

Сравнение результатов полевых испытаний геофонов при выполнении сейсморазведочных работ по методике 2D в Колумбии

■ R. Yibirin (Pacific Rubiales Energy), A. Lacruz (Pacific Rubiales Energy), J. Caldwell (OYO Geospace)

Введение

В течение апреля 2011 года компания "Pacific Rubiales Energy" проводила полевые испытания в Колумбии с целью сравнения сейсмических данных, полученных с использованием традиционных 6-элементных групп сейсмоприемников (геофоны, соединенные последовательно), с данными, полученными с использованием одиночного сейсмоприемника GS-One производства компании OYO Geospace. Теоретически, сигнал одиночного геофона GS-One на 2-3 дБ (по амплитуде) слабее, чем сигнал шести соединенных последовательно традиционных сейсмоприемников (в зависимости от конкретного используемого традиционного геофона). Таким образом, эта небольшая разница не должна оказывать отрицательное влияние на качество данных. В таблице 1 представлены основные технические характеристики геофона

GS-One и трех наиболее распространенных традиционных геофонов, обычно применяемых в группах сейсмоприемников. В результате полевых испытаний был получен материал, позволивший сравнить данные, собранные с помощью шести геофонов SM-24 компании ION Sensor, сгруппированных в пределах окружности диаметром один метра, и данные, полученные с помощью только одного геофона GS-One.

Полевые испытания

Полевые испытания проводились на Восточной Колумбийской равнине (Eastern Colombian Llanos) во время сейсмической съемки по методике 2D в местности с хорошо разведанной геологией. Для одного из двух сейсмических профилей два пункта приема были размещены в одинаковых позициях. На первом пункте приема была установлена группа сейсмоприемников, состоящая из

▼ Табл. 1

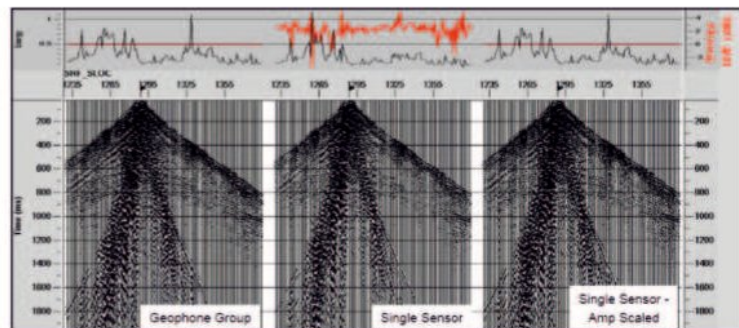
Тип геофона	GS-One	SM-24	SG-10	GS-32CT
Собственная частота	10 Гц ± 3,5%	10 Гц ± 2,5%	10 Гц ± 2,5%	10 Гц ± 2,5%
Искажения	0,05%	0,1 %	0,075%	0,1 %
Чувствительность	85,8 В/м/сек	28,8 В/м/сек	22,8 В/м/сек	27,5 В/м/сек
Максимальная частота	240 Гц	240 Гц	240 Гц	250 Гц
Минимальное движение катушки	2,54 мм	2,0 мм	1,78 мм	1.52 мм
Вес	130 г	74 г	78 г	86 г
Изготовитель	OYO Geospace	I/O SENSOR	Sercel	OYO Geospace

Примечание: Значения чувствительности не обязательно приведены при одинаковом уровне затухания.

шести последовательно соединенных геофонов SM 24 производства I/O Sensor ("Группа геофонов"), расположенных по окружности диаметром 1 метр, а на втором пункте приема был установлен одиночный геофон GS-One ("Одиночный геофон"). В таблице 2 приведена краткая характеристика параметров сейсмической съемки. Для записи использовалась система Sercel 428 XL System с К-усилением 12 дБ при сравнительных испытаниях "Группы геофонов" и "Одиночного геофона". Источником служили 900-граммовые заряды взрывчатого вещества, заложенные во взрывные скважины глубиной 10 метров.

Исходные материалы (необработанные данные)

На Рис. 1 приведены исходные (необработанные) данные, соответствующие пункту возбуждения, расположенному вблизи центра профиля. На левом изображении приведены данные, полученные с использованием "Группы геофонов", в центре –



▲ Рис. 1. Исходные материалы, соответствующие пункту возбуждения 1288 (около середины профиля). Верхний график показывает значение энергии каждой трассы. Красная кривая показывает разницу энергий сейсмограммы "Группы геофонов" и сейсмограммы "Одиночного геофона".

данные, полученные с помощью "Одиночного геофона", а на правом изображении показаны данные с "Одиночного геофона" с применением масштабирования по амплитуде. Данные, полученные с использованием "Одиночного геофона", показывают среднеквадратичную амплитуду на 1 – 1,5 дБ ниже (энергию ниже на 2 - 3 дБ), чем данные, полученные с помощью "Группы геофонов".

Грубое суммирование (Предварительный разрез)

На Рис. 2 показаны предварительные разрезы, к которым были применены деконволюция сжатия (обратная фильтрация сжатия) и геометрическое восстановление амплитуд (что соответствует разному "Группы геофонов" и разному "Одиночного геофона"). Обе картинки весьма схожи. Разница между ними в основном связана со случайными помехами. И вновь, мы наблюдаем более высокие значения амплитуд данных, полученных с помощью "Группы геофонов", по сравнению с данными, полученными с использованием "Одиночного геофона". Эта разница находится в

▼ Табл. 2

Расстояние между источниками возбуждения	60 м
Расстояние между пунктами приема	15 м
Максимальная кратность	24
Мин. число активных каналов	96
Ближайшее удаление точки взрыва	7,5 м
Длина взрывного профиля	9,42 км
Шаг дискретизации	2 мсек
Количество пунктов возбуждения	158
Количество каналов	628
Макс. число активных каналов	192
Расстояние между ОГТ	3,75 м
Длина приемной линии полной кратности	6,6 км
Фильтр Найквиста	200 Гц

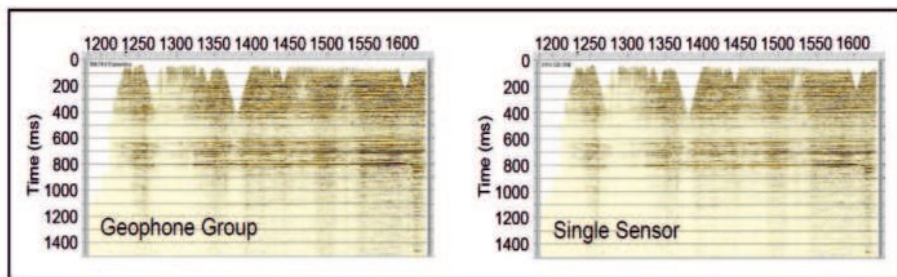


Рис. 2. Предварительные разрезы данных, полученных с использованием "Группы геофонов" (слева), и данных, полученных с помощью "Одиночного геофона" (справа).

интервале 2 and 3 дБ (по энергии) – то же самое значение отмечалось и в записях необработанных данных.

Амплитудный и фазовый спектры

Чтобы убедиться в том, что данные, получаемые от "Одиночного геофона", полностью согласуются с данными, получаемыми от традиционных групп, мы произвели расчет амплитудных и фазовых спектров для обоих комплектов данных с использованием предварительных разрезов. Помимо этого, мы провели потрассную перекрестную (кросс-) корреляцию между данными, полученными с помощью "Группы геофонов", и данными от "Одиночного геофона". Результаты представлены на Рис. 3. Как наглядно следует из рисунка, амплитудные и фазовые спектры для обоих наборов данных по сути идентичны. Взаимная корреляция между трассами, полученными с использованием двух наборов данных, показывают максимумы при $t=0$ и явную симметрию, что можно ожидать от трасс с одной и той же

фазой.

Подавление (Затухание)

Для сравнения подавления (затухания) данных "Группы геофонов" и данных "Одиночного геофона", для обоих комплектов данных мы произвели расчет AVO (зависимости амплитуды отражения от удаления) в разных временных интервалах. На Рис. 4 показаны результаты для обоих комплектов данных для интервала ("окна") от 0 до 4 000 миллисекунд. В других временных интервалах ("окнах") получены аналогичные результаты. Можно видеть, что коэффициент затухания для обоих комплектов данных одинаков, и это находит подтверждение при масштабировании данных, полученных от "Одиночного геофона", с использованием постоянного коэффициента 1,3 [Рис. 4(b)]. Параллельность кривых затухания и тот факт, что разность для всех рассмотренных временных интервалов ("окон") постоянна (1,14 дБ по амплитуде, 2,28 дБ по энергии), приводят к

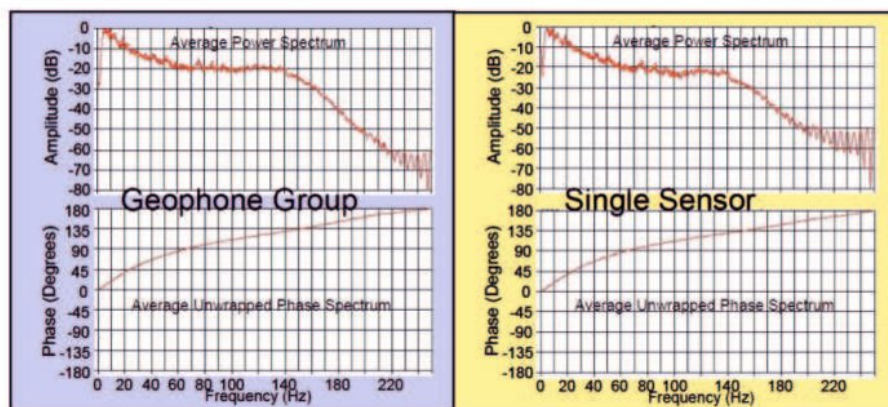
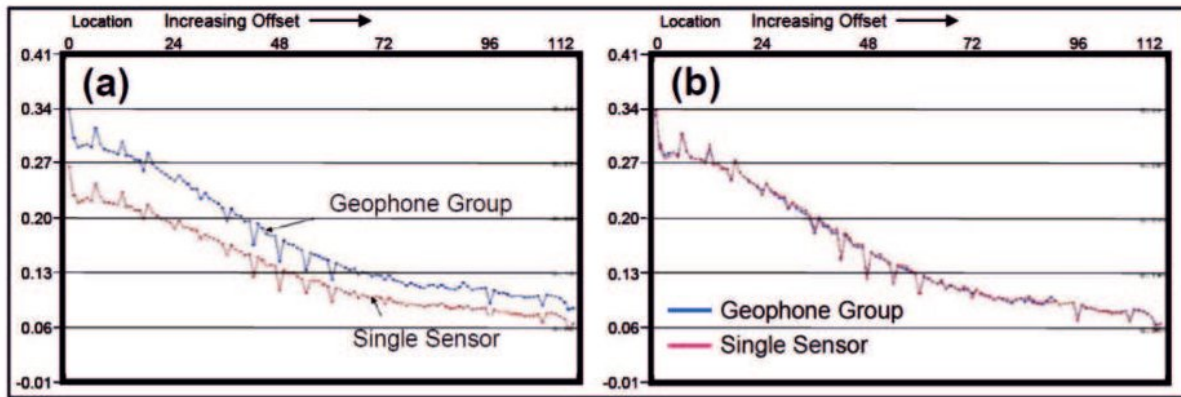


Рис. 3. Средние амплитудные и фазовые спектры для предварительных разрезов "Группы геофонов" и "Одиночного геофона".



▲ Рис 4. (а) AVO (зависимость амплитуды отражения от удаления) для обоих комплектов данных для временного интервала ("окна") от 0 до 4 000 миллисекунд. (б) AVO (зависимость амплитуды отражения от удаления) для данных "Группы геофонов" и "Одиночного геофона" для временного интервала ("окна") от 0 до 4 000 миллисекунд, когда данные "Одиночного геофона" были масштабированы с использованием постоянного коэффициента 1,3.

выводу о том, что затухание для обоих комплектов данных одинаково, как по сдвигу, так и по временному интервалу.

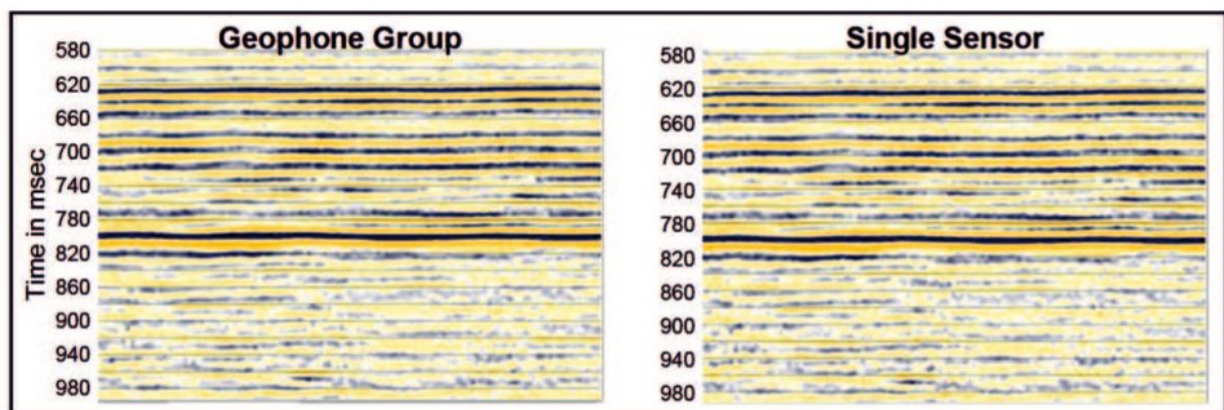
Обработанные профили PSTM (временная миграция до суммирования)

Профили, записанные с использованием "Группы геофонов" и с использованием "Одиночного геофона", были подвергнуты временной миграции до суммирования (Pre-Stack Time Migration). Между двумя профилями заметных различий обнаружено не было, что подтверждается Рис. 5, на котором приведены подробные

изображения разрезов в интервале сейсмического объекта исследований.

Преимущества с точки зрения эксплуатации

Проводивший опытные работы подрядчик (South American Exploration) утверждает, что для перемещения пунктов приема, состоящих из одного геофона, требуются примерно в два раза меньше рабочих, чем для перемещения групп, состоящих из 6 элементов. Кроме того, при использовании одиночных геофонов по сравнению с использованием групп из шести геофонов значительно сокра-



▲ Рис. 5. Подробности у сейсмической цели PSTM-разрезы данных, полученных с помощью "Группы геофонов" (слева) и "Одиночного геофона" (справа).

щаются затраты на транспорт.

Выводы

- Чувствительность применявшегося "Одиночного геофона" составляет 85,8 В/м/сек, что на 1,63 дБ ниже чувствительности группы из шести последовательно соединенных геофонов (125 В/м/сек), замеренной с использованием тестера групп геофонов. Что касается относительных амплитуд, фактически наблюдавшихся в ходе полевых испытаний, то их отношение составляет 1,3 к 1 (1,14 дБ), что является незаметным, если учитывать большой динамический диапазон большинства сейсморегистрирующих систем (130 дБ).

- Затухание с расстоянием и со временем пробега волны идентично для обоих типов приемников.

- Для шестиэлементной группы и для одиночного геофона GS-One амплитудные и фазовые характеристики одинаковы.

- С практической точки зрения разницы между данными, полученными с помощью 6-элементной группы, и данными, полученными с использованием одиночного геофона GS-One, нет.

- Использование одиночного геофона имеет эксплуатационные преимущества по сравнению с использованием группы геофонов.

Благодарность

Мы выражаем благодарность компании Pacific Rubiales Energy и корпорации OYO Geospace за разрешение опубликовать результаты, представленные в настоящей статье. Корпора-

ция OYO Geospace бесплатно предоставила компании Pacific Rubiales Energy использовавшиеся в испытаниях геофоны GS-One, а компания South American Exploration (SAE) произвела регистрацию сейсмоданных в ходе полевых испытаний. Карлос Родригес (Carlos Rodriguez) из компании Petroseis (Богота) и Уилфред Милан (Wilfred Milan) из компании Vector Seismic (Хьюстон) предоставили ценные рекомендации в области анализа сейсмических данных, а также произвели обработку материалов теста. Предварительный анализ результатов испытаний обсуждался с Дэном Ву из корпорации OYO Geospace. У нас была возможность обменяться точками зрения по вопросам чувствительности геофонов и динамического диапазона аналоговых систем. Мы благодарим его за очень ценные замечания. И, наконец, Эдвин Химено (Edwin Jimeno), также из корпорации OYO Geospace, взял на себя все организационные вопросы, необходимые для проведения этого эксперимента.

Список использованной литературы

1. Веб-сайт ION Products—Sensor Geophones
<http://www.geophone.com/techpapers/Geophone-brochure.pdf>, дата доступа 13 января 2012 г.
2. Веб-сайт OYO Geospace -
<http://www.oyogeospace.com/technologies/index.php?id=28>, дата доступа 13 января 2012 г.
3. Веб-сайт Sercel -
<http://www.sercel.com/Brochures/GeophonesHydrophones.pdf>, дата доступа 13 января 2012 г.