

Методика адаптивной вибрационной сейсморазведки (АВИС) рассматривается как средство повышения разрешённости сейсмической записи и средство повышения соотношения сигнал/помеха. Методика 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 ООО «Геофизические системы данных») и специального программного обеспечения. Благодаря автоматической адаптации параметров свип-сигнала к меняющимся вдоль профиля условиям возбуждения достигается эффект расширения спектра сигнала и, соответственно, повышения разрешённости поля отраженных волн, а так же стабилизация формы и динамических характеристик сигнала вдоль профиля.

Адаптивная вибросейсморазведка (АВИС) в условиях неоднородного строения ВЧР

Жуков А.П., Тищенко И.В., Гридин П.А., Телков М.П., Тищенко А.И., Калимулин Р.М., Горбунов В.С., ООО «Геофизические системы данных», г.Москва

В настоящее время сейсморазведка методом «Вибросейс» занимает ведущее место в мире и в России по объемам выполняемых полевых работ и значительно превосходит объемы, выполняемые взрывным способом и с другими типами невзрывных источников.

Хорошо известны преимущества и недостатки этого метода.

К преимуществам относятся высокая производительность метода и возможность гибкого управления параметрами свип-сигнала для достижения высокой разрешённости волнового поля и энергетического соответствия.

Ограничения метода связаны с трудностями «закачки» высокочастотных составляющих спектра свипа в глубокие слои геологического разреза. Основные препятствия на этом пути связаны с условиями контакта возбудителя вибратора (плиты) с грунтом и с поглощающими свойствами верхней части геологического разреза (ВЧР), которая часто не пропускает высокие частоты в глубинную часть разреза.

Известны многочисленные методические разработки, направленные на повышение доли высоких частот в спектре посылаемого свип-сигнала. Прежде всего, речь идёт о методике использования нелинейных свипов, при которой непропорционально увеличивается время генерации высо-

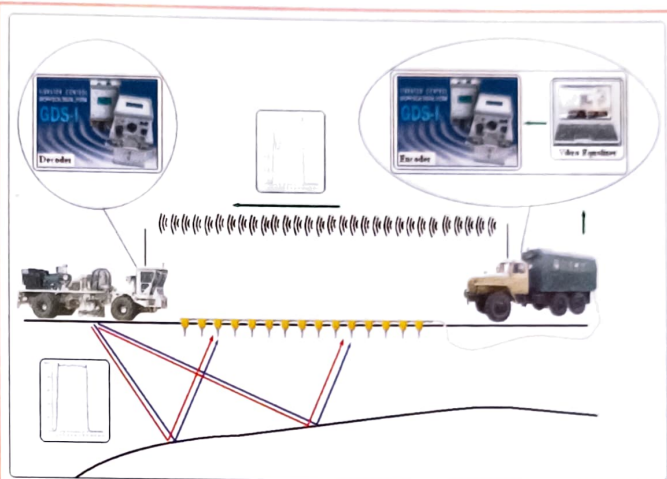


Рис. 1. Схема работ по технологии адаптивной вибрационной сейсморазведки (АВИС).

кочастотных компонент свипа в процессе возбуждения сигнала /Жуков А.П., Шнеерсон М.Б. «Адаптивные и нелинейные методы вибрационной сейсморазведки», М.изд.Недра, 2000/.

Трудности практической реализации этого подхода были связаны с неудобствами ручной перенастройки параметров нелинейного свипа к меняющимся вдоль профиля сейсмогеологическим условиям. Обычно, для всей площади работ использовался один тип нелинейного свипа, выбранный на участке проведения опытных работ. При этом, конечно, не удалось на всех участках площади

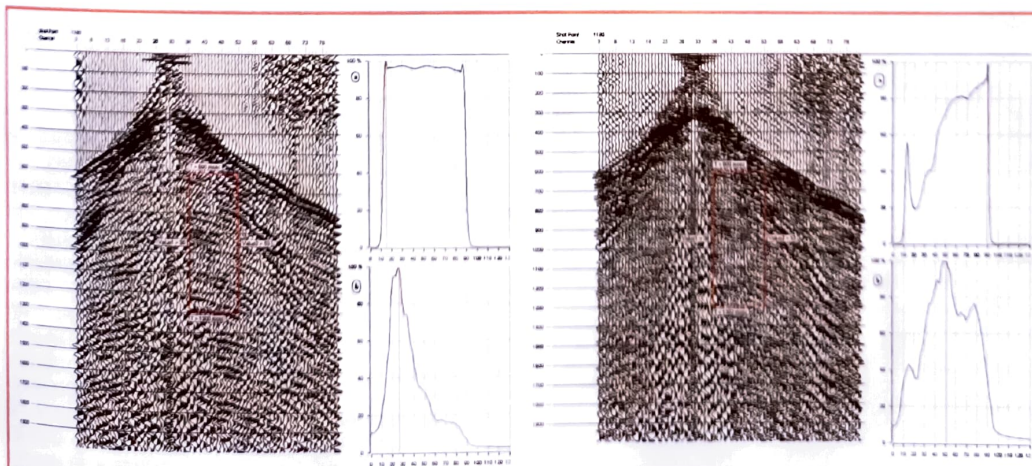


Рис.2. Сравнение коррелограмм и их спектров (сверху АЧХ свипа, снизу — АЧХ поля отраженных волн)
1) линейный свип-сигнал 10-92 Гц;
2) адаптированный свип-сигнал.

СУПЕРВАЙЗИНГ
В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

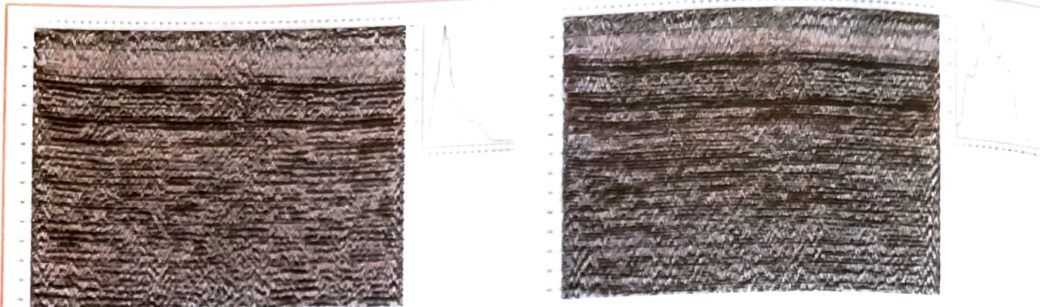


Рис. 3. Сравнение предварительных ВР, полученных с линейным (а) и адаптированным свип-сигналом.
а) Предварительный временной разрез и амплитудный спектр в окне (линейный свип-сигнал 10-92 Гц)
б) Предварительный временной разрез и амплитудный спектр в окне (адаптированный свип 10-92 Гц)

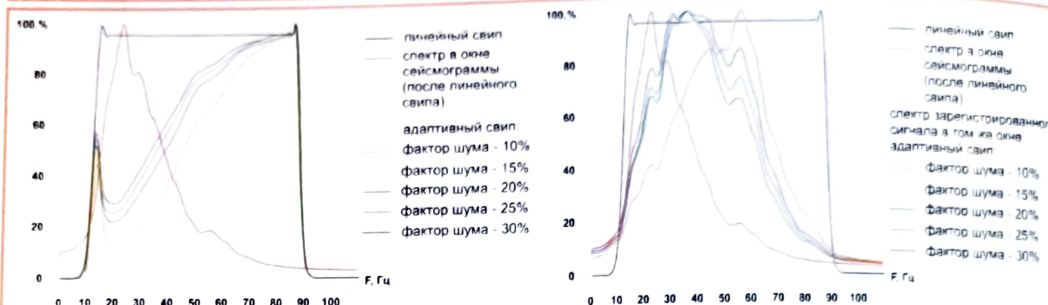


Рис. 4. Изменение АЧХ свип-сигнала (а) и записи (б) в зависимости от настройки уровня адаптации с использованием параметра «фактор шума».

достичь ожидаемого результата.

Ситуация изменилась с появлением системы управления вибраторами «GDS-1». Помимо блоков управления, эта система включает также и необходимое программное обеспечение, обеспечивающее автоматизированный «real time» контроль спектра регистрируемого поля отраженных волн, формирование корректирующего нелинейного свип-сигнала и передачу его на виброисточники. Можно говорить о том, что таким образом на физическом уровне в процессе возбуждения посылки осуществляется обратная фильтрация волнового поля, расширение его спектра, компенсирующее фильтрующее влияние неоднородного строения ВЧР.

Принципиальная схема реализации технологии адаптивной вибрационной сейсморазведки пред-

ставлена на рис. 1. 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 (АЧС) и выполняется его инверсия. Свип, соответствующий инвертированному сигналу, посылается для реализации на источнике. Таким образом, все последующие воздействия на данном пункте возбуждения становятся адаптированными к условиям данной площадки.

Сравнение коррелограмм и их спектров, полученных на полигоне Гаврилов Ям в Ярославской области, с линейным и адаптивным свип-сигналом представлено на рис. 2. Очевидно преимущество адаптивного сигнала, который обеспечивает регистрацию более высокочастотного и более выровненного спектра. Этот же эффект прослеживается и на уровне предварительных суммарных разрезов (рис. 3).

Одним из основных настроечных параметров системы адаптации является параметр «уровень белого шума», задаваемый в процентах от максимума амплитудного спектра сейсмограммы. Этот параметр регулирует степень жесткости инвертирования зарегистрированного спектра сейсмограммы и работает аналогично соответствующему параметру процедуры «деконволюция», применяемой при обработке сейсмических данных на ВЦ. Чем ниже задаваемый уровень «белого шума», тем жестче работает адаптация. Отмеченная закономерность наглядно продемонстрирована на Рис. 4. На рис. 4, а показан спектр линейного свип-сигнала в заданном диапазоне частот, спектр отраженных волн, обедненный за время про-

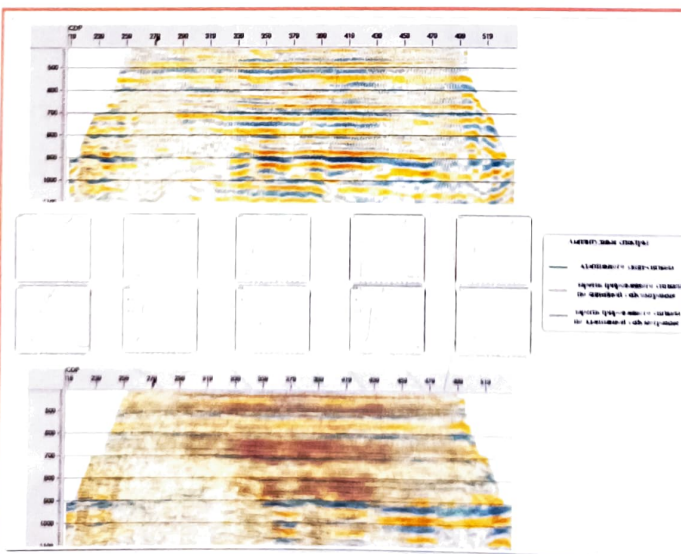


Рис. 5. Изменение формы спектра генерируемого свип-сигнала и зарегистрированного сигнала вдоль профиля.
Верхний рис.: ВР с линейным свип-сигналом;
Нижний рис.: ВР с адаптивным свип-сигналом.

среде, и спектры адаптированных свипов при различных параметрах фактора шума. На рис.4,6 представлены спектры отраженных волн, соответствующие различным параметрам посылки. С уменьшением фактора шума повышается доля высокочастотной части спектра.

В процессе проведения опытных работ производится выбор всего двух основных параметров автоматизированной системы управления свип-сигналом: выбор диапазона рабочих частот свипа и фактора шума. Следить нужно лишь за тем, чтобы излишне не усилить шумовую составляющую спектра в области высоких частот.

Особенно наглядно эффективность адаптивной вибросейсморазведки (АВИС) можно проследить по изменению спектра генерируемого (верхний ряд) и регистрируемого (нижний ряд спектров) сигналов на различных участках профиля (рис.5). Генерируемый свип-сигнал отличается заметной изменчивостью вдоль профиля, то есть адекватно реагирует на изменение поверхностных сейсмогеологических и контактных условий вдоль профиля. При этом спектр регистрируемого волнового поля (синяя линия) заметно расширяется и выравнивается по сравнению с соответствующим спектром от линейного свипа (показан красным цветом). Соответствующим образом различаются и предварительные разрезы, представленные на том же рисунке. Этот же вывод подтверждается и на материалах другого профиля, отработанного в пределах Жигулевско-Пугачёвского свода в условиях существенной неоднородности ВЧР (рис.6.). Левая часть профиля расположена в условиях относительно стабильного строения ВЧР, а правая в пойменных условиях неоднородного строения ВЧР. Совокупность свипов правой части профиля характеризуется большей дисперсией, чем аналогичная подборка в первой половине профиля.

Естественно, что различие предварительных разрезов, полученных с линейным и адаптированным свипами, значительно больше, чем различие окончательных разрезов, полученных с применением полного графа обработки, включающего процедуры обратной и многоканальной фильтрации до суммирования. Причина этого заключается в широком динамическом диапазоне современных регистрирующих систем и в способности деконволюции «вытягивать» высокочастотные составляющие спектра сигнала при отношении сигнал/регулярная помеха 0,01 и ниже. Единственным условием при этом является требование отношения «сигнал/нерегулярная помеха» на уровне не ниже 2-3 единиц. Но даже в таких условиях применение адаптированных свип-сигналов вполне оправдано, поскольку исключается возможность ухудшения качества, стабилизируется и расширяется спектр записи, повышается соотношение сигнал/помеха, даже если эти эффекты и незаметны на глаз. На рис.7. показано сравнение

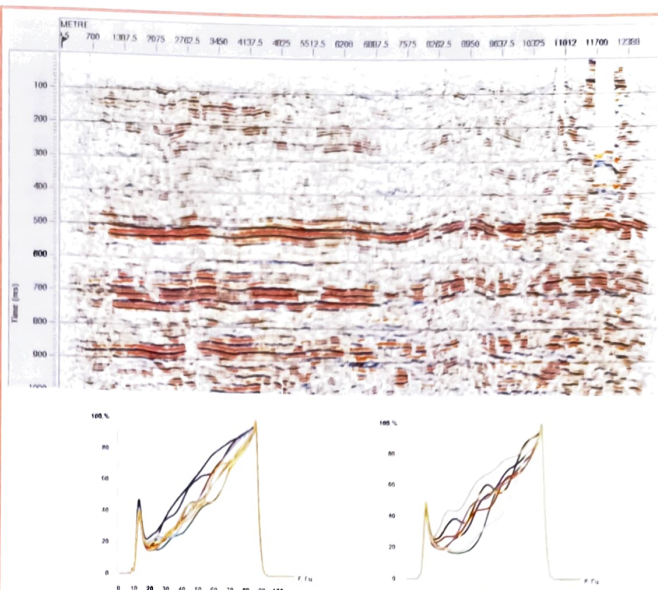


Рис. 6. Различный характер адаптивных свип-сигналов на стабильном участке профиля (слева) и в условиях неоднородного строения ВЧР (справа).

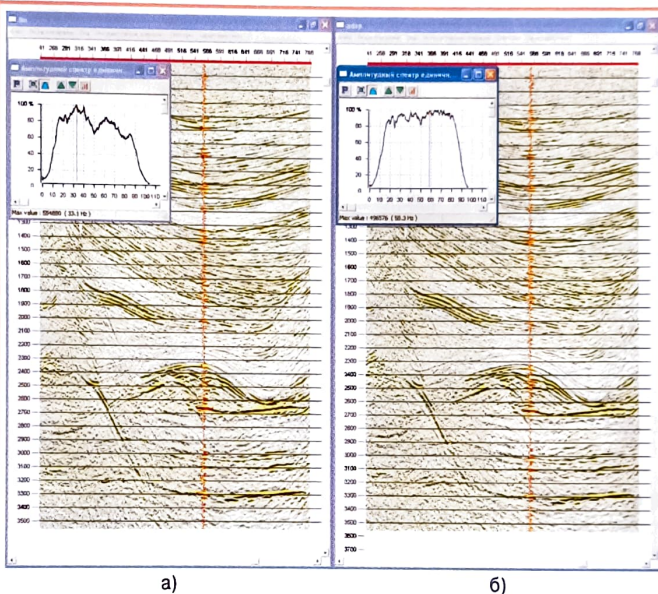


Рис.7. Сравнение «линейного» (а) и «адаптированного» (б) временных разрезов, и их спектров, полученных в условиях солянокупольной тектоники после глубокой кинематической обработки.

временных разрезов после полной кинематической обработки с линейным и адаптированным свипами, полученных в условиях глубокого разреза солянокупольной тектоники. Даже в этих условиях при сопоставлении спектральных характеристик разрезов мы наблюдаем на «адаптированном» разрезе определённые преимущества.

Выводы

- теоретические предпосылки и первые экспериментальные данные применения технологии АВИС свидетельствуют о возможностях существенного повышения эффективности вибрационной сейсморазведки в условиях неоднородного строения ВЧР;
- рекомендуется продолжить экспериментальные и производственные исследования эффективности технологии АВИС в различных сейсмогеологических условиях с оптимизацией методики автоматизированной настройки параметров адаптации системы управления GDS-1.

СУПЕРВАЙЗИНГ В РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ