

Распределенные акустические системы при работах ВСП

М.Б. Шнеерсон д.т.н., проф. МГРИ, РГУ нефти и газа

Содержание

- 1. Введение**
- 2. Сравнение оптико-волоконной и стандартной приемных систем, определение глубины погружения кабеля и выбор ширины лазерного луча**
- 3. Примеры применения распределенных оптико-волоконных систем**
- 4. Выводы**

1. Введение

Распределенные оптико-волоконные системы (Distributed acoustic sensing, DAS) с 2012г применяются при работах ВСП и в настоящее время получают все большее применение в скважинных (ВСП) и наземных сейсмических съемках. Эти системы особенно эффективны при проведении скважинных исследований, т.к. они позволяют одновременно принимать и регистрировать колебаний по всей длине оптико-волоконного кабеля, что исключает необходимость использования перемещаемых по стволу скважины одиночных или гирлянд сейсмоприемников, и минимизирует (возможно до одного) число необходимых воздействий. Возможность многократного использования кабеля для приема колебаний и его нечувствительность к внешним электрическим и магнитным полям в еще большей степени повышают перспективы широкого применения оптико-волоконных систем в сейсморазведке при решении практических задач.

В настоящее время работы с оптико-волоконным кабелем пока еще носят опытно-методический характер и, в большей степени, ориентированы на разработку и совершенствование технологии работ и на сравнение со стандартными приемными устройствами. Эти направления находят отражение в зарубежных публикациях и материалах ежегодных конференций EAGE.

2. Сравнение оптико-волоконной и стандартной приемных систем, определение глубины погружения кабеля и выбор ширины лазерного луча

Применению и внедрению новых технических средств всегда предшествует их сравнение с существующими, применяемыми устройствами.

Распределенные оптико-волоконные приемные системы (DAS) не являются исключением.

Сравнение вибрационных записей Р и S –волн, зарегистрированных стандартными сейсмоприемниками и датчиками DAS, проводилось неоднократно. Далее приведены материалы сравнения, по материалам ВСП, полученным в одной из вертикально-наклонной скважине в Техасе, [1]. Стандартные записи были получены с шагом 15,24 м в пределах только вертикальной части скважины (3000 м), а приборами DAS через 1 м по всему стволу скважины (4524 м). Возбуждение колебаний проводилось на удалениях 104, 762 и 1524, что позволило зарегистрировать Р и S волны. На рис.1 приведены результаты сравнения записей, полученных в пределах вертикального ствола скважины. Их сопоставление показывает, что по качеству записей, прослеживаемости регулярных волн и их амплитудам они практически идентичны

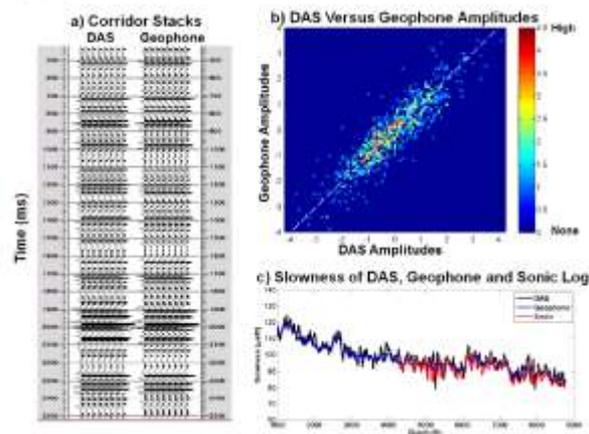


Рис. 1 Сравнение записей, амплитуд волн и их изменения с глубиной, полученных сейсмоприемниками и приборами DAS

Рис. 1 Сравнение записей, амплитуд волн и их изменения с глубиной, полученных сейсмоприемниками и приборами DAS

В оптико-волоконных приемных системах давление на кабель измеряется не в точке, а на определенном его участке, что приводит к зависимости выходных данных от протяженности кабеля и ширины исходного импульса. Результаты проведенных опытных работ с оптико-волоконным кабелем показали, что приемная система работает как низко-частотный фильтр, полоса пропускания которого уменьшается с увеличением протяженности измерительного участка кабеля (Рис.2).

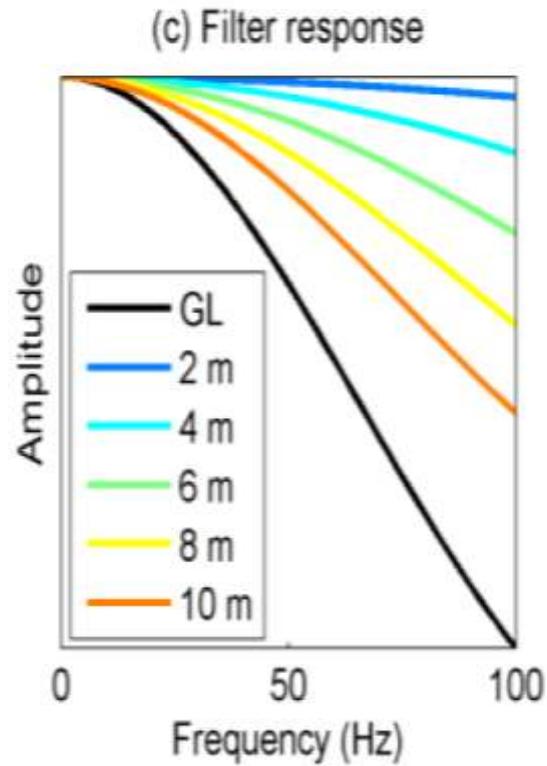


Рис. 2 Влияние длины кабеля на
полосу пропускания фильтра

3. Примеры применения распределенных оптико-волоконных систем

Одним из важных направлений скважинных работ является определение средних скоростей по вертикальному лучу, т.е. при нулевых выносах пункта возбуждения от устья скважины. В [4] рассматривается возможность использования распределенных акустических систем при работах ВСП на нулевых выносах. В основу анализа положена теорема дискретизации и ее приложения к точности пикирования первых вступлений, определения скоростей и суммирования волн по вертикали (corridor stack). На основании модельных расчетов и сопоставления с материалами стандартных наблюдений в работе положительно оцениваются перспективы применения распределенных акустических систем (DAS) при работах ВСП на нулевых выносах. В обоснование этого тезиса приведены кривые, графики и записи волн, иллюстрирующие величины погрешностей определения пластовых скоростей и надежность прослеживания волн в первых вступлениях в зависимости от интервала дискретизации.

В [5] приведены результаты обработки материалов 3D ВСП с распределенными системами, полученных в двух близко расположенных скважинах (dual-well), пробуренных на месторождении Valhall в Северном море.

Всего было задействовано 60000 пунктов возбуждения, которые располагались по сетке 50 x 50 м на площади размером 10 на 20 км. Обе скважины были практически вертикальными в верхней части и наклонными на глубине. Первичные записи были довольно зашумленными, но последующая фильтрация колебаний позволила с различной степенью уверенности выделить распространяющиеся вниз волны (Рис. 3). Обработка материалов предусматривала препроцессинг, восстановление амплитуд, деконволюцию, выделение распространяющихся вверх и вниз волн и миграцию.

Построенные изображения были успешно вмонтированы в разрезы, полученные с донными приемными устройствами (Рис. 4).

В заключении отмечается, что технология DAS может быть успешно использована для получения достоверных подземных изображений и проведения съемок 3D ВСП в эксплуатационных и инжекторных скважинах. Это определяет экономическую эффективность технологии DAS.

Г.ч. 16, 2016

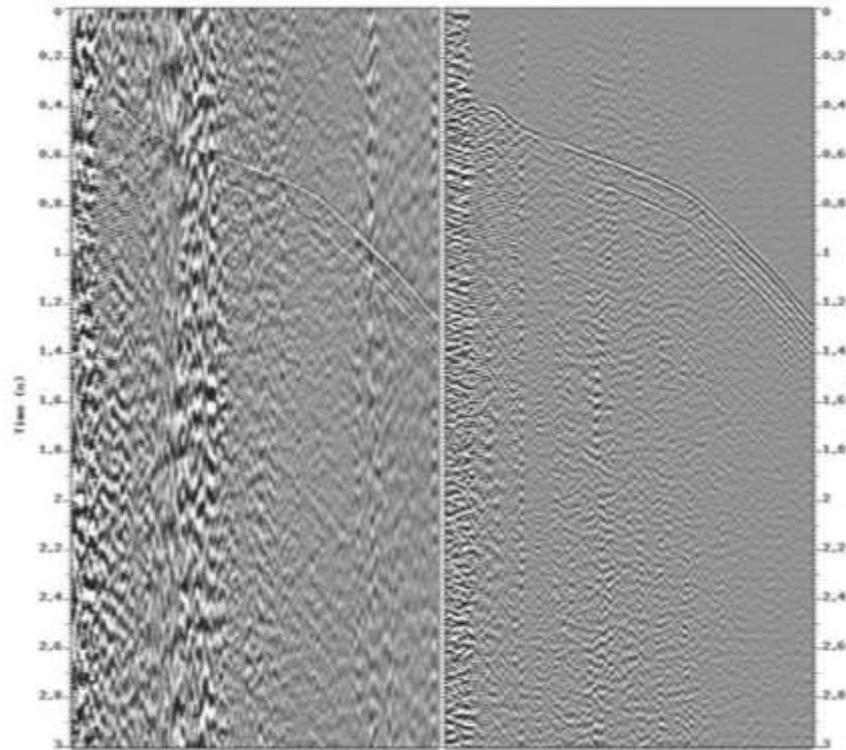


Рис. 3 Записи волн в скважине до (слева)
и после (справа) подавления помех

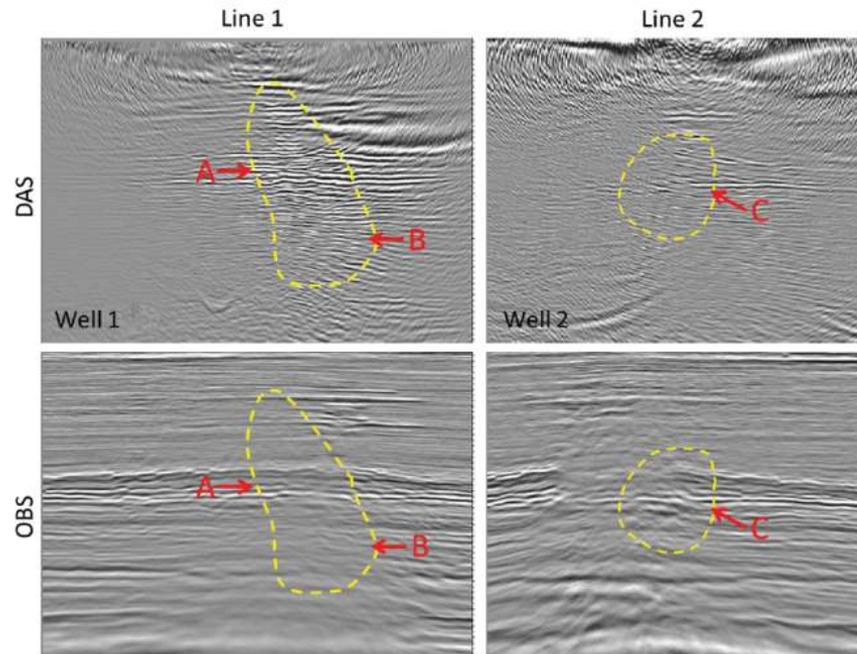


Рис. 4 Построения DAS (в желтом контуре), вмонтированные в разрезы 3D

Г.ч. 16, 2016

Приведем другой пример успешного применения распределенных систем DAS. Работы были проведены в эксплуатационной скважине (северо- восточный район Китая) для оценки скоростных и анизотропных параметров среды с последующим использованием этих данных при обработке материалов наземной сейсморазведки, а также для определения эффективности систем (DAS) при наблюдениях ВСП. Волны возбуждались 4-х килограммовыми зарядами динамита, которые располагались по двум взаимно-перпендикулярным линиям и вокруг скважины по трем профилям, и регистрировались двумя оптико-волоконными кабелями, опущенными в скважину от поверхности до забоя (Рис.5). Колебания принимались с шагом 0,25 м по глубине и 1 μ s по времени. Всего было отработано 366 пунктов возбуждения за пять рабочих дней. Полученные первичные записи были трансформированы в формат SEG 4, что позволило провести их обработку и получить временные разрезы, которые не только хорошо совпали с материалами поверхностных работ, но оказались более разрешенными и детальными (Рис.6). Полученные результаты открывают широкие перспективы применения оптико-волоконных систем при скважинных работах в северо - восточных районах Китая.

Г.ч. 16, 2016

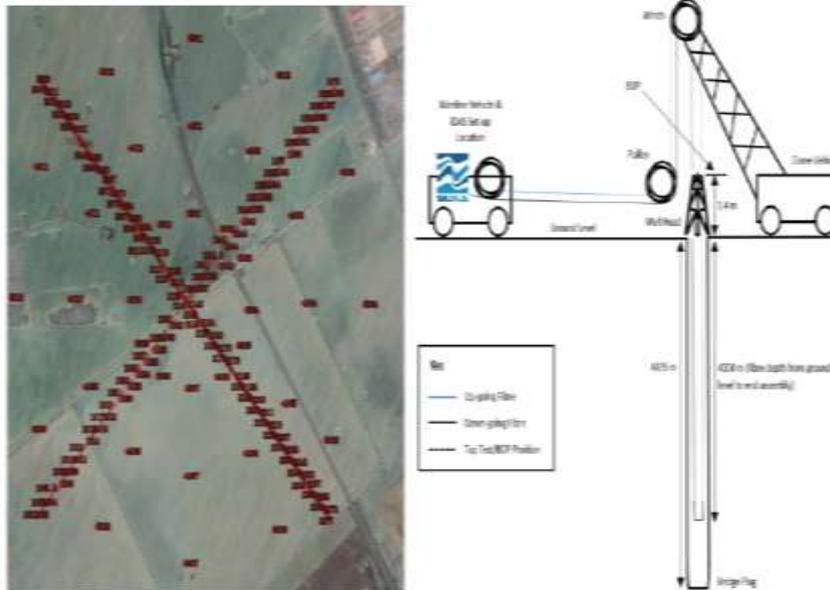


Рис.5 Схема расположения пунктов возбуждения (слева) и технологии проведения работ (справа)

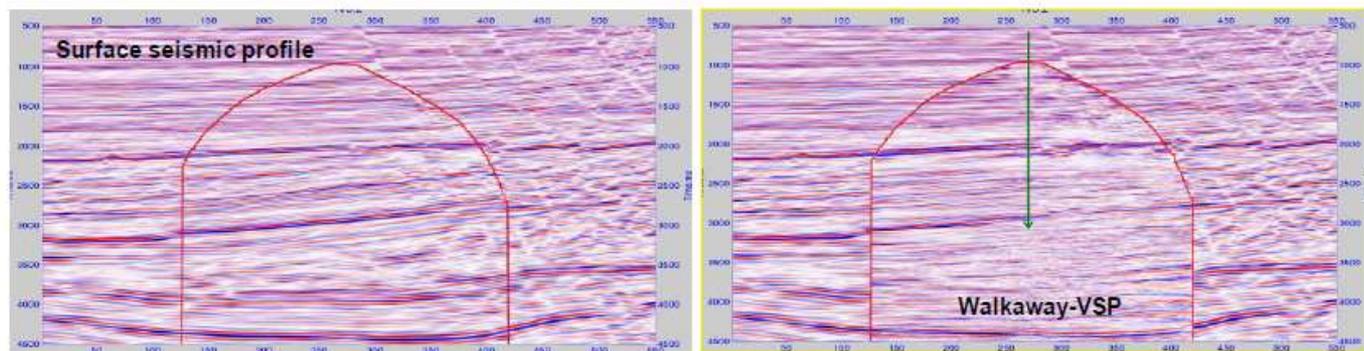


Figure 6 Surface seismic profile (left) and DAS Walkaway VSP image insert into surface seismic profile (right) along the Walkaway VSP survey line with coarser shots.

Рис. 6 Сейсмический профиль: слева - стандартный и
справа - с вмонтированными данными ВСП DAS
(в красном контуре)

Возможности существенного повышения качества записей при проведении скважинных работ с применением волоконных приемных систем основываются на суммирование записей, распространяющихся по разным траекториям, что приводит к снижению уровня шумовых сигналов и повышению относительной интенсивности целевых волн. На рис.7 приведены материалы скважинных наблюдений, иллюстрирующие повышение качества много-частотных записей и указывающие на положительные перспективы применения этого направления работ с оптико-волоконными приемными системами.

Г.ч. 16, 2016

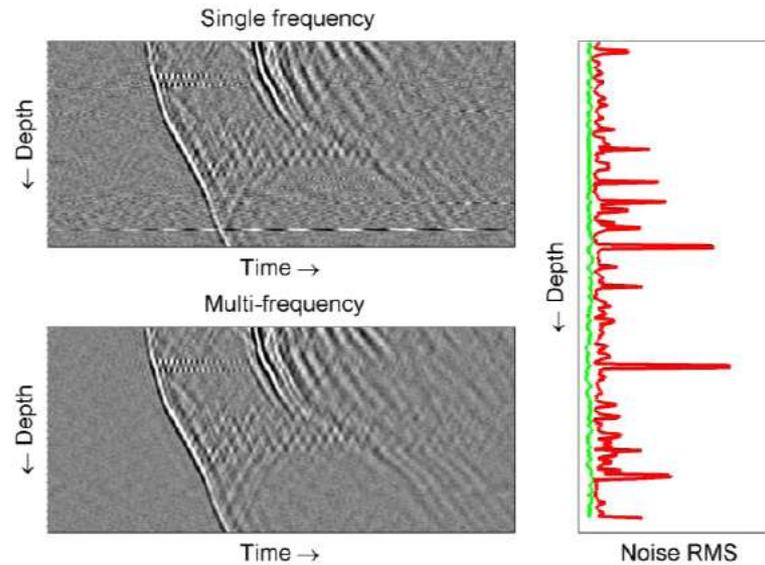


Рис.7 Повышение качества записей (слева) и
снижение уровня шумов (справа) при
сложении записей на нескольких частотах
(зеленая кривая)

Выводы

Обзор публикаций по применению оптико-волоконных приемных систем при наблюдениях ВСП показал следующее:

- сейсмические материалы с новыми и стандартными приемными устройствами практически идентичны по качеству;
- применение оптико-волоконных систем возможно и эффективно при одномерных и пространственных съемках 3D ВСП в эксплуатационных и инжекторных скважинах;
- суммирование записей DAS повышает отношение сигнал/помеха и качество материалов;
- оптико-волоконные приемные системы позволяют существенно упростить проведение скважинных сейсмических работ и снизить их стоимость без снижения качества получаемых материалов.

Внедрение этой технологии в производство позволит расширить объемы скважинной сейсморазведки и повысить ее эффективность