Tu 02 14

Nonlinearity of Geological Environment in Case of Broadband Impact. Signal Spectrum Enhancement to Higher Frequencies

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

SUMMARY

Author of this paperwork introduces an example of nonlinear effects analysis technology application (prototype) in case of useful signal spectrum enhancement to higher frequencies. Broadband impact on the geological environment event described. This paperwork is about continued explorations of nonlinear wave field properties

НЕЛИНЕЙНОСТЬ ПРИ ШИРОКОПОЛОСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА СРЕДУ. РАСШИРЕНИЕ СПЕКТРА СИГНАЛА В ОБЛАСТЬ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Архипов А.А. (ООО «Геошельф-Сервис»)*

Введение. Необходимость возбуждения и регистрации широкополосного сигнала при сейсморазведочных работах не вызывает сомнений у специалистов отрасли, однако в силу объективных ограничений: а) особенностей формирования полосы и формы спектров генерируемых источниками колебаний, б) нелинейного перераспределения энергии воздействия в область низких (НЧ) и высоких (ВЧ) частот [15, стр.86-93], в) интенсивного нормального поглощения ВЧ части поля [13, стр.63-67], г) частотной неравномерности характеристик регистрирующего тракта, д) особенностей обработки материалов сейсморазведки и др. спектр регистрируемого сигнала обедняется, что приводит к существенным погрешностям решения обратной задачи сейсморазведки. Вопрос практического применения результатов анализа нелинейных эффектов, проявляемых геологической средой, с целью восстановления полезного сигнала в области НЧ и реализации соответствующей технологии для случаев истиной и кажущейся/фиктивной нелинейности обсуждался в предыдущих работах автора [1-4, рис.1].

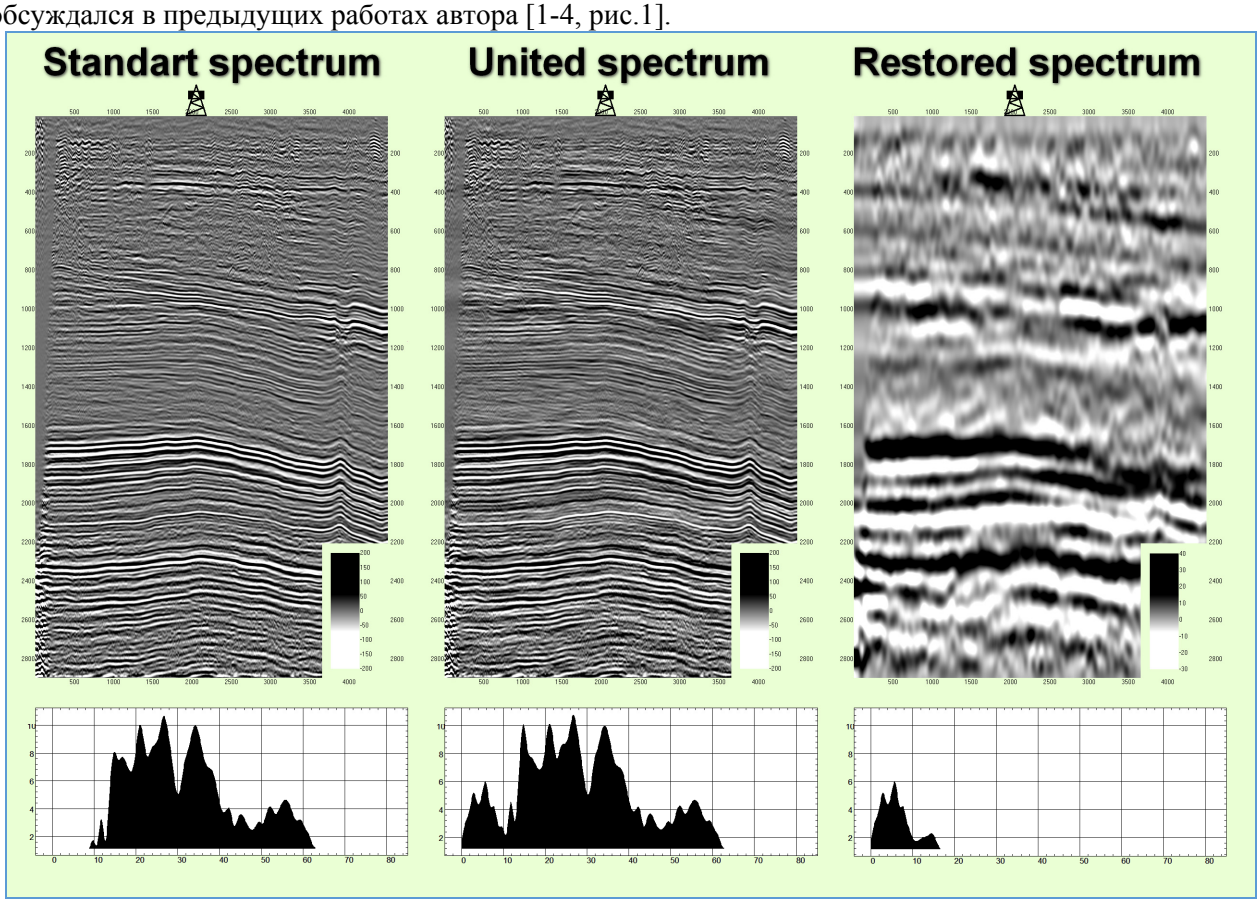

Рис. 1 *Результат применения технологии восстановления полезного сигнала в области НЧ путём анализа нелинейных эффектов волнового поля (исходный разрез, разрез после расширения спектра в область НЧ, восстановленный НЧ разрез).*

Ниже в работе приведены предпосылки и результаты анализа нелинейных эффектов волнового поля при восстановлении полезного сигнала волновой записи в области относительно высоких частот.

На рис.2 изображены результаты одномерного моделирования влияния ограничений спектра в области ВЧ на решение обратной динамической задачи. Мощность пластов, охарактеризованных высокой скоростью пробега продольной волны, равна 6 миллисекундам, низкоскоростного промежуточного пласта 2 миллисекундам. Предполагается, что в области низких частот спектр сигнала - не ограничен (включая постоянную составляющую).

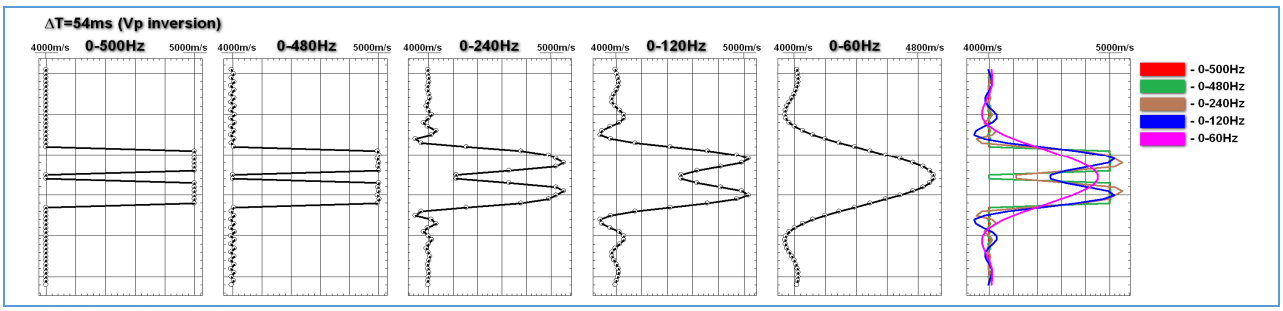

Рис.2 *Результаты моделирования влияния ограничений спектра полезного сигнала в области ВЧ на решение обратной задачи.*

Очевидно, что недостаток полезной записи в ВЧ диапазоне приводит к ошибкам определения истиной амплитуды параметров разреза, существенному снижению вертикального разрешения решения обратной задачи и искажению формы границ пластов.

Как и в случае переноса полезного сигнала из области низких в область средних (зарегистрированных сейсмоустройством) частот (СЧ) [1-4], установлен факт перераспределения энергии зондирующего сигнала в область ВЧ [15, стр.86-93]. На рис.3 приведён спектр сигнала зарегистрированного на плите вибратора в сопоставлении со спектром кубического преобразования управляющего ЛЧМ сигнала.

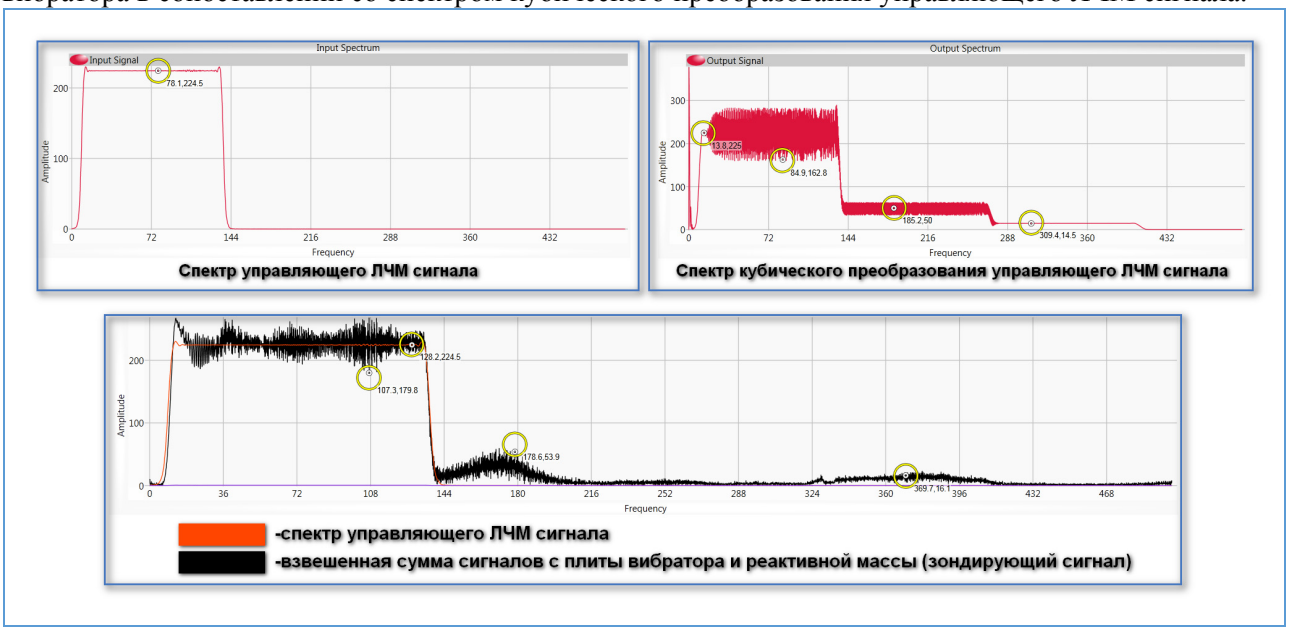

Рис.3 *Сопоставление спектров кубического преобразования управляющего ЛЧМ сигнала и сигнала зарегистрированного на плите вибратора.*

Таким образом, перераспределение энергии сигнала воздействия в область ВЧ на контакте «плита-грунт» доказано экспериментально. Допускается, что наблюдаемая особенность связана с конструктивной (механической) нелинейностью вибрационной установки, однако эта гипотеза не умаляет того, что в результате среда подвергается зондированию сигналом гораздо более широкого спектра, чем управляющий ЛЧМ сигнал. На практике, при зондировании среды монохроматическим сигналом с частотой 4Гц регистрировалась кратная гармоника на частоте 96Гц [15, стр.164-179]!

Гипотеза. Вероятно, что при регистрации отклика среды на дневной поверхности, полезный сигнал в ВЧ диапазоне записи отсутствует в силу относительно низкой интенсивности ВЧ спектра зондирующего сигнала и высокой степени поглощения ВЧ компонент волнового поля в верхней части разреза (ВЧР) [13, стр.63-67]. Допустив, что поглощение ВЧ составляющих происходит в ВЧР (при прямом и/или обратном ходе волнового фронта), логично предположить, что в среде ниже ВЧР, за счёт нелинейного перераспределения энергии, должен регистрироваться полезный сигнал в

области ВЧ. На рис.4 изображены спектры сигналов поверхностных наблюдений и профилирования по методу ВСП в точке опорной скважины проекта [17].

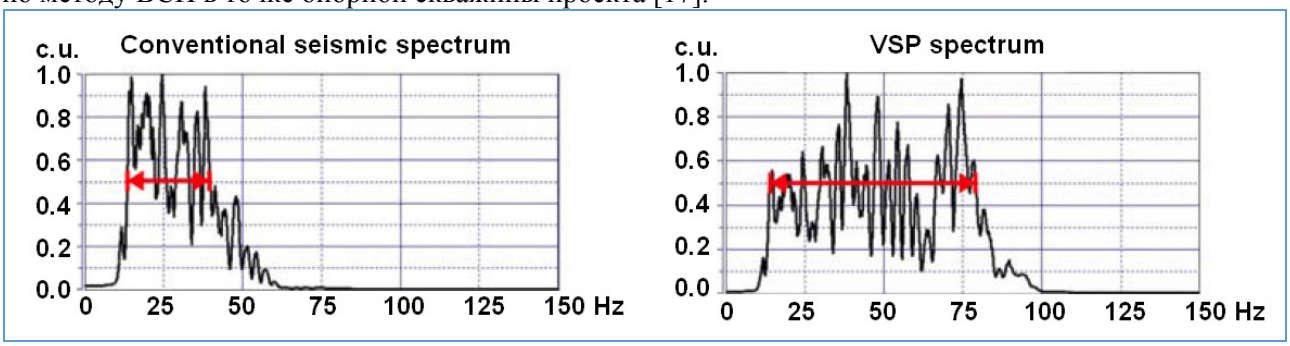

Рис.4 *Сопоставление спектров сигнала при регистрации на дневной поверхности и по методу ВСП.*

Практика. Очевидно, что в среде ниже ВЧР спектр полезного сигнала гораздо шире. Ранее обсуждалось и доказано на примере многих скважин, что в среде происходит перенос относительно высокочастотного сигнала в области относительно низких частот (на основе данной гипотезы построена технология расширения спектра полезного сигнала в область НЧ, рис.1). Таким образом путём «обратного переноса» волновой записи из области СЧ возможно расширить спектр полезного сигнала сейсморазведки в область ВЧ. Как и в случае восстановления полезного сигнала в НЧ области, широкополосным эталоном сигнала является синтетическая суммотрасса амплитуд однократных отражений по ГИС. Методика восстановления ВЧ диапазона волновой записи реализована в комплексе «ЛИТОСКАН». В настоящее время ведётся интенсивное тестирование разработки.

В средней части рис.5 изображён результат применения технологий расширения спектра полезного сигнала в области НЧ и ВЧ.

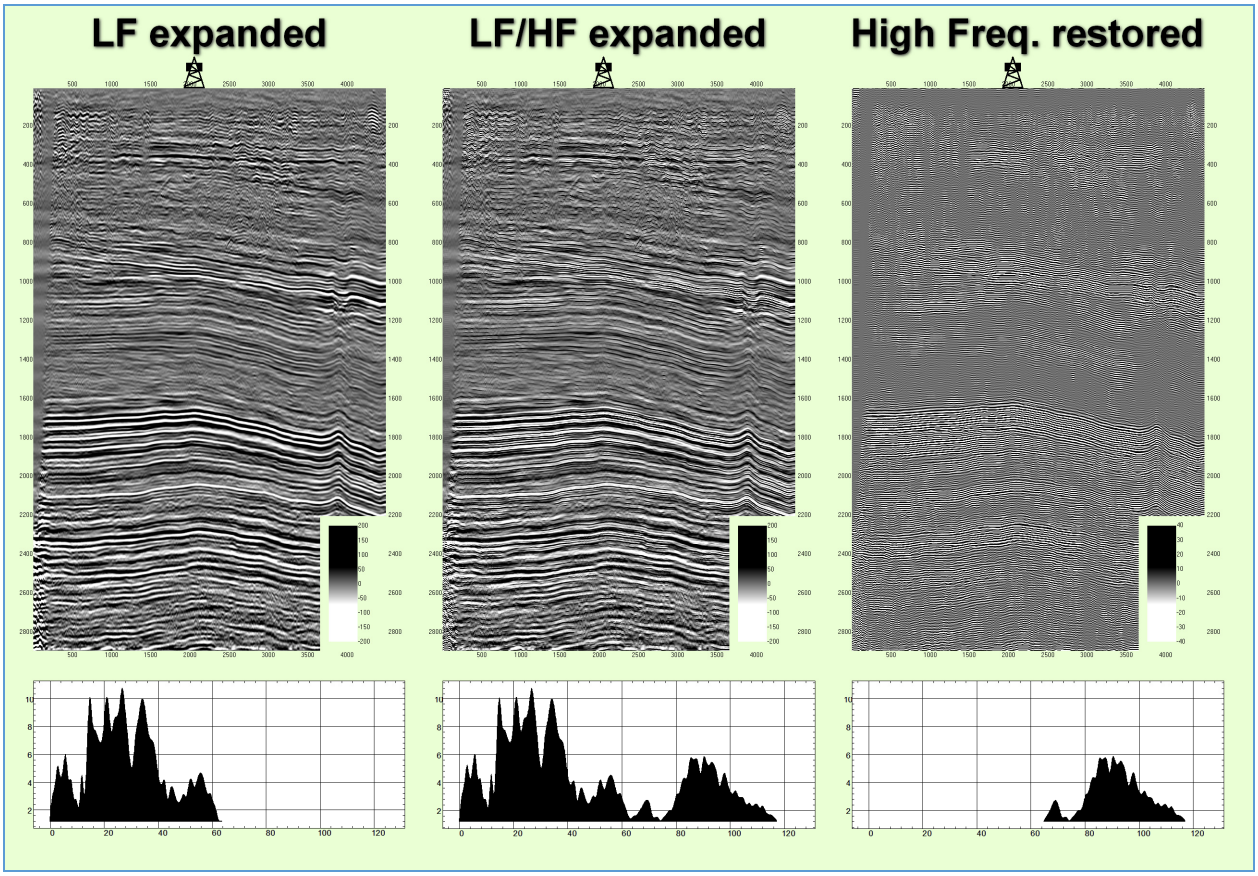

Рис.5 *Результат применения технологий расширения спектра полезного сигнала в области НЧ, НЧ/ВЧ и восстановленный ВЧ разрез.*

Предлагаемая технология расширения спектра волновой записи не имеет аналогов, актуальность комплексирования изложенного подхода со всеми, без исключения, методами решения обратной динамической задачи - очевидна. Автор благодарит коллектив ООО «Геошельф-Сервис» за помощь при подготовке материалов.

Литература

1. Архипов А.А. Патент на полезную модель №146947. Приоритет от 05.08.2014. Технологический комплекс для анализа нелинейных свойств среды с целью расширения спектра регистрируемого волнового сигнала.
2. Архипов А.А. Технология анализа проявлений нелинейных свойств среды с целью расширения спектра регистрируемого волнового сигнала. Тезисы доклада на конференции «Геомодель-2014», 2014
3. Архипов А.А. Кажущаяся или фиктивная нелинейность. Практика применения при широкополосном воздействии на среду. Приборы и системы разведочной геофизики. Вып.№01/2015, 2015, с. 57-62
4. Архипов А.А. Кажущаяся или фиктивная нелинейность. Практика применения при широкополосном воздействии на среду. Тезисы доклада на конференции «Геокрым-2015», 2015, с. 82-86
5. Ведерников Г.В. Исследование кратных гармоник вибросигналов. Избранные статьи: Методика и технологии сейсморазведочных работ. «Новосибирск-Томск-Нортхэмптон», 2006, с.252-261
6. Гущин В.В, Шалашов Г.М. О возможности использования нелинейных сейсмических эффектов в задачах вибрационного просвечивания Земли. Сборник научных трудов: Исследование Земли невзрывными сейсмическими источниками. Наука, М, с.144-155, 1981
7. Динариев О.Ю., Николаевский В.Н. Нелинейная математическая модель генерации низких частот в спектре сейсмического сигнала. Собрание трудов: Геомеханика. Том 2. АНО «Ижевский институт компьютерных исследований», Ижевск, с.271-276, 2010
8. Динариев О.Ю., Николаевский В.Н. Кратное увеличение периода при распространении волн в упругих телах с диссипативной микроструктурой. Собрание трудов: Геомеханика. Том 2. АНО «Ижевский институт компьютерных исследований», Ижевск, с.277-284, 2010
9. Жуков А.П., Колесов С.В., Шехтман Г.А., Шнеерсон М.Б. Сейсморазведка с вибрационными источниками. ООО «Издательство ГЕРС», 2011
10. Жуков А.П., Шнеерсон М.Б. Адаптивные и нелинейные методы вибрационной сейсморазведки., Недра, М, с.51-95, 2000
11. Зейгарник В.А., Ключкин В.Н., Кузнецов А.Н. Сейсмические приборы. Т. 45, № 3, с.41-47, 2009
12. Касьянов Д.А., Шалашов Г.М. О возможности нелинейной сейсмоакустической томографии. Сборник научных трудов: Проблемы геотомографии. Наука, М, с.203-209, 1997
13. Кондратьев О.К. Сейсмические волны в поглощающих средах. Недра, М, 1986
14. Логинов К.И., Жуков А.П., Шнеерсон М.Б, Логинов И.В. Нелинейные волновые поля в акустическом каротаже и вибрационной сейсморазведке. ООО «Издательство ГЕРС», 2012
15. Николаев А.В. Проблемы нелинейной сейсмики. Под ред. А.В.Николаева и И.Н.Галкина. Наука, М, 1987
16. Новожилов В.В., Толоконников Л.А., Черных К.Ф. Нелинейная теория упругости. Механика в СССР за 50 лет. Том 3. Наука, М, с.71-78, 1972
17. Табаков А.А., Баранов К.В. О преимуществах и недостатках наземных и скважинных сейсмических наблюдений на примере обработки данных 3D ВСП и 3D+ВСП. Тезисы доклада на конференции «Гальперинские чтения - 2007», 2007
18. Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Исследование нелинейных эффектов частотным анализом виброграмм. Сборник научных трудов: Исследование Земли невзрывными сейсмическими источниками. Наука, М, с.272-280, 1981
19. Шулакова В.Е. Нелинейные свойства вибросейсмических волновых полей и их использование для прогнозирования коллекторских свойств резервуаров. 2007, автореф. дисс. канд. физ.-мат. наук
20. Buxton R.L., Davison R. An interpreter's guide to understanding and working with seismic-derived acoustic impedance data. March 2000, The Leading Edge, p.242-256
21. Zhukov A.P., Loginov K.I., Shneerson M.B., Shulakova V.E., Kharisov R.G., Ekimenko V.A. Nonlinear properties of vibrator-generated wavefields and their application to hydrocarbon detection. November 2007, The Leading Edge, p.1395-1402