

Наземная сейсморазведка

Увеличению производительности работ наземной сейсморазведочной

партии способствует сокращение времени цикла работы вибраторов

Reduced Vibroseis cycle time technique increases land crew productivity

Для того чтобы увеличить производительность наземной сейсморазведки еще существует множество возможностей. В этой статье Жан-Жак Постель* (Jean-Jacques Postel*), Жюльен Меньер (Julien Meunier) и Томас Бианчи (Thomas Bianchi) описывают новую технологию более эффективной регистрации данных вибросейс.

По мере того, как нефтяные компании требуют все более и более детальные сведения о своих коллекторах, необходимость работать с возросшими объемами сейсмических данных нарастает. Производители сейсмостанций для наземных сейсмических исследований приспособились к этим нуждам путем

увеличения надежности оборудования и увеличения числа каналов полевой регистрации в экспоненциальной пропорции. Однако источник типа вибросейс остается слабым звеном в цепи регистрации и представляет собой тормозящий фактор производства. Улучшение производительности источника - ключевая задача в удовлетворении нужд нефтяной компании, с развитием новых методик CGG уже обращалась к этой проблеме.

Проба сил в пустыне

Партии вибросейс на Ближнем Востоке уже работают в режиме нон-стоп, днем и ночью, для того, чтобы превысить пределы производительности. Но перед геофизическими партиями в пустыне стоят две главные задачи: сокращение расходов на регистрацию сейсмических данных и улучшение качества построений сейсмических изображений земных недр. Сокращение временных затрат на регистрацию данных на одном пункте вибрирования - один из способов решения. Он дает возможность выбора между сокращением затрат на км² с использованием тех же параметров и улучшением окончательного изображения путем регистрации с увеличенной плотностью сетки пунктов возбуждения при тех же затратах.

Улучшение качества изображения в наземной сейсморазведке почти всегда связано с навыками подавления шумов. Шум может быть двух видов: шум окружающей среды и шум, генерируемый источником (прямой или рассеянный).

Шум окружающей среды подавляется путем увеличения мощности источника или группирования (полевые расстановки, суммирование по ОСТ или миграция). Прямой шум источника эффективно подавляется при использовании 3D скоростной фильтрации в области крестовой расстановки. Рассеянный шум подавляется в процессе регистрации (площадное группирование) и обработки (скоростная фильтрация и суммирование), но некоторый шум остается, большей частью из-за своей сложной формы (Meunier, J., 1999).

Рассеянный шум считается одной из основных причин ухудшения качества данных во многих областях (Regone, C.J., 1998). Было продемонстрировано, что при выполнении трехмерной регистрации в области источников, либо приемников получают тот же эффект 3D скоростной фильтрации рассеянного шума, что и при выполнении фильтрации прямого шума (Meunier, J., 1999).



Однородная 3D геометрия пунктов возбуждения, несмотря на сокращения издержек на канал, все еще недоступна, тогда как однородную 3D геометрию в области пунктов приема можно получить, если разработать рентабельный способ получения больших объемов пунктов возбуждения.

При работах в пустыне, на стойкость 3D вибросейсмических работ влияет преимущественно время цикла вибратора. При использовании одной группы вибраторов (этот способ использовался до конца 1980-х), время цикла - это сумма длительности свипа и времени, которое требуется для перемещения вибратора на соседний пункт вибрирования. Добавления второй группы вибраторов в начале 1990-х сделало возможным практическое удвоение производительности с использованием соответствующих параметров, поскольку одна группа вибраторов могла перемещаться на следующую точку вибрирования в то время, пока другая была в работе.

В 1996 году компания Petroleum Development Oman ввела метод работы *slip sweep*, принципом которого является 'испускание свипа группой вибраторов не ожидая окончания свипа предыдущей группы' (Rozemond, H.J., 1996).

Работа методом *Slip sweep*

После оценки другой методики фазового кодирования, разработанной в этот период, мы пришли к мнению, что метод *slip sweep* демонстрирует технические преимущества в плане простоты и гибкости операций. В стандартном производственном режиме область время-частота неэффективно используется источником (Рисунок 1). Между параллелограммами полезных данных, определяемых длиной записи, длительностью свип-сигнала и частотным диапазоном, остается свободное пространство. Методика *slip sweep* использует преимущество этого пространства для увеличения производительности. В зависимости от параметров свипа и времени перемещения, можно добавить одну или более группу вибраторов.

*jjpostel@cgg.com

Наземная сейсморазведка

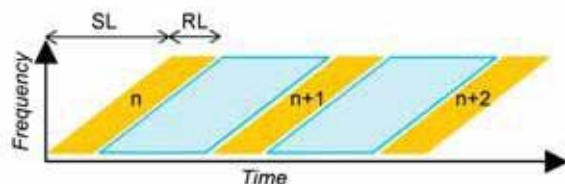
Другим преимуществом технологии *slip sweep* по сравнению с другими методиками одновременной работы (преимущественно основанных на фазовом кодировании) является простота его реализации в поле, поскольку все вибраторы используют один и тот же свип, а разделение источников производится на основе регулярной корреляции, поскольку отсутствует наложение в пространстве время-частота.

Проблема гармонических шумов

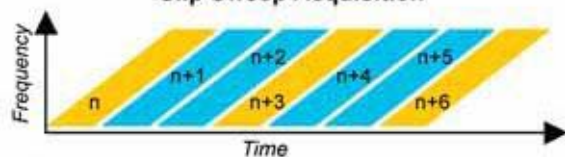
Однако, за пределами страны происхождения, Омана, соотношение сейсмических съемок 3D, с регистрацией в режиме *slip sweep*, остается низким. Одной из причин этого являются гармонические шумы, которые генерируются при этой методике и влияют на качество данных.

Когда вибратор генерирует частоту, f , также генерируется гармоника $2f, 3f, \dots, nf$ из-за нелинейных искажений в механизме вибратора и в точке контакта с грунтом. При традиционных работах методом виброрейс, применяют сигналы с возрастающей частотой (т.н. 'up-sweeps') и в процессе корреляции

Conventional Acquisition



Slip Sweep Acquisition



- Space used in conventional acquisition
- Unused Space in conventional acquisition
- Additional Space used in slip sweep acquisition
- SL Sweep Length
- RL Record Length
- n Sweep number n

Рисунок 1

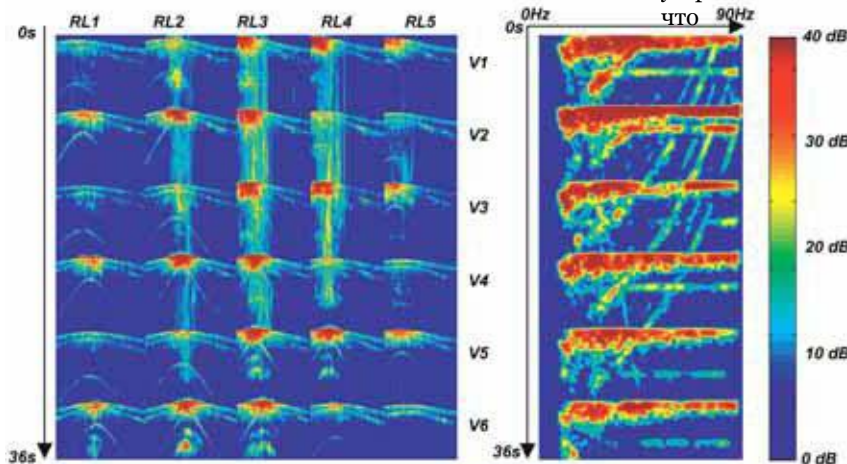


Рисунок 2 Слева: Коррелированная «первичная» запись от шести вибраторов на пяти приемных профилях (RL) до процедуры HPVA. Справа: Частотно-временная карта одной трассы ближних удалений. Гармонический шум присутствует преимущественно на RL3, RL2 и RL4.

отбрасываются гармоники, соответствующие отрицательным временам, там где это не может повредить данным.

При работах методикой *slip-sweep*, данные записываются непрерывно в течение нескольких десятков секунд. В этой длинной записи, которая называется «первичная» запись, интервал между двумя последовательными свипами (время перерыва) слишком короткий, чтобы предотвратить интерференцию гармонического шума и предыдущей записи.

Сравнительные тесты

CGG проводила сравнительные тесты при съемках 3D в режиме *slip sweep* со следующими параметрами: свип 32с 8-90 Гц, log 6дБ, шесть одиночных вибраторов, время перерыва 6 с. В этом районе исследования гармонические шумы, прежде всего, вызваны первыми вступлениями на небольших удалениях. Из-за очень большого отношения длительности свип-сигнала (32 с.) и времени перерыва (6 с), гармонические шумы распределены по четырем предыдущим пунктам вибрирования «первичной записи» (Рисунок 2 (слева)). На частотно-временной карте трасс ближнего удаления после корреляции видна интерференция между шумом и сигналом. Линия основной энергии горизонтальна, тогда как гармоническое искажение имеет наклон (рисунок 2 (слева)).

Метод решения

В последние годы было предложено много различных методик подавления гармонических шумов.

Метод CGG под названием Высокопроизводительное получение данных виброрейс (HPVA) (патент заявлен) основан на разложении сейсмических данных на основные и гармонические компоненты (Meunier, J. and Bianchi, T., 2002).

Первым шагом является оценка гармонической компоненты сигнала источника, называемой усилие на грунт. Ее можно вычислить непосредственно либо по взвешенной сумме ускорений базовой плиты вибратора и массы или по самим сейсмическим данным, используя ограниченное число трасс ближних удалений. Одним из преимуществ использования взвешенной суммы является то, что она измеряется независимо от сейсмических данных, что обеспечивает воспроизведение сигнала. Однако ее использование требует наличия дополнительного встроенного регистрирующего устройства в вибраторе. Наши эксперименты показали, что

Наземная сейсморазведка

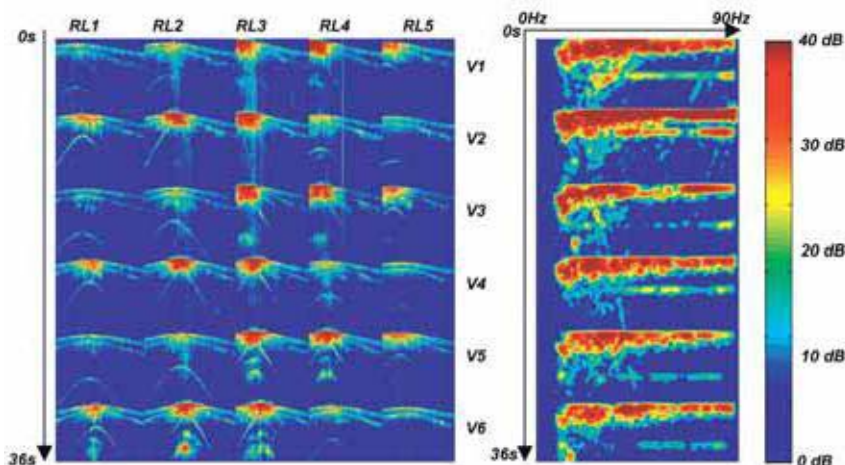


Рисунок 3 Слева: Коррелированная «первичная» запись шести вибраторов после процедуры HPVA. Справа: Частотно-временная Карта одной трассы ближних удалений. Уровень гармонического шума уменьшился до уровня шума окружающей среды.

взвешенная сумма усилия на грунт дает точные результаты, и что другой метод дает подобные результаты.

Второй шаг включает предсказание гармонического шума на основе данных фундаментального сигнала и формы импульса источника. Эту процедуру можно сравнить с детерминистической деконволюцией (при использовании взвешенной суммы), и со статистической деконволюцией (при использовании сейсмических данных).

На последний пункт возбуждения в первичной записи метода *slip sweep*, не влияет гармонический шум. Он обрабатывается первым, таким образом, чтобы предыдущий пункт возбуждения был свободен от гармонического шума. Затем может обрабатываться этот ПВ и так, далее пока мы не вернемся к первому ПВ. На Рисунке 3 (слева) показана первичная запись Рисунка 2 (слева) после применения этой процедуры. Большая часть гармонического шума была подавлена. Частотно-временная карта этой записи (Рисунок 3 (справа)) иллюстрирует тот факт, что фундаментальные данные сохраняются при выполнении процедуры предсказания гармонических искажений и их подавления. Простая полосовая фильтрация, вырезающая частоты, на которых наблюдается шум, не смогла бы выделить фундаментальный сигнал и гармоники.

Съемка в Египте

Съемка 3D в Египте демонстрирует эффективность данной технологии на промышленном объекте. После записи двумя группами по четыре вибратора в режиме *flip-flop*, широкий профиль 3D был перезаписан в режиме HPVA. Для этого эксперимента было использовано три группы по четыре вибратора в каждой. По сравнению с работой в режиме *flip-flop* с использованием двух групп вибраторов, регистрация тремя группами вибраторов дала увеличение производительности на 25 %, при этом ухудшения качества данных не отмечалось (Рисунок 4).

HPVA представляет собой доступный высокоразрешенный метод регистрации данных со значительным сокращением времени цикла работ вибротейс, при сохранении высокого соотношения сигнал/шум. Регистрация может выполняться, в зависимости от пожеланий клиентов, либо для сокращения стоимости регистрации на км² без изменения параметров либо для увеличения разрешения путем записи данных более высокой кратности или с меньшими размерами бинов без дополнительных финансовых затрат. В последнем примере, это может помочь восстановить баланс в сейсморазведочном канале между источниками и приемниками посредством повышения плотности источников в геометрии наблюдения 3D.

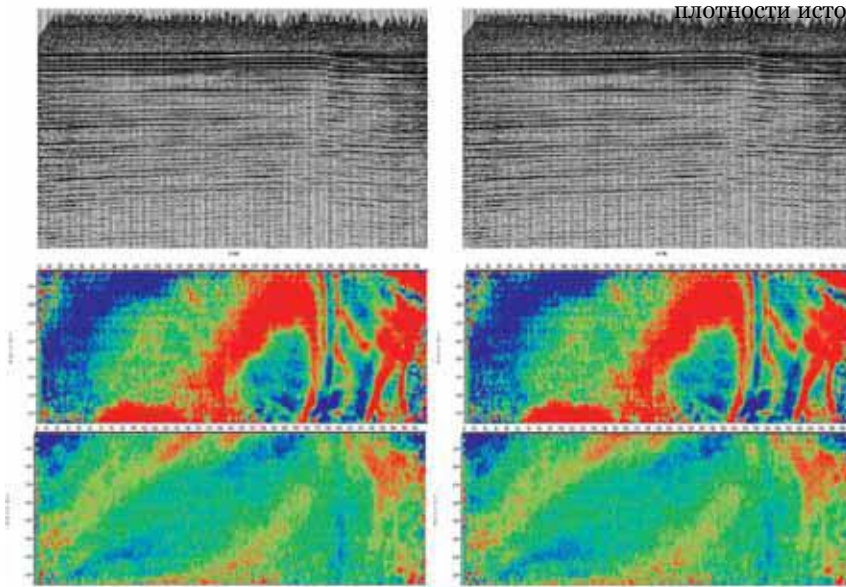


Рисунок 4 Сравнение традиционной схемы регистрации (слева) и методики HPVA (справа) говорит об эквивалентности качества данных. В верхней части: инлайновый суммарный разрез (0-4 с), в центре: временной срез @ 900 мс, Внизу: временной срез @ 2300 мс

Наземная сейсморазведка

Литература

Meunier, J. [1999] 3D geometry, velocity filtering and scattered noise. *SEG Annual Meeting*.

Meunier, J. and Bianchi, T. [2002] T. Harmonic noise reduction opens the way for array size reduction in Vibroseis oper-

ations. *SEG Annual Meeting*.

Regone, C.J. [1998] Suppression of coherent noise in 3D seismology. *The Leading Edge*, November.

Rozemond, H.J. [1996] Slip-sweep acquisition. *SEG Annual Meeting*.