

Первые результаты работ по адаптивной технологии вибросейсмо-разведки на примере изучения геологического строения северо-восточной части Жигулёвско-Пугачёвского свода.

Жуков А.П., Тищенко И.В., Горбунов В.С., ООО «ГСД», г.Москва, Селезнёв В.А., филиал «СГЭ» ФГУП «НВНИИГГ», г.Саратов, Цукерман И.Б., ОАО «СКБ СП», г.Саратов

В 2010-2011 г.г. в рамках госзаказа силами филиала «СГЭ» ФГУП «НВНИИГГ» при методической поддержке ООО «Геофизические системы данных» в северо-восточной части Жигулёвско-Пугачёвского свода была выполнена поисково-региональная площадная 2D съёмка по технологии адаптивной вибросейсморазведки в объёме 821 кв. км. (рис. 1.).

Технология адаптивной вибрационной сейсморазведки (АВИС) использовалась как средство повышения разрешённости сейсмической записи и увеличения соотношения сигнал/помеха. Она построена на использовании нелинейных свип-сигналов, адаптированных к сейсмогеологическим условиям каждой площадки возбуждения на профиле. Адаптация осуществляется в автоматическом режиме на базе использования специализированных блоков управления вибраторами GDS-1 (разработка фирмы ООО «Геофизические системы данных») и специального программного обеспечения (Equalizer). Благодаря автоматической адаптации параметров свип-сигнала к меняющимся вдоль профиля условиям возбуждения достигается эффект расширения спектра сигнала и, соответственно, повышения разрешённости поля отраженных волн. Кроме того, достигается стабилизация формы и динамических характеристик сигнала вдоль профиля. Достаточно подробно особенности технологии АВИС описаны в работах [1,2,3,4], в которых представлены результаты опытно-методических работ, проведенных в различных сейсмогеологических условиях на территории Российской Федерации: в пределах Русской платформы, в условиях солянокупольной тектоники в Оренбургской области, на севере Западно-Сибирской низменности и в других местах. В целом, полученные ранее материалы свидетельствовали о хороших потенциальных возможностях технологии АВИС.

Напомним вкратце схему реализации технологии АВИС. Первая посылка на каждом пункте возбуждения выполняется с линейным свипом в выбранной полосе частот. По зарегистрированной при этом сейсмограмме в окне целевых отражений рассчитывается амплитудно-частотный спектр и выполняется его инверсия. Соответствующий инвертированному сигналу свип посылается для реализации на источнике. Таким образом, все последующие воздействия в данном пункте возбуждения являются адаптированными.

Выполненные работы и представленные в данной статье материалы позволяют оценить возможности использования технологии АВИС в производственном режиме, надёжность работы специализированных технических (блок управления GDS-1) и программных средств (Equalizer). Полученный опыт свидетельствует о высокой надёжности работы полевого оборудования и программного обеспечения независимо от сезона проведения полевых наблюдений.

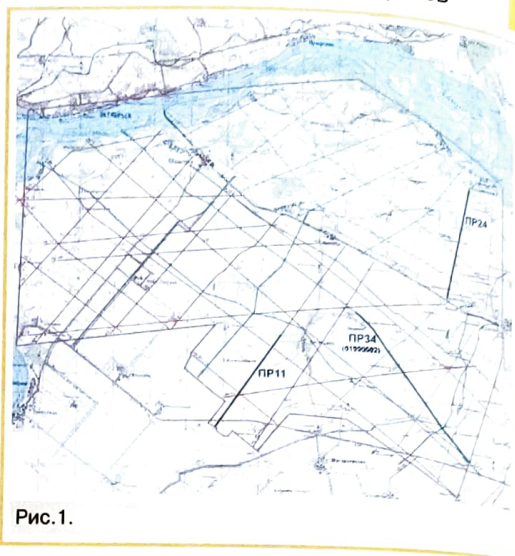


Рис. 1.

Изучаемый геологический разрез представлен отложениями палеозойского и мезозойского комплексов. Целевые отражающие горизонты регистрируются в узком интервале времён 0,4-1,3 с. Верхняя часть разреза характеризуется сильной изменчивостью по площади и представлена рыхлыми низкоскоростными отложениями пойменного типа, являющимися благоприятной средой для формирования регулярных низкоскоростных волн-помех различной природы.

Опытные работы и сравнительные испытания технологии АВИС были выполнены на профилях 11, 24 и 34 (профиль 1999 года № 01990002), выделенных на схеме рис. 1.

Виброграммы регистрировались на 120-канальную центрально-симметричную расстановку. Интервал между группами приёма составлял 50 м, шаг пунктов возбуждения 25 м, максимальное удаление взрыв-прибор 3000м, кратность 120. Запись производилась с интервалом дискретизации 1 мс. По результатам опытных работ была выбрана длительность свип-сигнала 12 с, время слушания 20 с. Таким образом, формировалась коррелограмма длительностью 8 с. Частотный диапазон свип-сигнала был выбран в интервале 10-90 Гц. С целью обеспечения макси-

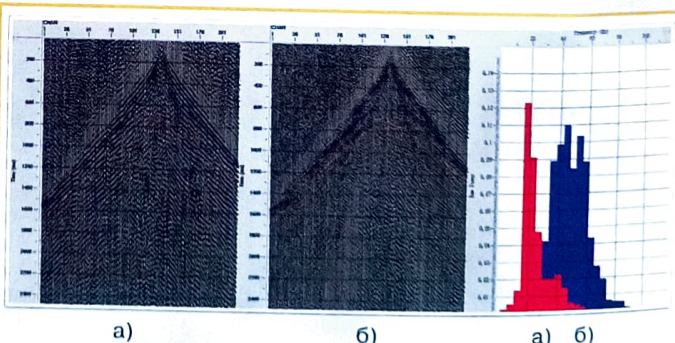


Рис. 2. Сравнение коррелограмм и их спектров по ПР 11, полученных с линейным (а) и адаптивным (б) свип-сигналами. (а) – АЧ- спектр сейсмограммы с линейным свипом; (б) – АЧ- спектр сейсмограммы с адаптивным свипом

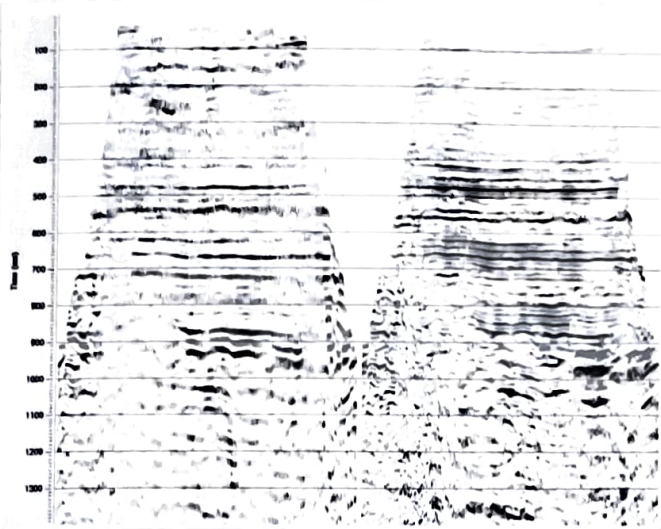


Рис. 3. Сравнение предварительных разрезов ОГТ по тестовому ПР 11 стандартной (а) и адаптивной (б) вибрационной сейсморазведки в диапазоне частот 10-90 Гц.

мального контроля за ходом и результатами обработки данных адаптивной вибросейсморазведки, на каждом пикете возбуждения сохранялись все 7 индивидуальных виброграмм - первая, получаемая с линейным свипом и 6 последующих, получаемые с адаптивным свипом. Общий массив данных полевых виброграмм по площади составил 4,1 терабайтов.

На рис. 2 представлено сравнение полевых

коррелограмм на тестовом профиле 11. Синей и красной линией на сейсмограммах показан диапазон регистрации целевых отражений. Из рисунка видно, что амплитудно-частотный спектр (АЧС) виброграммы с адаптивным свипом значительно шире линейного и его максимум смещён в область высоких частот с 20 Гц. на 50 Гц. Этот эффект со всей очевидностью проявляется и на уровне предварительных разрезов ОГТ по этому профилю (рис.3), полученных по идентичному графу обработки.

Тестовый ПР24 (рис. 1) расположен в пойменной зоне р. Волги, причём северная его часть расположена в условиях более неоднородного строения ВЧР, благодаря большому количеству стариц и заболоченных участков. После глубокой обработки полевых данных, включающей интерактивную коррекцию статических поправок по технологии IST-3MP, был получен

временной разрез, представленный на рис.4. Совокупность автоматически выбранных АЧС адаптивных свипов представлена на двух графиках в нижней части рисунка. На левом графике объединены свипы, рассчитанные для левой половины профиля, а на втором - для правой. Хорошо видно, что дисперсия АЧХ адаптивных свипов для первой половины профиля значительно меньше, чем для правой. Отмеченное свиде-

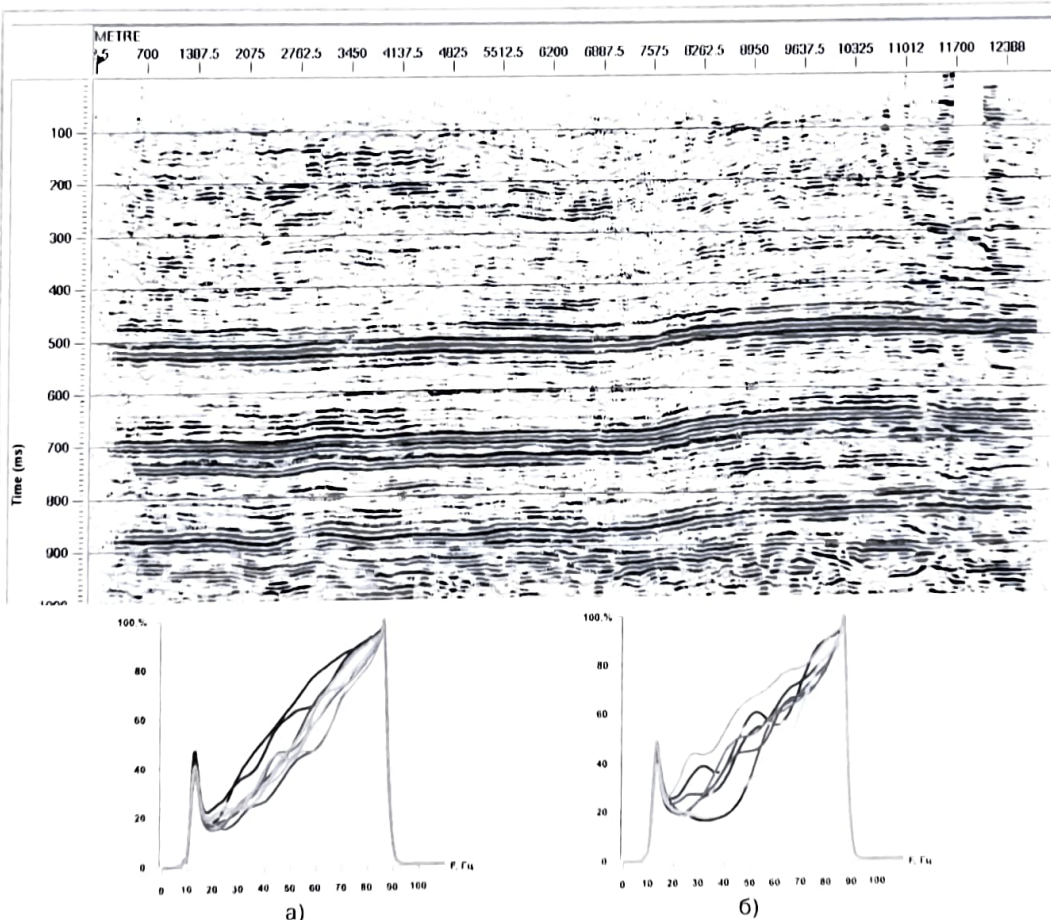


Рис. 4. Изменение дисперсии адаптивного свип-сигнала по ПР 24 в зависимости от поверхностных условий местности. а) для левой половины профиля; б) для правой половины профиля.

тествует о хорошей адаптации свипа АВИС к изменчивым условиям ВЧР.

Оценка эффективности технологии АВИС по сравнению со стандартной технологией вибросейсморазведки, применявшейся на данной территории в предшествующие годы, выполнена по новому профилю 34. В 1999 году по этому же профилю методом «Вибросейс» был отработан профиль 01990002 (рис. 1). Применялась 48-кратная симметричная система наблюдений с базой приёма 4750м, $X_{\max}$ - 2375м, $X_{\min}$ - 25м, шаг ПВ и ПП - 50м. Возбуждение упругих колебаний осуществлялось группой из 4-6 вибраторов СВ-10/180. Группирование виброустановок линейное, база 50м. Количество воздействий в зависимости от сейсмогеологических условий менялось от 8 до 12. Регистрация волнового поля производилась сейсмостанцией «Прогресс-96В». Использовался шаг дискретизации 4мс, длительность виброграммы составляла 28с.

С целью подавления низкоскоростных волн-помех применялось линейное параллельно-последовательное группирование сейсмоприёмников типа GS-20DX. Шаг приборов в группе 2м, $n=21$, $L=42$.

В 2010-2011гг. при выполнении работ по технологии АВИС особого внимания подавлению низкоскоростных волн-помех не уделялось. Для возбуждения упругих волн использовалось, как правило, 2 вибратора типа СВ-27/150 БКГ. Количество адаптивных накоплений ограничивалось 5-6-ю. Использовалась последовательная группа из 16 приборов на базе 45м. Тем не менее, несмотря на то, что этот разрез был подвергнут дополнительной обработке, включающей дополнительную обратную фильтрацию по разрезу, полосовую и когерентную фильтрацию, удалось получить временной разрез (рис.5б), превосходящий по качеству разрез предшествующей съёмки (рис.5а). Основное различие представленных на рисунке разрезов заключается в более широком спектральном диапазоне разреза АВИС и, следовательно, более высокой вертикальной и горизонтальной разрешённости волнового поля отраженных волн. На разрезе АВИС отражения регистрируются в частотном диапазоне до 80 Гц., а на стандартном разрезе - только 45 Гц. В выделенной на разрезах области, на разрезе АВИС сформировалось малоразмерное тело, напоминающее карбонатный останец, а на стандартном разрезе его выделить не удаётся. Причина в более высокой горизонтальной разрешённости разреза АВИС.

Разница в интервалах дискретизации полевых данных рассматриваемых съёмок (АВИС-1мс, стандартная-4мс) никоим образом не отразилась на результатах обработки. Интервал дискретизации 4мс, так же как и 1мс, позволяет восстанавливать волновое поле в диапазоне частот, как минимум, до 100Гц, а наш диапазон ограничивается 80 Гц.

Было также замечено, что положительный эффект от применения технологии АВИС более заметен на первичных сейсмограммах и предварительных разрезах и несколько снижается на разрезах глубокой стадии обработки, хотя в любом случае остаётся положительным. Для достижения максимального эффекта АВИС на конечных временных разрезах необходимо выполнять выбор настроечных параметров технологии с обязательной их оценкой на суммарных разрезах различных стадий обработки.

Анализируя весь объём сейсмических данных, полученных по технологии АВИС в сезоны 2010 и 2011 годов в пределах Жигулёвско-Пуга-

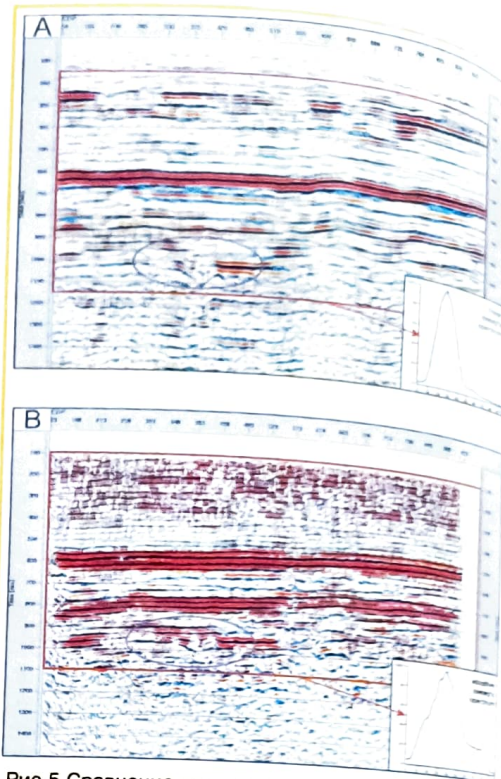


Рис.5. Сравнение временных разрезов и их спектров стандартной технологии вибросейсморазведки 1999 г (А) и ВР АВИС (В) по профилю 34 (01990002).

чёвского свода, можно сделать следующие выводы:

Выводы.

- Первые экспериментальные данные производственного применения технологии АВИС свидетельствуют о возможности существенного повышения эффективности вибрационной сейсморазведки в условиях неоднородного строения ВЧР;
- Для достижения максимального эффекта АВИС на конечных временных разрезах необходимо выполнять выбор настроечных параметров технологии с обязательной их оценкой не только по первичным сейсмограммам, но и на суммарных разрезах различных стадий обработки.
- С целью оптимизации методики АВИС рекомендуется продолжить экспериментальные и производственные исследования её эффективности в различных сейсмогеологических условиях РФ.

Литература.

1. «Адаптивная вибросейсморазведка (АВИС) в условиях неоднородного строения ВЧР» / А.П. Жуков, И.В. Тищенко, П.А. Гридин и др. Приборы и Системы РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ. №04(34)/2010г.
2. «Опыт использования адаптивной вибросейсморазведки (АВИС) в условиях неоднородного строения ВЧР» / А.П. Жуков, И.В. Тищенко, П.А. Гридин и др. Тюменская геофизическая научно-практическая конференция г. Тюмень. 24-25 ноября 2010 г.
3. «Адаптивная вибросейсморазведка. новые средства контроля качества обработки данных» / А.П. Жуков, И.В. Тищенко. Материалы семинара ЦГЭ 07.04.2011 г.
4. «Адаптивная вибросейсморазведка в условиях неоднородного строения верхней части геологического разреза» / А.П. Жуков, И.В. Тищенко, Р.М. Калимулин и др. Технологии сейсморазведки, №2, 2011, с 5-12