

**СЕЛЕКЦИЯ ВОЛН В ТЕХНОЛОГИИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ  
ВЫСОКОЙ ЧЕТКОСТИ МЕТОДОМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА  
ОБЛАСТИ ДОПУСТИМЫХ ПАРАМЕТРОВ**

В.Н.Ференци\*, В.Л.Елисеев\*, А.А.Табаков\*, Д.В.Огунеко\*,  
Ю.А.Степченков\*\*, Д.А.Мухин\*\*, А.С.Колосов\*\*.

(\*ООО «ГЕОВЕРС», г. Москва, \*\*ООО «УНИС», г. Санкт-Петербург)

**WAVE SELECTION IN HIGH DEFINITION SEISMIC TECHNOLOGY  
BASED ON METHOD OF PROJECTION ON VALID PARAMETER  
DOMAINS**

V.N.Ferentsi\*, V.L.Eliseev\*.A.A.Tabakov\*, D.V.Oguenko\* Y.A.Stepchenkov\*\*,  
D.A.Mukhin\*\*, A.S.Kolosov\*\*.

(\*GEOVERS, Ltd., Moscow, \*\*UNIS, Ltd., Saint-Petersburg)

**Аннотация**

Проблема качественной селекции полезных волн при наличии в данных существенных регулярных и нерегулярных помех является одной из основных проблем при обработке данных сейсморазведки высокой четкости. Использование метода проектирования в области допустимых параметров при селекции увеличивает помехоустойчивость и детальность результатов селекции.

В работе рассматриваются методические вопросы и особенности реализации селекции волн, основанной на применении априорной модели среды, для данных ВСП при наличии в них разного рода частотных помех. Приводятся пример применения метода при селекции данных ВСП дальнего пункта взрыва.

**Abstract**

The problem of qualitative selection of useful waves at presence in the data essential regular and irregular noises is one of the basic problems in high definition seismic data processing. Use of method of projection in the valid parameters domains at selection increases a noise stability and detail of selection results.

Methodical questions and features of realization of wave selection based on application of a priori model of medium for VSP data containing a different kind of frequency noises are considered in the paper. The example of method application in selection of offset shot point VSP data is given.

Эффективность обработки данных ВСП в технологии сейсморазведки высокой четкости во многом определяется качеством селекции из волнового поля основных типов волн. При обработке данных 2D/3D ВСП, имеющих значительный объем, добавляется также фактор производительности селекции.

Одной из главных проблем селекции волн из волнового поля, содержащего регулярные и нерегулярные помехи, является максимально эффективное подавление всех типов помех, наблюдаемых во временной,

частотной и FK области, при минимальном искажении основных полезных волн – падающих и отраженных продольных и поперечных волн.

Задачи высокой технологичности и эффективности селекции могут быть одновременно решены на основе применения априорных адекватных 1D-3D моделей среды и метода проектирования на области допустимых решений.

Основные принципы селекции, базированной на модели среды, были изложены в [1]. Здесь же приведен список выделяемых на основе априорной модели волн.

В современной реализации технологии селекции наряду с принципами кинематического проектирования в области допустимых решений положены также и принципы динамического проектирования.

В основе технологии селекции лежит выведение 3С волнового поля для волны заданного типа из списка допустимых волн на вертикаль, возможно, с преобразованием 3С трасс данной волны в следующую компоненту с предварительной оценкой поляризации данной волны. Такая трансформация волнового поля может рассматриваться как его проектирование в область допустимых решений. Причем решение (в данном случае селекция волны данного типа) будет тем точнее, чем лучше соответствует модель среды данному волновому полю и чем более представителен список типов волн, на которые разлагается волновое поле. Последний фактор играет особенно заметную роль в связи с итеративностью процесса селекции волн. Чем больше волн, на которые разлагается волновое поле, тем меньше их проявление в поле остатков, а, следовательно, тем лучше условия для селекции каждой волны на каждой итерации поиска решения.

Следующим фактором, определяющим область решений при селекции, является выбор допустимых параметров процедур селекции, а именно, FK-фильтрации и весовой адаптивной по времени селекции в скользящей по трассам базе. Принцип выбора параметров такой, что на первой итерации поиска решения должна быть обеспечена необходимая избирательность селекции, то есть размер скользящей по трассам базы селекции задается достаточно большим. Это делается для того, чтобы разумным образом сузить область допустимых решений и отсечь регулярные волны-помехи с близкими кажущимися скоростями по отношению к выделяемой волне. Платой за такое сужение области решений является потеря деталей выделяемой волны.

После первой итерации селекции детали каждой из выделяемых волн будут находиться в волновом поле остатков, но основная энергия каждой из волн уже будет выделена. Это делает условия для селекции на следующей итерации более благоприятными. Последовательно добавляя каждую из выделенных на первой итерации волн к полю остатков и повторно выделяя их на уже меньшей базе селекции, мы тем самым получаем выделенные волны с уже большими деталями. Повторяя этот процесс, мы, с одной стороны, сужаем область допустимых решений, а, с другой, направляем ее все больше к истинному решению, то есть к полному выделению волны со всеми ее деталями на фоне регулярных помех.

Все сказанное выше основывается на принципах кинематического проектирования в области допустимых параметров. Рассмотрим теперь также и принципы динамического проектирования.

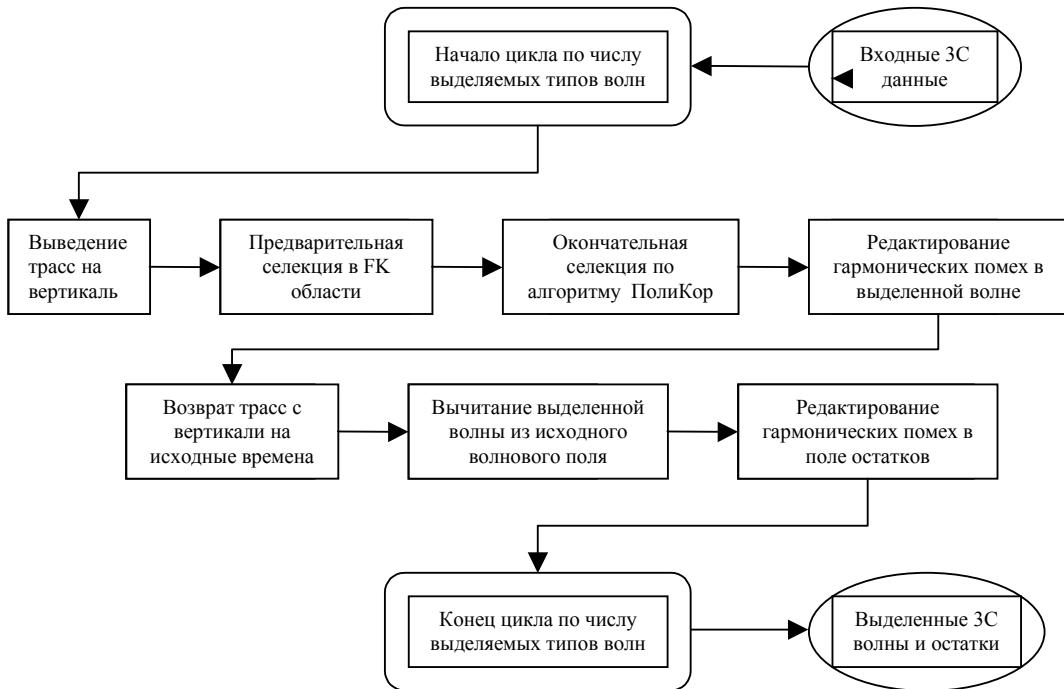
В волновом поле, кроме регулярных полезных волн и волн-помех, присутствуют также и разного рода нерегулярные помехи. Достаточно представительным их подмножеством являются так называемые гармонические помехи, то есть помехи, которые в частотной области приводят к искажениям спектров трасс. Достаточно эффективной процедурой подавления такого рода помех является процедура редактирования гармонических помех, основанная на расчете среднемедианного по трассам спектра трасс фильтруемой сейсмограммы, рассчитываемого как по всей трассе, так и в пределах заданного временного окна и используемого в качестве эталона при фильтрации. Процедура редактирования состоит в приведении с некоторым допуском спектров текущих трасс сейсмограммы к среднему спектру. Допуск позволяет приводить к среднему спектру только шумовые гармоники спектра, не затрагивая при этом неискаженную помехами часть спектра. Еще эффективнее в качестве спектра эталона при редактировании гармонических помех применять спектр трассы однократно отраженных волн.

Для борьбы с локальными гармоническими помехами, то есть помехами, проявляющимися не по всей длине трассы, в процедуре фильтрации гармонических помех предусмотрено разбиение трассы на окна, в пределах каждого из которых применяется свой оператор фильтра. Средний спектр в этом случае может рассчитываться, как по всей трассе или в одном общем окне, а также свой спектр в каждом окне разбиения.

Процедуру фильтрации гармонических помех при селекции волн эффективнее всего применять в процессе самой селекции, поскольку ее предварительное применение может исказить полезную информацию. В этой связи в технологию автоматической селекции [1] была добавлена (опционально) возможность гармонической фильтрации помех поля выделенной волны, а также волнового поля остатков после выделения всех регулярных волн на каждой итерации селекции (рис.1). Поля гармонических помех, полученные из волновых полей остатков на каждой итерации, накапливаются. Таким образом, на каждой итерации условия селекции полезных регулярных волн на фоне гармонических помех становятся все более благоприятными. Чтобы усилить эффект применения данной процедуры рекомендуется на первой итерации использовать жесткое редактирование спектров выделяемых волн и мягкое редактирование спектров трасс поля остатков, постепенно ослабляя редактирование спектров выделяемых волн и увеличивая степень редактирования поля остатков в процессе итераций селекции волн.

На рис. 2 показывается результат применения гармонического редактирования спектра при селекции отраженных продольных и поперечных волн в волновом поле, содержащем интенсивные низкочастотные падающие поперечные волны. На рис. 2а очевидно

существенное превышение низкочастотной части спектра отдельной трассы над средним спектром группы трасс. На рис. 2в и рис. 2е показан результат селекции Р и S волн соответственно без применения процедуры редактирования спектров. В поле выделенных волн заметно проявление



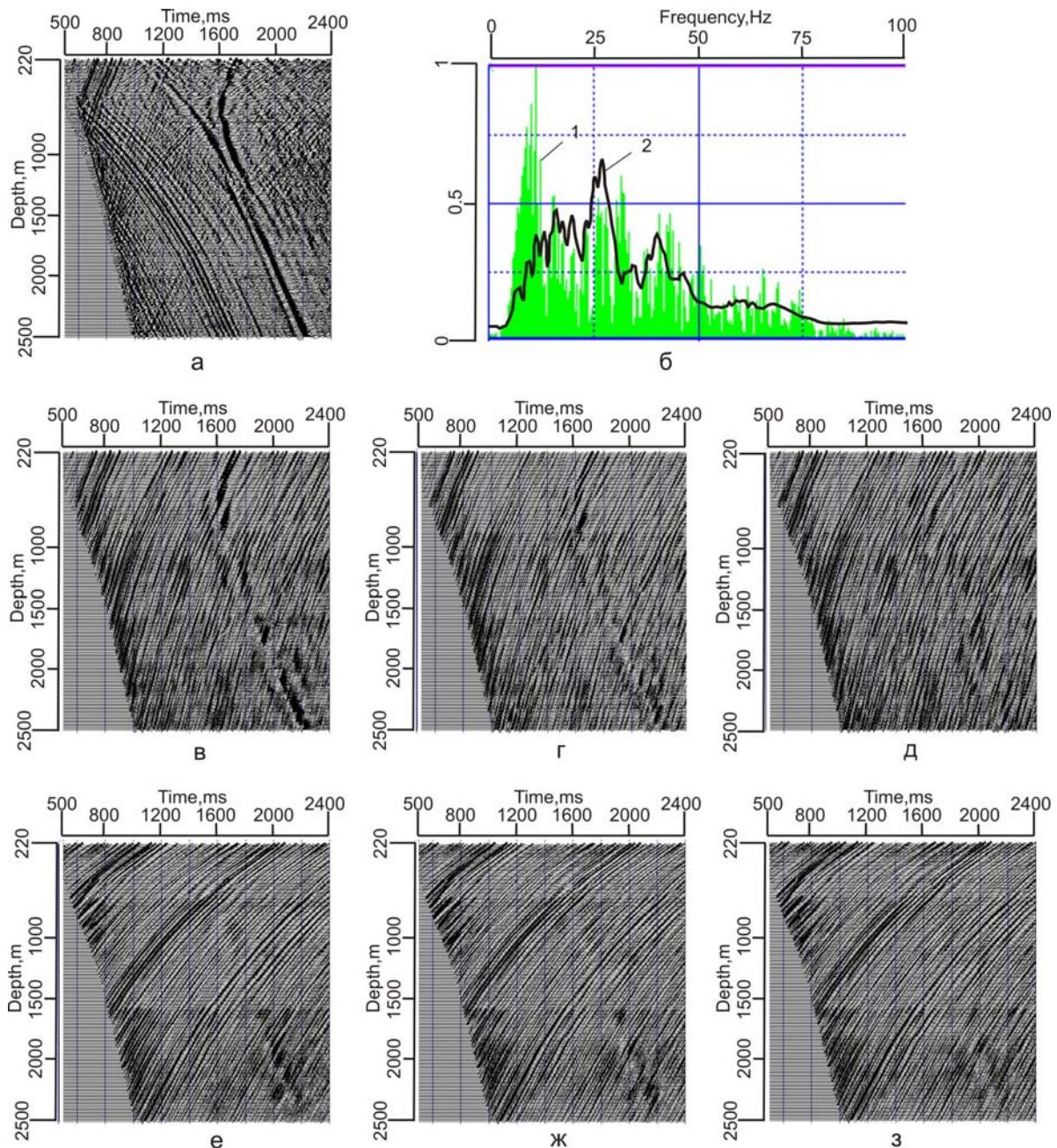
низкочастотной падающей поперечной волны. Очевидно, что при селекции данных волн с применением редактирование спектров выделенных волн уже после второй итерации (рис.2д и рис.2з) влияние падающей S волны практически незаметно.

**Рис.1.** Структурная схема селекции данных одного ПВ с применением редактирования гармонических помех.

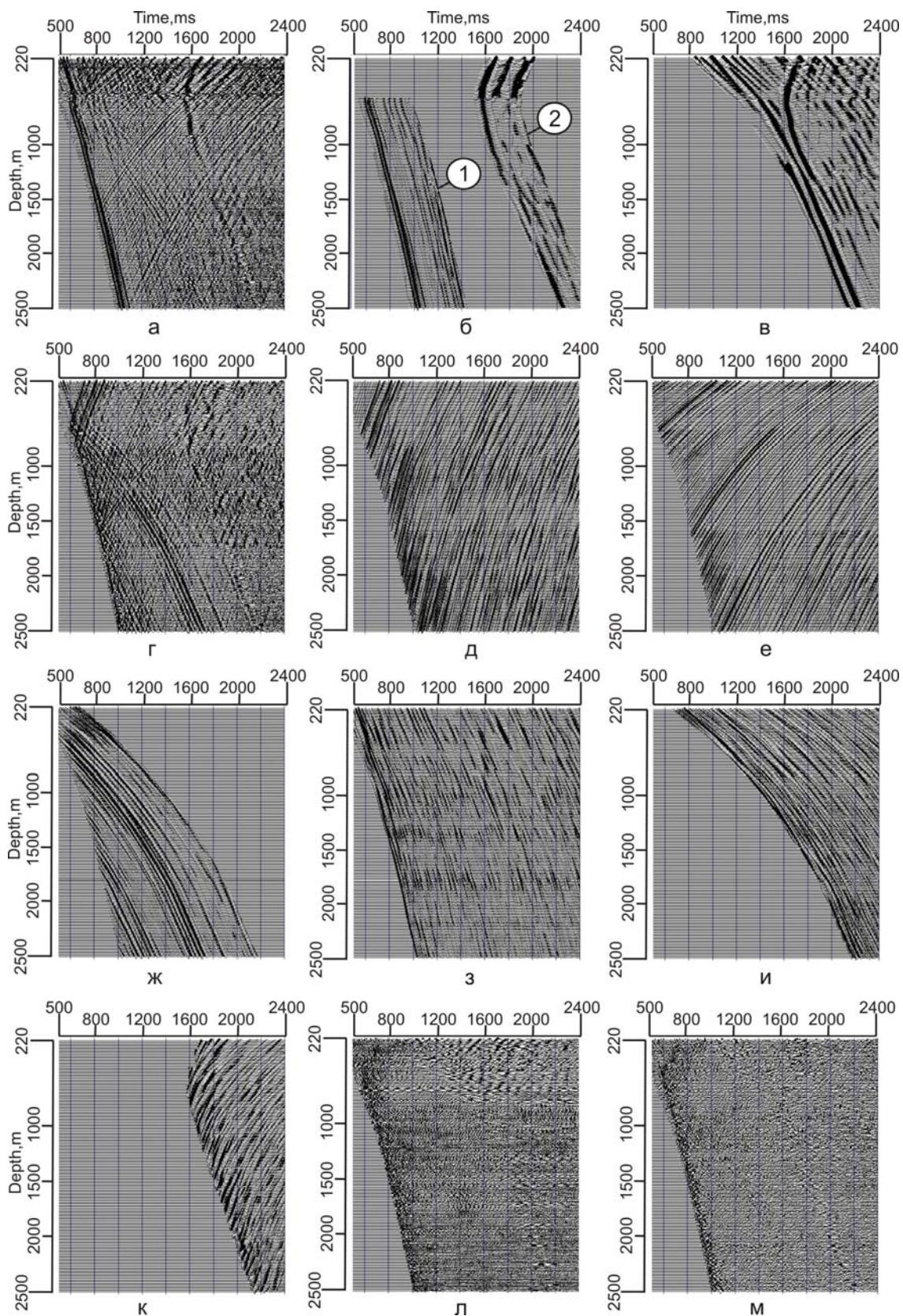
Вторым принципом динамического проектирования в области допустимых параметров, применяемым при селекции волн, является использования сглаживания амплитуд в областях интерференции выделяемой волны с другими регулярными волнами. Применение данной процедуры позволяет сохранять истинные амплитуды регулярных волн в областях их интерференции.

Особенностью современной реализации технологии автоматической селекции в отличие от [1] является также возможность селекции прямых продольных и поперечных волн, как по модели, так и по их гидографам первых выступлений. Это улучшает селекцию волн, когда не удается подобрать детальную адекватную модель, положенную в основу селекции.

В [1] были приведены примеры применения технологии автоматической селекции волн, основанной на одномерной модели среды, к модельным данным ВСП и реальным данным 2D ВСП.



**Рис.2.** Пример применения частотного редактирования спектра для подавления низкочастотных регулярных помех при селекции волн. а) исходное волновое поле (R-компоненты), б) наложение спектра одной редактируемой трассы (1) и среднего спектра (2), в)-д) результаты селекции отраженной Р волны без частотного редактирования спектра, с частотным редактированием спектра после первой и второй итерации соответственно, е)-з) те же результаты селекции отраженной S волны.



**Рис.3.** Результаты селекции реальных данных НВСП (Западная Сибирь): а) Р-компоненты исходного волнового поля, б) прямые волны: продольная (1) и поперечная (2), выделенные из Р компоненты, в) наложение двух видов прямой S-волны, выделенных из R-компоненты исходного поля (рис.2а) г) Z-компоненты исходного поля после вычитания прямых волн д)-к) волновые поля после селекции из Z-компоненты: отраженной продольной (DPUP), отраженной обменной поперечной (DPUS) (из Y компоненты), обменной падающей (DPDS), кратной

продольной падающей (DPUPDP), кратной поперечной падающей (DPUPDS), отраженной монотипной поперечной (DSUS) волн соответственно л) поле нерегулярных гармонических помех, м) волновое поле остатков после селекции.

На рис. 3.1 приводятся результаты применения автоматической селекции волн с использованием всех названных методов проектирования в области допустимых параметров к реальным данным НВСП при наличии в них гармонических помех. Показаны волновые поля основных выделенных волн, поле выделенных помех и поле остатков после селекции. Отсутствие регулярных волн в поле остатков и нерегулярных помех в выделенных волнах свидетельствует о хорошем качестве селекции.

### **Выводы.**

1. Технология селекции волн при обработке данных ВСП, основанная на модели среды и методе проектирования на области допустимых параметров позволяет с высокой эффективностью и детальностью выделять полезные регулярные волны, обладает высокой технологичностью при обработке больших объемов данных 2D-3D ВСП.

2. Подход, при котором подавление нерегулярных гармонических помех осуществляется в процессе селекции волн, ослабляет влияние помех на результат селекции и повышает надежность выделения волн.

3. Применение метода проектирования в области допустимых параметров в частотной области при селекции волн позволяет выполнять селекцию в широкой полосе частот вообще без частотной фильтрации трасс, так как, по сути, данная процедура является адаптивным частотным фильтром.

4. Процедура селекции волн с применением проектирования в области допустимых параметров также оказывается эффективной и при обработке данных наземной сейсморазведки.

### **Литература**

1. В.Н.Ференци, А.А.Табаков, Л.В.Севастьянов, Е.А.Фурсова, В.Л.Елисеев. Автоматическая селекция волн при модель-базированной обработке данных ВСП. Материалы научно-практической конференции «ВСП и трехмерные системы наблюдений в сейсморазведке», Москва, 2007, с. 12-17.

\*\*\*\*\*