

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

**В.Н. Ференци\*, В.Л. Елисеев\*, А.А. Табаков\*, Д.В. Огуенко\*,  
Ю.А. Степченков\*\*, Д.А. Мухин\*\*, А.С. Колосов\*\***  
*(\*ООО «ГЕОВЕРС», Москва, \*\*ООО «УНИС», 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)*

***Гальперинские чтения - 2009***

***Galperin readings - 2009***

# Введение

## Introduction

Эффективность обработки данных ВСП и наземной сейсморазведки во многом определяется качеством селекции из волнового поля основных регулярных волн. Одной из главных проблем селекции волн, является эффективное подавление в волновом поле регулярных и нерегулярных помех, наблюдаемых во временной, частотной и FK области, при минимальном искажении полезных отраженных волн.

Основные принципы, положенные в основу технологии селекции данных 1D-3D ВСП:

- базирование на скоростной 1D модели параллельно-слоистой анизотропной среды и в перспективе на 2D/3D модели;
- аддитивность выделяемых волн, нерегулярных и регулярных помех и волнового поля остатков;
- итеративность процедуры селекции с постепенным уточнением поля выделяемых волн.
- применение метода кинематического и динамического проектирования в области допустимых параметров.

Основы для практического применения предлагаемого метода:

- хорошее соответствие модели для P и S волн реальному волновому полю;
- отсутствие волн-помех с близкими к полезным волнам (восходящим отраженным PP и PS волнам) кажущимися скоростями;
- достаточно низкий фон нерегулярного шума.

Efficiency of VSP and CDP seismic data processing in many respects is determined by quality of selection from wave field of the basic regular waves. One of the main problems of wave selection is effective suppression in wave field of the regular and irregular noises observed in time, frequency and FK domains at the minimal distortion of the useful reflected waves.

The main principles put in basis of 1D-3D VSP data selection technology:

- basing on 1D velocity models of the parallel-layered anisotropic medium and in the future on 2D/3D model;
- additivity of waves selected, irregular and regular noises and wavefield of residuals;
- iterativity of selection procedures with step-by-step refining of selected waves wavefield;
- application of kinematic and dynamic projection method on valid parameter domains;

The bases for practical application of developed method:

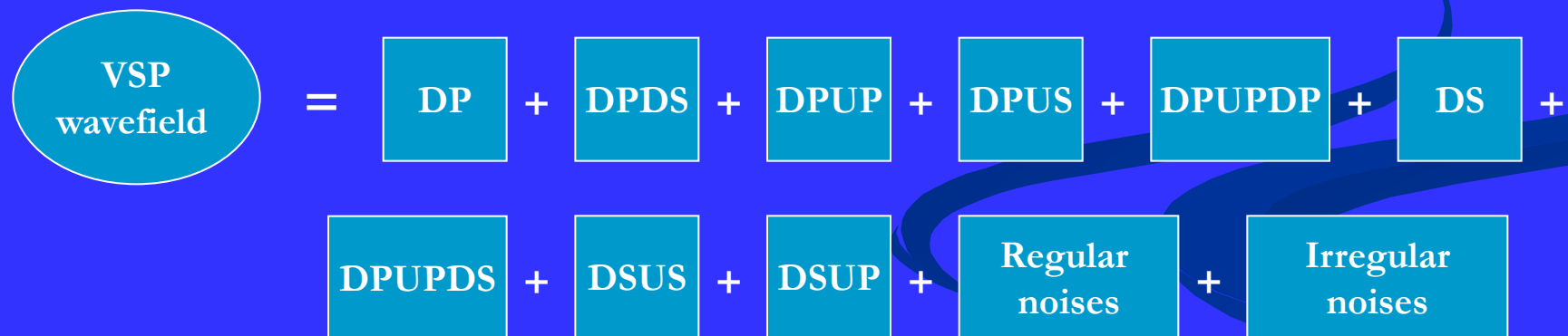
- good correspondence of model for P and S waves to real wavefield;
- absence of waves-noises with close to useful waves (upgoing reflected PP and PS waves) apparent velocities;
- low enough level of irregular noise.

# Разложение волнового поля в технологии автоматической селекции данных ВСП

## Decomposition of wavefield in VSP data automatic selection technology

Волновое поле ВСП представляется как сумма основных типов волн: DP, DPDS, DPUP, DPUS, DPUPDP, DS, DPUPDS, DSUS, DSUP и регулярных и нерегулярных помех.

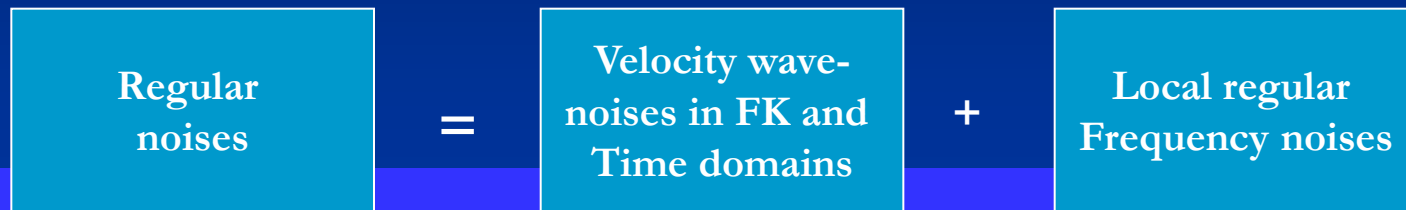
VSP wavefield is represented as the sum of the basic types of waves: DP, DPDS, DPUP, DPUS, DPUPDP, DS, DPUPDS, DSUS, DSUP and regular and irregular noises.



Where DP - direct P wave, DPDS – downgoing converted PS wave, DPUP – reflected monotype PP wave, DPUS - reflected converted PS wave, DPUPDP - multiple downgoing P wave, reflected from ground surface, DS - direct S wave, DPUPDS -downgoing converted S wave, formed as result of reflection from ground surface of PP wave, DSUS – reflected monotype SS wave, DSUP – reflected converted SP wave.

# Представление полей помех в технологии селекции данных ВСП

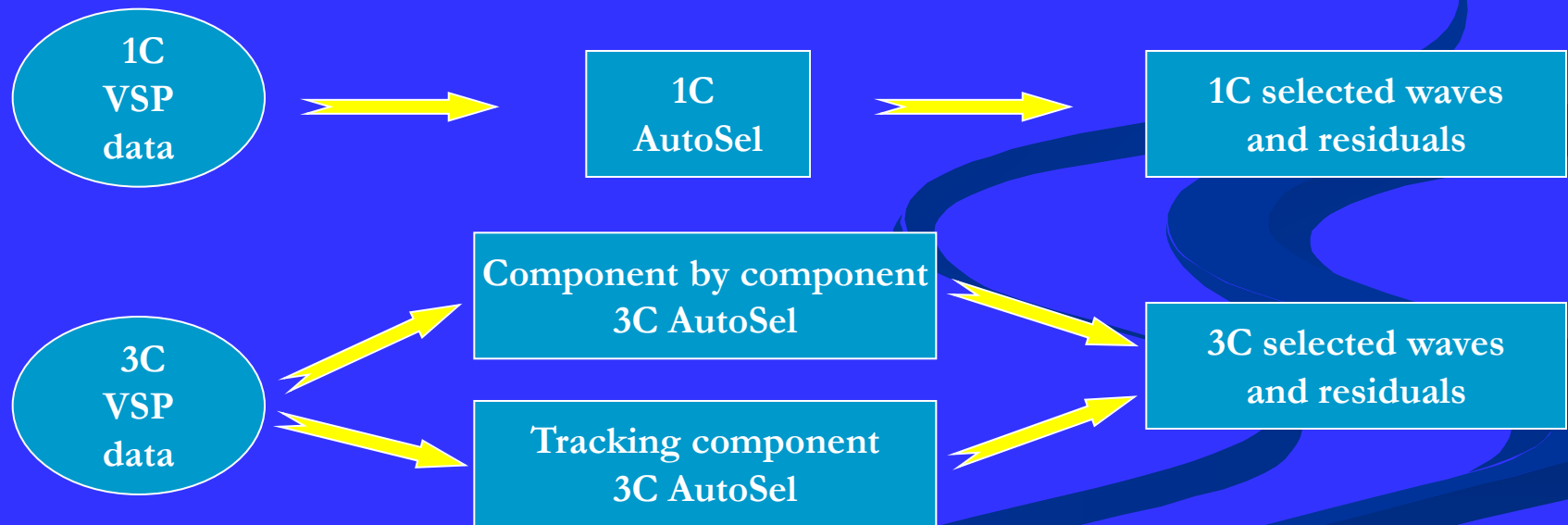
Representation of noise fields in VSP data selection technology





Селекция может выполняться для 1С и 3С сейсмических данных, причем для данных 3С предусмотрена как покомпонентная их обработка, так и их селекция после преобразования трех компонент входных данных в одну следящую компоненту для каждого выделяемого типа волны. Преобразование в следящую компоненту основывается на оценках поляризации по заданной модели среды для каждого типа волны.

Selection can be applied to 1C and 3C seismic data, and for the 3C data both component by component processing and tracking component selection after transformation three component of the input data in one tracking component for each selected type wave is provided. Transformation in tracking component is based on polarization estimations by given model of medium for each wave type .



# Структурная схема обработки трасс одного ПВ данных 1D/2D/3D ВСП

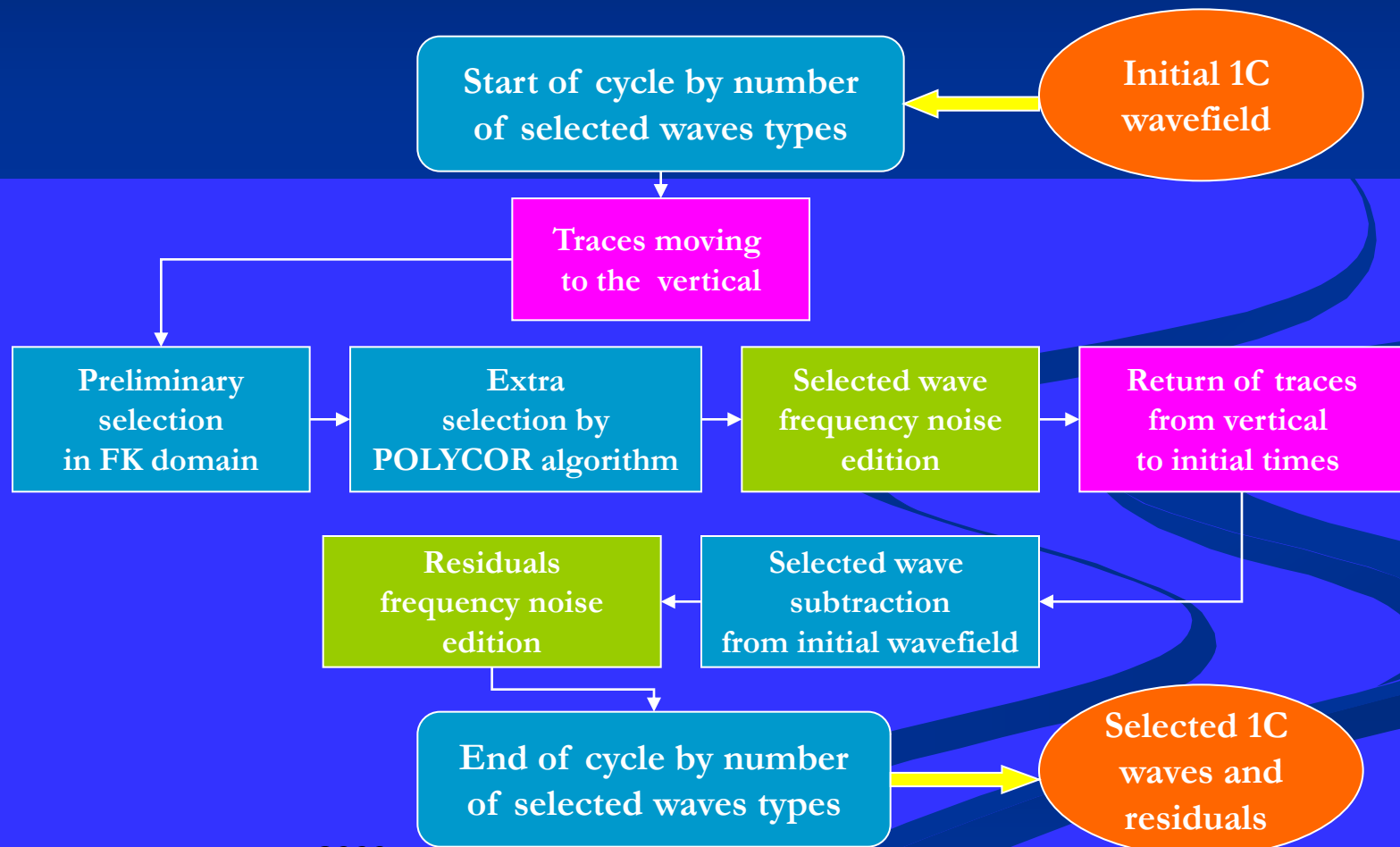
Structure chart of single SP traces processing of 1D/2D/3D VSP data

Селекция волн одной компоненты для данных 1С/3С в покомпонентном режиме.

1-ая итерация.

Single component waves selection for 1C/3C data in component by component mode.

First iteration.



# Структурная схема обработки трасс одного ПВ данных 1D/2D/3D ВСП

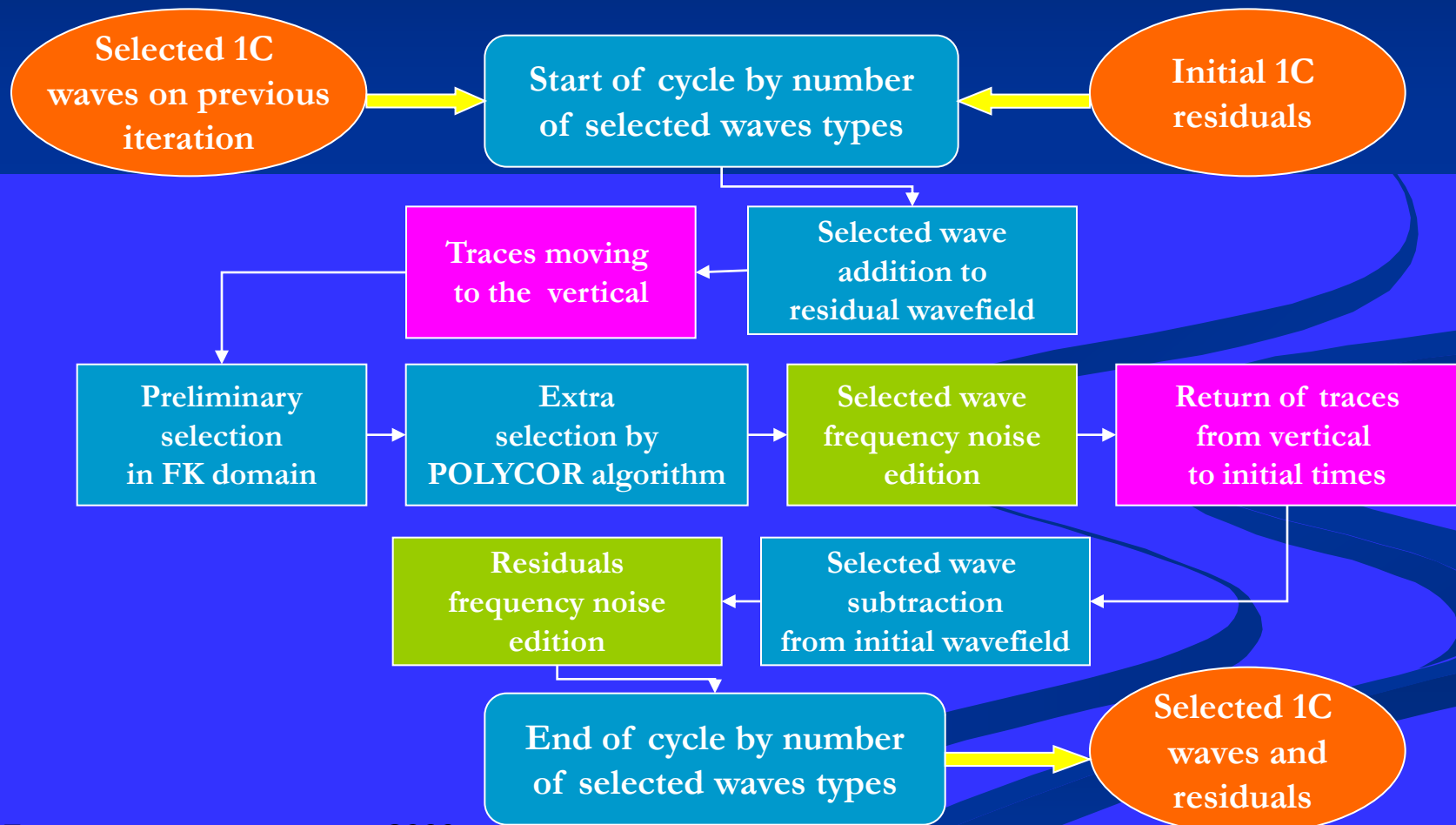
Structure chart of single SP traces processing of 1D/2D/3D VSP data

Селекция волн одной компоненты для данных 1С/3С в покомпонентном режиме.

Следующая итерация.

Single component waves selection for 1C/3C data in component by component mode.

Next iteration.



# Принципы метода проектирования на области допустимых параметров при селекции волн

## Principles of projection on valid parameter domains method in wave selection

### 1. Принципы кинематического проектирования:

- Разложение волнового поля по типам выделяемых волн на основе модели среды.
- Выведение на вертикаль волны заданного типа из списка допустимых волн, на которые разлагается волновое поле.
- Выбор допустимых параметров процедур селекции (FK-фильтрации и весовой селекции в скользящей базе трасс).

### 2. Принципы динамического проектирования:

- Адаптивное по времени частотное редактирование спектров трасс выделенных волн и поля остатков с целью подавления нерегулярных гармонических помех и локально-регулярных низкочастотных помех.
- Применение сглаживания амплитуд в областях интерференции выделяемой волны с другими регулярными волнами.
- Подавление нерегулярных волновых всплесков в поле остатков.

### 3. Принципы проектирования в процессе итераций:

- Уменьшение избирательности FK-фильтра, базы трасс весовой селекции в скользящей базе.
- Уменьшение жесткости частотного редактирования трасс выделяемых волн и увеличение жесткости частотного редактирования трасс поля остатков.

### 1. Principles of kinematic projection:

- Decomposition of wave field in selected waves on the base of model of medium.
- Moving to vertical of given type wave from the list of allowable waves to which the wavefield is decomposed.
- Choice of valid parameters of selection procedures (FK-filtration and weight selection in sliding base of traces).

### 2. Principles of dynamic projection :

- Time adaptive frequency editing of traces spectra of waves selected and residual field with the purpose of suppression of irregular harmonic noises and local-regular low-frequency noises.
- Application of amplitude smoothing in the areas of interference of selected wave with other regular waves .
- Suppression of irregular wave spikes in residual field .

### 3. Principles of projection during iterations:

- Decrease of FK-filter selectivity and base of traces of weight selection in sliding base;
- Decrease of rigidity frequency editing of selected waves traces and increase rigidity frequency editing of residual field traces;



# Применение частотного редактирования спектров для подавления низкочастотных регулярных помех при селекции волн

## Application of frequency spectra edition for low frequency regular noise suppression

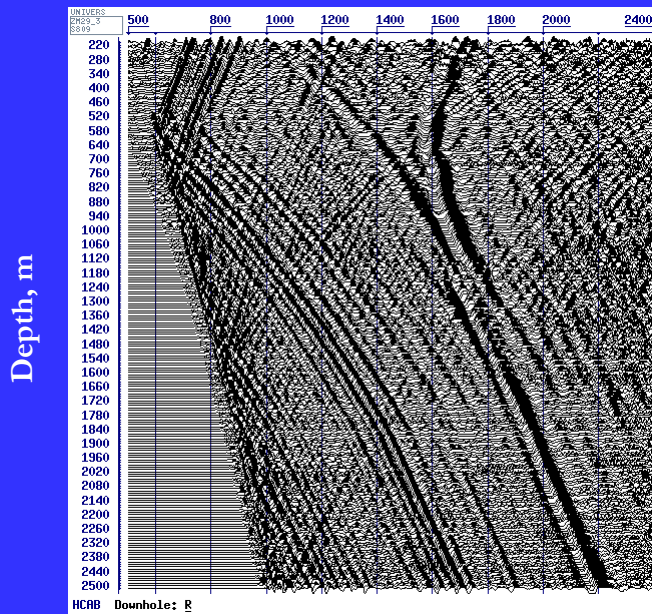
### Реальные данные НВСП (Западная Сибирь)

#### Real offset VSP data (West Siberia)

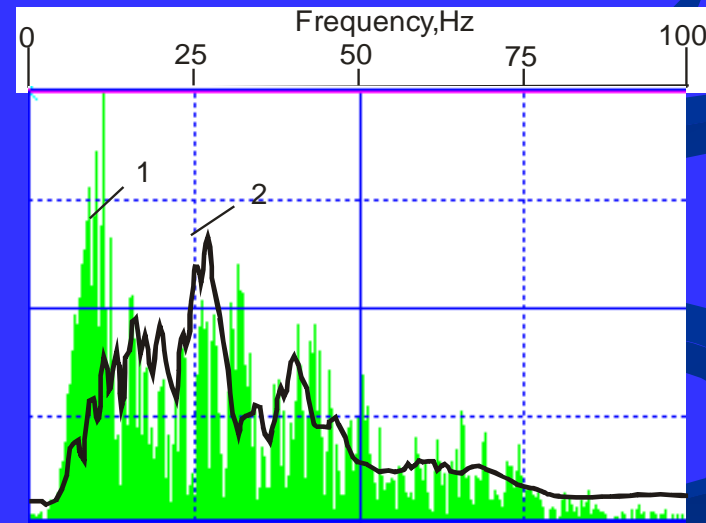
В R компоненте волнового поля перед селекцией волн наблюдается интенсивная низкочастотная падающая S-волна. В спектре отдельной трассы (1) видно существенное преобладание низких частот по отношению к среднему по трассам спектру (2).

In R component of wavefield before selection of waves the intensive low-frequency downgoing S-wave is observed. In spectrum of separate trace (1) essential prevalence of low frequencies over average trace spectrum (2) is visible.

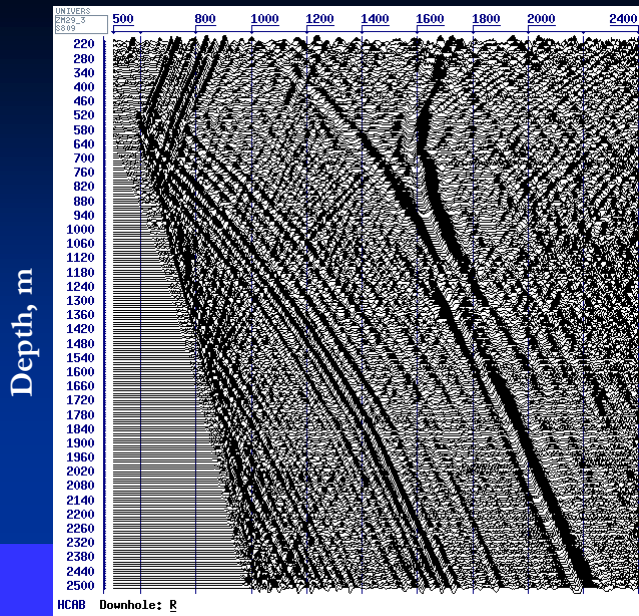
R component of initial wave field



Separate trace (1) and average (2) spectra

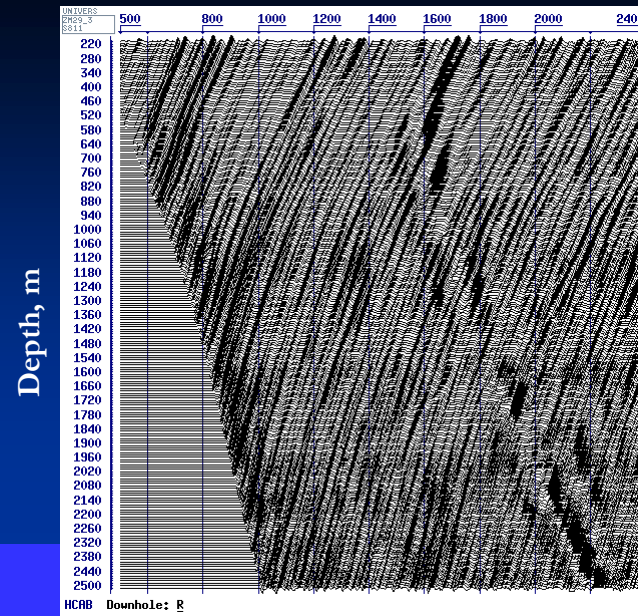


Time, ms



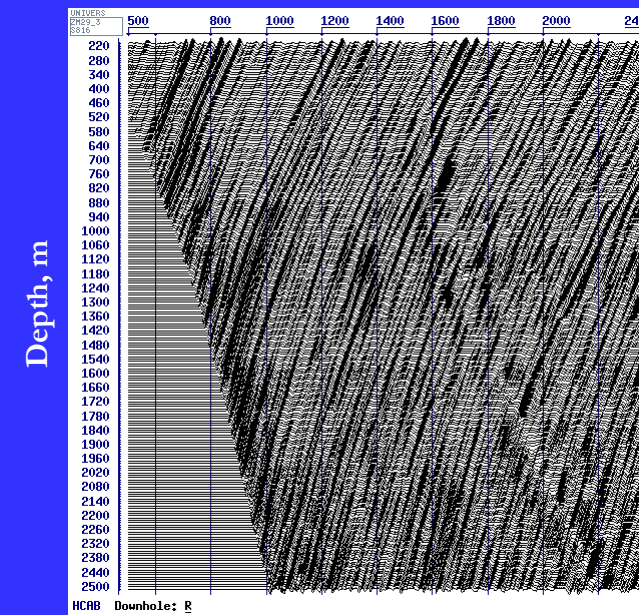
Initial  
wave field  
R comp

Time, ms



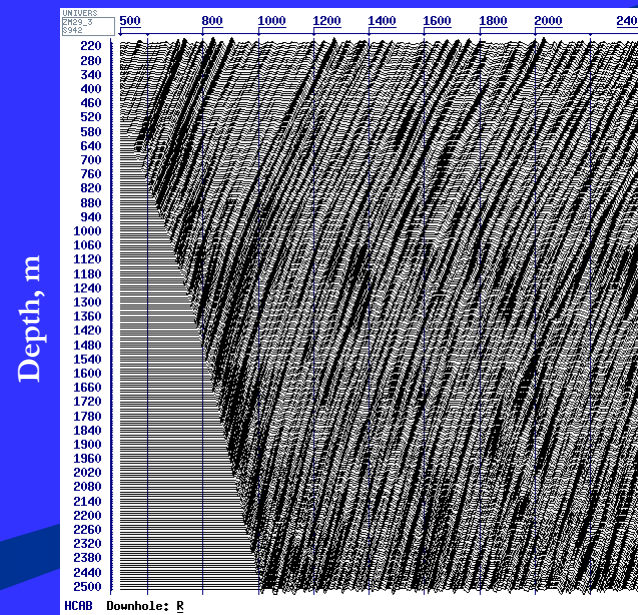
UP wave  
selected  
without  
spectra  
edition

Time, ms



UP wave  
selected  
with  
spectra  
edition  
after 1<sup>st</sup>  
iteration

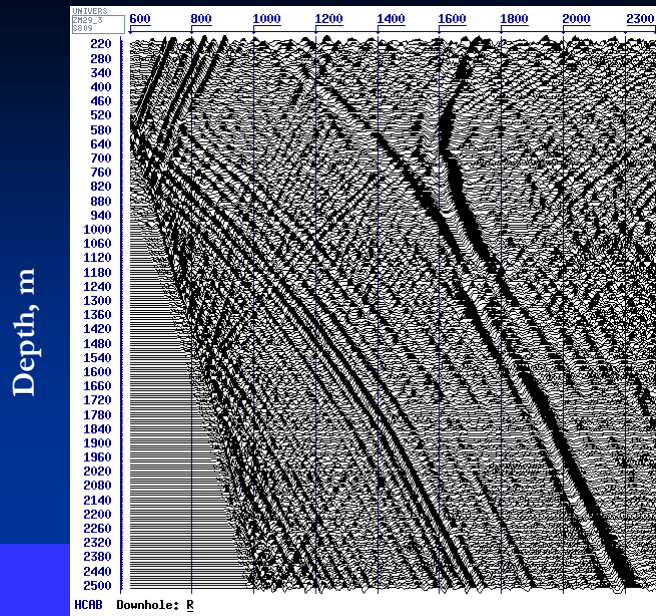
Time, ms



UP wave  
selected  
with  
spectra  
edition  
after 2<sup>nd</sup>  
iteration



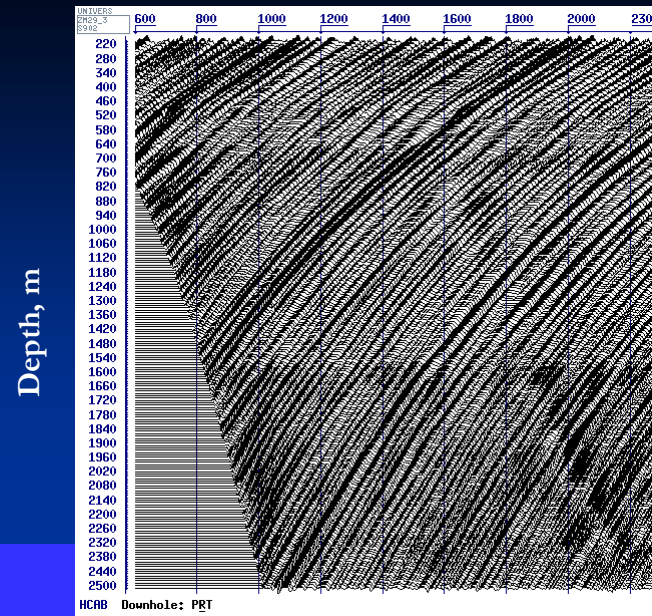
Time, ms



Initial wave field  
R comp

Depth, m

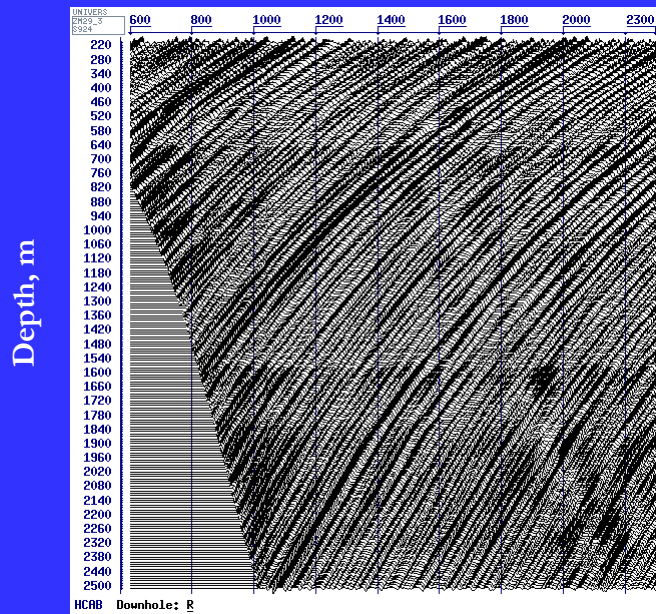
Time, ms



US wave selected  
without spectra  
edition

Depth, m

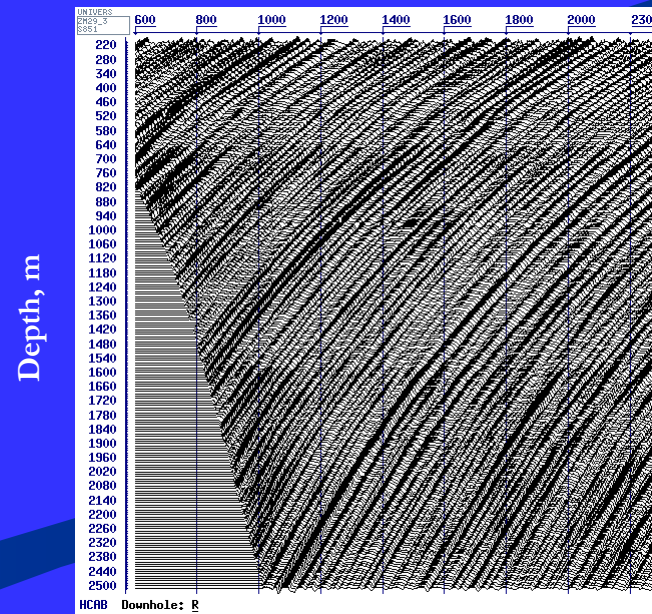
Time, ms



US wave selected  
with spectra  
edition  
after 1<sup>st</sup>  
iteration

Depth, m

Time, ms



US wave selected  
with spectra  
edition  
after 2<sup>nd</sup>  
iteration

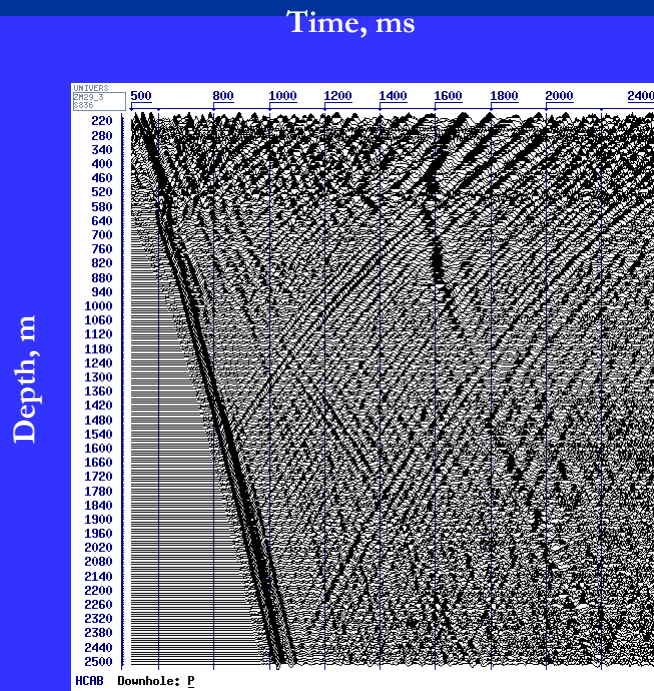
Depth, m

# Пример итеративной селекции волн, основанной на модели, с редактированием помех в спектрах

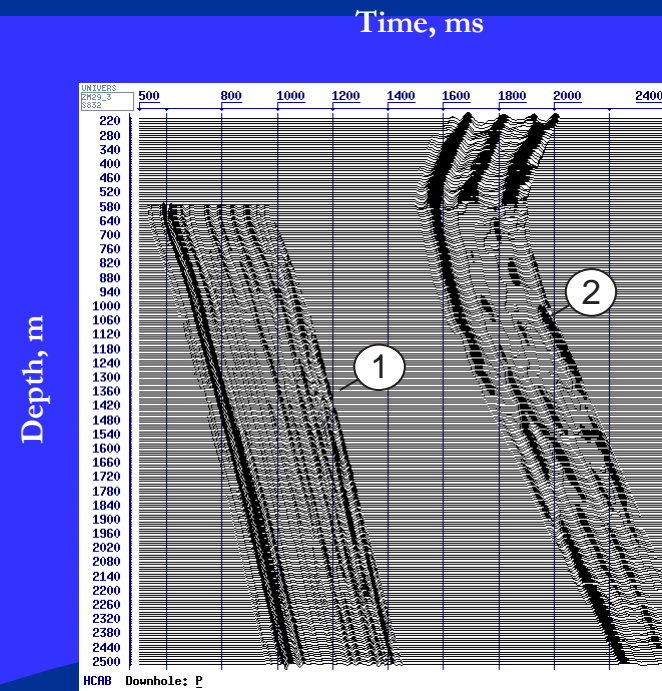
Example of iterative selection of the waves based on model with editing noises in spectra

Использовалось 4 итерации селекции в покомпонентном режиме с последовательным уменьшением базы трасс 25, 21, 14 и 9 и уменьшением уровня превышения среднего спектра при редактировании частотных помех спектра остатка с 3 до 1.2.

4 iterations of selection in component by component mode with step by step reduction of trace base 25, 21, 15 both 9 and reduction of exceedance level of average spectrum with 3 up to 1.2 at editing frequency noises of residual wave spectrum it was applied .



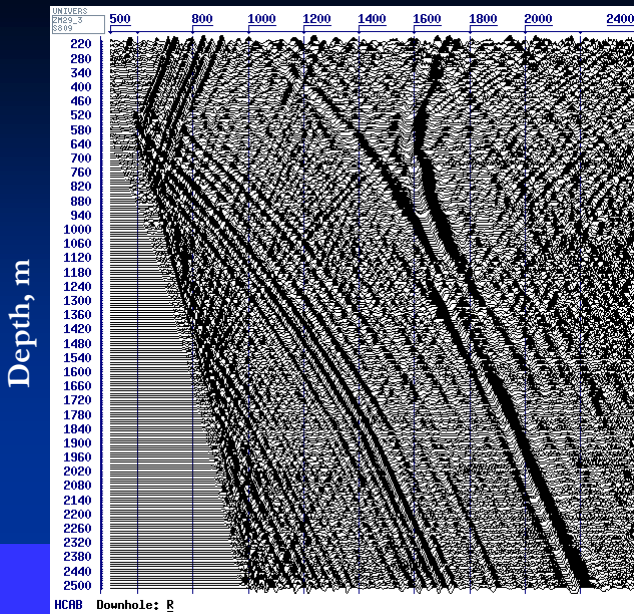
Initial  
wave field  
P comp



DP+DS  
waves  
selected

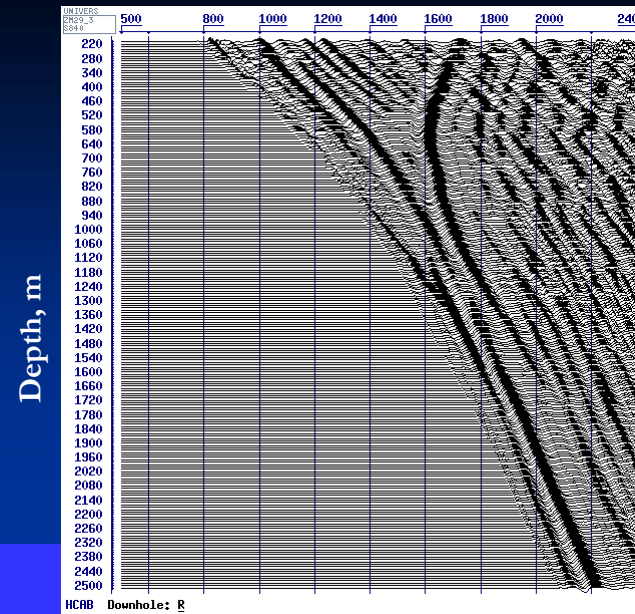


Time, ms



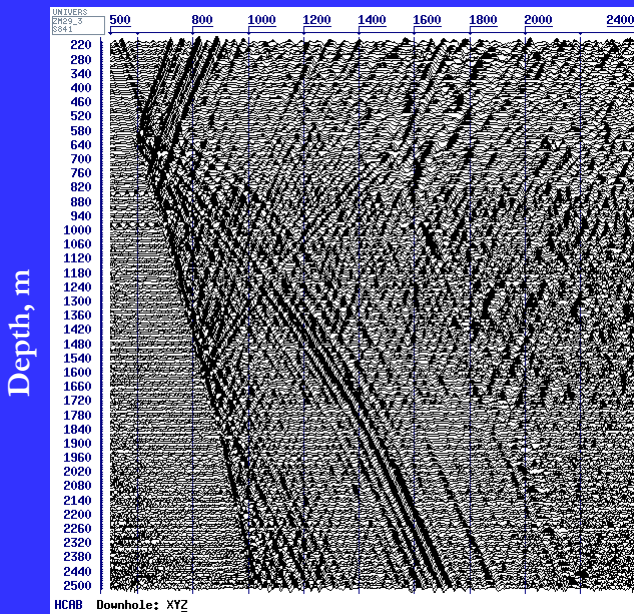
Initial  
wave field  
R comp

Time, ms



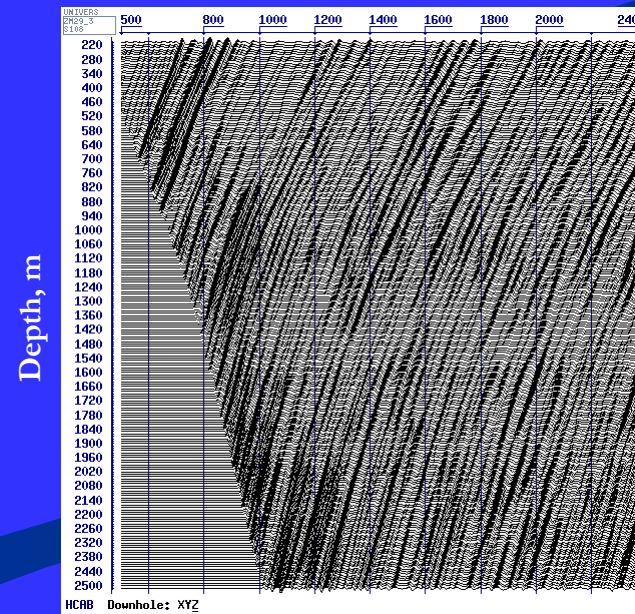
DS1+DS2  
waves  
selected

Time, ms



Initial wave  
field Z comp  
after DP and  
DS waves  
subtraction

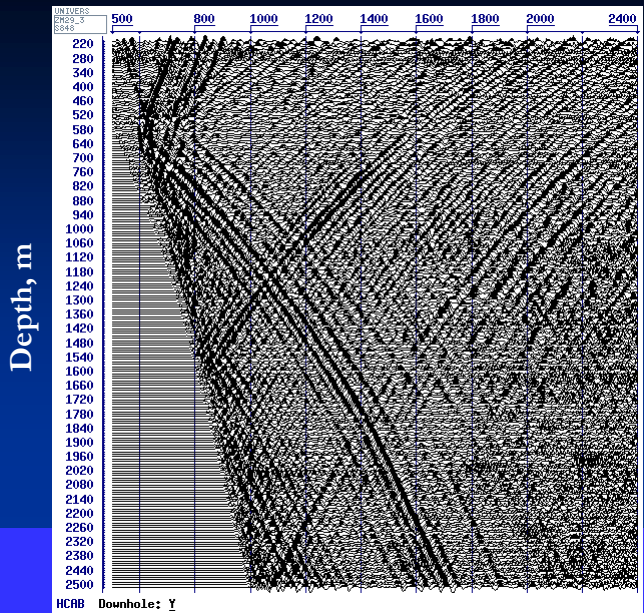
Time, ms



DPUP  
wave  
selected  
from Z  
comp

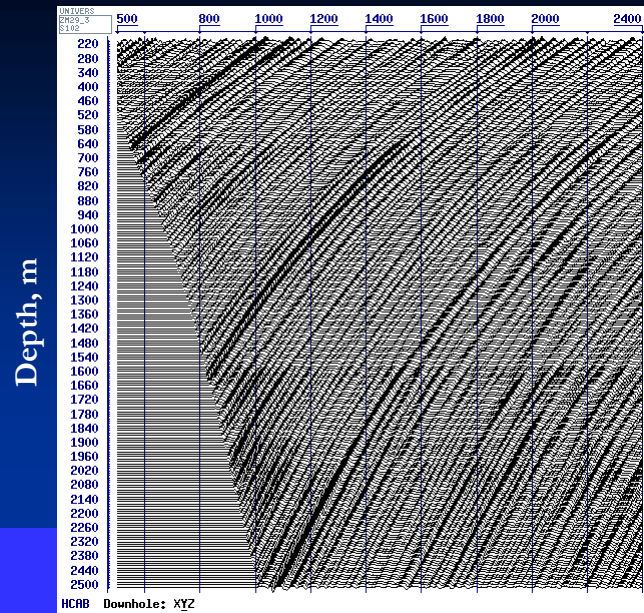


Time, ms



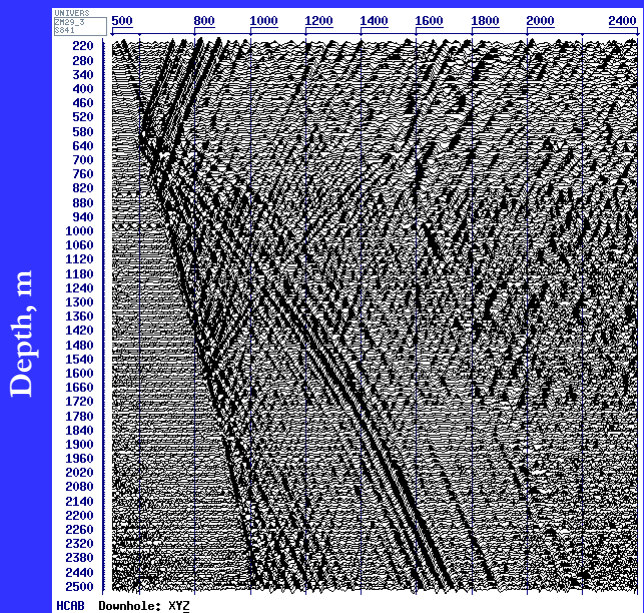
Initial wave field Y comp after DP and DS waves subtraction

Time, ms



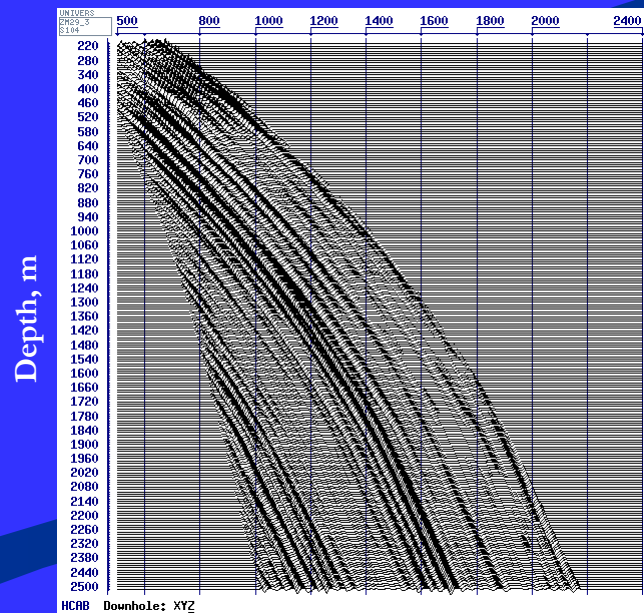
DPUS wave selected from Y comp

Time, ms



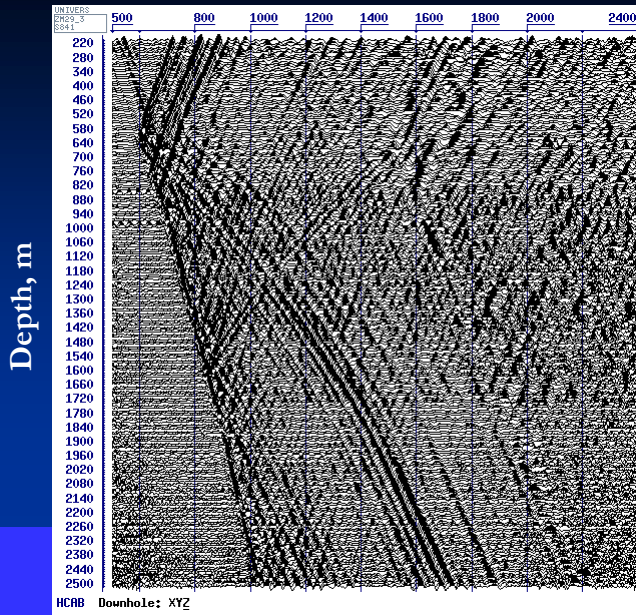
Initial wave field Z comp after DP and DS waves subtraction

Time, ms



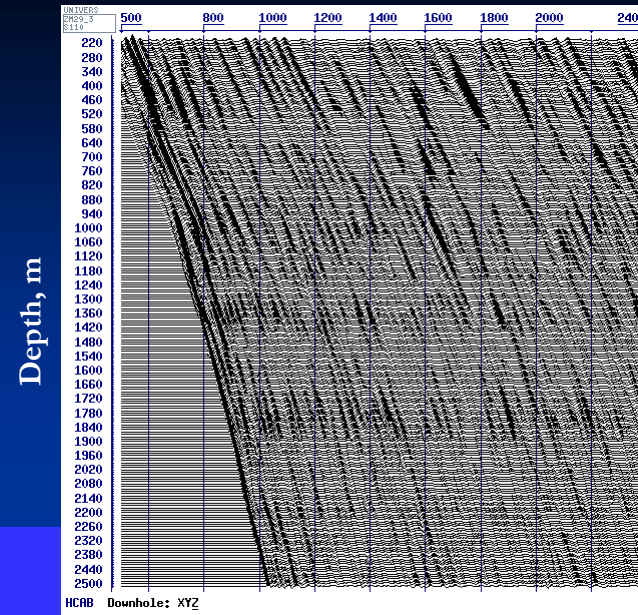
DPDS wave selected from Z comp

Time, ms



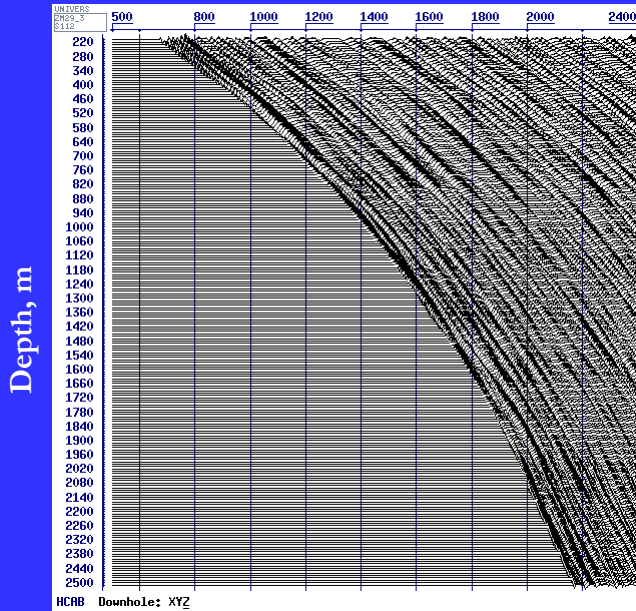
Initial wave field Z comp after DP and DS waves subtraction

Time, ms



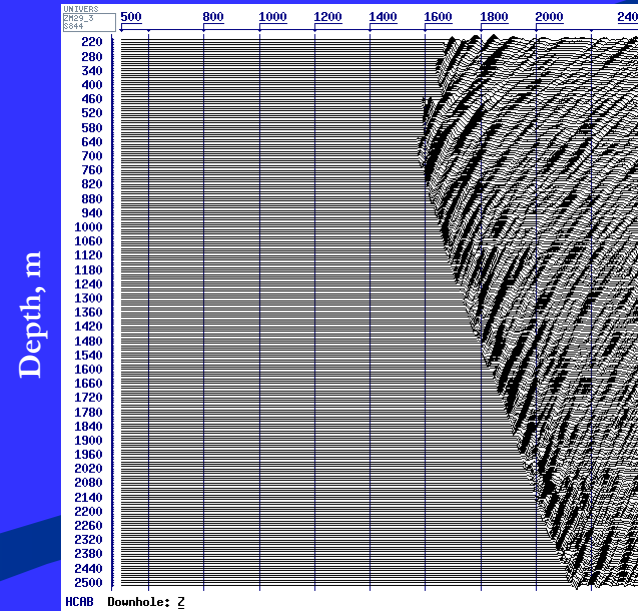
DPUPDP wave selected from Z comp

Time, ms



DPUPDS wave selected from Z comp

Time, ms



DSUS wave selected from Z comp



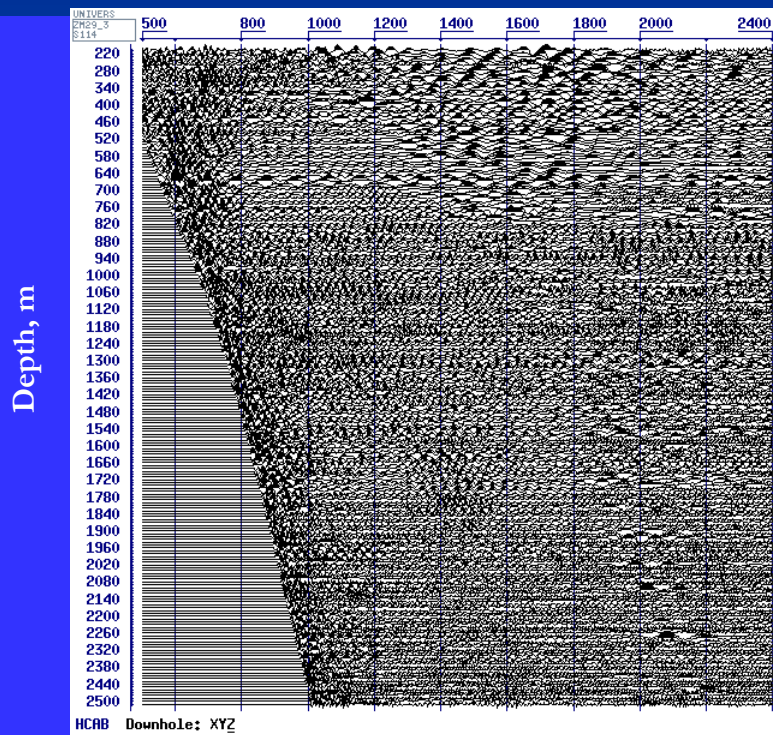
## Волновые поля помех и остатков после селекции волн

### Wavefields of noises and residuals after waves selection

В дополнение к выделенным регулярным волнам получено поле нерегулярных гармонических помех. Отсутствие в поле остатков каких-либо заметных регулярных волн свидетельствует о хорошем качестве селекции волн.

Selected harmonic and low frequency noises

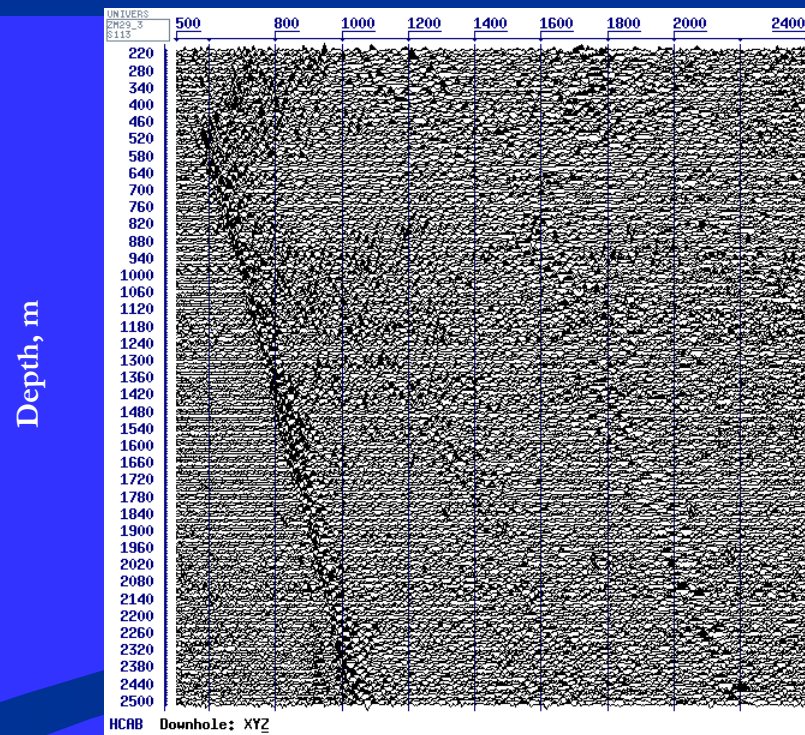
Time, ms



In addition to the selected regular waves the field of irregular harmonious noises is received. Absence in field of the residuals of any appreciable regular waves testifies to high quality of waves selection.

Residual wave field. Z component

Time, ms





# Выводы

## Conclusions

- 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.
- В перспективе возможно базирование данной технологии селекции на более сложных 2D/3D моделях реальных сред.
- В список выделяемых волн могут вводиться дополнительно новые типы выделяемых волн.
- Подход, при котором подавление нерегулярных гармонических помех осуществляется в процессе селекции волн, ослабляет влияние помех на результат селекции и повышает надежность выделения волн.
- 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.
- Процедура селекции волн с применением проектирования в области допустимых параметров также оказывается эффективной и при обработке данных наземной сейсмозвездки.
- Technology of wave selection in VSP data processing based on model of media and method of projection on valid parameter domains allows with high efficiency and detail to select useful regular waves, has high processability in processing the large volumes of 2D/3D VSP data.
- In prospects probably basing of the given selection technology on more complex 2D/3D models of real media.
- In addition new types of selected waves can be entered into the list of selected waves.
- The approach in which suppression of irregular harmonious noises is carried out during selection of waves weakens influence of noises on result of selection and raises reliability of waves selection.
- Application of method of projection in valid parameter domains in frequency domain in waves selection allows to carry out selection in wide range of frequencies in general without frequency filtrations of traces as, as a matter of fact, the given procedure is the adaptive frequency filter.
- Procedure of waves selection with application of projection in valid parameter domains also appears effective and in data processing ground seismic exploration.

## 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.

## References

1. V.N. Ferentsi, A.A.Tabakov, A.V. Sevastianov, E.A. Fursova, V.L.Eliseev. Automatic wave selection in model based processing of VSP data. Materials of practical science conference «VSP and 3D acquisition systems in seismic exploration», Moscow, 2007, p. 12-17.