

О влиянии параметров вибрационного возбуждения на качество сейсмического полевого материала

Большат В.М., Каримов И.И., ОАО «Интегра-Геофизика», г. Тюмень

Современные задачи сейсморазведочных работ 3D на месторождениях, требующих уточнения модели гидро-геологического строения, мониторинга запасов УВ и прочей детализации, предполагают получение для этих целей высококачественных исходных полевых записей, характеризующихся высокой динамической выразительностью (отношение сигнал/шум (S/N)) и широким спектром регистрируемых частот для расчленения тонкослоистых пачек разреза с акустическими невыразительными границами раздела.

Но на фоне повального увлечения необходимостью повышения значений S/N и доминантной частоты сигнала (допустимые значения которых для конкретных участков съемки 3D корректно не определяются) службы контроля качества зачастую забывают о контролируемых сигналах возбуждения, искажения которых приводят к необратимым изменениям регистрируемого волнового поля сейсмограмм, исключая возможность использования таких данных не только для динамического анализа, но и для точных структурных построений.

1. Об оптимизации количества накоплений в работах с вибрационными источниками сейсмических колебаний

В зимнем полевом сезоне 2011-2012 г.г. на одном из лицензионных участков ХМАО-Югра Тюменской области сейсмопартией ОАО «Интегра-Геофизика» были выполнены сейсмоработы 3D с основными технико-методическими параметрами, представленными в таблице 1

Геологическим заданием предусматривалось решение задач, обуславливающих необходимость получения выразительных по частоте и динамике исходных данных.

Поверхностные сейсмо-

геологические условия затрудняли проведение работ. Состав пород ВЧР литологически не выдержан, представлен переслаиванием супесей, суглинков, песков (местами с галькой) и глин.

Развиты меняющиеся по площади криолитозоны, имеющие преимущественно двухслойное строение с разобщенным залеганием многолетней (реликтовой) мерзлоты.

Прерывистость криолитозон обусловлена широким распространением надмерзлотных таликов, особенно по долинам рек. Глубина залегания нижней границы мерзлоты составляет 330-350 м.

Неблагоприятные для подготовки взрывных скважин условия ВЧР-ЗМС и экологические ограничения предопределили использование на этом проекте

Таблица 1. Основные показатели работ

Вид работ	МОВ ОГТ-3Д (центрально-симметричная "крест")
номинальная кратность	35
всего активных каналов	1120
расстояние между ПВ и ПП, м	50
расстояние между ЛВ/ЛП, м	400/300
минимальное удаление В-П, м	35
максимальное удаление В-П, м	3143
группирование сейсмоприемников	12 параллельно-последовательных GS-20DX на базе 33 м.
тип источника возбуждения	Вибратор Mertz-18 на базе Nodvel 320
к-во вибраторов в группе	3
база группы вибраторов, м.	30
длина свипа, сек.	16
к-во накоплений	4-16
тип свипа	линейный
частота свипа, Гц	10-100
усилие воздействия на грунт, %	70
начальный/конечный конус, сек	1/0,5
сейсмостанция	Sercel -408 UL
ФВЧ	3 Гц
ФНЧ (антиалясинговый фильтр)	s Nyquist
шаг квантования, мс	2
длина записи, с	5

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Рис. 1.1. Участки опытных работ

использования (параметры приема и пересадки не тестировались) на 4-х характерных участках площади проведения 4 этапа опытных работ (рис.1.1). С определением всех характеристик видовационного изучения, основными из которых стали:

- Одним из основных факторов, определяющим производительность работ является количество накопленных на пикете, поэтому, естественно, перед под-орядником встала задача минимизации влияния воздействия без ущерба качеству

Number of plants per square meter	Average number of insects per plant
1	20.5
2	20.2
3	20.1
4	20.0
5	20.1
6	19.8
7	19.5
8	19.8
9	20.0
10	20.2

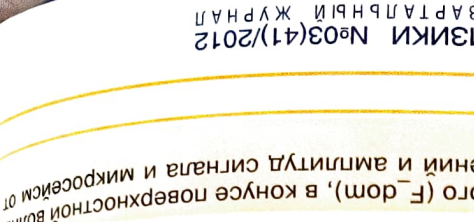


Рис. 1.2. Зависимость частоты (F_{con}), ширины спектра в ок-
количества воздействий на ПК.

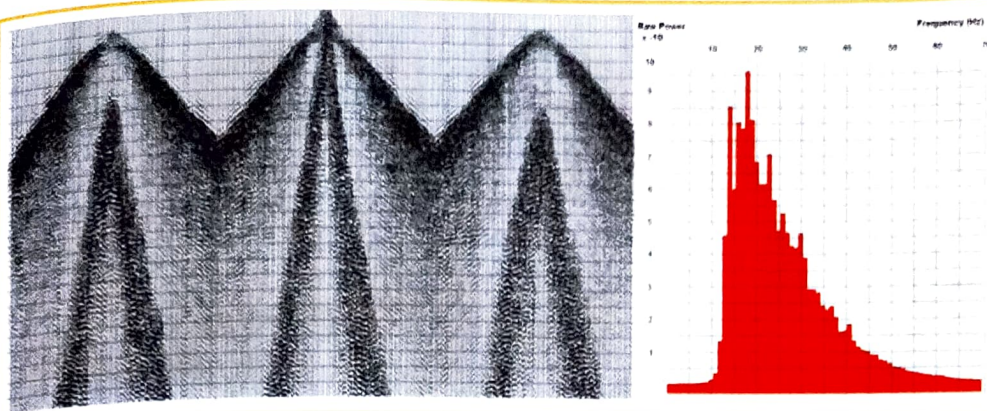


Рис. 1.3. Коррелограмма и ее АЧХ, 4 накопления

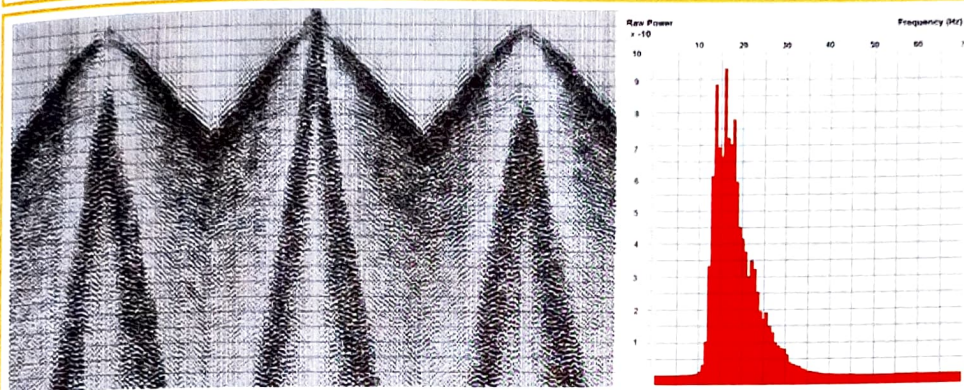


Рис. 1.4. Коррелограмма и ее АЧХ, 16 накоплений

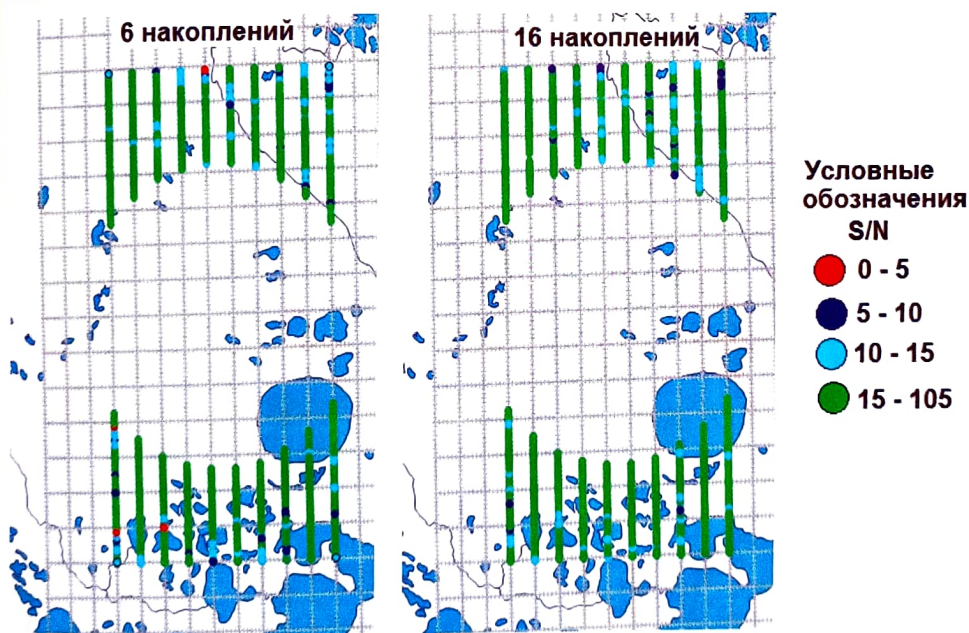


Рис. 1.5. Соотношение сигнал/микросейсмы по ПП, 6 и 16 накоплений

считывании записанных на сейсмостанции данных должен учитываться в виде коэффициента нормировки ($K1 \cdot K2$)

В таблице 2 приведены тестовые исходные значения параметров и соответствующие для них $K2$ и амплитуда сигнала для различного количества воздей-

ствий.

Полученные табличные значения переведены в графики (рис. 1.7), согласованные с практическими результатами. Заметное повышение амплитуд отражений наблюдается до 6 накоплений.

Алгоритм работы МР- фактора под-

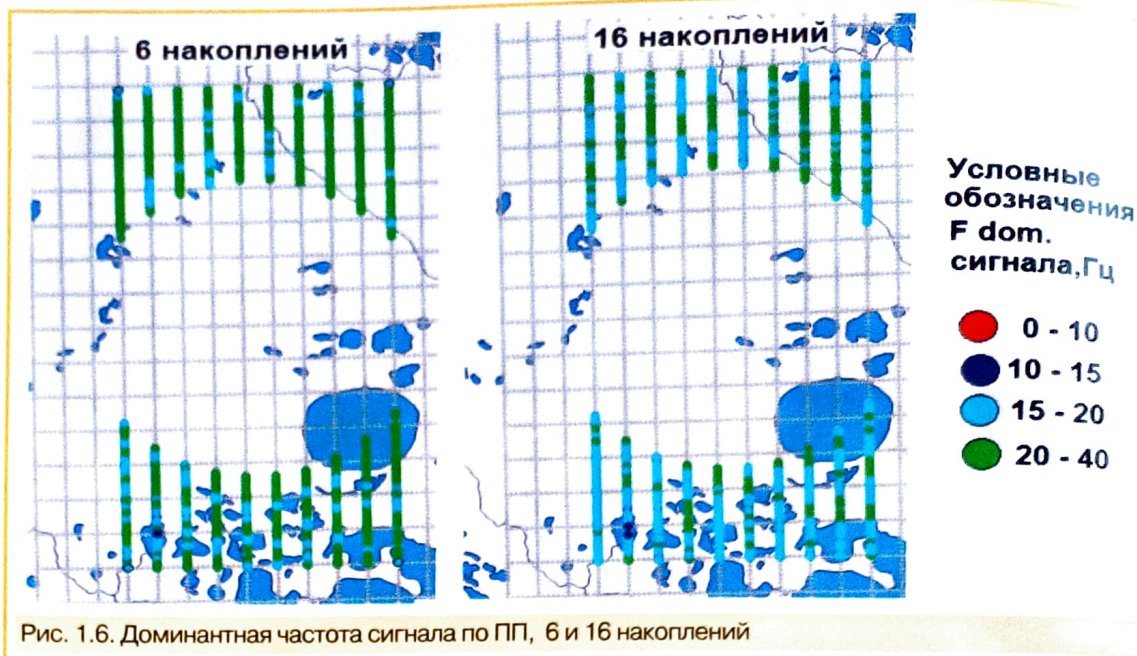


Рис. 1.6. Доминантная частота сигнала по ПП, 6 и 16 накоплений

Таблица 2. Тестовые параметры для расчета K_2 и A сигнала

Параметры (значения условные)	Количество накоплений								
	1	2	4	6	8	10	12	14	16
A_p = максимум автокорреляции пилота	1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
SF = накопленная свертка (амплитуда суммы с учетом $A=F(\text{кол-ва накоплений})S$)	1,000	1,414	2,000	2,449	2,828	3,162	3,464	3,742	4,000
SFI	1,000	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000
NS = длительность пилота / шаг дискретизации (при 12с и 2 мс = 6000)	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
$K_2 = (2 / (A_p \cdot NS \cdot SFI))$	0,018	0,014	0,010	0,009	0,008	0,007	0,006	0,006	0,005
A суммы = $Const \cdot K_2$	0,018	0,019	0,020	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022

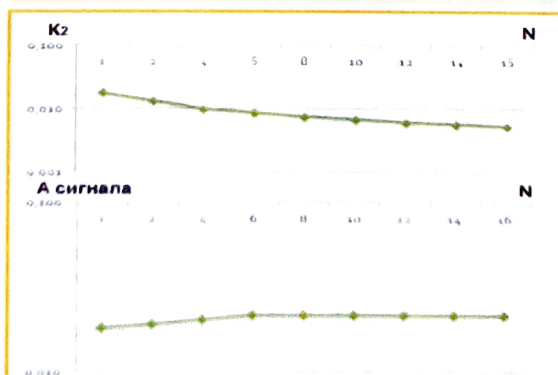


Рис. 1.7. Зависимость коэффициента K_2 в значении МР фактора и амплитуды сигнала с учетом МР- фактора от количества накоплений

твержден в ПО ProMAX на конкретных коррелограммах (рис. 1.8.) Без учета МР- фактора амплитуда суммированной записи увеличивается. С учетом МР- фактора амплитуда суммированной записи – снижается с постепенной стабилизацией. Частота при этом не изменяется.

ВЫВОДЫ

Анализ данных показал, что для решения поставленных геологических задач оптимальные спектральные и динамические характеристики получаемых данных достигаются при работе группы из 3-х вибраторов с 4-6 накоплениями. Уровень сигнала практически не меняется после

накоплений более 4-6 (суммирование на станции). При воздействиях от 1 до 2-4 происходит уплотнение грунта, вследствие чего закачиваемая энергия отдельных свипов в этом диапазоне накоплений увеличивается с последующей стабилизацией.

Соотношение сигнал/шум увеличивается за счет статистического подавления микросейсм при увеличении количества суммируемых накоплений до 4-8. Дальнейшее накапливание только ухудшает результат.

Соотношение сигнал/микросейсм сильно зависит от условий приема, приуроченного к окну анализа.

Доминантная частота сигнала с увеличением накоплений снижается, АЧХ ухудшаются и особенно заметно после 10 свипов.

Для уровня микросейсм 0-4 мкв рекомендуется 2 накопления.

Для уровня микросейсм 5-8 мкв рекомендуется 4 накопления.

Для уровня микросейсм 8-10 мкв рекомендуется 6 накоплений.

2. О фазовых искажениях вибрационного сигнала

При выполнении одного из проектов 3D ОАО «Интегра-Геофизика» в полевом сезоне 2011-2012 г.г. с использованием вибрационных источников в ходе производственной регистрации, когда уже

была отработана значительная часть площади, были выявлены искажения опорного сигнала, используемого для генерирования рабочего свипа. ФАК «пилота» и его спектральные характеристики заметно менялись при перемещении от ПВ к ПВ по профилю (рис.2.1) в сравнении с корректными характеристиками управляющего сигнала после устранения причины искажения (здесь не рассматривается).

Тестирование вибраторов по радиоканалу не выявило критичных фазовых различий свип - сигнала с вибраторов, поскольку сверка в этом режиме выполнялась между Force и Pilot - свипами различных вибраторов, уже имеющих примерно одинаковые искажения, что не выявилось корреляционным определением степени сходимости этих двух

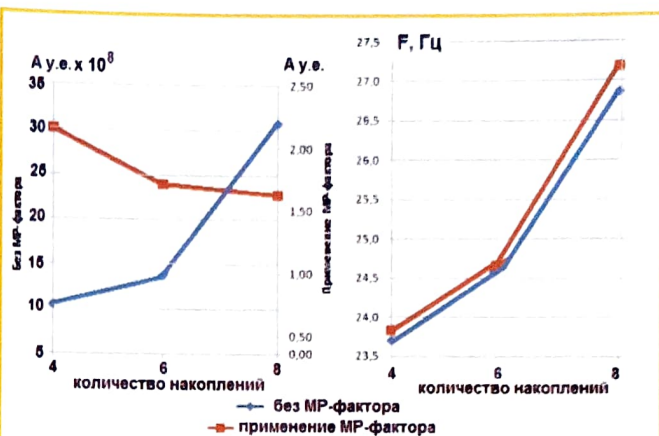


Рис. 1.8. Влияние МР- фактора на амплитуду и доминантную частоту сигнала в зависимости от количества воздействий

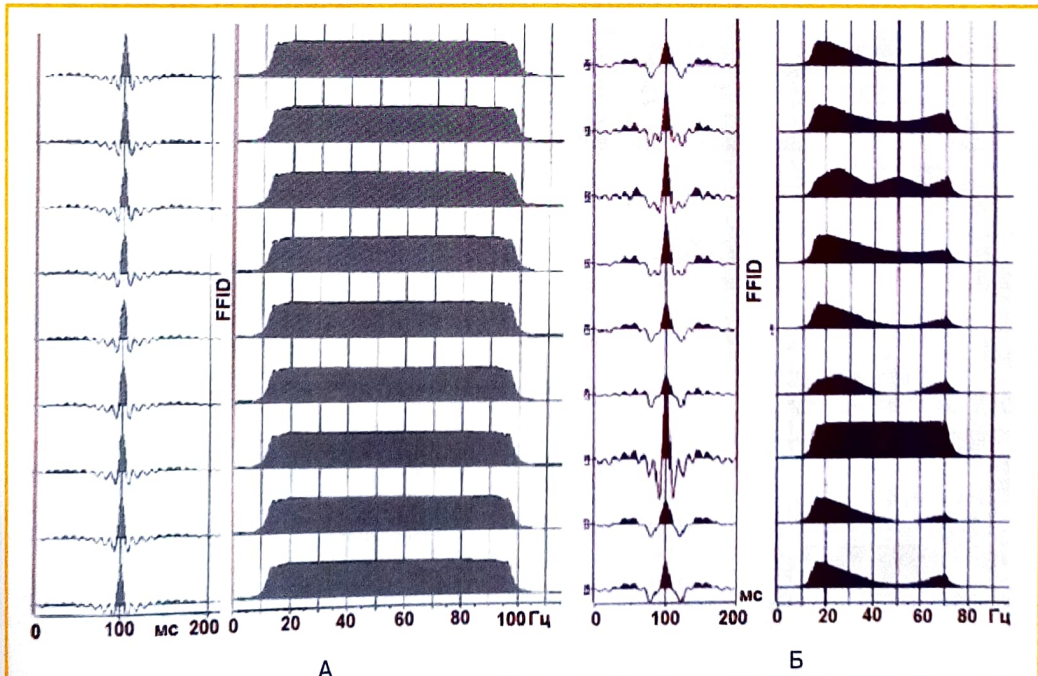


Рис. 2.1. ФАК Pilot - сигнала и его АЧХ, А- нормальные, Б - искаженные по фазе

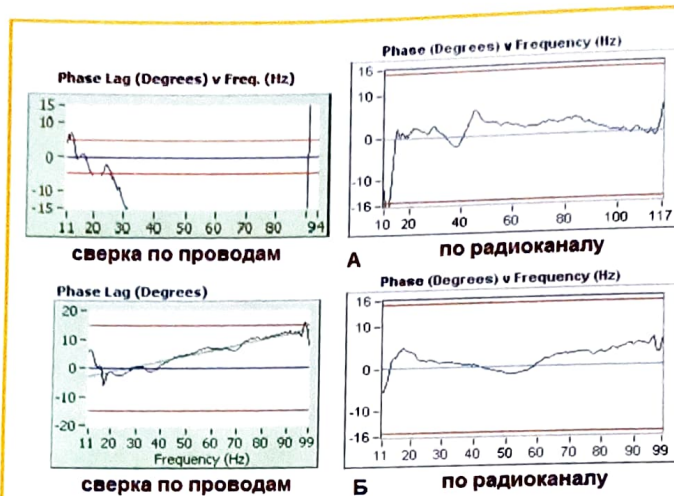


Рис. 2.2. Примеры результатов тестирования виброисточников. А - до, Б - после устранения фазовых искажений

функций (рис.2.2.).

Результаты же сверки по проводам, определяющей ФВК управляющего сигнала с генератора свипа на станции (не искаженного в любом случае) и свипа с вибраторов, уверенно идентифицировали искажения по фазе (левая верхняя диаграмма на рис.2.2.). Так случилось, что службами поддержки вибраторов и контроля качества эти данные на стартовом этапе работ были проигнорированы.

Для оценки влияния недопустимо высоких фазовых отличий в опорном сигнале и сигнале с вибраторов на конечное сейсмическое изображение выполнено моделирование этого процесса на основе:

1. Получения виброграмм путем свертки модели среды (набор дельта-

тических трассами).

4. На этапах свертки не учитывалась, как постоянная составляющая, минимально-фазовая фильтрующая характеристика среды, принципиально не влияющая на конечный результат. Параметры пилотного свип-сигнала:
 - Длительность – 16 сек.
 - Частотный диапазон – 10-100Гц
 - Тип изменения частоты - линейный
 - Конусность в начале и в конце возбуждения – 500/500мс

Уже на этапе сравнительных оценок тестовой и фактической виброграмм выявлены фазовые отличия и сдвиг по времени между ними (рис.2.4). Теоретически нуль-фазовая характеристика виброграммы (Autocorrelation) превратилась в смешанно-фазовую (Crosscorrelation),

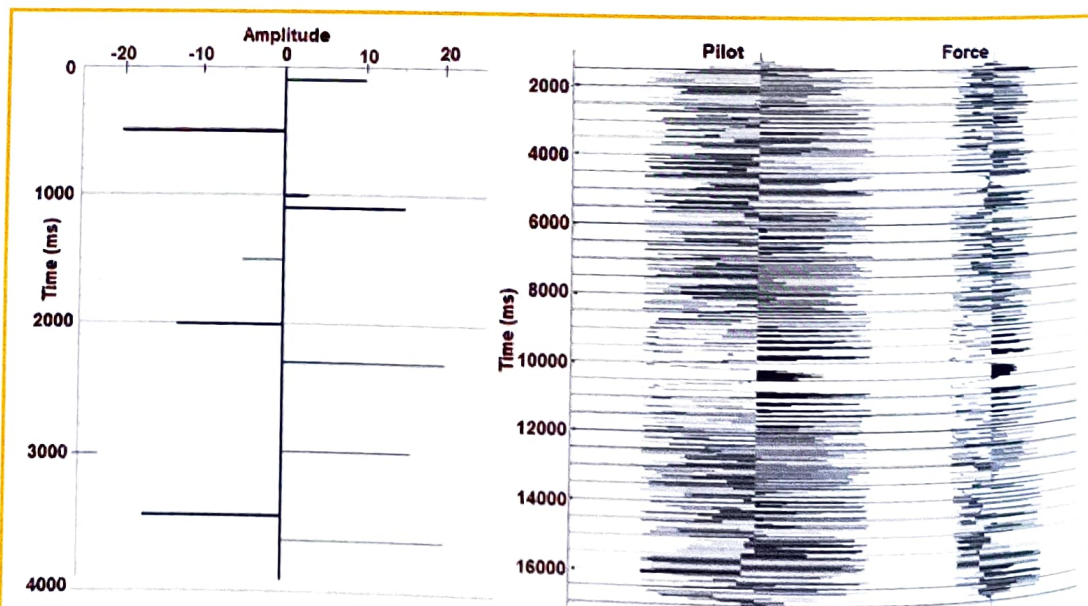


Рис. 2.3. Модель импульсных откликов среды (слева направо), фактические опорный (пилотный) свип - сигнал и сигнал с вибратора (искаженный по фазе).

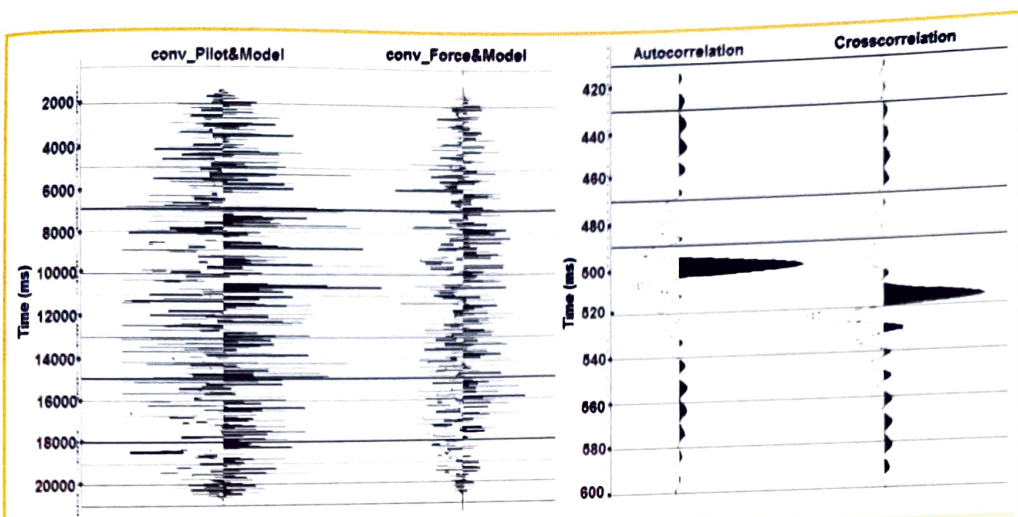


Рис.2.4. Тестовая и фактическая виброграммы, ФАК тестовой и ФВК тестовой и фактической виброграмм

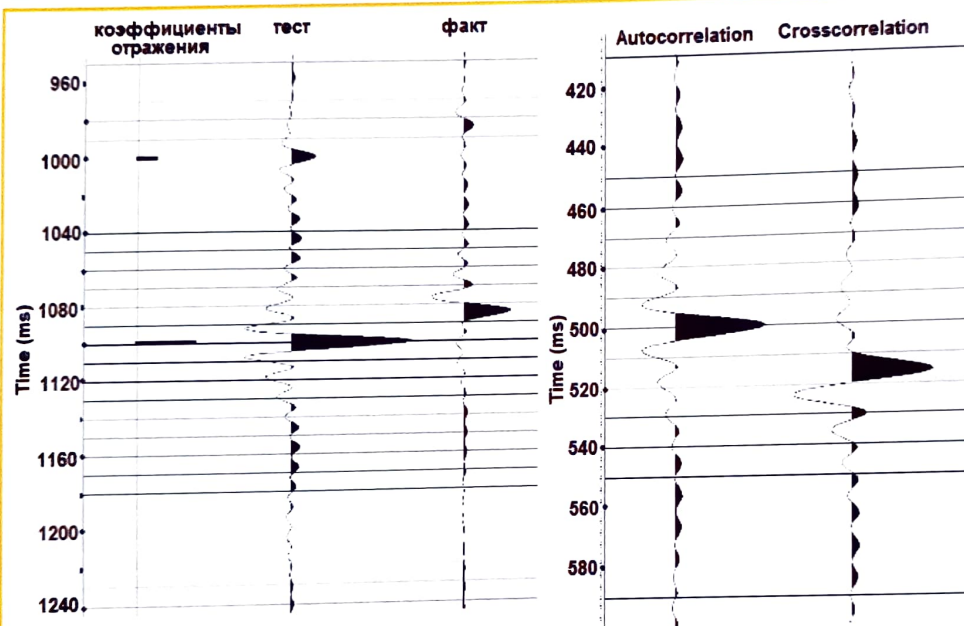


Рис.2.5. Слева-направо: фрагменты акустической модели среды, трасс тестовой и фактической коррелограмм, ФАК тестовой и ФВК тестовой и фактической коррелограмм.

да и еще и со сдвигом по времени.

Аналогичный результат получен и для коррелограммы (свертка вибротрасс с Pilot-сигналом), рис. 2.5.

Таким образом, можно сделать следующий вывод:

Запредельные фазовые искажения между опорным и фактическим свип-сигналами приводят к следующим изменениям регистрируемых импульсов:

- фазовая характеристика меняется с нулевой (без учета минимально-фазовой фильтрационной характеристики среды) на смешанную;

- задержка во времени между тестовыми и фактическими импульсами постоянна (около 15 мс) для конкретного

сви́па, но меняется в зависимости от фазовых флуктуаций для разных ПВ;

- амплитуда сигнала уменьшается.

Для массива фактически полученных коррелограмм, приуроченных к ПВ с искаженным опорным сигналом, проведена спектральная оценка. Характерный пример данной спектральной оценки приведен на рис. 2.6. Провальная на средних частотах АЧХ искаженного по фазе свип-сигнала, в основном, проецируется на спектральные характеристики окончательного результата.

Установленные закономерности опасны тем, что без знания исходных характе-

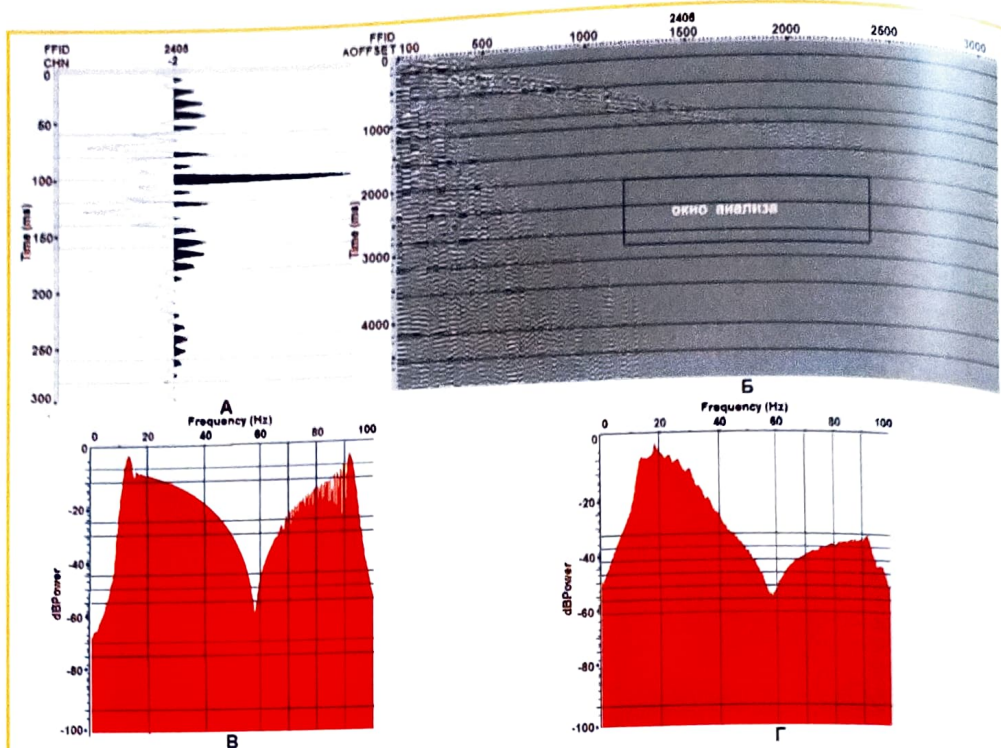


Рис. 2.6. ФАК управляющего сигнала (А), коррелограмма (Б) и их АЧХ (В,Г) соответственно

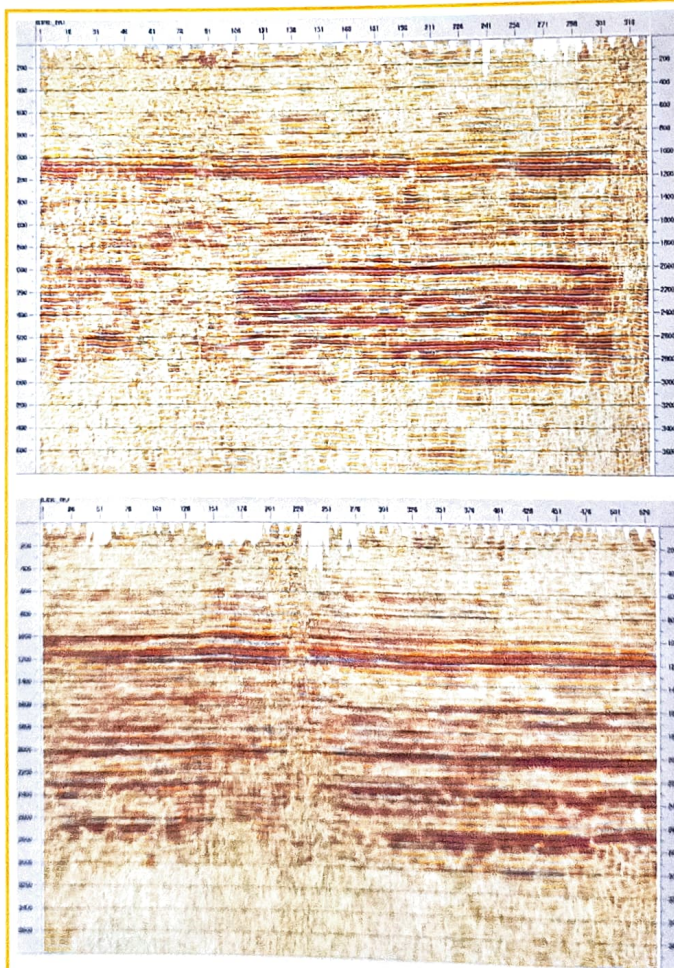


Рис. 2.7. Пример временного разреза с искаженным (верхний) и корректным (нижний) опорным сигналом

ристик вибрационного излучения и тщательного анализа временных разрезов после минимального пакета обязательных процедур обработки, эти искажения нивелируются или не проявляются (рис. 2.7). Но очевидно, что данные для разреза А не могут быть использованы для целей изучения динамических характеристик среды.

Заключение

Если для обеспечения плановой производительности не только без ущерба, но и, зачастую, с повышением качества полевого материала, уместно оптимизировать некоторые параметры свипирования, в частности, количество накоплений на ПВ, то невнимательное отношение к результатам тестирования виброисточников и к анализу служебных каналов может привести к необратимым искажениям формы регистрируемого сигнала, который становится непригодным для решения актуальных геологических задач на эксплуатируемых месторождениях.