

**ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ НАЗЕМНЫХ И  
СКВАЖИННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ  
РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ  
3D ВСП И 3D+ВСП**

А.А. Табаков\*, К.В. Баранов\*\*

\* *ОАО «ЦГЭ»*, \*\* *ООО «ГЕОВЕРС»*, Москва

**ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF SURFACE AND  
DOWNHOLE SEISMIC ILLUSTRATED BY PROCESSING RESULTS  
OF 3D VSP AND 3D+VSP**

A.A. Tabakov\* & K.V. Baranov\*\*

\* *CGE JSC, Moscow*, \*\* *GEOVERS Ltd., Moscow*

**Аннотация.** Сопоставительный анализ результативности сейсморазведки на поверхности (СП) и в скважинах (ВСП) показывает, что каждый из методов обладает собственными достоинствами и недостатками.

Сейсморазведка на поверхности принципиально не имеет возможности надежно определять истинные скорости и истинную форму сигнала. Это приводит к многочисленным ограничениям по разрешенности и по возможностям учета и использования обменных волн. Практически, современная СП вышла на предел своих возможностей.

Вертикальное сейсмическое профилирование дает возможность оценки истинных скоростей и истинной формы сигнала, но с удалением от скважины быстро теряет эффективность при изучении околоскважинного пространства, что демонстрируется на примере обработки данных МОГ в сопоставлении с результатами сейсморазведки на поверхности.

На примере обработки данных 3D+ВСП показана возможность использования формы сигнала и скоростной модели из ВСП для повышения эффективности СП.

**Abstract.** Comparative analysis of Surface Seismic (SS) and VSP shows that each method has its own advantages and disadvantages.

Surface Seismic never provides true velocity model and true signature. This is the reason for low resolution and inefficient processing of converted PS waves. In fact modern SS is on the limit of efficiency being still inadequate in many applications.

VSP provide true velocities and true signature but quickly loses its efficiency when distance to well grows. This is shown as comparison between Walkaway and CDP section.

Example of 3D+VSP processing shows that in this combined application signature and velocity model from VSP may be used to improve efficiency of Surface Seismic.

**Сейсморазведка на поверхности.** Современная сейсморазведка на поверхности (2D и 3D) является ведущей и успешной технологией, которая обеспечивает построение непрерывных моделей геологических сред, содержащих продуктивные пласты.

Высококачественные съемки СП обеспечивают отчетливые изображения субгоризонтальных сред с разрешенностью, обеспечиваемой частотным диапазоном до 100 Гц, что соответствует 15-30 м в зависимости от скоростных характеристик разреза. Для таких сред могут быть сделаны полезные оценки физических параметров толстых пластов (связанные с содержанием углеводородов), но не для тонких пластов.

Принципиальной особенностью и слабостью СП является дистанционное изучение объектов исследования. Неоднородность среды искажает отклики изучаемых пластов на зондирующий сигнал. Детальное и точное знание всех неоднородностей среды на пути луча от источника к объекту и далее к приемнику является необходимым условием успешного изучения глубинных объектов.

**Сейсморазведка в скважинах.** Вертикальное сейсмическое профилирование является промежуточным методом, обладающим свойствами как ГИС, так и СП. Приемники расположены внутри изучаемой среды и область их размещения ограничена скважиной, а источники могут располагаться в любой точке на поверхности.

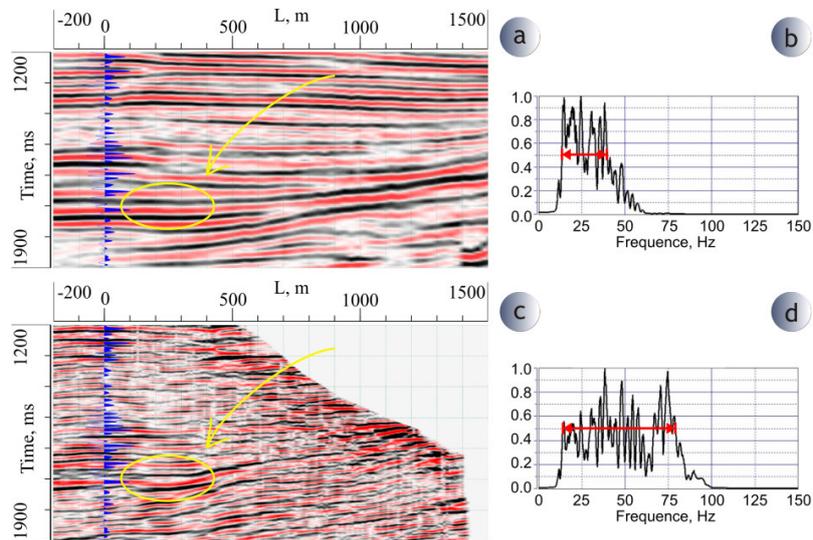
Благодаря этим свойствам, ВСП может обеспечивать детальную (сопоставимую с ГИС) разрешенность при изучении разреза в ближайшей окрестности скважины. Экспериментально подтвержденная разрешенность составляет единицы метров. При изучении среды на удалениях до 25% от глубины объекта ВСП обеспечивает изучение разреза с детальностью, возможно в 2-3 раза более высокой, чем при СП.

Однако, принципиальным неустранимым недостатком ВСП (и других скважинных методов) при изучении околоскважинного пространства является несимметричность систем наблюдения, что приводит к неустранимым погрешностям при компенсации амплитудных искажений, связанных с различием углов облучения границ, и невозможности достаточного ослабления кратных волн.

**Наземная сейсморазведка или скважинная сейсморазведка.** Следующий пример иллюстрирует достоинства и недостатки результатов, полученных с помощью наземной сейсморазведки и скважинной сейсморазведки.

На следующем рисунке: фрагмент профиля ОГТ (рис. 1a), проходящего поперек скважины, где были проведены работы ВСП, фрагмент профиля, полученного по данным ВСП (рис. 1c), а также амплитудные спектры изображений ОГТ и ВСП соответственно (рис. 1b, 1d).

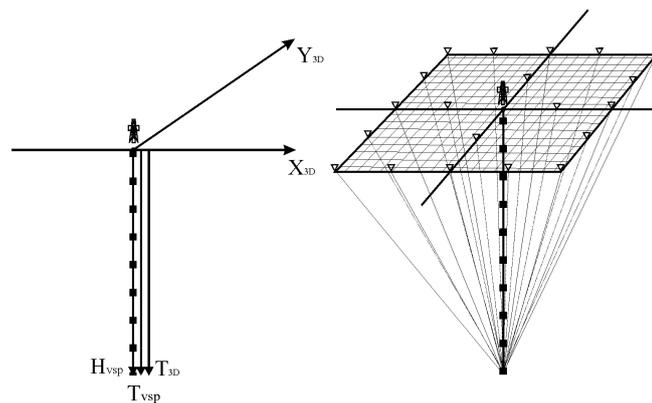
Ширина спектра изображения ОГТ – 12-40 Гц, а ширина спектра изображения ВСП – 12-80 Гц. Разрешенность результатов, полученных по ВСП выше, чем по ОГТ. Это позволяет получить более детальную структуру окрестности скважины (например, выявить русло реки). Но качество результатов ВСП существенно уменьшается с увеличением расстояния до скважины.



**Рис. 1.** Сопоставление результатов наземной сейсморазведки (a, b) и скважинной сейсморазведки (c, d)

**Трехмерные системы наблюдений.** Использование данных ГИС и ВСП на этапе интерпретации данных СП позволяет ослабить влияние ограниченной разрешенности и отсутствия детальных сведений о скоростях. Однако, на настоящий момент, эти возможности практически исчерпаны, и для последующего увеличения детальности и точности сейсмических исследований потребуются использовать дополнительные данные, полученные с помощью более информативных систем наблюдений.

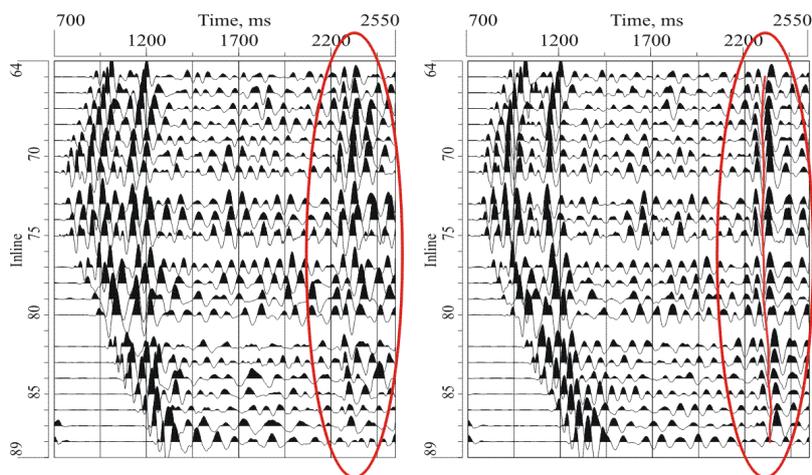
На этапе изучения детального строения резервуара с целью доизвлечения остаточных запасов углеводородов на площади исследований имеется значительное количество глубоких скважин. Если при обработке наземной съемки 3D все возбуждения регистрируются одновременно в одной или нескольких скважинах (рис. 2), возникает трехмерная система наблюдений, которая названа автором 3D+ВСП в силу неполного насыщения вертикального измерения (только в скважинах). Эта система позволяет скорректировать два недостатка СП – отсутствие точных сведений о форме сигнала и отсутствие информации о распределении истинных скоростей продольных и поперечных волн в изучаемой среде.



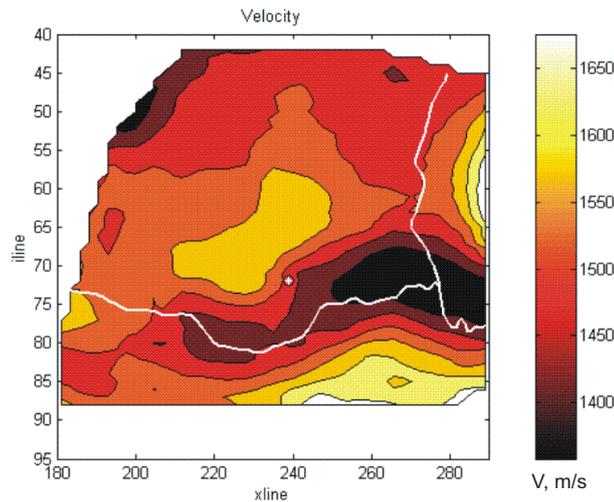
**Рис. 2.** Системы наблюдений традиционного ВСП (слева) и 3D+ВСП (справа)

Практическое опробование съемок 2D и 3D с одновременной регистрацией данных в глубокой скважине продемонстрировало оба преимущества трехмерных систем наблюдений (Табачков и др., 2003, 2007).

Регистрация полной формы падающей волны в скважине позволяет выровнять условия возбуждения, а регистрация времен позволяет уточнить скоростную модель и рассчитать статические поправки, в том числе их низкочастотную компоненту (рис. 3, 4).



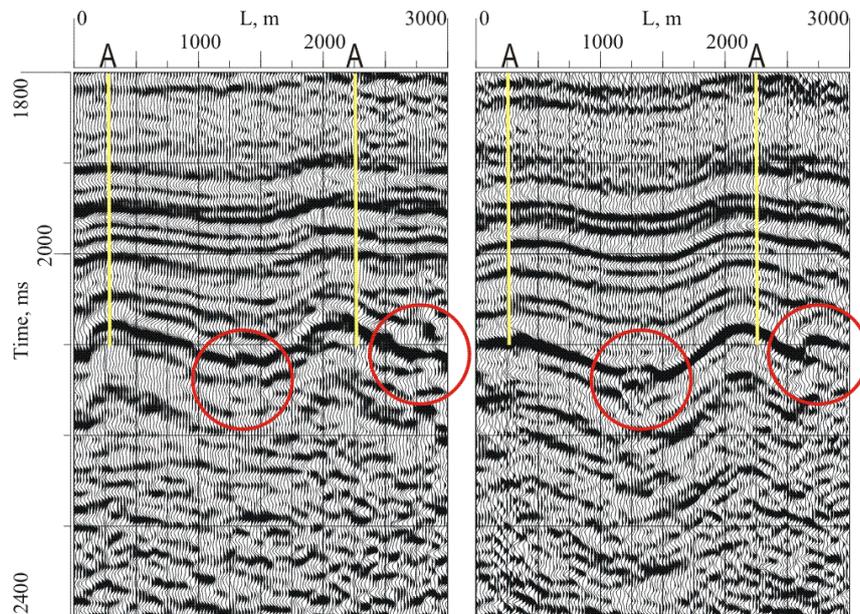
**Рис. 3.** Коррекция формы сигнала и статики за пункт взрыва по данным совмещенных наземно-скважинных наблюдений: слева – фрагмент исходной записи данных сейсморазведки 3D (выборка общего пункта приема), справа – фрагмент выборки общего пункта приема после коррекции формы сигнала по данным глубинного прибора.



**Рис. 4.** Уточнение модели ЗМС согласно латеральным неоднородностям статических поправок, полученных глубинным зондом в рамках работ 3D+ВСП (русло реки выделено белым цветом)

Использование систем наблюдений и соответствующей методики обработки 2D/3D+ВСП помогает увеличивать разрешенность и выявлять некоторые структурные особенности в сейсмических разрезах (рис. 5).

При использовании многоточечных зондов, охватывающих всю скважину, появляется возможность оценить распределение истинных скоростей продольных и поперечных волн, а также компенсировать неоднородность среды, сохраняя высокую разрешенность результатов обработки.



**Рис. 5.** Сейсмические разрезы, полученные в результате обработки данных сейсморазведки на поверхности 3D (слева) и данных 2D+ВСП (справа)

## **Выводы.**

- Оба метода сейсморазведки (наземная и скважинная) обладают своими преимуществами и недостатками, и ВСП может успешно расширить возможности сейсморазведки на поверхности.
- Для увеличения эффективности сегодняшней сейсморазведки целесообразно использовать совмещенные наземно-скважинные системы наблюдений.
- Единственно возможным путем реализовать все преимущества таких систем наблюдений – использование многоуровневых зондов по всей глубине скважины.
- Основными преимуществами совмещенных систем наблюдения являются:
  1. увеличение разрешенности наземной сейсморазведки путем использования истинной формы сигнала для деконволюции;
  2. корректное восстановление структуры и обработка обменной поперечной волны с использованием истинной 3D скоростной модели среды;
  3. увеличение разрешенности вследствие использования истинной скоростной модели при синфазном суммировании.

## **Литература.**

1. Tabakov, A.A., Baranov, K.V., Eliseev, V.L., Reshetnikov, A.V. and Kopchikov, A.V. [2006] About Principles and Actuality of Combining Surface and Downhole Acquisition Geometries (3D+VSP, 2D+VSP). 6th International Conference and Exhibition “Galperin Readings – VSP and 3D Acquisition Systems”. Moscow, Abstracts, 7-9.
2. Tabakov, A.A., Kashik, A.S., Gogonenkov, G.N. and Baranov, K.V. [2003] 2D, 3D+VSP Acquisition Geometries Combining Surface and Downhole Measurements. International Conference and Exhibition “Geophysics of the XXI Century – Leap into the Future”. Moscow, Extended Abstracts, OS2.