

Th P 02

## Effect of processing procedures on the seismic signals form reflected from thin-layers objects

V.N. Bespechniy (AO SNIIGGiMS), G.M. Mitrofanov (INGG SB RAS) & E.V. Mosyagin\* (AO SNIIGGiMS)

### SUMMARY

---

Aspects relating to the procedures of seismic data processing, in particular the summation, which can affect the dynamic characteristics of the target signals, reducing the quality of results in the interpretation of complex thin-layered objects, are discussed. Detailed studies on the effect of processing procedures on the interference signals form can significantly improve the quality of the used inverse algorithms. Such studies are especially important given the use of the now considerable multiplicity of observations, fundamentally aimed at improving the accuracy of subsequent solutions of interpretive tasks related to the regions of Western and Eastern Siberia. Researches were carried out in the framework of thin-layered models of target objects which are greatest interest for oil and gas exploration

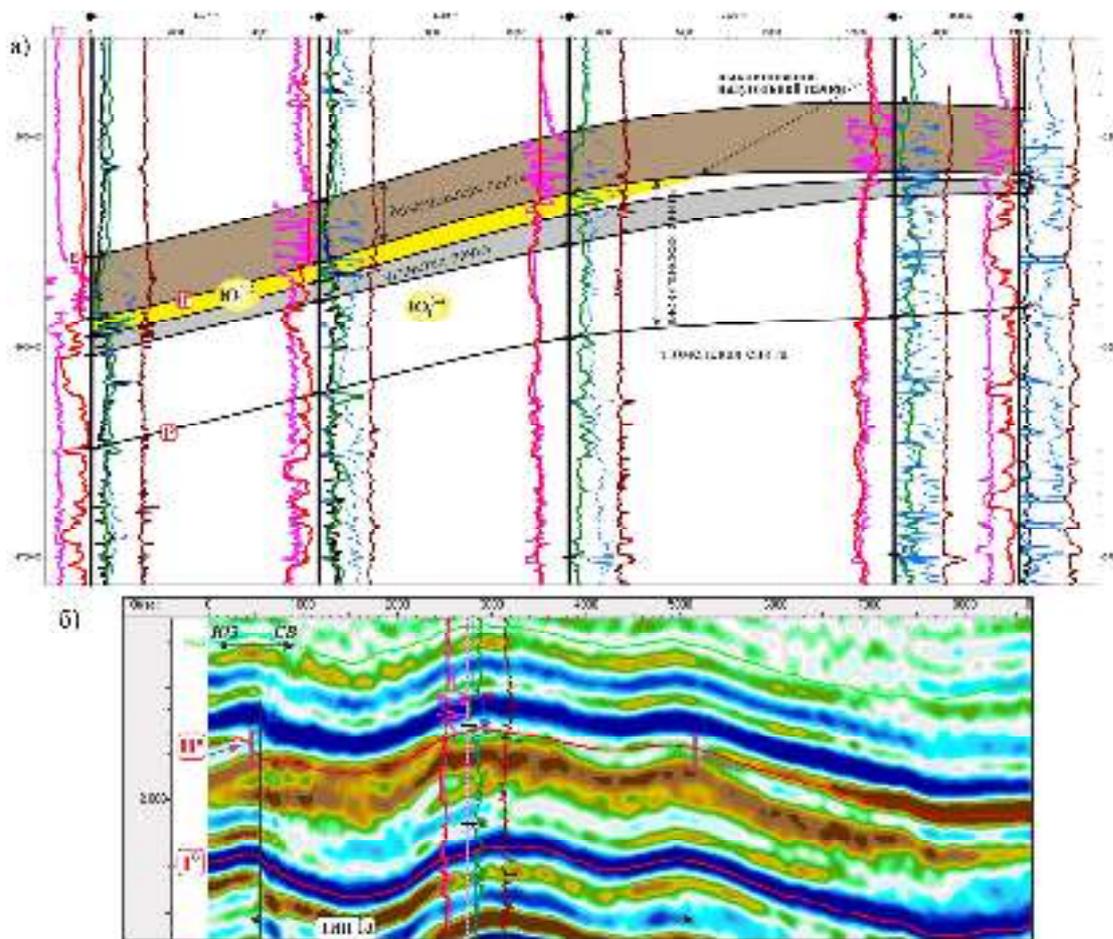
## Введение

Область решения обратных динамических задач сейсмологии представляется хорошо изученной существующими методами при условии, что теоретические построения и полученные на их основе решения отвечают наблюдаемым данным. Построение таких решений осуществляется достаточно продолжительное время, и они реализуются во временной или частотной области с использованием нелинейных методов и понятий обобщенных производных. Ясная внутренняя структура методов позволяет обеспечить их эффективную реализацию и на программном уровне. Однако практическое применение высокоэффективных решений обратных задач при обработке реальных сейсмограмм не дает того эффекта, который следует из теоретических предпосылок. Указанная ситуация может быть обусловлена различными причинами, связанными, как с отличиями модельного уровня, так и с влияниями процедур обработки. В настоящем докладе рассматриваются некоторые аспекты, относящиеся к процедурам обработки, в частности, к суммированию, которые могут влиять на динамические характеристики целевых сигналов, понижая качество получаемых результатов.

Такие исследования особенно важны с учетом использования в настоящее время значительных кратностей наблюдений, принципиально направленных на повышение точности последующих интерпретационных построений, относящихся к регионам Западной и Восточной Сибири, где выделяются месторождения сложного строения. Эти месторождения характеризуются невыдержанностью толщин и коллекторских свойств продуктивных пластов по площади и разрезу или наличием литологических замещений коллекторов непроницаемыми породами. Часто залежи являются не структурными, а литологическими и тектонически экранированными со значительными тектоническими нарушениями. На рисунке 1 приведен пример реального месторождения, в пределах которого мощности продуктивных пластов варьируются от двух до пятнадцати метров. На представленном рисунке обозначены:  $\Pi^a$  - кровля Васюганской свиты и  $\Gamma^b$  - кровля Тюменской свиты, а также соответствующие им отраженные сигналы, проявляющиеся на временном разрезе. Форма сейсмической записи указывает на выклинивание или существенное уменьшение мощности пластов надугольной пачки. Так, на высокочастотных разрезах хорошо видно прекращение прослеживания положительного экстремума  $\Pi^a$  либо значительное ослабление его энергии.

В условиях приведенного месторождения выделение целевых объектов только по кинематическим параметрам сейсмической записи практически невозможно. Необходимо привлечение динамических характеристик волнового поля. При этом, для решения динамической задачи традиционно применяют атрибутный анализ и различные виды инверсионных преобразований. Успешное выполнение инверсии зависит от ряда факторов и не всегда дает положительный эффект, на который рассчитывают интерпретаторы. Такая ситуация может быть обусловлена, в том числе, искажением динамических характеристик сейсмической записи, связанным с избыточной кратностью суммирования.

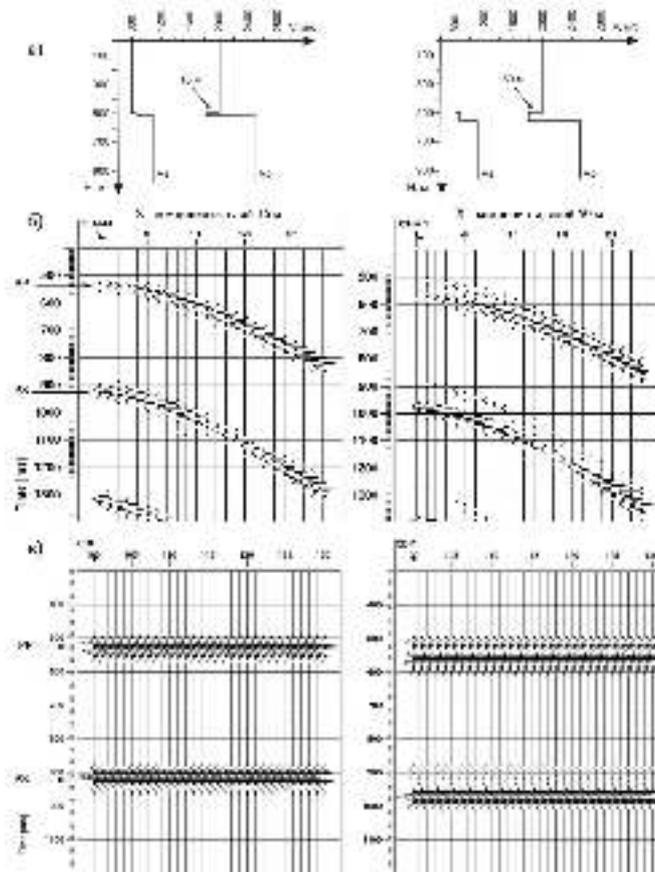
Указанные особенности интерпретационных задач повышают важность динамического анализа сейсмических сигналов и выполнения детальных исследований по учету влияния процедур обработки на их форму. Проводимые нами исследования выполнялись в рамках тонкослоистых моделей целевых объектов, представляющих наибольший интерес для разведки нефтегазовых месторождений. Несмотря на простоту моделей, они позволяют изучать довольно широкий круг задач, связанных с математическим моделированием волновых процессов, влиянием процедур обработки и использованием современных инверсных алгоритмов для определения параметров целевых объектов среды. При этом наиболее значимыми являются вопросы эффективности использования имеющейся избыточности сейсмической информации, влияния процедур суммирования на динамические характеристики сигналов, получаемых на окончательных временных разрезах, а следовательно и на параметры изучаемых объектов. Эксперименты проводились на моделях реальных тонкослоистых объектов, содержащих от одного до пяти слоев.



**Рисунок 1** Пример части геологического разреза (а) и формы сейсмической записи, соответствующей выклиниванию надугольной толщи (б).

## Метод

Важным моментом при построении модельных сейсмограмм, отвечающих упругим тонкослоистым моделям, является точность используемых методов. При их высокой точности можно гарантировано относить получаемые в процессе обработки изменения формы сигнала к влиянию обрабатывающих процедур, а не к особенностям алгоритма моделирования. Нами разработаны соответствующие методы, которые обеспечивают точность, близкую к аналитическим построениям для слоистых моделей, что позволяет рассчитывать волновые картины, не содержащие дополнительных искажений. Основой для методов служат эффективные математические построения, изложенные в работах [1, 2]. Они рассматривают решение системы дифференциальных уравнений теории упругости в спектральной области. Для перехода к временным и пространственным спектрам используются два преобразования: Лапласа и Фурье-Бесселя. Хорошие вычислительные особенности указанных спектральных методов еще не обеспечивали эффективного перехода к временному представлению, что необходимо при расчете сейсмограмм. Требуемые исследования указанной проблемы были выполнены позднее [3]. Созданные алгоритмы позволили получать высокое качество модельных данных по двум регистрируемым компонентам: вертикальной и горизонтальной. Пример рассчитываемых сейсмограмм, отвечающих горизонтальным компонентам двух модификаций модели тонкого слоя, имеющего мощность 16 и 50 метров, показан на рисунке 2 (а). Использование таких сейсмограмм для тестирования процедур обработки, в частности, суммирования, давало возможность относить все последующие искажения формы сигнала к их воздействию.



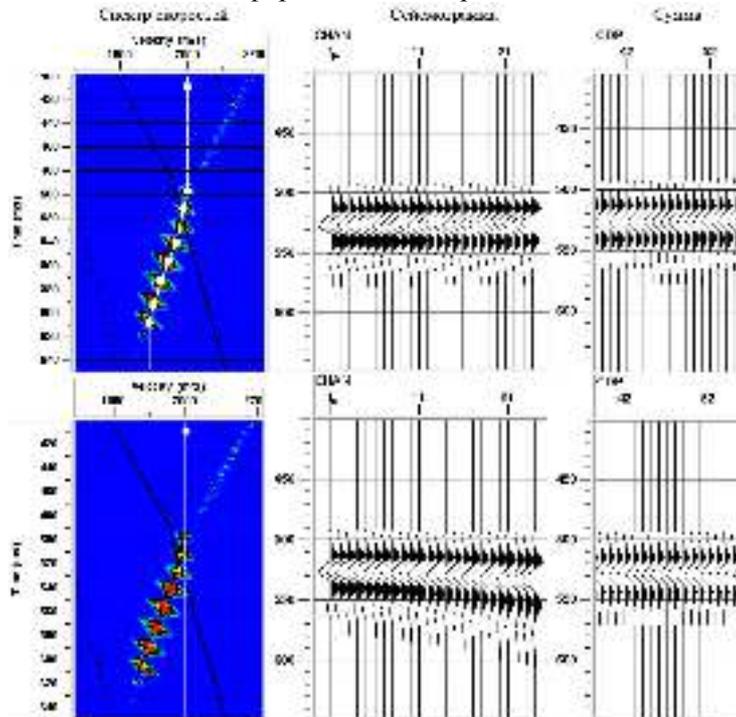
**Рисунок 2** Скоростная модель упругого слоя (а), а также исходные модельные сейсмограммы (б) и суммарные разрезы (в), полученные для горизонтальной компоненты при различной мощности слоя.

При расчете сейсмограмм, представленных на рисунке 2 (б), из спектров была устранена часть решения, отвечающая прямой волне (такая возможность имеется в алгоритме), что обеспечивало лучший анализ отраженных сигналов. Видно, что рассчитанные сейсмограммы позволяют анализировать различные, даже небольшие, детали динамических особенностей волновых картин. Так, при мощности слоя 50 м отчетливо проявляется разделение отражений от кровли и подошвы слоя по отраженной продольной волне (PP). Также наблюдается увеличение времени набега для отраженной обменной волны (PS), что согласуется с ее природой. При уменьшении мощности слоя до 16 м данное разделение отражений от кровли и подошвы слоя уже визуально не наблюдается для обоих типов волн. Здесь отмечается лишь незначительное изменение формы отраженного импульса, которое существенно проявляется для PS-волны. На представленных сейсмограммах также отчетливо проявляются изменения амплитуды и формы сигнала в закритической области.

Последующая обработка модельных сейсмограмм проводилась посредством формирования профиля модельных наблюдений, скоростного анализа и выполнения процедуры суммирования. Кинематический мьютинг при расчете спектров скоростей и суммировании не применялся, чтобы сохранить сигнал на максимальных удалениях.

На рисунке 3 показаны скоростные спектры, сейсмограммы с введенной кинематикой и участок временного разреза (слой 16 м, Z-компонента). В первом случае значения скоростей определены точно по спектрам для оптимального спрямления осей синфазности отраженных волн и получения «идеальной» суммы. Второй случай соответствует постоянной скорости 2000 м/с и приводит к недоспрямлению осей синфазности и, следовательно, к неоптимальной сумме с искажением формы сигнала. Можно видеть, как появление слоя с пониженной скоростью

приводит к отрицательному градиенту скоростей суммирования. Даже в случае одного тонкого слоя при использовании постоянной скорости суммирования 2000 м/с для верхнего отражения происходит недоспрямление, что вносит небольшое искажение в амплитуду и форму суммарного сигнала. В случае пачки тонких слоев с вариациями скоростных параметров происходит значительное искажение формы сигнала при использовании больших удалений.



**Рисунок 3** Пример получения суммарного разреза по модельным сейсмограммам Z-компоненты для пласта 16 м.

## Выводы

Для повышения эффективности решения интерпретационных задач, связанных с изучением сложнопостроенных тонкослоистых объектов среды, требуется выполнение детальных исследований по оценке влияния процедур обработки на форму интерференционных сигналов. Кроме того, проведение таких исследований с использованием современных методов моделирования позволяет изучать влияние различных параметров применяемых систем наблюдений и оптимизировать их с учетом особенностей строения целевых объектов среды.

## Список литературы

1. Карчевский А.Л. Прямая динамическая задача сейсмоки для горизонтально-слоистых сред // Сибирские Электронные Математические Известия, 2005, т. 2. С. 23-61.
2. Карчевский А.Л. Восстановление продольной и поперечной скоростей и границ тонких слоёв в тонкослоистой пачке // Сиб. журн. вычисл. матем., т. 15:1, 2012. С. 67–82.
3. Митрофанов Г.М., Приймаенко В.И. Проблема вложения теоретического решения в сейсмические наблюдения // Технологии сейсморазведки, 2012, №3. С. 5-26.