

Первый опыт промышленного применения технологии сверхплотной сейсмической съемки на севере Западной Сибири

■ Кузнецов В.И., ООО «НОВАТЭК НТЦ»

Введение

На сегодняшний день добывающие компании вынуждены обращать всё больше внимания на малоразмерные и сложнопостроенные ловушки углеводородов, а также на нетрадиционные залежи нефти и газа и, соответственно, ставят всё более сложные задачи перед сейсморазведчиками, которые должны не только обеспечивать точные структурные построения, но и определять типы коллекторов и прогнозировать их нефтегазонасыщенность. Для решения таких сложных задач необходимо расширить диапазон частот сейсмических данных как в сторону высоких, так и в сторону низких частот. Чтобы получить высоко разрешенные сейсмические данные, необходимо разработать новые комплексные технологии полевых работ, включающие в себя целый ряд составных частей, таких как:

- применение точечных источников и приёмников сейсмических колебаний;
- возбуждение и регистрация широкополосного сигнала;
- использование высокоплотных площадных наблюдений для обеспечения хорошего распределения удалений и азимутов в бинах;
- обеспечение высокой точности определения координат пунктов возбуждения и приёма.

Одной из разрабатываемых в настоящее время технологий, включающей вышеперечисленные подходы, является технология сверхплотной съемки.

Теоретические основы.

Технология сверхплотной регистрации и обработки сейсмических данных позволяет в значительной степени повысить разрешенность, достоверность и информативность сейсмических материалов.

Основой технологии является применение суперплотных систем наблюдений, позволяющих решить проблему пространственного алейсинга сейсмических данных в процессе регистрации. При этом используется полевое оборудование нового поколения, обеспечивающее на аппаратном уровне расширение частотного спектра.

Дополнительно к изменению системы наблюдения и оборудования меняется подход к регистрации сейсмического поля, когда вместо подавления поверхностных волн-помех «в поле» их регистрируют с высокой степенью разрешенности и потом подавляют методами обработки.

Полевые данные далее обрабатываются с использованием алгоритмов и подходов, позволяющих в процессе обработки эффективно подавить зарегистрированные помехи, обеспечить на выходе получение суммарных данных с высоким соотношением сигнал/помеха и со значительно расширенным диапазоном частот.

Получаемое при этом качество данных значительно повышает достоверность результата последующей сейсмической инверсии и, соответственно, точность прогноза литологии и детальность изучения резервуара.

Принципиальным отличием данной технологии от традиционных систем наблюдения является уменьшение пространственного шага дискретизации до величин, позволяющих при одновременном использовании точечных приемников регистрировать сейсмические данные без пространственного алейсинг-эффекта, а на этапе обработки значительно повысить эффективность подавления шума и повысить соотношение сигнал/помеха.

При регистрации стандартными линейными группами сейсмоприемников (при шаге ПП = 50 м и шаге ПП = 25 м) многие типы волн-помех являются некогерентными и не могут быть в дальнейшем эффективно подавлены.

Уменьшение расстояния между единичными приемниками позволяет регистрировать волны-помехи в виде когерентного шума, который может быть эффективно подавлен на этапе обработки данных, перед выполнением суммирования.

Сейсмограммы, полученные после выполнения суммирования (при шаге между ПП = 25 или 50 м), обеспечивают стабильное качество сигнала, очищенного от влияния основных видов искажений, таких как микростатика на базе группы, поверхностные волны-Рэлея, шумы стационарных промышленных объектов и т.д.

Возможность сверхплотного шага ПП позволяет оптимизировать формирование наборов полевых данных под каждую конкретную задачу. Для детального анализа ВЧР, определения скрытых карстовых зон или устранения влияния реликтовой вечной мерзлоты или построения изображений круто падающих границ можно использовать данные с шагом 10-12 метров, для более глубоких или пологих горизонтов можно увеличить базу группы до 25-50 метров.

Основываясь на вышесказанном, можно сделать вывод, что применение сверхплотной технологии будет эффективно для решения следующих задач:

- поисково-разведочные работы;
- оценка характеристик резервуара;
- изучение малоамплитудных тектонических нарушений, трещиноватости;
- получение высокоразрешающего изображения при изучении ВЧР;
- исследования в особо сложных геологических условиях.

Применение данной технологии позволяет в значительной степени повы-

сить разрешенность, достоверность и информативность сейсмических материалов, гарантирует максимально достижимое качество данных, позволяющее существенно повысить эффективность разработки месторождений.

В отличие от других методов полностью решаются следующие проблемы:

- возможность изменения пространственной дискретизации данных в процессе обработки, устранение аляйсинга в Т-х, Т-р, F-k областях;
- решается проблема подавления основных типов помех.

Возрастает достоверность и повторяемость уровня амплитуд сигнала, что обеспечивает:

- лучшее подавление кратных волн (особенно с использованием методик моделирования);
- значительное расширение полосы частот;
- улучшение привязки результатов сейсмических скважинным данным;
- успешность 4D сейсмических исследований;
- улучшение результатов акустической и динамической инверсии.

Конечной целью данной технологии является возможность корректного построения детальной геологической модели месторождения с прогнозом флюидонасыщения, что является залогом эффективного эксплуатационного бурения.

Внедрение технологии в группе компаний НОВАТЭК.

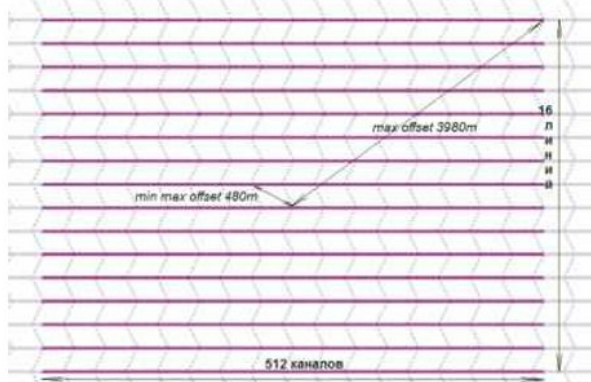
В полевой сезон 2013-2014г.г. на одном из лицензионных участков группы компаний НОВАТЭК впервые в Западной Сибири была применена технология сверхплотной съемки с применением одиночных приборов- акселерометров, сгущением шага пунктов приема в четыре раза (до 12.5м) и взрывным источником возбуждения сейсмических сигналов. Работы выполняются силами компании ГЕОТЭК с использованием оборудования UniQ.

Необходимость применения новых технологий на этой площади связана со сложными сейсмогеологическими условиями и в первую очередь с наличием значительных скоростных аномалий как в верхней части разреза, так и в глубинной области, а также со сложностью строения целевых объектов исследования.

Методикой предусматривалось сгущение шага пунктов приема в четыре раза с использованием одиночных приборов и точечного взрывного источника возбуждения. Была рассчитана система наблюдений «зиг-заг» с шестнадцатью активными линиями приема по 512 ПП. Интервал между пунктами приема составил 12,5 м., шаг дискретизации для обеспечения регистрации в широком диапазоне частот был выбран 1 мс. Количество активных каналов в расстановке составило 8192, общее количество каналов в сеймопартии 30000. На рис.1. приведена схема активной расстановки, примененная на данном лицензионном участке.

Использование взрывного источника обусловлено более оптимальными для сейморазведки характеристиками взрывного типа возбуждения и невозможностью работы вибрационных источников в данных поверхностных условиях (пойма рек, болота).

Вполне логично, что для сверхплотных 3D работ с взрывными источниками



▲ Рис. 1. Схема активной расстановки: шаг ПП=12,5м, ПВ=55,9м, шаг ЛП=300м, ЛВ=400м, 16 линий приема, $512 \times 16 = 8192$ активных каналов.

возбуждения необходимо начинать именно с уменьшения шага ПП, т.к. это, при наличии у подрядчика соответствующего оборудования, является наименьшим фактором удорожания полевых работ. При уменьшении шага ПП и прочих одинаковых параметрах съемки изменится только бин, сеть ОГТ, все остальные атрибуты (кратность, азимутальные и частотные характеристики системы ОГТ, распределение удалений) — не меняются.

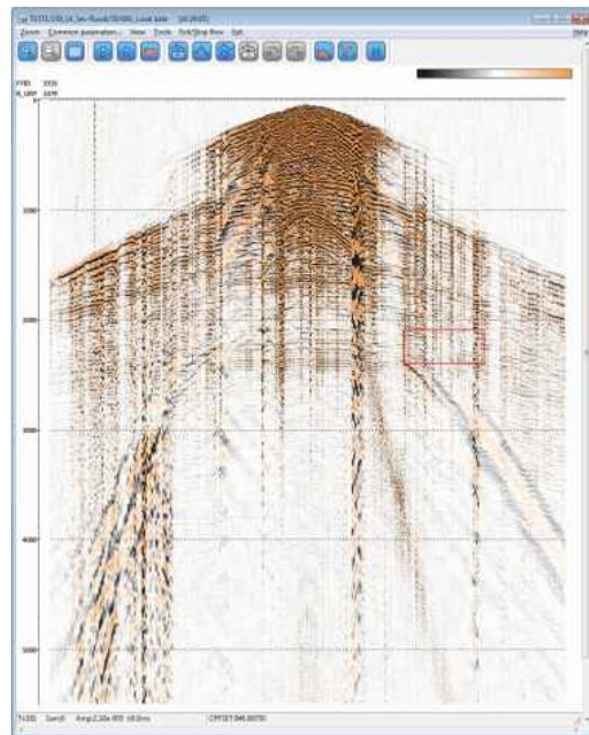
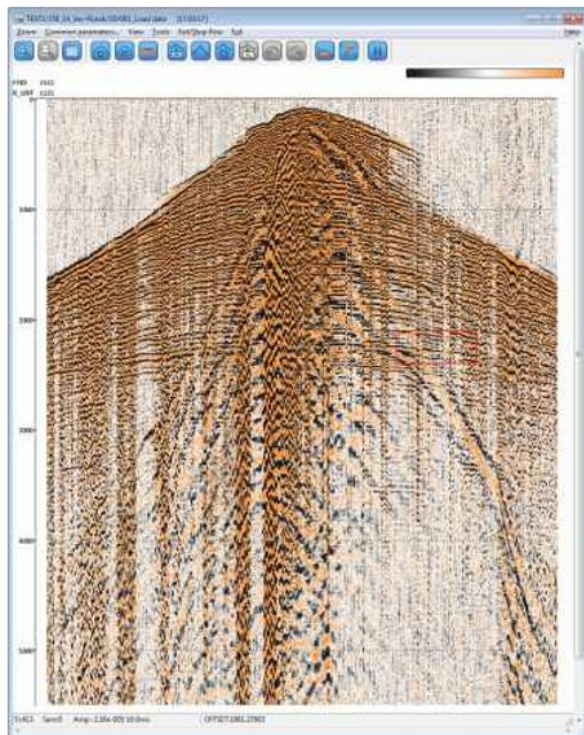
Целевые объекты юрско-мелового возраста расположены на участке исследований в широком диапазоне глубин от 900м до 3000м. Мощность целевых объектов варьирует от первых метров до первых десятков метров. Верхняя часть разреза имеет сложное строение, связанное с наличием толщи многолетне-мерзлых пород переменной мощности и широким распространением речной сети.

При реализации проекта применялись повышенные по сравнению со стандартным регламентом полевых работ требования по позиционированию и установке приемного оборудования. В результате работ получены качественные для «одиночного» приема в конкретных сейсмогеологических условиях данные.

Ниже, на рис. 2 и 3 приведены фрагменты полевых сейсмограмм, полученных в лесной и тундровой зоне района работ, соответственно, и их спектральные характеристики. Как видно из приведенных материалов, спектральная характеристика широкая с положительным соотношением полезного сигнала вплоть до 150Гц.

Для сравнения приведены исходные сейсмограммы ОПВ с взрывным источником возбуждения по предыдущим работам на этой же площади по стандартной технологии (рис.4).

Проведены количественные и качественные сравнения результатов обработки полноценной системы UNIQ (бин



▲ Рис. 2. Фрагменты исходной сейсмограммы ОПВ с лесного (а) и пойменного (б) участков района работ.

25х6,25) с “приведенной к стандарту” (бин 25х25) версией полевого материала (объединение 5 каналов, переход к стандартному шагу ПП=50 м).

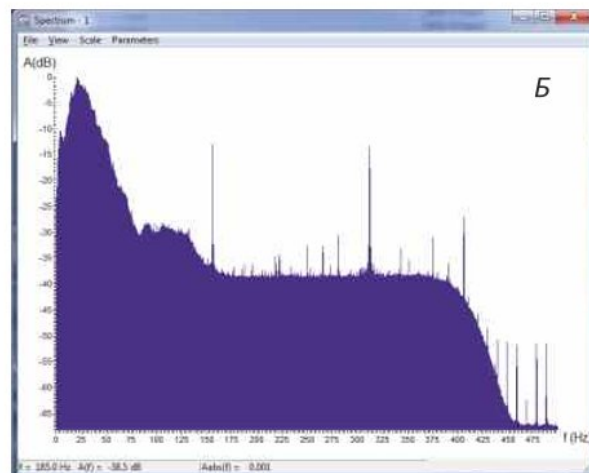
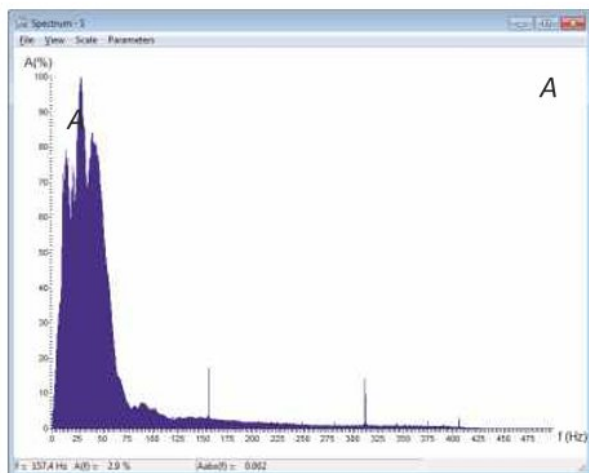
Для более корректного сопоставления модель длиннопериодной статики была оставлена без изменений, но обработка проведена по идентичным с точки зрения состава процедур графам.

Кроме того, к сравнению привлекались расположенные в пределах куба профили

2D. Для примера, временные разрезы, композиционные линии 3D и соответствующие амплитудно-частотные характеристики приведены на рис.5 и 6.

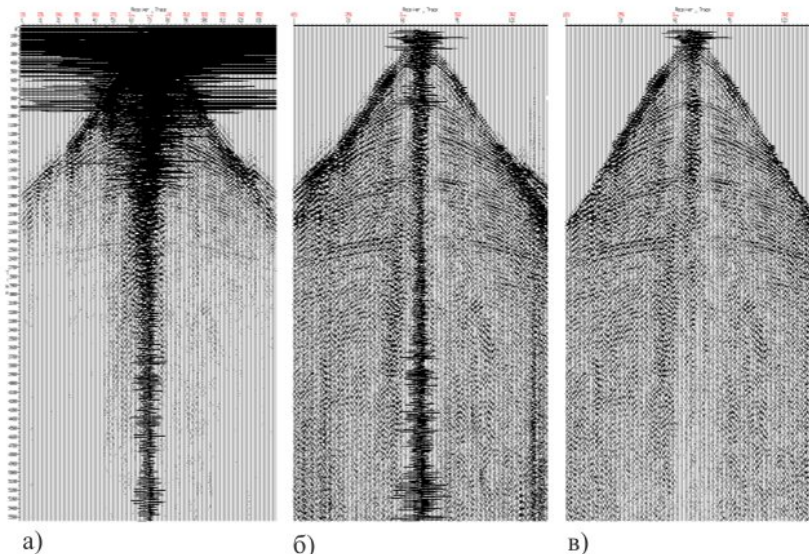
В ходе работ проведено также сопоставление:

- исходных полевых сейсмограмм - для оценки качества и помехоустойчивости данных UNIQ перед стандартной методикой;
- амплитудно-частотных характеристик;



▲ Рис. 3. Пример амплитудно- частотной характеристики сигнала для тундрового участка района работ в линейной (а) и логарифмической (б) шкалах.

► Рис. 4. Фрагмент сейсмограммы ОПВ 291 по профилю 1470621: исходная сейсмограмма после присвоения геометрии (а), после коррекции затухания амплитуд (б) и после частотно-зависимого ослабления помех (в)



- показателей разрешающей способности сигнала;

- когерентности и качества корреляции, для сравнения привлекались карты изохрон, амплитуд (рис.7), кросс-корреляции по целевым горизонтам, временные разрезы;

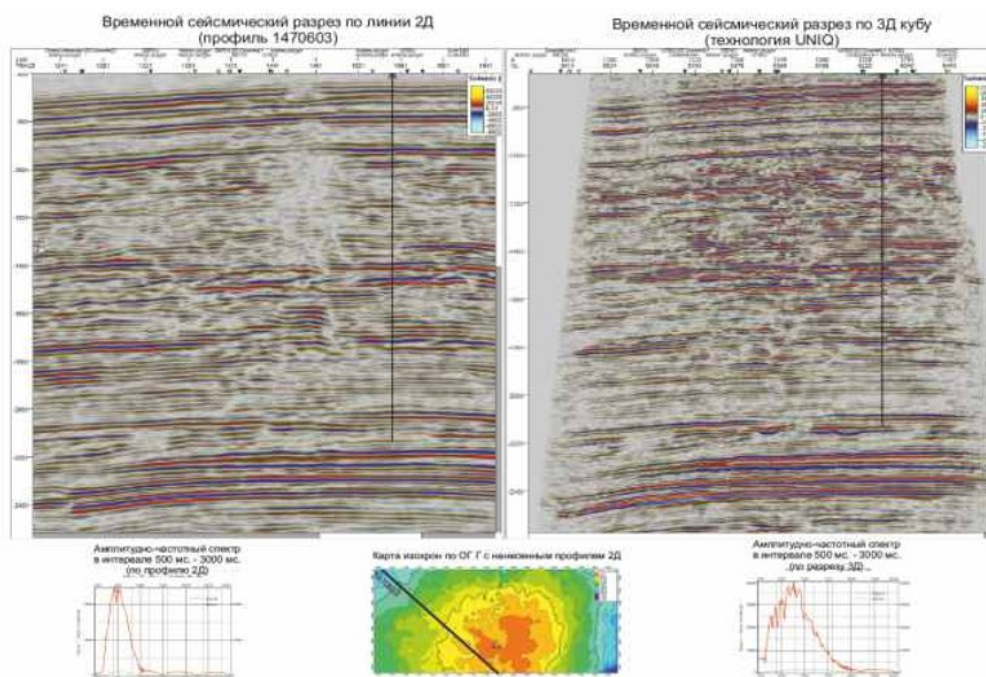
- динамической выразительности, для сопоставления привлекались карты горизонтальных срезов амплитуд, карты RMS амплитуд в окне 500 мс (рис.7).

Анализ материалов показывает, что данные, полученные по новой технологии, существенно превосходят по разре-

шенности результаты прошлых работ. Это дает основания надеяться на получение значительно большего объема геологической информации и улучшения ее достоверности после завершения этапа обработки и интерпретации данных.

Выводы

В ходе проведения первых производственных работ МОБ-ОГТ 3D по технологии UNIQ получен уникальный полевой сейсмический материал, позволяющий объективно оценить методический



◀ Рис. 5.

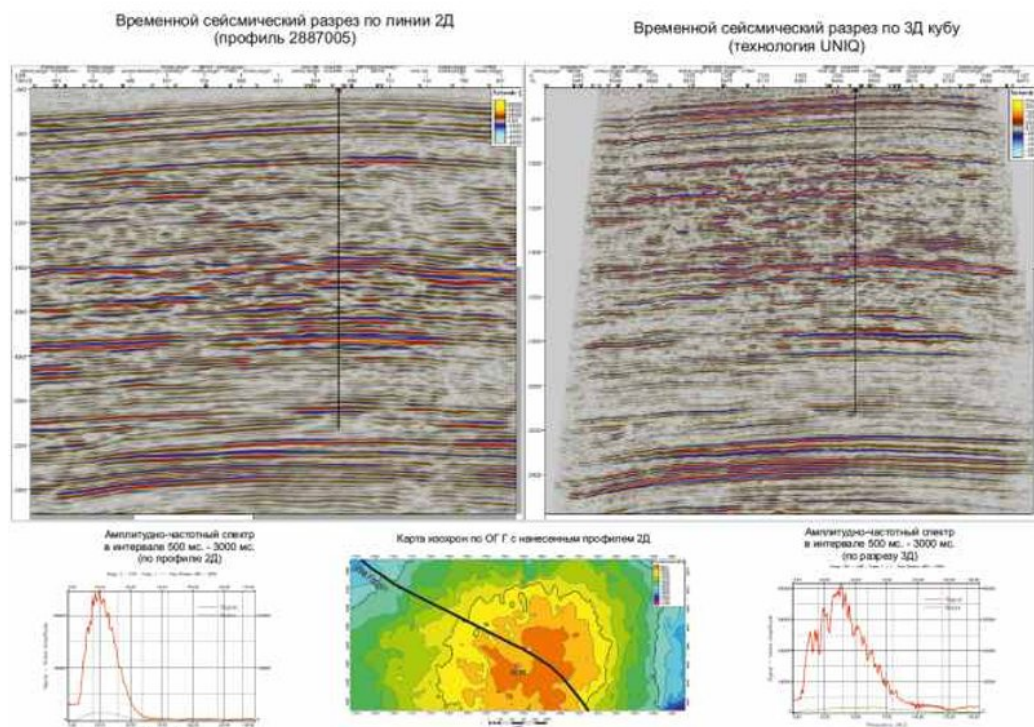


Рис. 6.

потенциал новой технологии в сравнении со стандартными системами наблюдений 3D.

За счет перехода на одиночный прием и кратное уменьшения шага ПП удалось получить более точную и объективную информацию о модели самого верхнего (ЗМС+ЗПС) слоя, провести зонирование участка работ по условиям возбуждения волн (оптимальные/неоптимальные), оценить фактическую глубину погружения заряда.

Установлен заметно более высокий потенциал результатов обработки дан-

ных технологии UNIQ в части оптимального соотношения разрешающей способности и динамической выразительности записи, что имеет прямое отношение к задачам прогнозирования свойств геологического разреза.

Литература:

1. Череповский А.В., Сейсморазведка с одиночными приёмниками и источниками, Обзор современных технологий и проектирование съёмок, Москва, 2012 г.

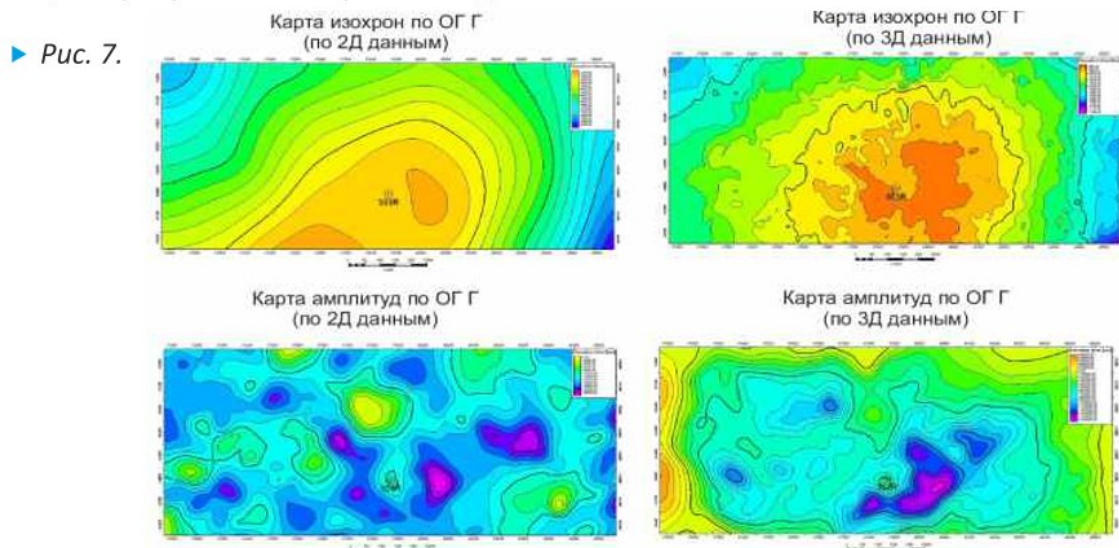


Рис. 7.