



АДАПТИВНАЯ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКА В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНОГО СТРОЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

А.П. Жуков, И.В. Тищенко, Р.М. Калимулин, В.С. Горбунов, А.И. Тищенко

*ООО “Геофизические системы данных”, 117198, Москва, Ленинский просп., 113/1,
Парк Плэйс, офис E-321, Россия, e-mail: info@gds.ru, t_igor@gds.ru, t_alexander@gds.ru*

Методика адаптивной вибрационной сейсморазведки (АВИС) рассматривается как средство повышения разрешенности 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 разрешенности поля отраженных волн, а также стабилизация формы и динамических характеристик сигнала вдоль профиля.

Адаптивная вибрационная сейсморазведка, разрешенность, сигнал/помеха, блок управления вибратора, поверхностные условия

ADAPTIVE VIBROSEISMIC PROSPECTING IN THE NON-HOMOGENEOUS CONDITIONS OF UPPER PART OF THE GEOLOGICAL SECTION

A.P. Zhukov, I.V. Tishchenko, R.M. Kalimulin, V.S. Gorbunov, A.I. Tishchenko

*“Geophysical Data Systems” Ltd., Office E-321, Leninsky prosp., 113/1, Park Place, Moscow, 117198, Russia,
e-mail: info@gds.ru, t_igor@gds.ru, t_alexander@gds.ru*

The technique of adaptive vibroseismic prospecting (AVSP) is considered as the seismic wave field resolution increase means and a means of increase of the signal/noise ratio. The technique is constructed on use of nonlinear sweep-signals adapted for seismic-geological conditions of every vibration point on a profile. Adaptation is carried out in an automatic mode on the basis of use of specialized control blocks “GDS-1” (developed by “Geophysical data systems” Ltd.) and the special software. Thanks to automatic adaptation of parameters of a sweep-signals to the ground surface conditions changing along a profile the effect of a spectrum widening and accordingly the resolution of the reflected waves increase effect is reached. Also the form stabilization and dynamic characteristics of a signal along a profile is reached.

Adaptive vibroseismic prospecting (AVSP), resolution, signal noise ratio, vibrator control block, ground surface conditions

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 разрешенности волнового поля и энергетического соответствия.

Ограничения метода связаны с трудностями “закачки” высокочастотных составляющих спектра свипа в глубокие слои геологического разреза. Основны-

ми препятствиями на этом пути являются условия контакта возбудителя вибратора (плиты) с грунтом и поглощающие свойства 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 идет о методике использования нелинейных свипов, при которой непропорционально увеличивается время генерации высокочастотных компонент свипа в процессе возбуждения сигнала [Жуков А.П., Шнеерсон М.Б. Адаптивные и нелинейные методы вибрационной сейсморазведки. М.: Недра, 2000].

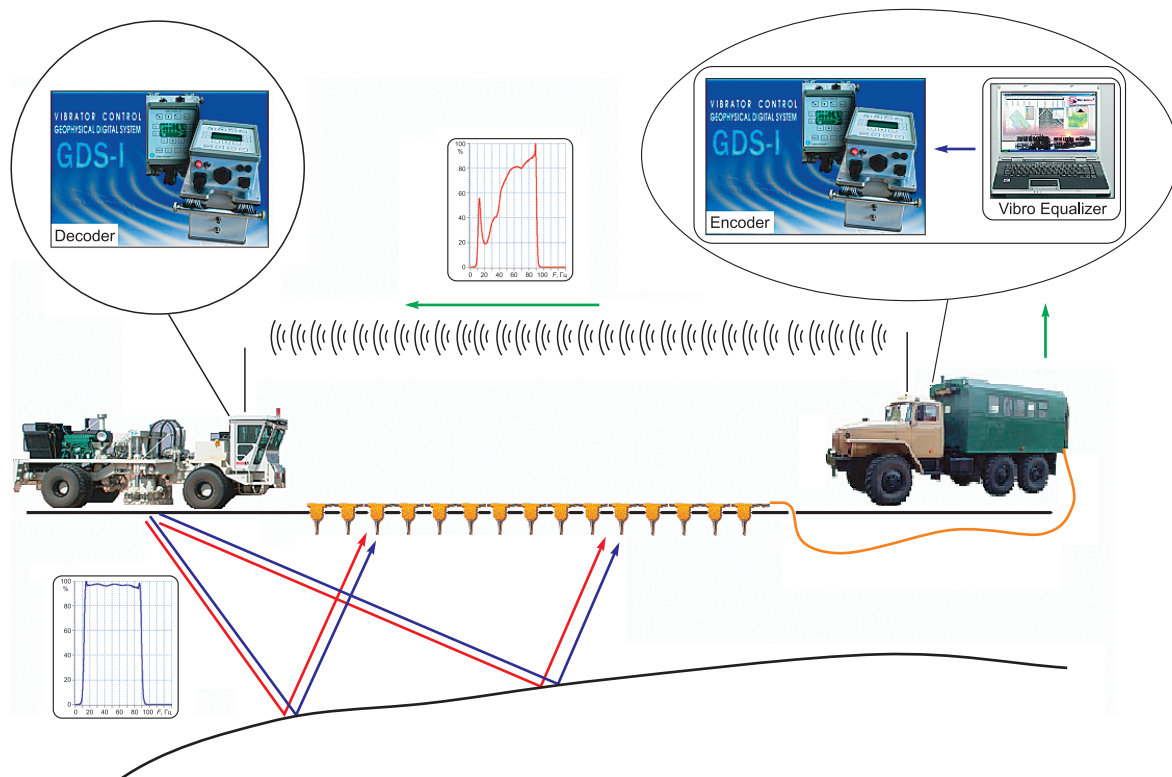


Рис. 1. Схема работ по технологии адаптивной вибрационной сейсморазведки (АВИС).

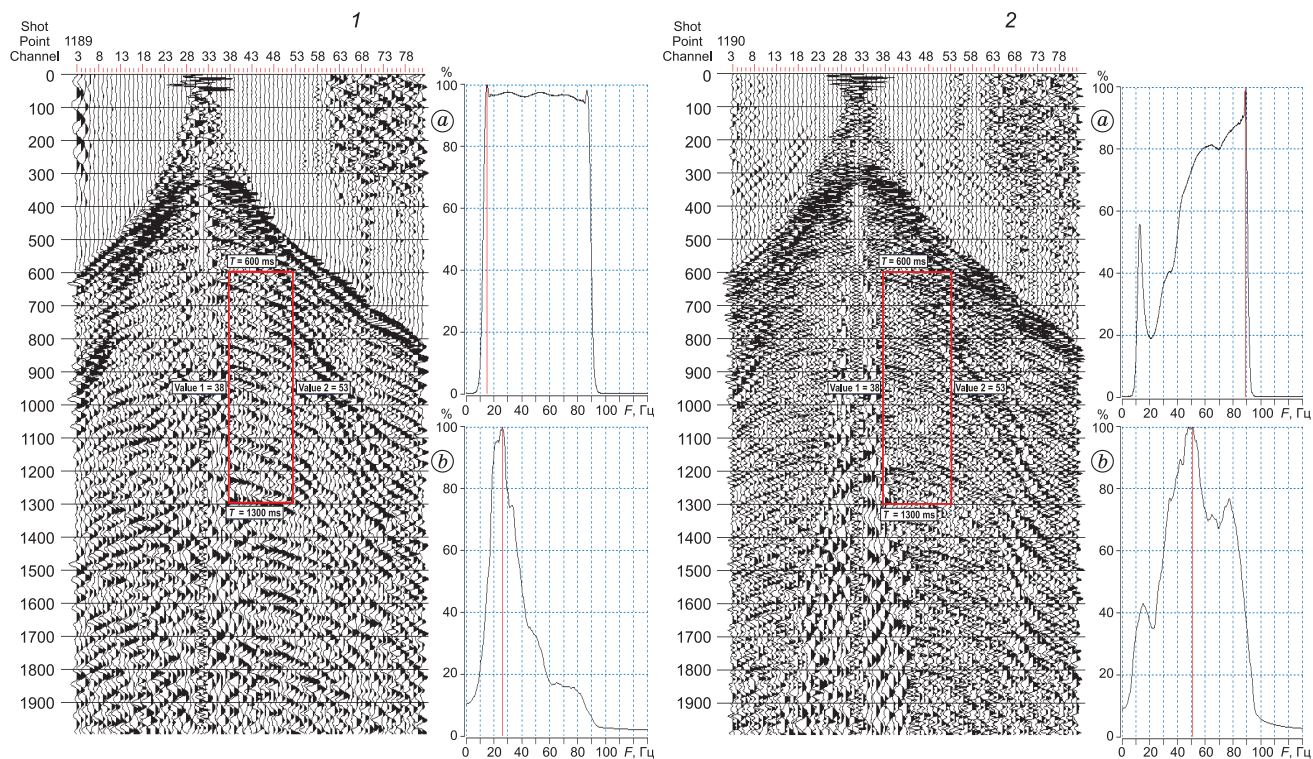


Рис. 2. Сравнение коррелограмм и их спектров (а – АЧХ свипа, б – АЧХ поля отраженных волн):
1 – линейный свип-сигнал 10–92 Гц; 2 – адаптированный свип-сигнал.

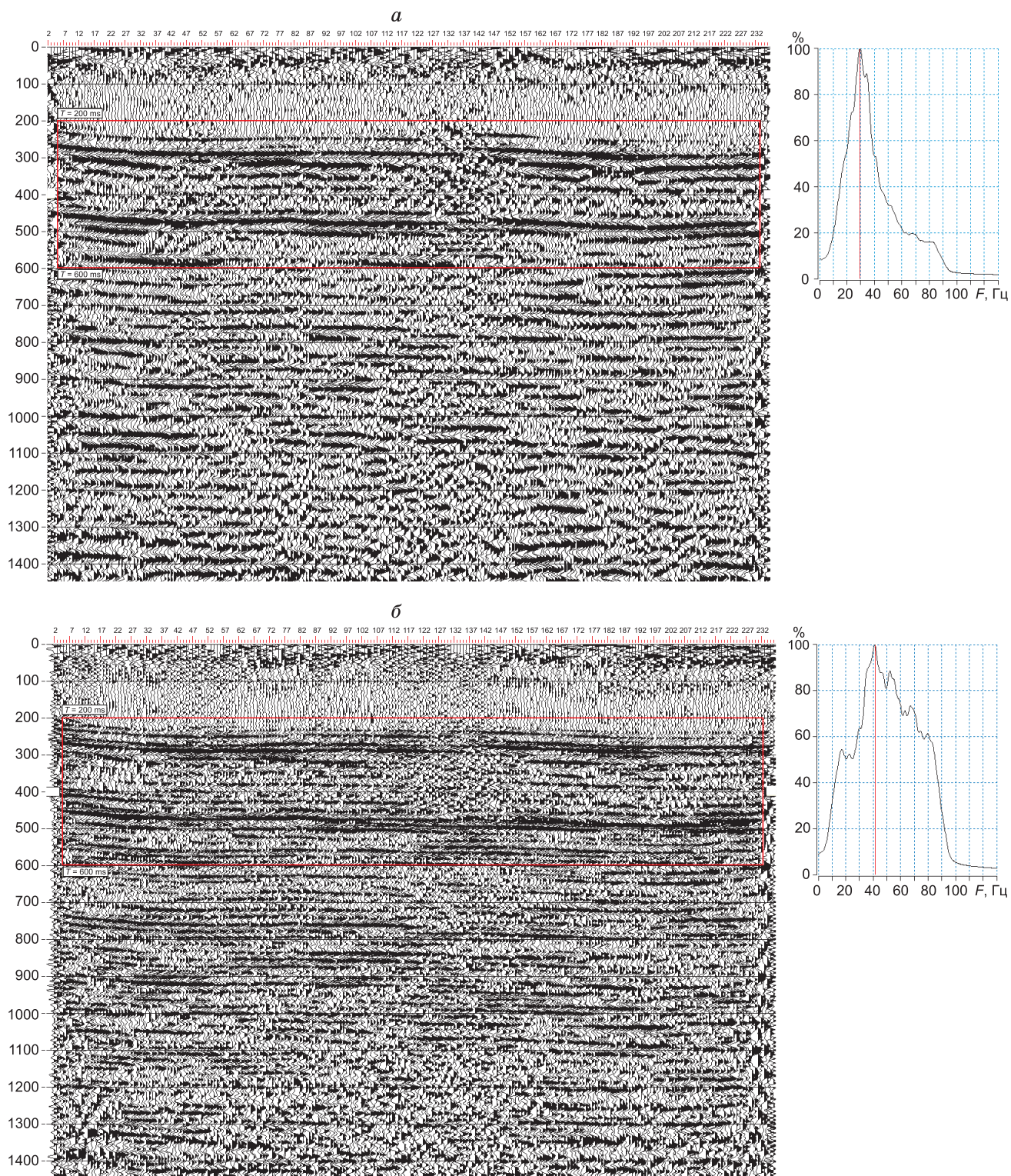


Рис. 3. Сравнение предварительных временных разрезов (ВР), полученных с линейным (*a*) и адаптированным (*б*) свип-сигналом.

Трудности практической реализации этого подхода в основном связаны с неудобствами ручной перенастройки параметров нелинейного свипа к меняющимся вдоль профиля сейсмогеологическим условиям. Обычно для всей площади работ использовался один тип нелинейного свипа, выбранного на участке проведения опытных исследований. При этом, конечно, не удавалось на всех участках площади достичь ожидаемого результата.

Ситуация изменилась с появлением системы управления вибраторами “GDS-1”. Помимо блоков управления эта система включает также и необходимое программное обеспечение, которое осуществляет автоматизированный “real time” контроль спектра регистрируемого поля отраженных волн, формирование корректирующего нелинейного свип-сигнала и передачу его на виброисточники. Таким образом, на физическом уровне в процессе возбуждения посылки происходит обратная фильтрация волнового поля, расширение его спектра, компенсирующее фильтрующее влияние неоднородного строения ВЧР.

Принципиальная схема реализации технологии АВИС представлена 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. Соответствующий инвертированному сигналу свип 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 об-

ласти, с линейным и адаптивным свип-сигналом показано 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. Наглядно эта закономерность продемонстрирована на рис. 4. Спектр линейного свип-сигнала в заданном диапазоне частот, спектр отраженных волн, обедненный за время прохождения сигнала в геологической среде, и спектры адаптированных свипов при различных параметрах фактора шума показаны на рис. 4, а, а спектры отраженных волн, соответствующие различным параметрам посылки, – на рис. 4, б. С уменьшением фактора шума повышается доля высокочастотной части спектра.

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

Особенно наглядно эффективность АВИС можно проследить по изменению спектра генерируемого (верхний ряд) и регистрируемого сигнала (нижний

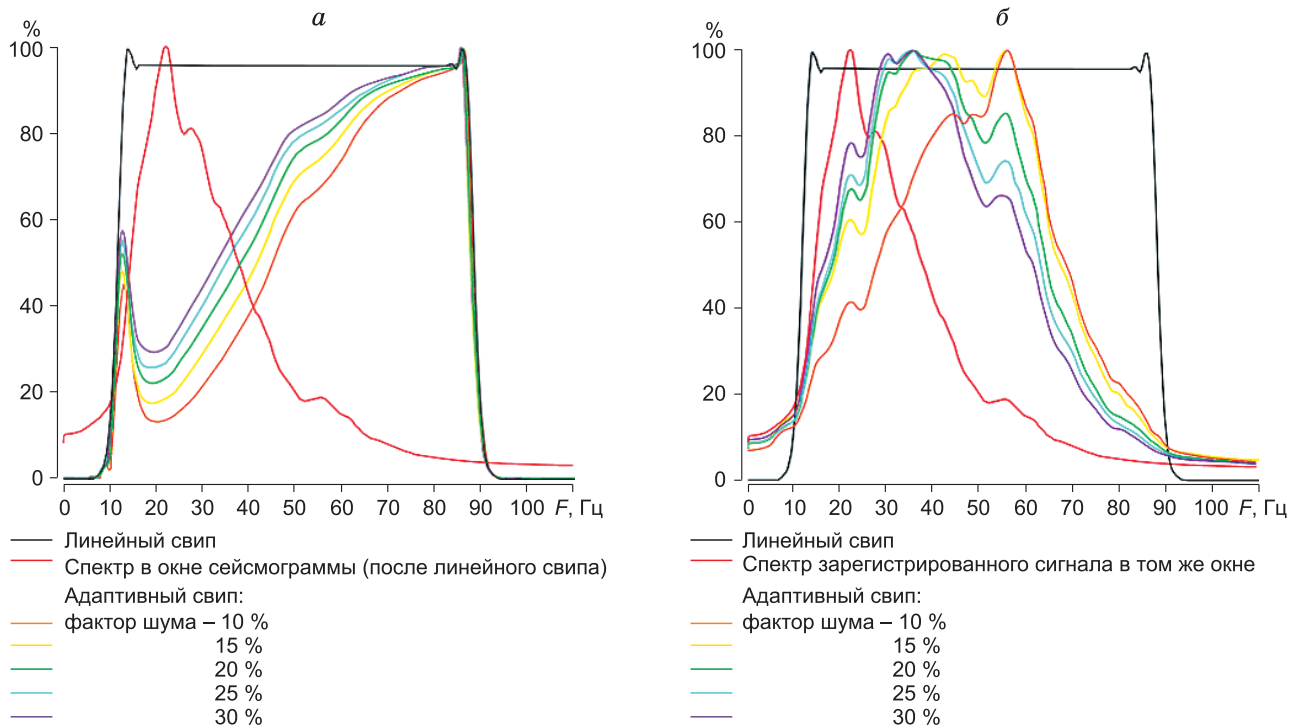


Рис. 4. Изменение АЧХ свип-сигнала (а) и записи (б) в зависимости от настройки уровня адаптации с использованием параметра “фактор шума”.

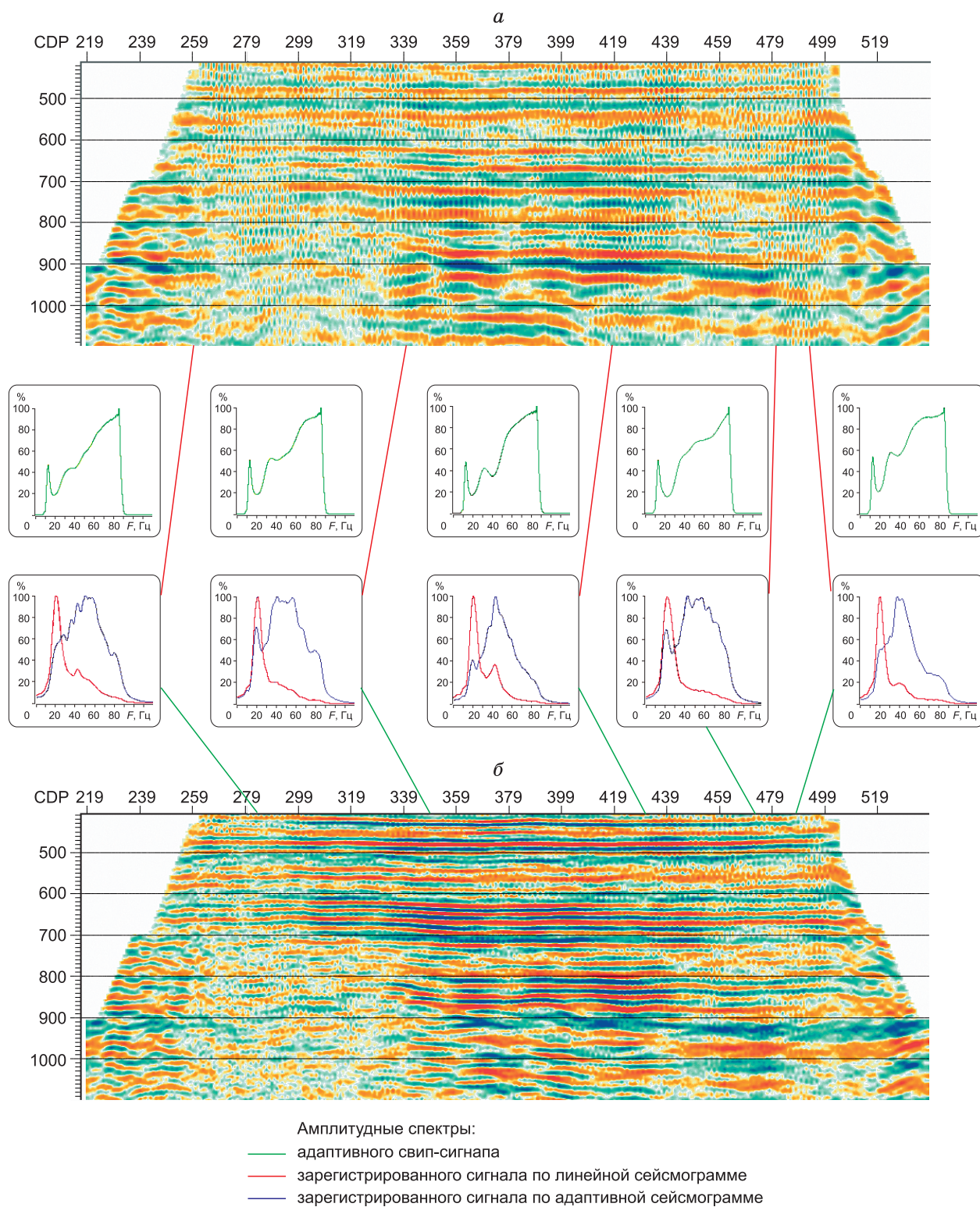


Рис. 5. Изменение формы спектра генерируемого свип-сигнала и зарегистрированного сигнала вдоль профиля: *а* – ВР с линейным свип-сигналом; *б* – ВР с адаптивным свип-сигналом.

ряд спектров) на различных участках профиля (рис. 5). Генерируемый свип-сигнал отличается заметной изменчивостью вдоль профиля, т. е. 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 (красная линия). Соответствующим образом различаются и предварительные разрезы, представленные на том же рисунке. Этот же вывод подтверждается и на материалах другого профиля, отработанного в пределах Жигулевско-Пугачевского 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 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. Однако при этом применение адаптированных свип-сигналов вполне оправдано, поскольку исключается возможность ухудшения качества, стабилизируется и расширяется спектр записи, повышается соотношение сигнал/помеха. На рис. 7 и 8 показано сравнение временных разрезов и их спектров после полной кинематической обработки данных с линейным и адаптированным свипами, полученных в условиях севера Западно-Сибирской низменности. После глубокой обработки исходных данных при сравнении окончательных временных разрезов и их спектральных характеристик наблюдаются на “адаптированном” разрезе безусловные преимущества.

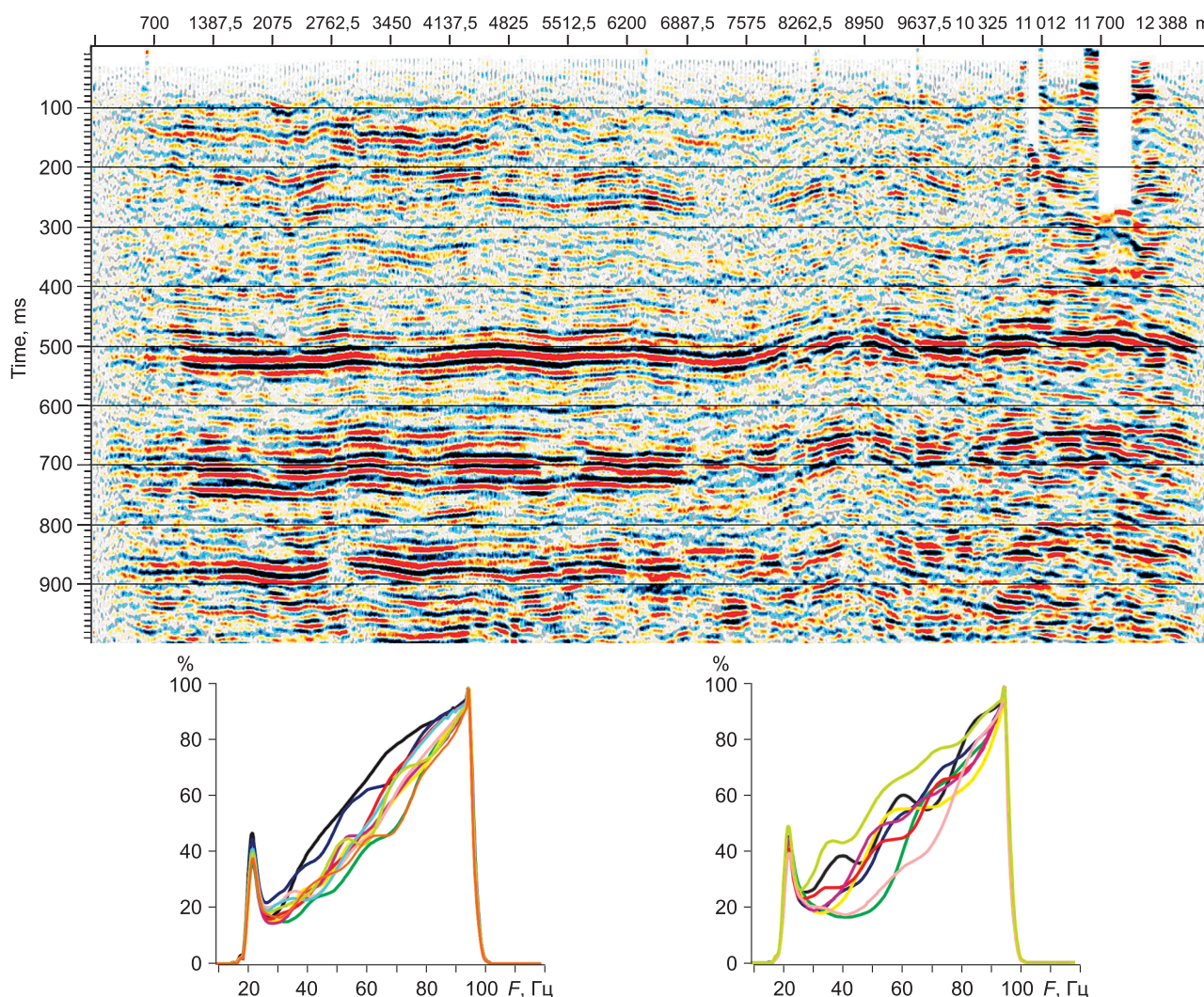


Рис. 6. Различный характер адаптивных свип-сигналов на стабильном участке профиля (слева) и в условиях неоднородного строения ВЧР (справа).

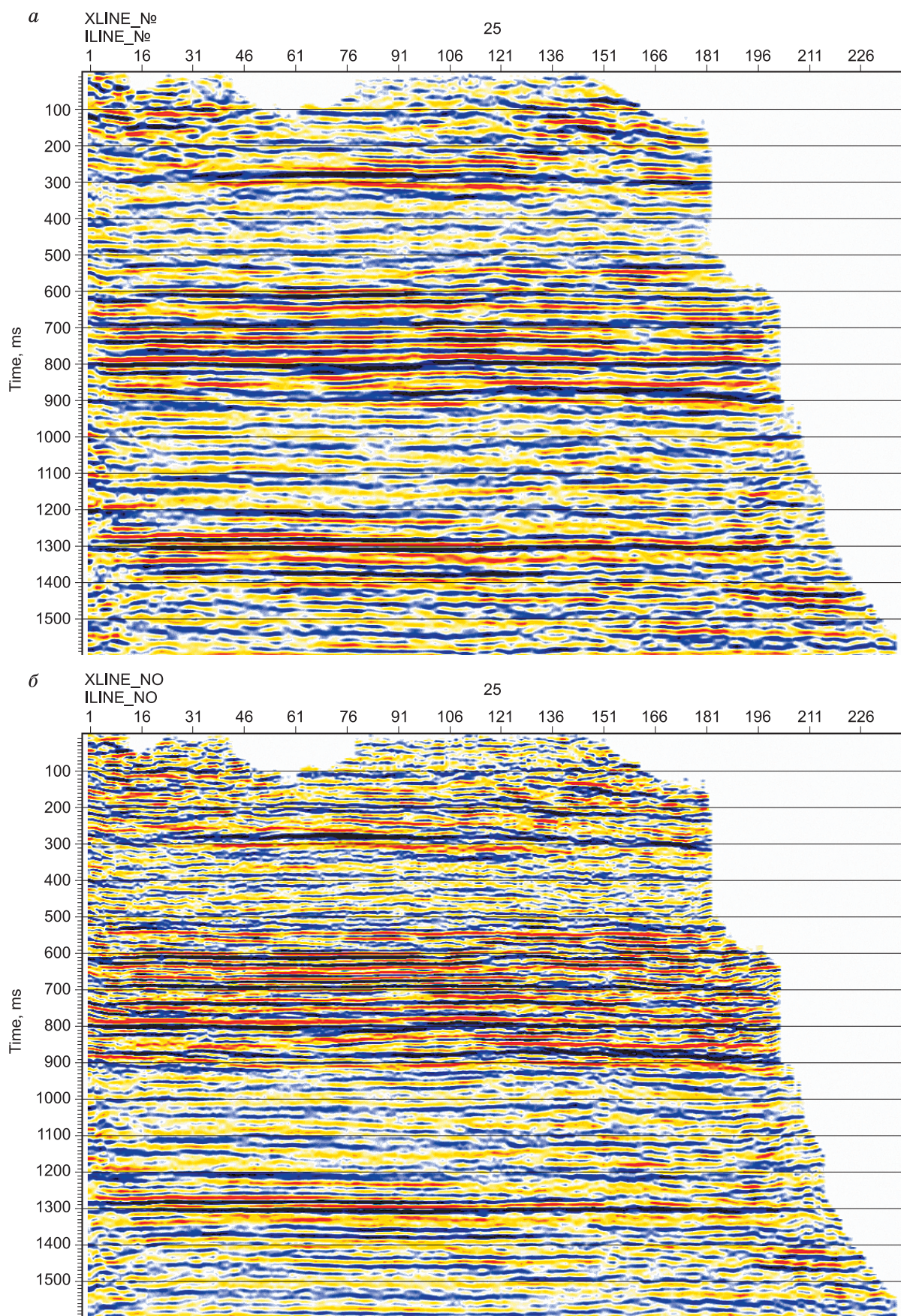


Рис. 7. Сравнение окончательных временных разрезов 2D, полученных на севере Западно-Сибирской низменности (ЗСН), с линейным (а) и адаптивным (б) свип-сигналом.

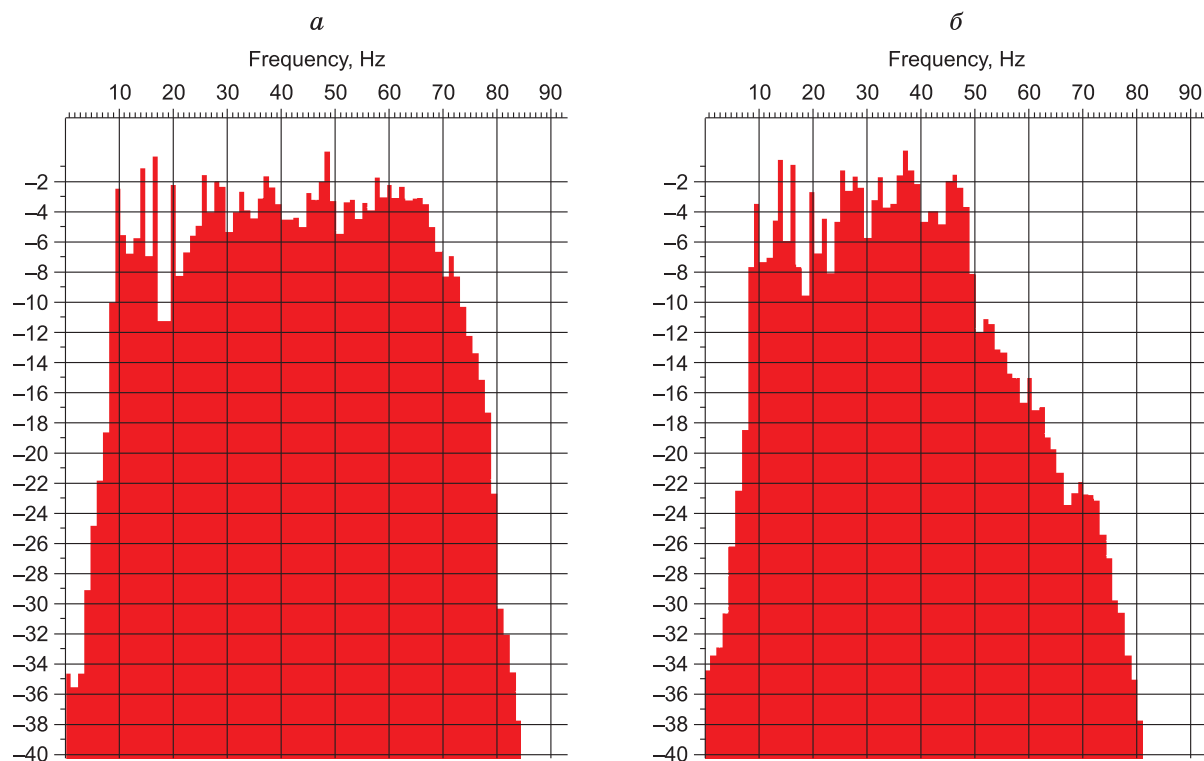


Рис. 8. Сравнение амплитудно-частотных спектров ВР с адаптивным (а) и линейным (б) свип-сигналами на уровне окончательных временных разрезов (см. рис. 2).

ВЫВОДЫ

1. Теоретические предпосылки и экспериментальные данные применения технологии АВИС свидетельствуют о возможностях существенного повышения эффективности вибрационной сейсморазведки в условиях неоднородного строения ВЧР.

2. Рекомендуется продолжить экспериментальные и производственные исследования эффективности технологии АВИС в различных сейсмогеологических условиях с оптимизацией методики автоматизированной настройки параметров адаптации системы управления GDS-1.