EAGE
Геомодель-2014

TU 01 09

Geological environment non-linearity exploration technology as a tool to expand seismics data spectrum

A.A. Arkhipov* (Geoshelf-Service Ltd.)

SUMMARY

Modern requirements for seismic data processing and interpretation has fallen outside of structural imaging, characterization of improved reservoir saturation properties. This means the necessity of rather exact solutions- not qualitative-based approach to section parameter determination. The absence of low-frequency components of the signal as a result of inversion made it impossible to obtain a reliable estimate of elastic impedance absolute values and predicted reservoir parameters. The main problem is that a low-frequency component (in an explicit form) in the signal obtained from seismic sensors is not available. As part of the interpretation study of physical sense of wavefield special attributes our experts have directed attention to an interesting fact: in some wells the integral of waveform envelope after total filtering almost completely coincides with acoustic impedance curve logging data. Further studies have showed that the observed effect is due to the nonlinearity of geological environment. Thus, it was recognized that in a special case the nature of nonlinearity is equivalent to amplitude modulator. And a signal envelope is nothing but AM signal detector. Thus, the calculation of the signal envelope after total filtering makes it possible to obtain the missing part of low frequency range of spectrum.

ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА ПРОЯВЛЕНИЙ НЕЛИНЕЙНЫХ СВОЙСТВ СРЕДЫ С ЦЕЛЬЮ РАСШИРЕНИЯ СПЕКТРА РЕГИСТРИРУЕМОГО ВОЛНОВОГО СИГНАЛА

А.А. Архипов (ООО "Геошельф-Сервис")

Введение

Современные требования к обработке и интерпретации материалов сейсморазведки вышли за пределы структурных построений, определения признака улучшенных свойств коллекторов или признака их насыщенности. Перед сервисными компаниями, в настоящее время, стоят более сложные задачи определения литологии, ФЕС коллекторов, типа их насыщения и прогноза нефтегазонасыщенных мощностей. Что приводит к необходимости количественного, а не качественного определения базисных параметров разреза.

Из результатов одномерного моделирования решения обратной динамической задачи по материалам продольных волн (рис.1) очевидно, что при условии отсутствия низкочастотной (НЧ) составляющей в сигнале, в результате инверсии невозможно получить достоверную оценку абсолютных значений упругого импеданса, а как следствие и абсолютных значений прогнозируемых параметров геологического разреза (таких как: глинистость, пористость, проницаемость и др.).

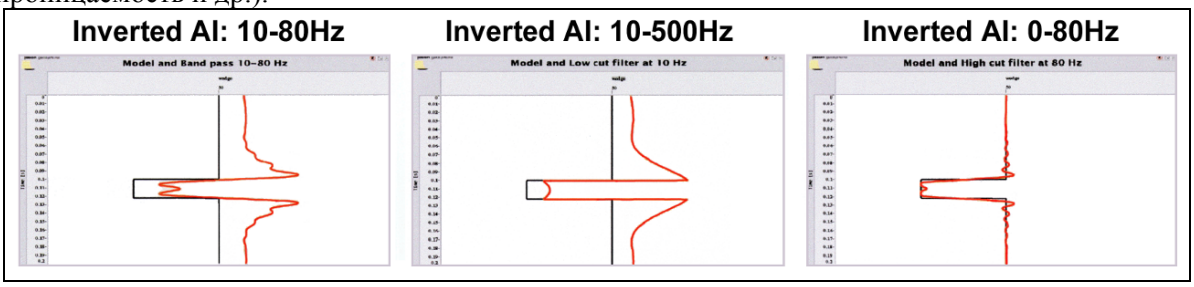

Рис. 1 *Результаты моделирования решения обратной динамической задачи (черная кривая - модель среды, красная - результаты инверсии). Rebecca Buxton Latimer (2000г., Leading Edge).*

Основная проблема заключается в том, что низкочастотная составляющая в сигнале, полученном с сейсмических датчиков либо отсутствует (аппаратная фильтрация в модуле сейсмоустройства) либо исключается из спектра при обработке.

На рынке существуют устройства позволяющие получить сигнал широкого диапазона частот, такие как "GeoStreamer" (рис.2). Однако даже расширенного спектра, полученного при помощи данного приёмного устройства, недостаточно для полноты решения обратной динамической задачи, не говоря уже о необходимости повторного проведение полевых работ.

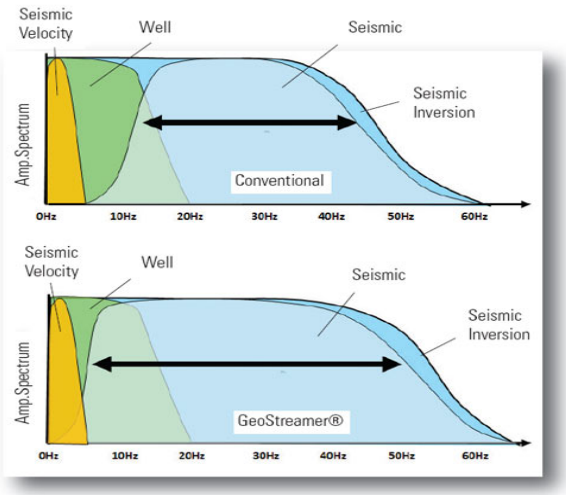

Рис. 2 *Формирование спектров решения обратной задачи (PGS).*

Как правило, при инверсии, в межскважинном пространстве в качестве низкочастотного тренда используются материалы, полученные в результате кинематической обработки данных сейсморазведки и/или интерполированные скважинные кривые. Во втором случае низкочастотная составляющая теряет латеральную разрешающую способность, что может привести к существенному снижению достоверности прогноза. В первом случае, при условии хорошей согласованности результатов геофизических исследований скважин (ГИС) и кинематической обработки материалов сейсморазведки, возможно восстановить волновое поле в диапазоне от 0Гц до 3-4Гц. Но, необходимо отметить, что в подавляющем большинстве случаев, при обработке материалов сейсморазведки скважинные данные не учитываются. Так

же очевидно, что переобработка полевых материалов после бурения новых скважин не всегда возможна по экономическим причинам. Даже при условии учета данных о скоростях пробега упругих волн в разрезе скважины, за её пределами возможны ошибки интерпретации в силу неоднозначности оценки эффективных скоростей по спектрам когерентности (рис.3).

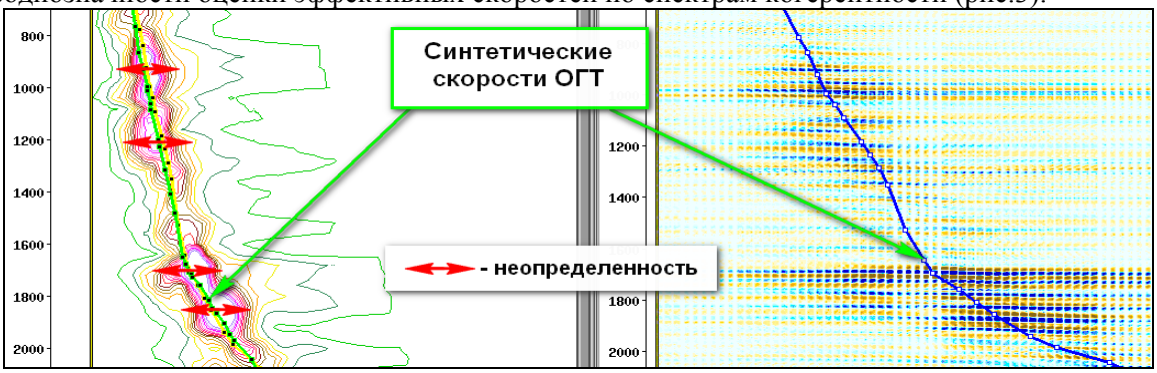

Рис. 3 *Пример кинематической увязки материалов и неопределенности спектров когерентности.*

В свою очередь незначительные погрешности определения эффективных скоростей приводят к существенным вариациям оценок пластовых скоростей пробега упругих волн. Повышение устойчивости расчета пластовых скоростей возможно за счёт увеличения окна их расчёта (до сотен миллисекунд), что приводит к сужению частотного диапазона. Таким образом, исключив ошибки кинематического анализа, предположив, что скважинные материалы используются на этапе обработки полевых сейсмограмм, тем не менее часть спектра волнового сигнала остаётся неизвестной.

Теория

В ходе исследований по интерпретации физического смысла группы специальных атрибутов волнового поля, специалисты нашей компании обратили внимание на интересную особенность: в точках ряда скважин интеграл огибающей сигнала, предварительно обработанного сложным фильтром, практически полностью совпадал с кривыми акустического импеданса по ГИС (после предварительной фильтрации НЧ).

Дальнейшие исследования показали, что наблюдаемый эффект связан с нелинейностью геологической среды (идеализированный случай исследуемого эффекта изображен на рис.4).

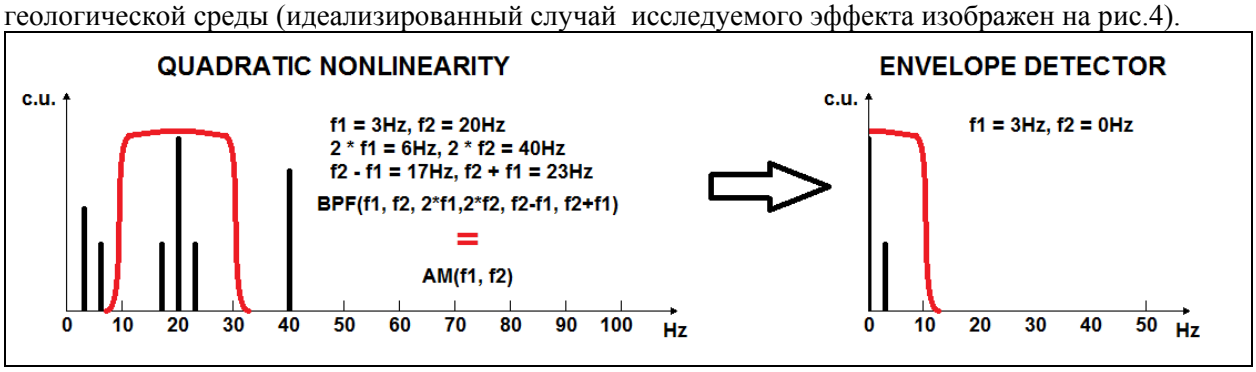

Рис. 4 *Квадратичная нелинейность.*

Таким образом было установлено, что, в частном случае, характер нелинейности среды эквивалентен амплитудному модулятору (АМ). А огибающая сигнала - ничто иное, как детектор АМ сигнала. Соответственно расчёт огибающей сигнала, предварительно обработанного сложным фильтром, позволяет получить недостающую часть НЧ спектра.

По результатам исследований был реализован модуль ПО для исследования нелинейных эффектов среды. После чего были проведены испытания разработанной технологии на объектах Северного Каспия, Западной Сибири, Обской губы и Республики Башкортостан.

Примеры

На рис.5 приведен пример сопоставления разреза интервальных скоростей (в верхней части) и разреза скоростей, определённых по описанной выше методике (в нижней части).

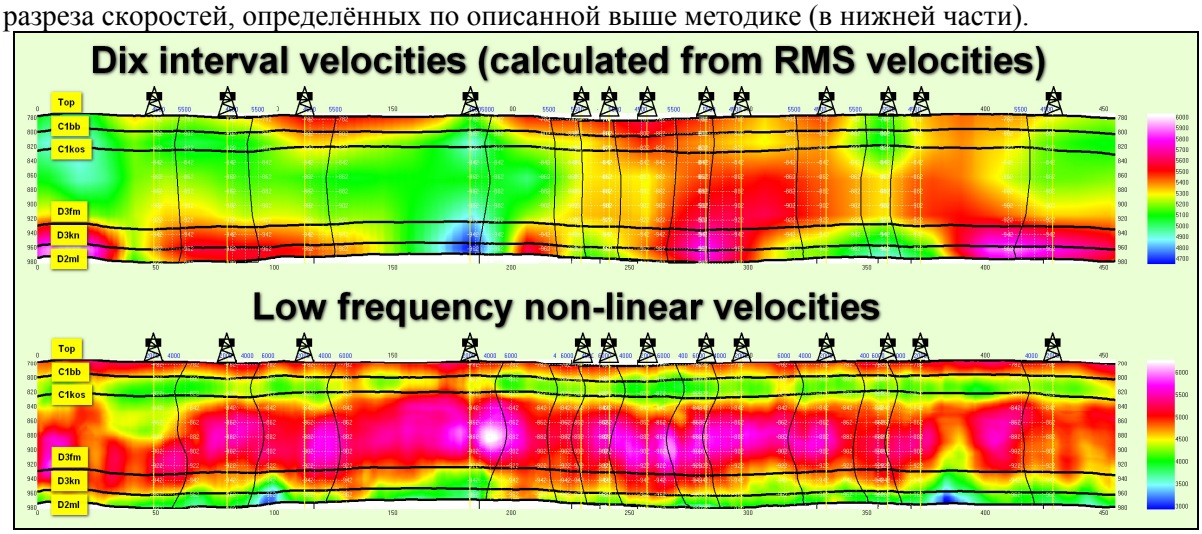

Рис. 5 *Временной разрез интервальных скоростей пробега продольной волны и скоростей пробега продольной волны, определённых по нелинейным эффектам (профиль проходит через 13 опорных скважин).*

На данный момент разработка позволяет расширить спектр в область низких частот, но нашими специалистами так же ведутся работы по изучению возможности расширения спектра в область верхних частот. На рис.6 изображен процесс эволюции разреза скоростей пробега продольной волны, полученного в результате применения технологии анализа нелинейных эффектов геологической среды.

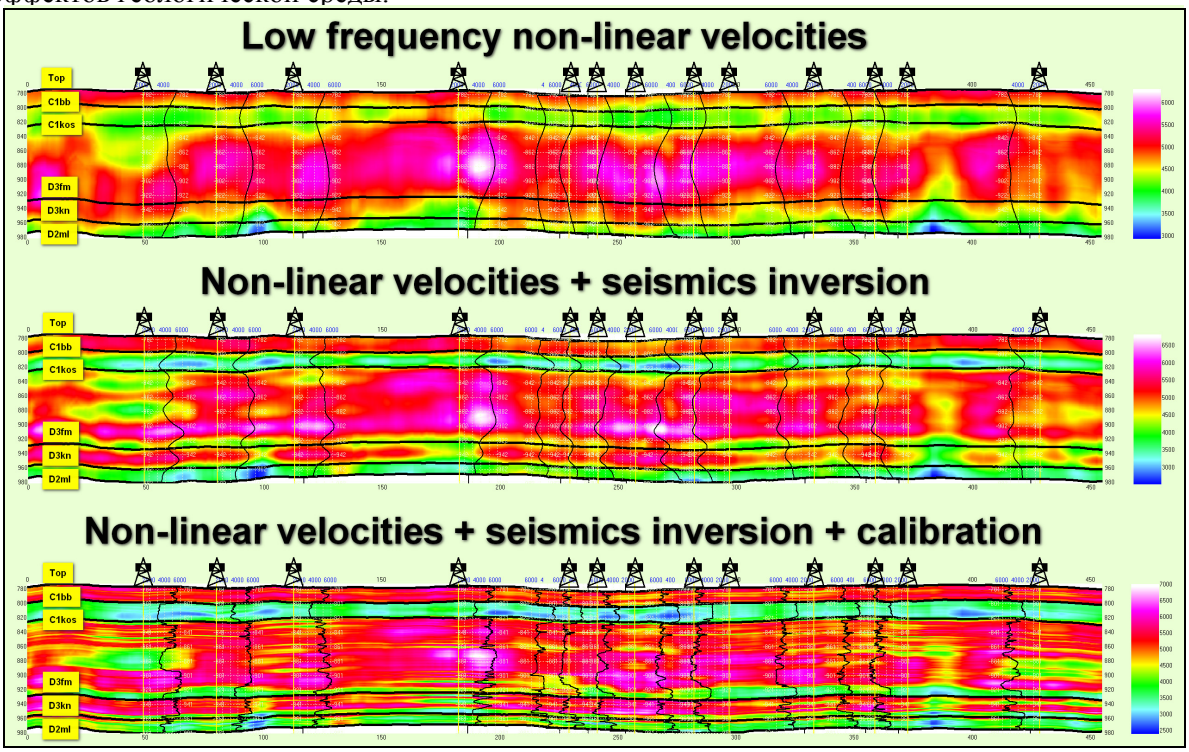

Рис. 6 *Инверсия в восстановленном НЧ диапазоне, инверсия сейсмическая с учётом НЧ инверсии и комплексный, широкополосный разрез с экстраполяцией ВЧ диапазона по скважинным материалам.*

Пример расширения спектра волнового сигнала на динамическом разрезе изображен на рис.7.

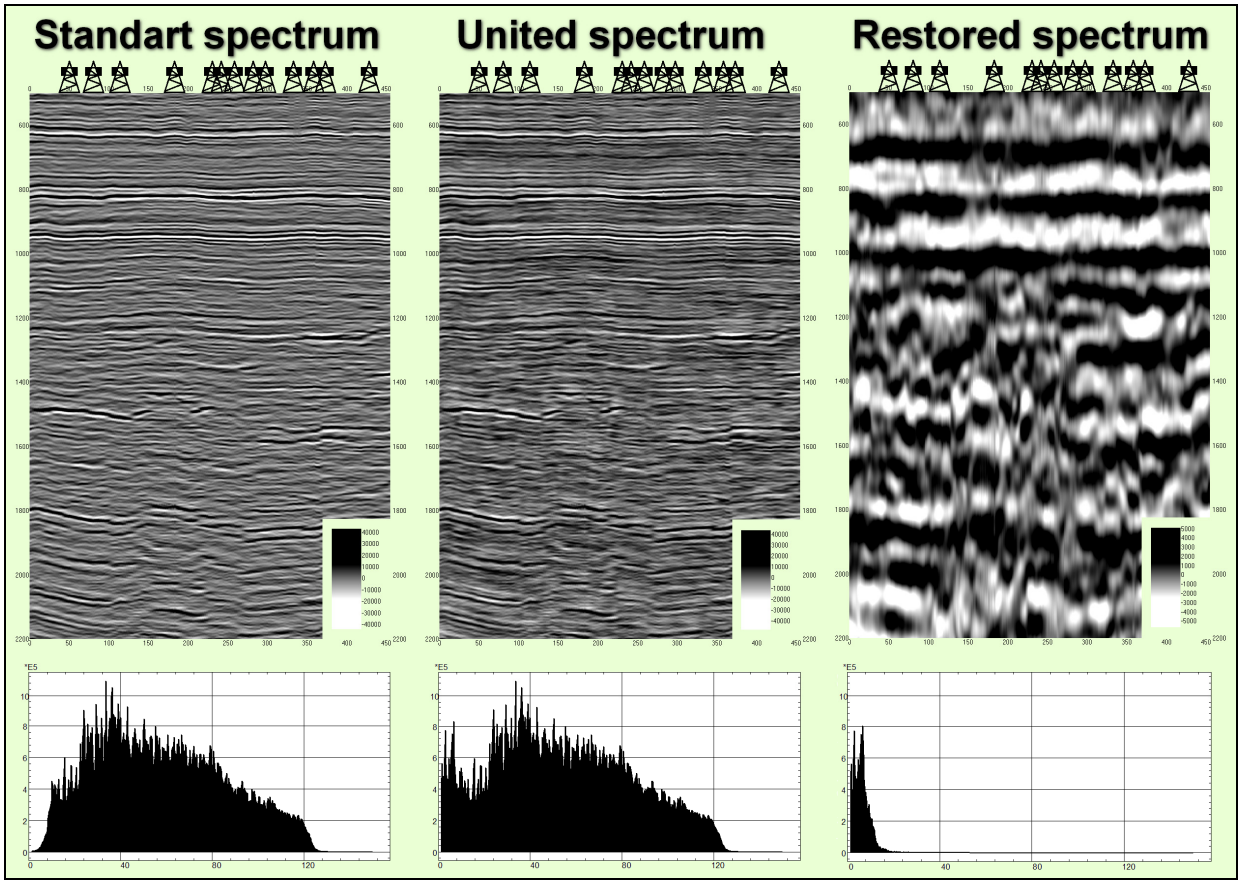

Рис. 7 *Эволюция динамического разреза.*

Выводы

Предлагаемая технология расширения спектра волновой записи не имеет аналогов, актуальность комплексирования изложенного подхода со всеми, без исключения, методами решения обратной динамической задачи - очевидна.

По результатам исследований подана заявка на патент: "Способ и технологический комплекс для анализа нелинейных свойств среды с целью расширения спектра регистрируемого волнового сигнала".

Список литературы

1. Николаев, А.В. [1987] *Проблемы нелинейной сейсмики. Под ред.* А.В.Николаева и И.Н.Галкина. Наука, М, 1987.
2. Зейгарник, В.А., Ключкин, В.Н., Кузнецов, А.Н. [2009] *Сейсмические приборы*. **45**(3), с.41-47.
3. Шулакова, В.Е. [2007] Нелинейные свойства вибросейсмических волновых полей и их использование для прогнозирования коллекторских свойств резервуаров. автореф. дисс. канд. физ.-мат. Наук.
4. Buxton, R.L. and Davison, R. [2000] An interpreter’s guide to understanding and working with seismic-derived acoustic impedance data. *The Leading Edge*.
5. Zhukov, A.P., Loginov, K.I., Shneerson, M.B., Shulakova, V.E., Kharisov, R.G., Ekimenko, V.A. [2007] Nonlinear properties of vibrator-generated wavefields and their application to hydrocarbon detection. *The Leading Edge*.