горизонта.

Вычисление поправки за пункт приема

(Красная линия – линия отстрела, зеленая линия – линия приема).

Уравнения, описывающие приход волны на трех каналах, имеют вид:

$$T(x1) = S(x1) + R(x1 + N1)$$

$$T(x2) = S(x2) + R(x2 + N2)$$

$$T(x3) = S(x3) + R(x3 + N3)$$

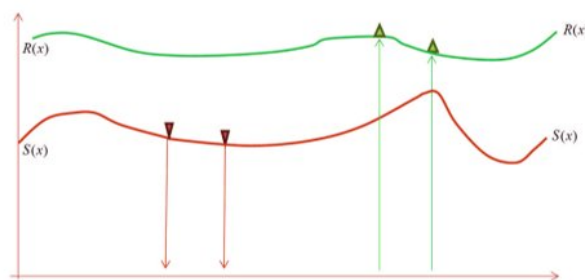
Краткий алгоритм получения решения следующий:

1. Вычисление разницы времен между 1 и 2 каналами (уравнение 1).
2. Вычисление разницы времен между 1 и 3 каналами (уравнение 2).
3. Суммированием по правилам N-разности из уравнения 1 получаем уравнение 1s и из уравнения 2 - соответственно 2s (Рис 3.).
4. Сдвигаем уравнение 2s на величину, при которой пункты приема уравне-

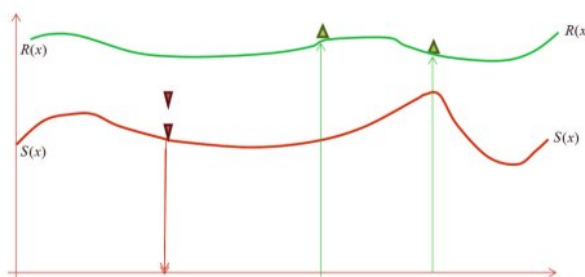
ний 2s и 1s совпали (Рис 4.)

5. Вычисляем разницу между уравнениями 2s и 1s и получаем уравнение 3. В этом случае значения в пункте приема сокращаются и получаем уравнение, зависимое только от пунктов взрыва.

6. Суммированием уравнения 3 получаем поправки за пункт взрыва.



▲ Рис. 3. Результат после первого суммирования.



▲ Рис. 4. Схематично показан результат после первого суммирования и сдвига влево до совпадения пунктов взрыва.

7. Сдвигая уравнение 2s на величину, при которой пункты взрыва в уравнении 2s и 1s совпали, и повторяя пункты 5 и 6, получаем поправки за пункт приема.

В случае 3-х факторной модели с остаточной кинематической поправкой $T(Xr, Xs) = R(Xr) + S(Xs) + G(Xcmp) + O(Xcmp, \Delta X)$, где $O()$ - фактор остаточной кинематической поправки, ΔX - удаление источник – приемник.

В этой методике точно учесть фактор остаточной кинематической поправки не представляется возможным, но предполагая, что статическая поправка более высокочастотная, чем кинематическая, можно находить решения остаточных кинематических поправок на низких частотах, а на средних и высоких – статических.

Тестирование на модельных данных

Для тестирования алгоритма были синтезированы профильные данные, удовлетворяющие уравнению 3-х факторной модели с высокочастотной и низкочастотной статической аномалией.

Шаг между приемниками на линии – 1 точка ОГТ.

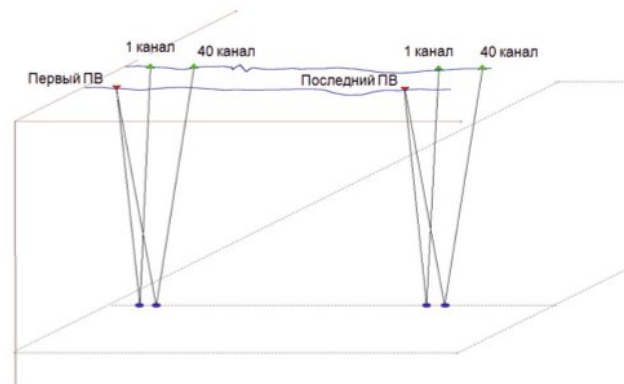
Шаг между источниками на линии – 1 точка ОГТ.

Для расчета статических поправок использовались выборки равных удалений от одной точки ОГТ до сорока точек ОГТ.

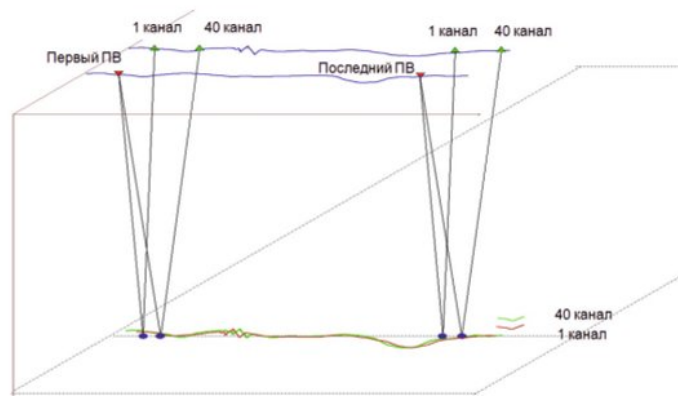
Сравнивались три метода:

1. Стандартный метод (решение системы уравнений).
2. Вычисление стат. поправок в Фурье области.
3. Метод N-разности.

Сравнение результатов вычисленных статических поправок по модельным данным показало следующее:



▲ Рис. 5. Моделирование профильных данных с высокочастотной и низкочастотной статической аномалией.



▲ Рис. 6. Модельные времена прихода отражения для различных выборок равных удалений.



▲ Рис. 7. Модельные и восстановленные статические поправки, вычисленные стандартным методом (решением системы уравнений).

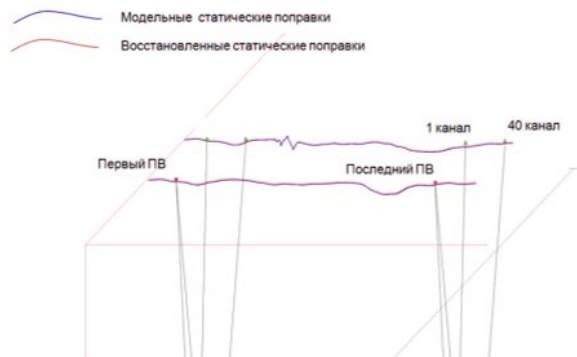


▲ Рис. 8. Модельные и восстановленные статические поправки, вычисленные в Фурье области.

1. Стандартный метод – восстанавливается только высокочастотная составляющая.

2. В Фурье области – восстанавливаются практически все составляющие статической аномалии, кроме низкочастотной с периодом больше 8-10 размеров расстановки.

3. Методом N-разности – полностью восстанавливается статическая аномалия.



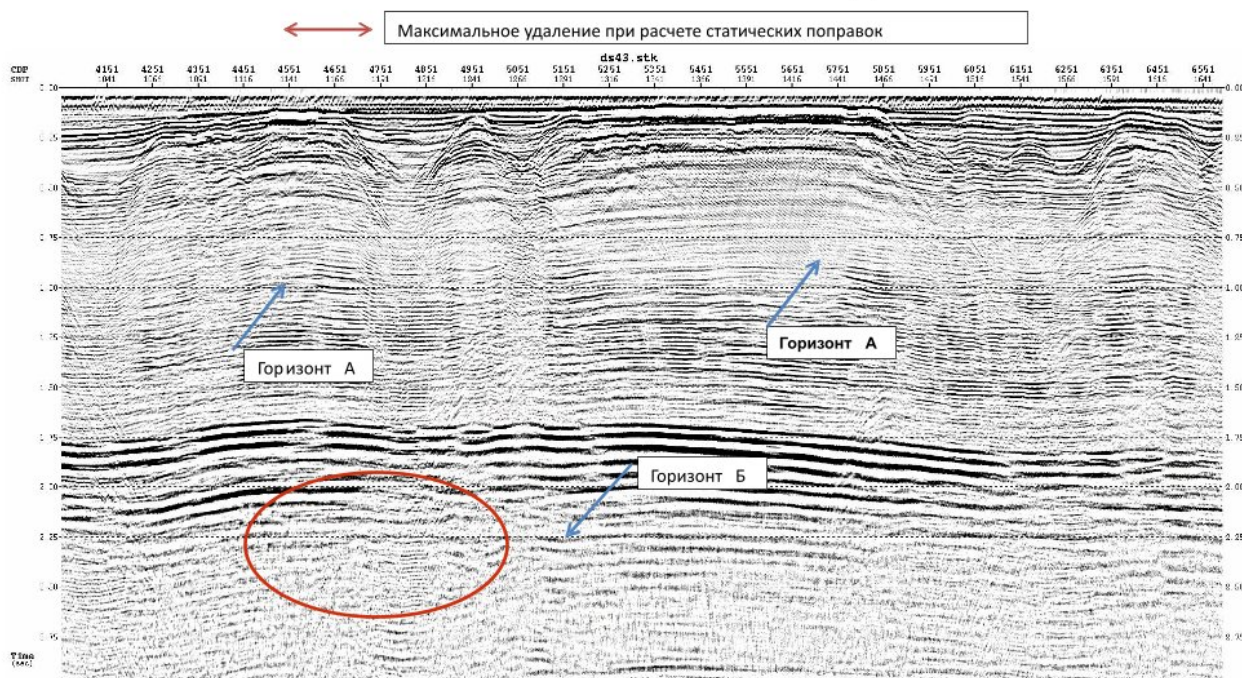
▲ Рис. 9. Модельные и восстановленные статические поправки, вычисленные методом N-разности.

Примеры обработки реальных данных. В качестве примера приведена обработка материалов сейсмических работ в Каспийском море.

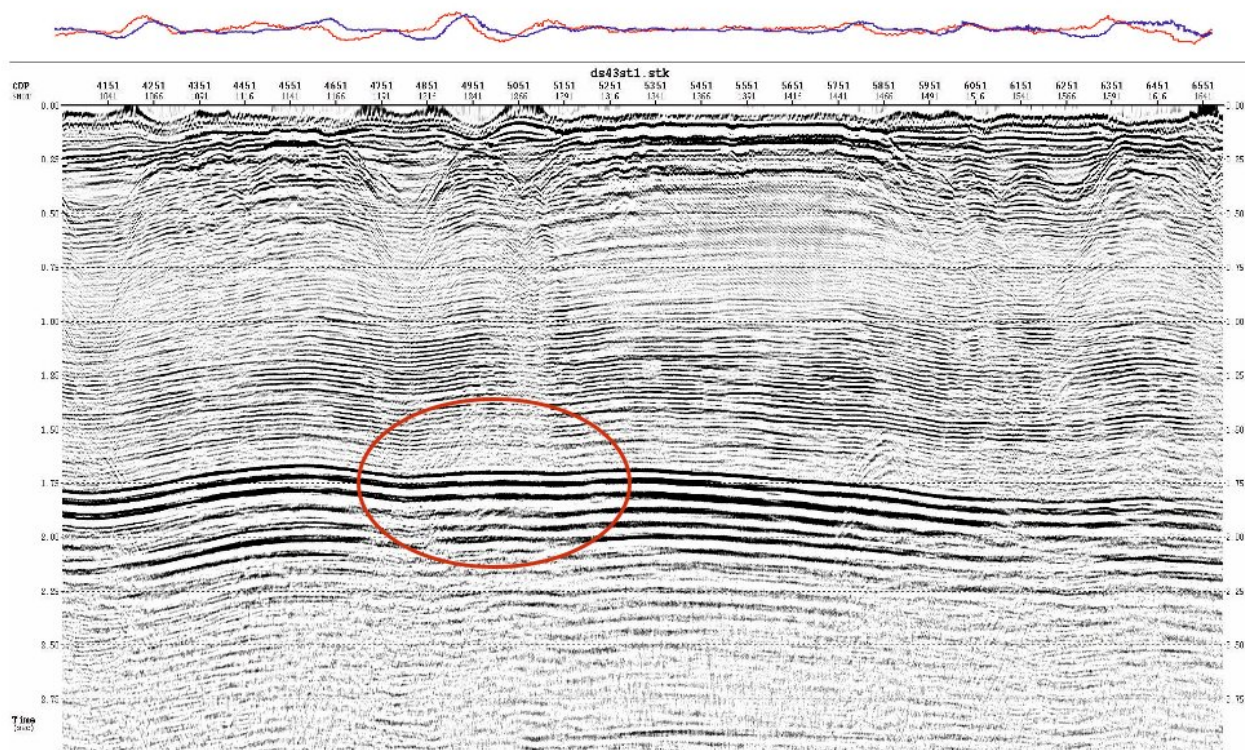
На Рис. 10. представлен временной исходный разрез.

На Рис. 11. представлен временной разрез с учетом статической поправки, рассчитанной стандартной программой.

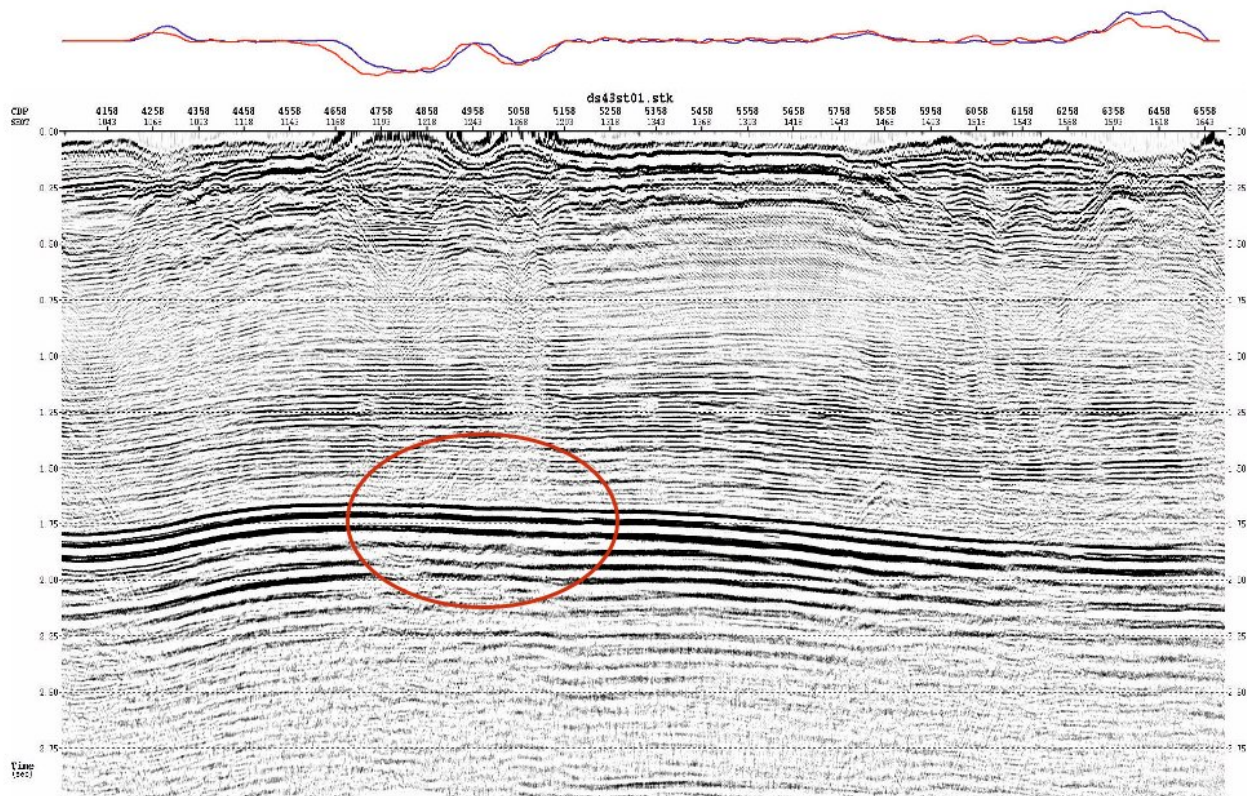
На Рис. 12. представлен временной разрез с учетом статической поправки, рассчитанной с применением рассматриваемого метода.



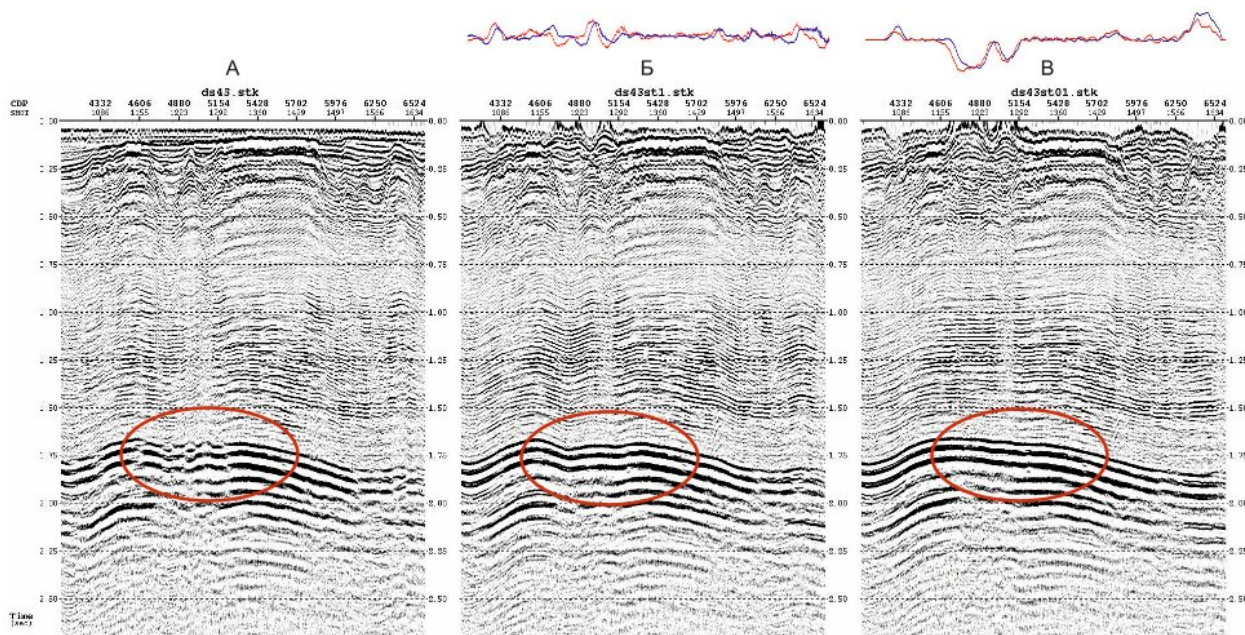
▲ Рис. 10. Исходный разрез. Горизонт А – высокоскоростной пласт. Выше лежащие осадки над горизонтом А – низкоскоростные. Красным овалом показана зона влияния от горизонта А.



▲ Рис. 11. Временной разрез с учетом статической поправки, рассчитанной стандартной программой. Над разрезом - графики поправок.



▲ Рис. 12. Временной разрез с учетом статической поправки, рассчитанной с применением рассматриваемого подхода. Над разрезом - графики поправок.

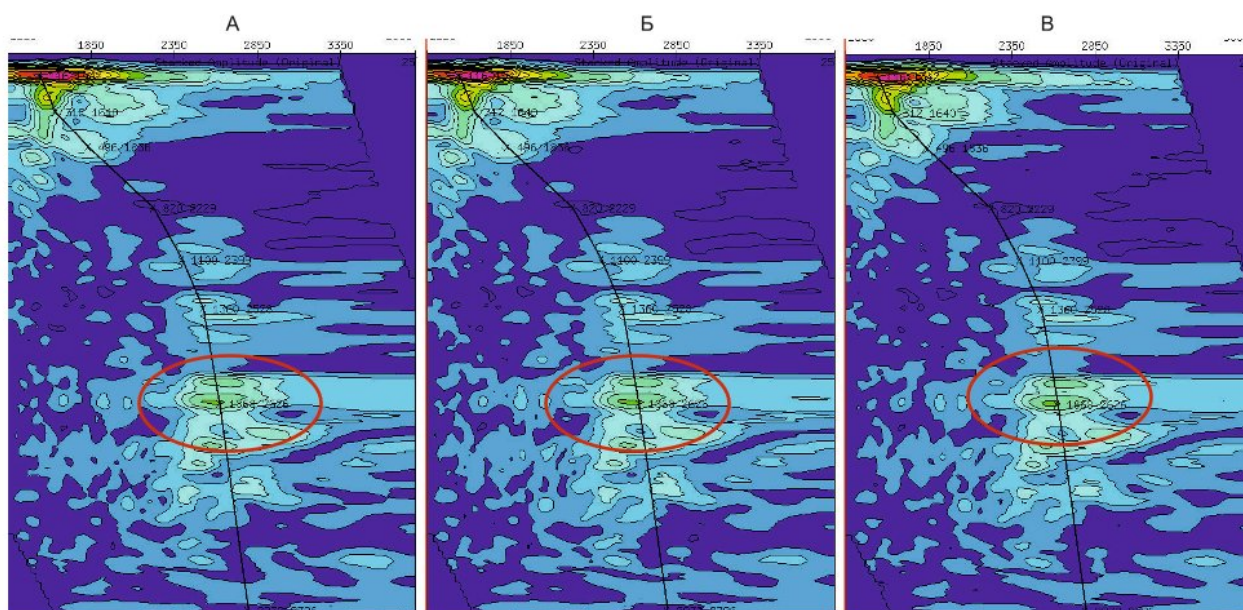


▲ Рис. 13. Сравнение фрагментов сейсмических разрезов, описанных выше.

А – исходный разрез.

Б – разрез, полученный с применением стандартной программы вычисления статической поправки.

В – разрез с учетом статической поправки, рассчитанной с применением рассматриваемого подхода.

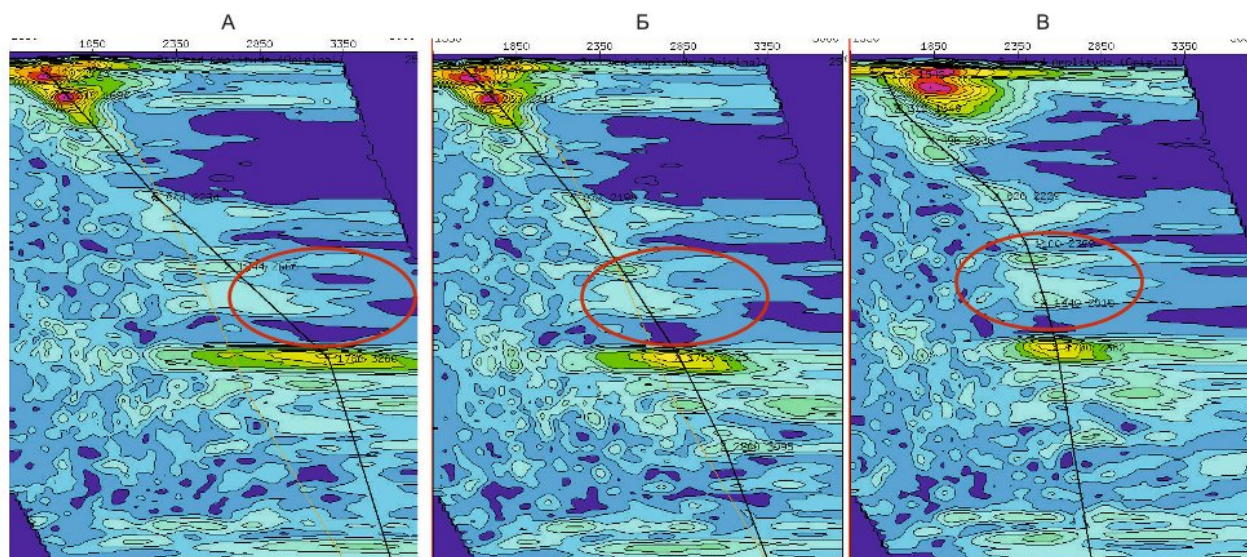


▲ Рис. 14. Сравнение скоростных спектров в зоне отсутствия влияния верхней части разреза.

А – исходный разрез;

Б – разрез, полученный с применением стандартной программы вычисления статической поправки;

В – разрез, полученный с учетом статической поправки, рассчитанной с применением рассматриваемого подхода. На всех трех разрезах скорость ОГТ целевого горизонта 2620 м/с.



▲ Рис. 15. Сравнение скоростных спектров в зоне влияния верхней части разреза.
 А – исходный разрез, скорость ОГТ целевого горизонта 3260 м/с;
 Б – разрез, полученный с применением стандартной программы вычисления статической поправки, скорость ОГТ 2820 м/с.;
 В – разрез, полученный с учетом статической поправки, рассчитанной с применением рассматриваемого подхода, скорость ОГТ 2580 м/с.

Для проверки правильности вычисления статической поправки сравнивались скорости ОГТ в зоне влияния неоднородности в верхней части разреза и в зоне отсутствия каких-либо неоднородностей в верхней части разреза. Результат этого исследования представлен на рис. 13 и 14. На рис. 13 вычисленная V ОГТ в спокойной зоне составляет 2620 м/с. На рис. 14А скорость ОГТ под влиянием неоднородности в верхней части разреза составила 3260 м/с. Разница между подсчитанной скоростью и прогнозируемой составила 640 м/с. На рис. 14 Б скорость ОГТ с учётом поправки, вычисленной стандартным способом, составила 2820 м/с. Разница между подсчитанной скоростью и прогнозируемой в этом случае составила 200 м/с. На рис. 14 В скорость ОГТ с учётом поправки, вычисленной способом N-разности, составила 2580 м/с. В этом случае разница между подсчитанной скоростью и прогнозируемой составила 40 м/с. Минимальные расхождения

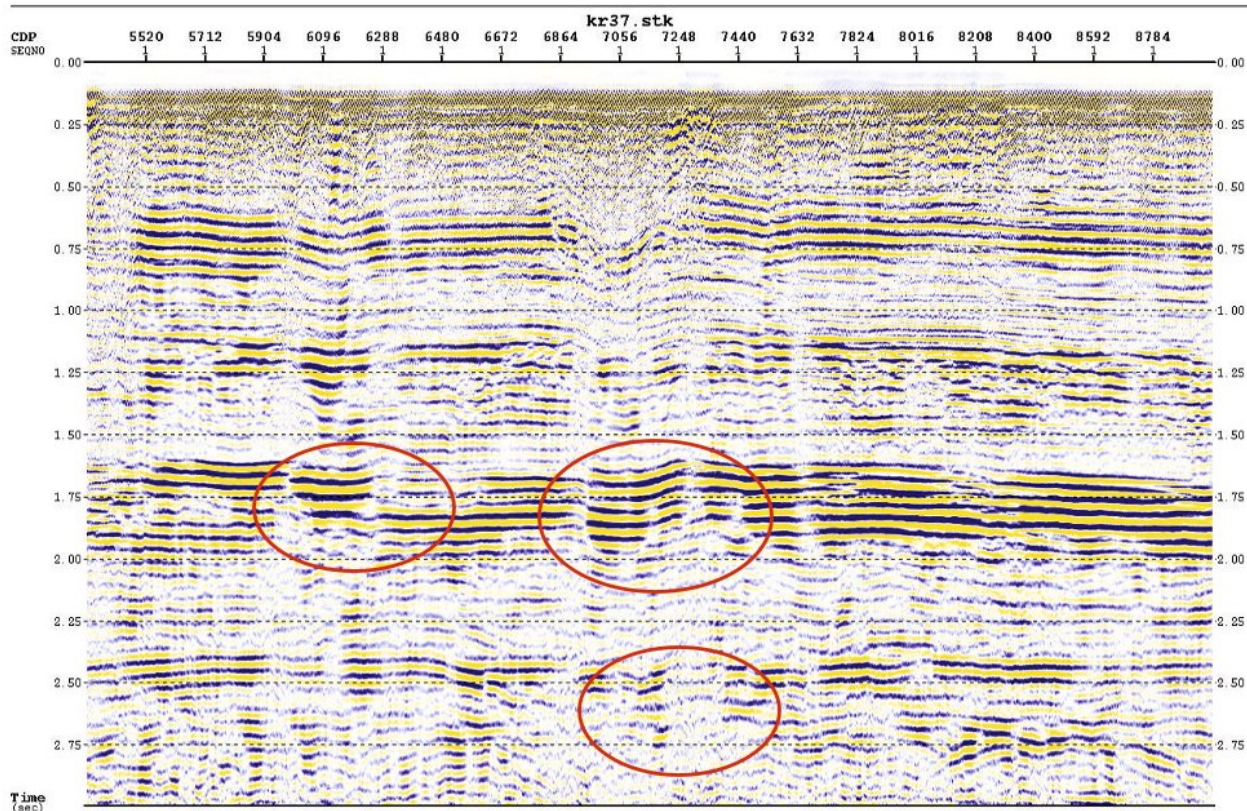
скоростей в последнем случае указывают на то, что статическая поправка вычислена наиболее верно.

На рисунках 16 - 17 сравниваются исходный разрез, разрез с введенной статической поправкой, рассчитанной в пакете "FOCUS" программой STATPIK и разрез, обработанный по методике N-разности. На этом разрезе стандартный способ вычисления поправок сработал неудовлетворительно (рис. 17), горизонты остались "разбитыми". Способ N-разности показал хороший результат.

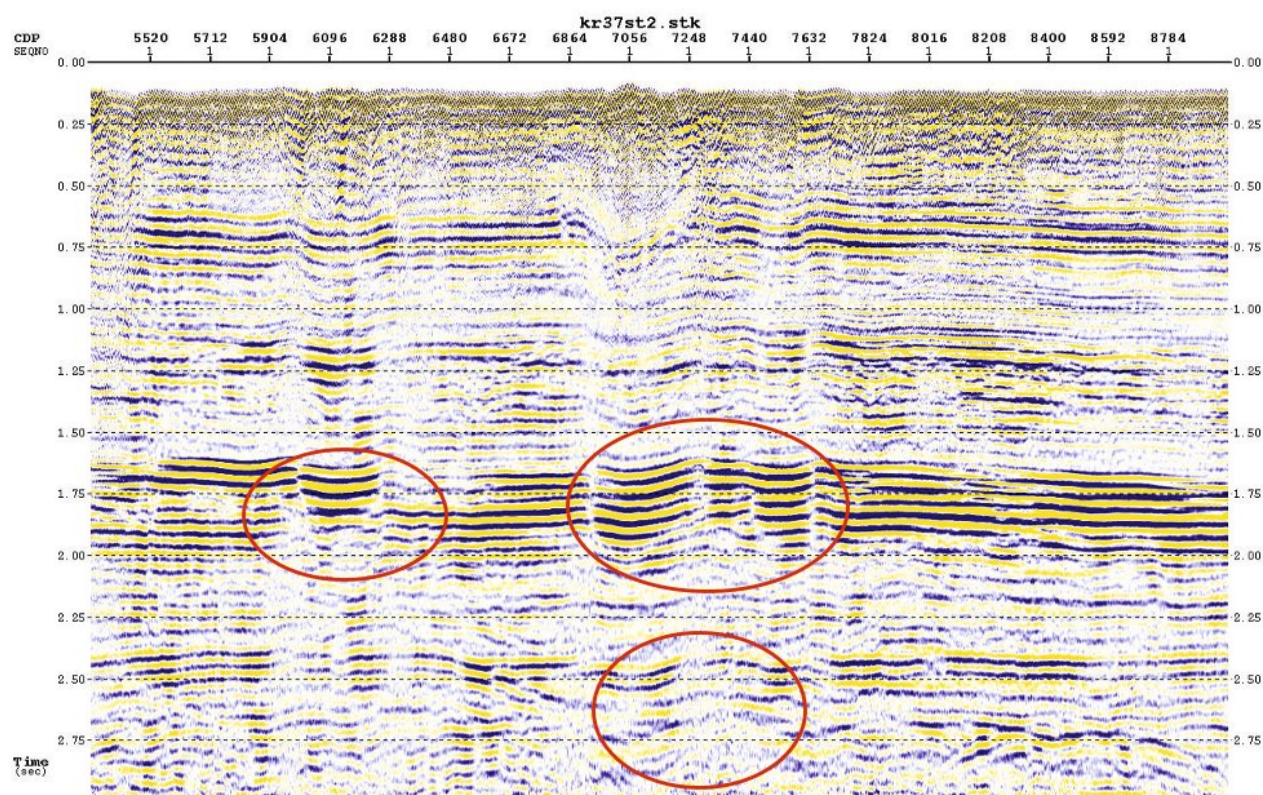
На рисунке 19 показан пример учета локальных скоростных неоднородностей верхней части разреза (газовый корман) с помощью методики N-разности.

Заключение

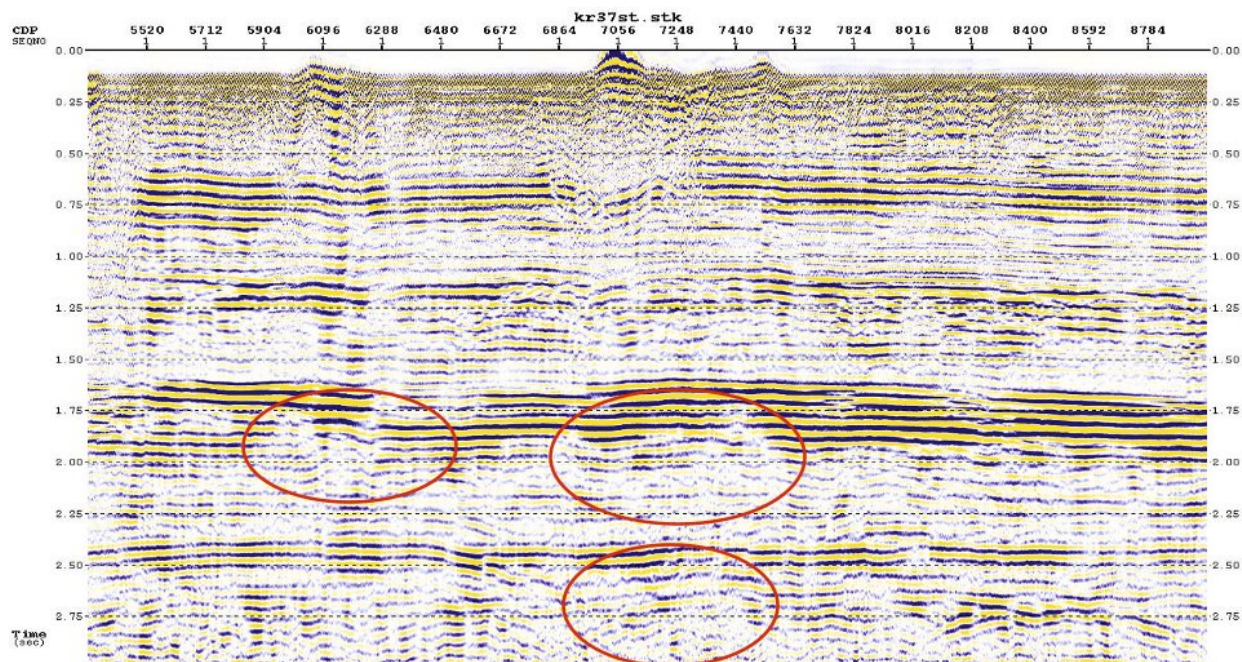
Рассматриваемая методика позволяет решать задачу определения среднечастотных статических поправок при условии достоверного определения времен прихода отражений от горизонта. При



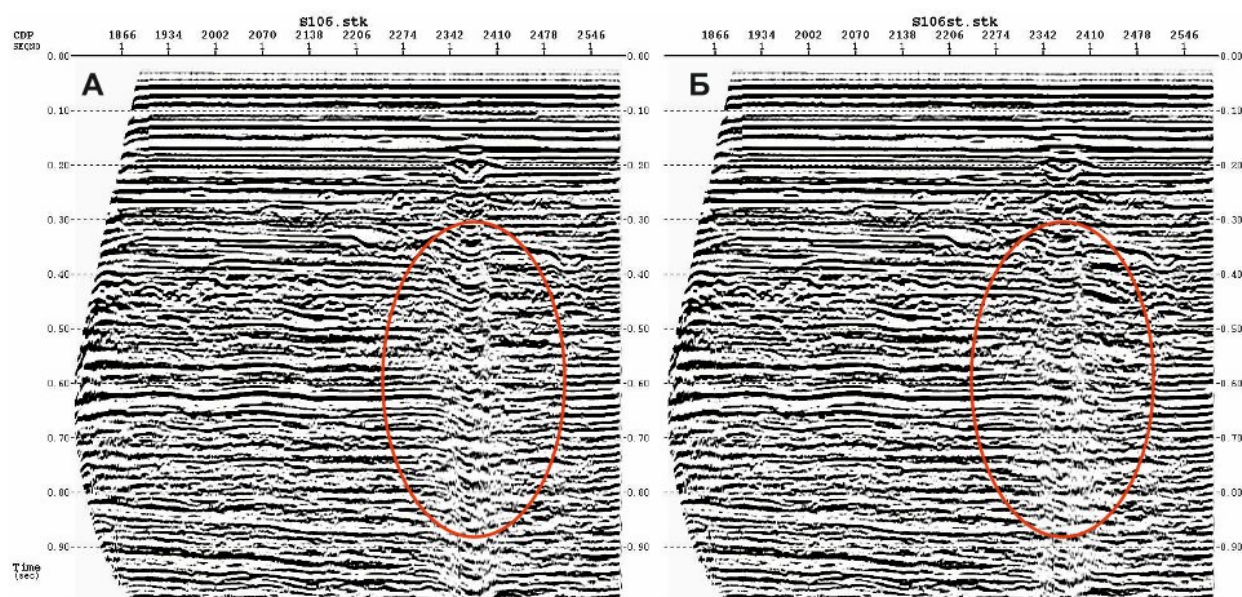
▲ Рис. 16. Исходный разрез. Красным овалом показана зона влияния от неоднородности в верхней части разреза.



▲ Рис. 17. Исходный разрез. Красным овалом показана зона влияния от неоднородности в верхней части разреза.



▲ Рис. 18. Временной разрез с учетом статической поправки, рассчитанной с применением рассматриваемого подхода.



▲ Рис. 19. Рисунок А - временной разрез, демонстрирующий искажающее влияние газовых карманов. Рисунок Б – разрез с результатом учета статической поправки, рассчитанной с применением метода N-разности.

определении низкочастотной поправки возникает неопределенность в разделении статических поправок от остаточной кинематической поправки. Предполагая, что остаточная кинематическая поправка более низкочастотная, чем статическая, и вычитая из решения

низкочастотную составляющую, можно получить статическую поправку.

Авторы доклада выражают благодарность ООО “ГГС-Хазар” за предоставленные геофизические материалы, а также лично Джану Фазыловичу Исмагилову и Сергею Владиславовичу Долгову за помощь в подготовке доклада.