

Новейшие достижения в обработке данных наземной сейсморазведки 3D: примеры из района Бадин в Пакистане

Recent advances in 3D land processing: Examples from the Pakistan Badin area

А. Карагул¹, Р. Кроуфорд², Дж. Синден¹, С. Али³.

A. Karagul¹, R. Crawford², J. Sinden¹, S. Ali³.

Бадинская Концессия является относительно сложившейся, она включает в себя много мелких нефтяных месторождений, которые вместе дают порядка 50% текущего объема добываемой нефти в Пакистане. Порядка 220 скважин было пробурено в этой области. За 2000-2002 годы, BP приобрела свыше 2500 км² данных 3D на участке Бадин с использованием неортогональной геометрии наблюдения. Мы продемонстрируем улучшение качества данных при использовании двух последних достижений в обработке 3D – это 3D скоростная фильтрация для подавления линейного шума, до суммирования (Meunier, 1999) и подавление влияния условий приема 3D, после суммирования (Soubaras, 2002).

Нефтяная концессия Бадин-1 получила права на имущество в 1977 году и первое ее открытие (месторождение Каскели) было сделано в июне 1981 года. С тех пор было открыто еще 54 месторождения. Первые сейсмические данные 2D были получены в 1977-78 и было записано порядка 17,000 погонных км профилей. С 1996 года был получен небольшой объем сейсмических данных 3D по отдельным месторождениям.

Недавно, в 2000-2002 годах, было получено порядка 2500 км² данных 3D (Рисунок 1). Эти данные включают также 100 км², полученных Меранской концессией.

Деканские базальты, местами достигающие мощности порядка 200 м, имеют значительное влияние на качество данных, как можно видеть на суммарном разрезе на Рисунке 2. В центре разреза, там, где Деканская формация приподнята и эродирована, улучшение соотношения сигнал-шум значительно. Ловушка Деканской формации

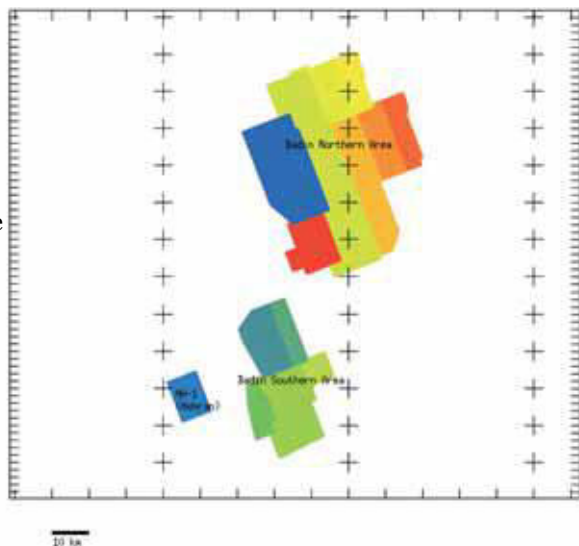


Рисунок 1 Район работ 2001-2002 годов 3D [Каждый из цветов представляет собой участок получаемых данных 3D].

подстилается свитой меловых известняков, сланцев и мергеля. Коллектор представляет собой серию многоярусных песчаников среднего мела, которые залегают ниже границы регионального несогласия. Он достаточно сильно нарушен сбросами с амплитудой, превышающей 300 м. Некоторые разломы были реактивированы и сдвигово-сбросовые движения дали начало развитию так называемых структур-узоров.

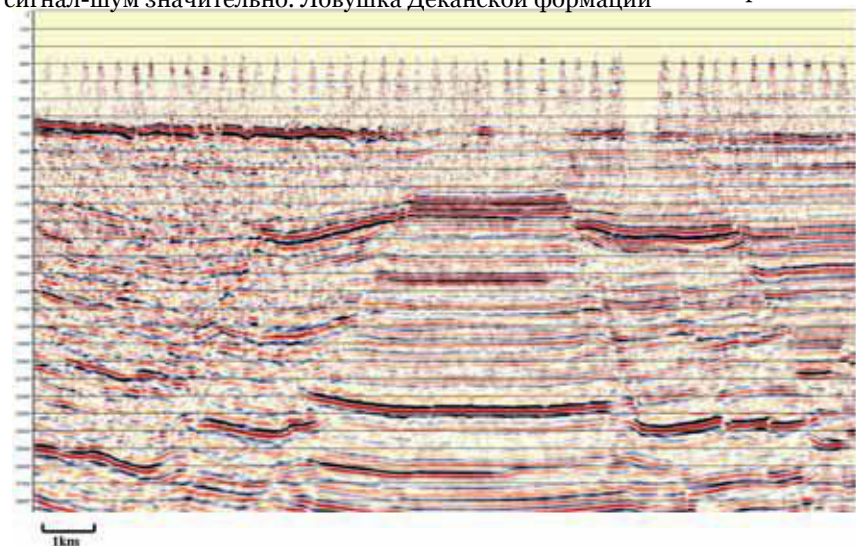


Рисунок 2 Типичная геология региона. Деканские базальты, если присутствуют в разрезе, находятся на 600-700 мс.

¹CGG London, Vantage West, Great West Road, Brentford, Middlesex, TW8 9GG, UK

²Swiss Cottage, The Common, Evershot, Dorset, DT2 0JY, UK

³BP Pakistan, Habib Bank Tower, Jinnah Avenue F/6, Islamabad, Pakistan

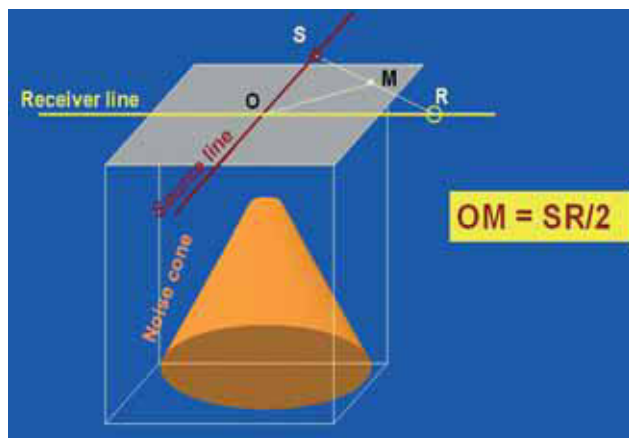


Рисунок 3 3D изображение синтетической сейсмограммы поперечной расстановки, показан шум в виде конуса (Meunier, 1999).

Нефти преимущественно легкие (30°-50° американского нефтяного института), а качество коллектора настолько хорошее, что для многих залежей используются прямые индикаторы углеводородов, например, плоское пятно и яркое пятно. На многих месторождениях имеются газовые покрышки.

Из-за крупномасштабности этого проекта и благодаря обширному ресурсу программы сбора данных, параметры основного цикла обработки выбирались на основе изначально полученного объема данных. В процедурах обработки использовались два способа обработки, были сделаны выводы о существенном улучшении качества данных. В частности, латеральная прослеживаемость сейсмических отражений и картирование разрывов заметно улучшились.

Скоростная фильтрация 3D

За многие годы применение *fk* фильтрации в целях подавления высокоамплитудного коррелированного шума стало стандартной процедурой. При отсутствии программ скоростной фильтрации 3D, можно применять алгоритмы 2D к 2D подгруппам данных 3D. Хотя, эта процедура не дает возможности извлечь всю выгоду из 3D геометрии для 3D скоростной фильтрации (Meunier, 1998).

В сейсмограмме 3D, в случае, если шаг между приемными профилями в несколько раз больше, чем расстояния между пунктами наблюдения, имеет место алейсинг поперечной линии наблюдения при волновом числе в несколько раз меньшем, чем зеркальные волновые числа вдоль линии наблюдения. Наборы данных крестообразных расстановок 3D можно разложить на 'поперечные расстановки' (Рисунок 3, Meunier, 1999). Серый прямоугольник на Рисунке 3 показывает область, покрываемую сейсмограммой. Поперечная расстановка – это куб данных одинарной кратности с однородным распределением в обоих направлениях (Vermeer, 1994). При переходе в область поперечной расстановки, мы переходим к однократным кубам данных с однородным распределением в обоих направлениях. Преимуществом использования сейсмограмм поперечной расстановки в обработке является то, что шум, организованный в виде конуса, можно подавить с помощью 3D скоростной фильтрации (Рисунок 4).

Во время получения данных этой съемки, еще в поле была сделана попытка построения базовой последовательности обработки для последующего ее использования в обрабатываемом центре. Организованный шум (Рисунок 5а) был подавлен путем применения *fk* фильтрации в области источника (Рисунок 5б) и

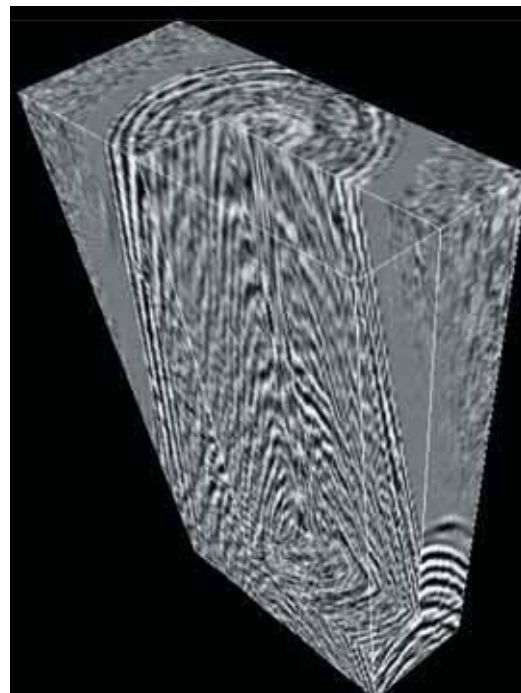


Рисунок 4 3D изображение сейсмограммы поперечной расстановки, показан шум в виде конуса.

и приемников (Рисунок 5с). Во время проведения тестов в центре обработки, результаты скоростной фильтрации 3D (с целью подавления конических помех в области FKxKy) оказались превосходными (Рисунок 5д). В каждом случае использовались одни и те же диапазоны скоростей.

Значительное улучшение данных, достигнутое на такой ранней стадии обработки, оказалось весьма полезным при пикировании эффективных скоростей и расчете остаточной статистики на основном этапе обработки. Кроме того, это дало еще большую уверенность еще на начальной стадии проекта в том, что был разработан устойчивый цикл обработки, применимый и для текущих данных.

Подавление влияния условий регистрации 3D

Условия регистрации можно определить как шум любого типа, коррелируемый с геометрическим распределением источников и приемников на поверхности земли. Этот шум в большей или меньшей степени проявляется почти на всех кубах сейсмических данных 3D. Причина такого влияния в большой степени кроется в особенностях геометрии приемной расстановки и графа обработки (Marfurt et al. 1998).

Влияние условий приема можно наблюдать в виде волн на сейсмических временных срезах или на RMS амплитудах в окне, поэтому очевидно их влияние на точность карт амплитуд. Эти помехи также могут воздействовать на обработку и давать обратный эффект применения процедур на любой стадии последующей специальной обработки. Например, обращенные кубы импедансов могут нести в себе нежелательные полосы на срезах (Chopra & Larsen, 2000).

Для того чтобы подавить сильное влияние условий регистрации 3D, уже вошло в обычай использование KxKy фильтра. Для построения этого фильтра,

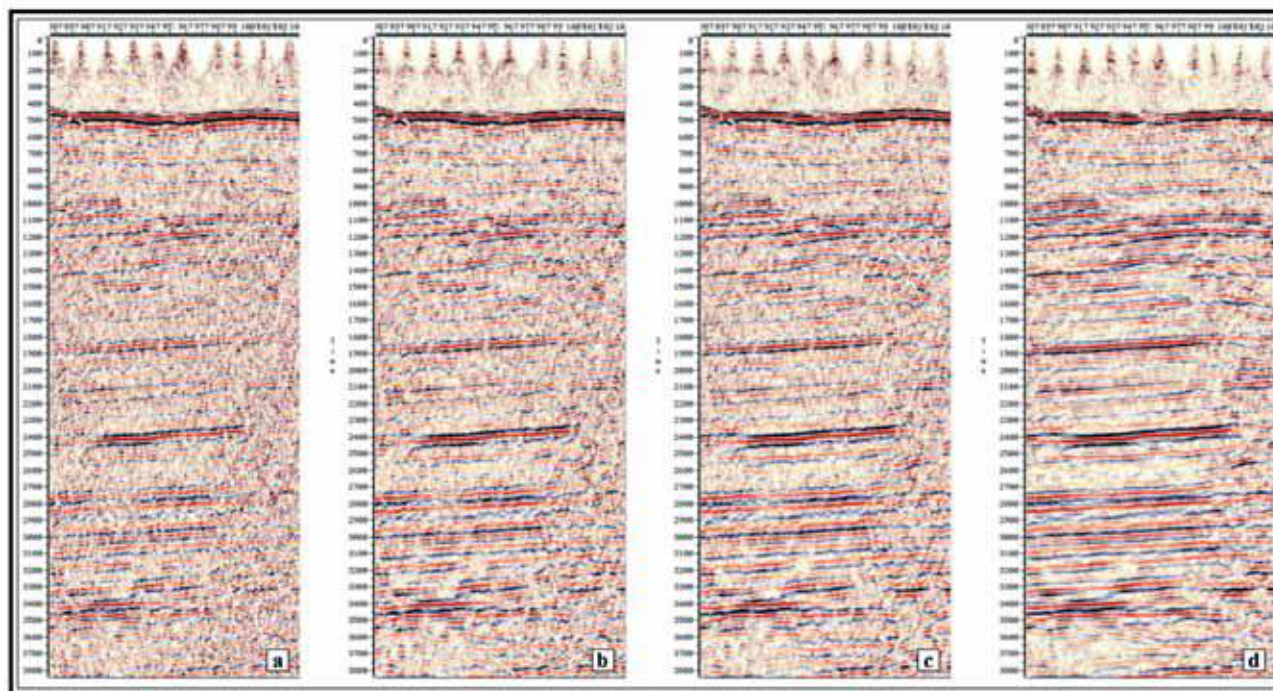


Рисунок 5 Данные вдоль линии наблюдения после суммирования; (a) без f_k фильтрации, (b) 2D f_k фильтр в области источника, (c) 2D f_k фильтр в области источника, затем приемника, (d) 3D f_k фильтр в области крестовой расстановки.

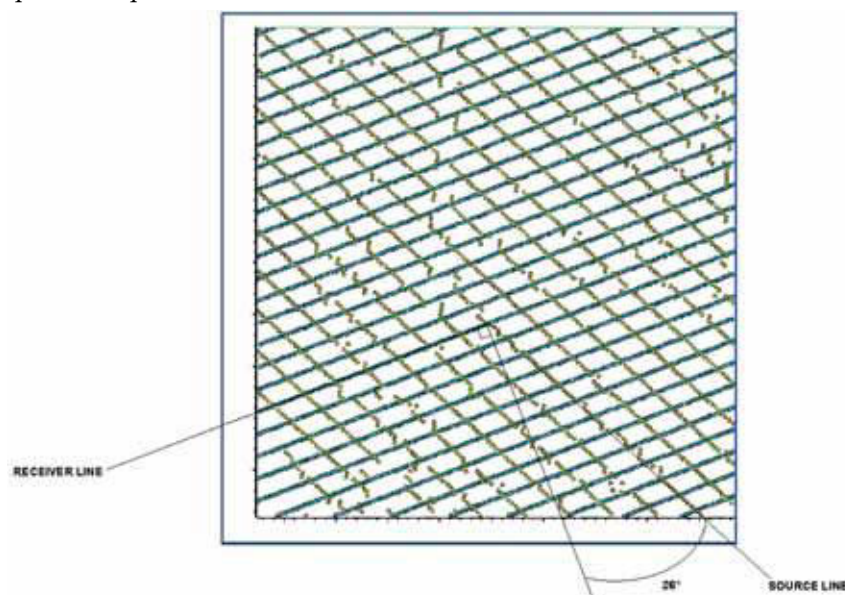


Рисунок 6 Карта системы наблюдения, шаг между линиями приема 200 м, шаг между линиями возбуждения 300 м.

требуется знать геометрию системы наблюдений – направление профилей взрыва и приема и шаг между профилями. По мере того, как усложняется геометрия, например для неортогональной системы наблюдений 3D, построение фильтра, используя детерминистический метод на основе геометрии системы приема, также становится все более сложным. Было показано (Soubaras, 2002), что для любой геометрии наблюдений для подавления влияния условий приема может использоваться процедура построения фильтра KxKy. В этой процедуре в качестве входных данных используется распределение фактических выносов трасс до суммирования. Артефакты обработки, в отличие от влияния условий регистрации, не являются периодическими, но могут подавляться в области

KxKy с помощью веерного фильтрации, так же как и заданная скорость из совокупности данных t-x может быть подавлена с помощью веерной f_k фильтрации.

Съемка в Бадине была выполнена с использованием неортогональной системы наблюдения (Рисунок 6). При обработке данных была использована методика подавления влияния условий регистрации 3D, разработанная Субарасом (Soubaras). Для построения фильтра KxKy использовались данные до суммирования. Импульсная характеристика фильтра показана на Рисунке 7. Затем этот фильтр применялся к данным после суммирования, результаты чего можно видеть на временных срезах на Рисунке 8. На временном срезе (внизу) показан шум, связанный с условиями приема, который был подавлен. На рисунке видно, что имеется

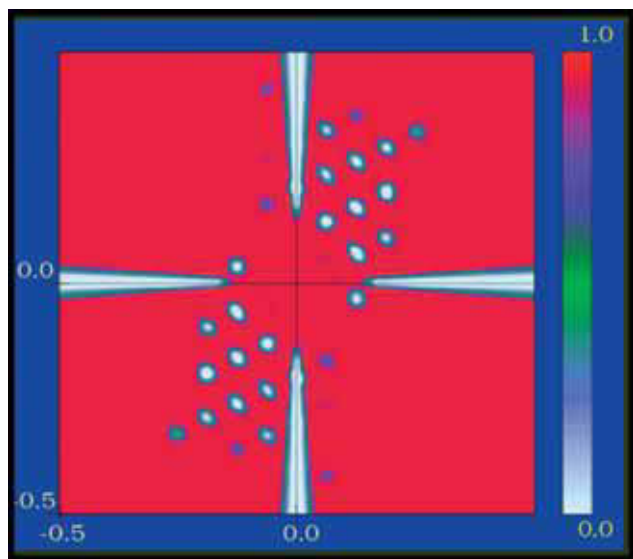


Рисунок 7 Импульсная характеристика $KxKy$ фильтра (фильтр-пробка+веерный фильтр).

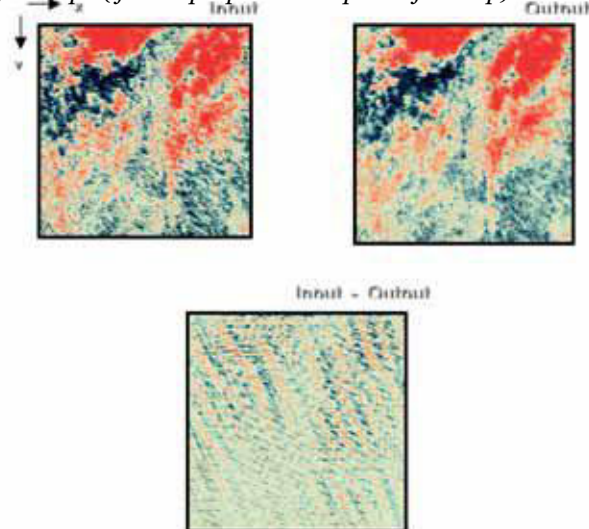


Рисунок 8 Временные срезы до и после применения $KxKy$ фильтра с целью подавления влияния условий приема.

визуальная корреляция между подавленным шумом и геометрией наблюдения.

Выводы

Месторождения на участке Бадин представлены небольшими ловушками, обусловленными наличием сбросовых структур. Поэтому необходимо улучшить разрешение данных для определения локализации сбросов и возможности картирования отражений вкрест этих сбросов. Технологическому успеху проекта по обработке данных области Бадин способствовали совокупное влияние этих двух преимуществ использования технологии 3D обработки. Результат 3D обработки оказал существенное влияние на понимание строения бассейна, а именно его размеров, распределения и формы структур. По сравнению с данными предыдущей обработки, стало возможным гораздо более точное картирование этих структур.

Благодарности

Авторы хотят поблагодарить компанию ВР и ее партнеров за разрешение на публикацию материалов, а также персонал компании CGG за участие в проекте (в особенности Дж.Хольден и М.МакКласки).

Литература

- Chopra, S. and Larsen G. [2000] Acquisition Footprint - Its Detection and Removal. *CSEG Recorder*, October 2000, 16-20.
- Marfurt, K.J., Scheet, R.M., Sharp, J.A. and Harper, M.G. [1998] Suppression of the acquisition footprint for seismic sequence attribute mapping. *Geophysics*, 63, 1024-1035.
- Meunier, J. [1998] Land 3D acquisition geometry: what is the cost of groundroll? *SEG 68th Annual International Meeting*, 58-61.
- Meunier, J. [1999] 3D Geometry, Velocity Filtering and Scattered Noise, *SEG 69th Annual International Meeting*, 1216-1219.
- Soubaras, R. [2002] Attenuation of Acquisition Footprint for Non-Orthogonal 3D Geometries. *Presented at EAGE Annual Meeting, Florence*.
- Vermeer, G.J.O. [1994] 3-D symmetric sampling. *Presented at SEG Annual Meeting, Los Angeles*.