

# Обработка данных ВСП в программе RadExPro Plus – практическое руководство

(Редакция 08.10.2009 г.)

ООО «Деко-геофизика»

Научный парк МГУ, Ленинские горы 1-77, 119992 Москва, Россия Тел.: (+7 495) 930 84 14 E-mail: <u>support@radexpro.ru</u> Интернет: <u>www.radexpro.ru</u>

# Содержание

Введение	3
Исходные данные	4
Создание проекта в RadExPro Plus	4
Обработка продольного ВСП	8
Ввод данных в проект (010 — data load)	9
Присвоение геометрии	12
Импорт координат пунктов возбуждения и приема из текстового файла	12
Визуализация данных (020 — view data)	16
Прослеживание первых вступлений Р-волн (030 — fbpick)	19
Ориентировка на пункт возбуждения и определение первых вступлений S-волны (040—3C orientation	$\iota + S$
pick)	23
Onpedeлeние импульса для детерминистической деконволюции по прямой волне ( $050-$ signature for	
deconvolution)	32
Тестирование параметров детерминистической деконволюции. (060 — deconvolution test.)	38
Выделение поля отраженных PP волн (070 – ug PP)	42
Построение скоростной модели (080 — velocity model)	66
Редактирование границ слоев	69
Работа со шкалами	70
Визуализация поля отраженных волн и ввод кинематических поправок в данные для вывода поля	
отраженных волн на вертикаль. ( $090 - ug$ and $ug$ nmo waves display)	/1
Построение трассы кориоорного суммирования. $(100 - cor stack trace u 110 - cor sum)$	/4
Пооготовка банных ВСП бля привязки к банным сеисмики (120 — ug vsp nmo waves for well tie и 130 —	- cor
stack for well tie)	/8
ОБРАБОТКА НЕПРОДОЛЬНОГО ВСП.	81
Построение мигрированных разрезов ВСП и разрезов ВСП-ОГ I (080 — migrations)	82
ПРИВЯЗКА ДАННЫХ ВСЛ К СЕИСМИКЕ (WELL I IE)	80
Ввоо сеисмических оанных в проект (010 — seismic aata loaa)	ð/
Привязка оанных $B \cup I i$ к оанным MOB $\cup I I (U2U - Well Ile)$	ðð
11ечать результатов оораоотки (050 – plotting)	93

### Введение

Данное руководство предназначено для пользователей, начинающих обрабатывать данные вертикального сейсмического профилирования (ВСП) в программе RadExPro Plus. Рассматриваются все стандартные этапы базовой обработки ВСП от ввода данных до построения скоростной модели среды и привязки данных ВСП к данным сейсмики. При этом, предполагается, что пользователь уже знаком с теорией метода ВСП и принципиальной технологией обработки таких данных. Информацию о теоретических основах метода ВСП и используемых процедурах обработки можно почерпнуть, например, из следующей литературы:

Гальперин Е.И. Вертикальное сейсмическое профилирование М. «Недра» 1971 HardageB.A. Vertical Seismic Profiling: Principles, Pergamon, 2000

Вся обработка проводится на примере реальных данных, которые можно загрузить с нашего сайта: <u>http://radexpro.ru/upload/File/tutors/vsp/InData.zip</u>

В архиве содержатся исходные данные для работы: сейсмограммы продольного и непродольного ВСП в формате SEG-Y (файлы sp0\_raw.sgy, sp1\_raw.sgy), текстовые файлы, содержащие геометрию (файлы sp0\_geom.txt, sp1\_geom.txt), каротажные кривые ГИС в формате LAS (файлы AK.las, RK.las), синтетическая сейсмограмма, построенная по каротажным данным, предназначенная для привязки данных ВСП, в формате SEG-Y (файл seimic data.sgy)

Кроме того, вы можете загрузить готовый проект, получающийся в результате выполнения всех шагов, описанных в руководстве:

http://radexpro.ru/upload/File/tutors/vsp/MyVSPProject.zip

Следует отметить, что возможности программы не ограничиваются набором модулей, описанных в этом руководстве. Для получения детальной информации о параметрах модулей и ознакомления с другими возможностями программы RadExPro используйте "Руководство пользователя RadExPro Plus", которое можно скачать с нашего сайта.

### Исходные данные

К исходным данным относятся следующие файлы: Ближний ПВ sp0\_geom.txt sp0\_raw.sgy

Дальний ПВ sp1\_geom.txt sp1\_raw.sgy

ГИС

AK.las

rk.las

Сейсмические данные: seismic data.sgy

Данные ГИС должны быть представлены в особом формате. В первой строке слева направо обязательным является присутствие символа ~А и заголовка DEPTH (кабельные глубины), далее следуют заголовки каротажных кривых.

# Создание проекта в RadExPro Plus

Вся обработка данных метода ВСП в программе RadExPro Plus производится в рамках проектов. Проект – это совокупность исходных данных, промежуточных и окончательных результатов обработки, потоков обработки, организованных в единую базу данных, используемую пакетом обработки сейсмических данных RadExPro Plus. Проекты хранятся в отельных папках на диске, папка для проекта создается автоматически при создании проекта. Проект можно переносить с компьютера на компьютер простым копированием папки (при условии, что все используемые данные хранятся внутри этой папки).

Создадим новый проект обработки. Запустите менеджер проектов. Для этого выберите в меню Windows Пуск пункт RadExPro Plus Total 3.90.



При запуске менеджера проектов открывается диалоговое окно, содержащее список зарегистрированных проектов.

🔀 RadExPro Project Manager	
Registered projects Project 1 Project 2 Project 3	New project Select project Remove from list
	Save list
Project directory:	Load list
OK Cancel	

Нажмите на кнопку New Project и выберите родительский каталог на диске, в котором будет создан подкаталог с проектом. После этого, в появившемся окне, введите имя проекта.

New database	
Title My Project	
Create subfolder	
OK Cano	el

Убедитесь в том, что опция Create subfolder выбрана и нажмите Ok. В выбранном каталоге появится подкаталог с именем проекта. Также проект появится в списке доступных (зарегистрированных) проектов.

🖀 RadExPro Project Manager	X
Registered projects	
Project 1	New project
Project 2 Project 3 Mu//SP Project	Select project
	Remove from list
	Save list
I Project directory: D:\BCIT\VSP TUTORIAL\My VSP Project	Load list
OK Cancel	

Выберете его и нажмите Ok.

Появится главное окно программы RadExPro, содержащее дерево проекта. Пока это дерево пусто.



Перед началом работы с проектом, используя проводник Windows, перейдите в папку проекта:

🔁 D: Wy VSP Project	
Файл Правка <u>В</u> ид <u>И</u> збранное С <u>е</u> рвис <u>С</u> правка	
🔇 Назад 🝷 🕥 - 🎓 🔎 Поиск 🌔 Папки	•
Agpec: 🛅 D:\My VSP Project	🛃 Переход
DB_SAVE atoms.tbl data.fbl data.fsp struct.fbl	
ា struct.fsp	

Создайте в ней подкаталог Data и скопируйте в него исходные данные.

Хранение данных внутри каталога проекта позволяет пакету использовать относительные пути до файлов с данными вместо абсолютных, что облегчает перенос проектов с компьютера на компьютер.

Вернитесь к главному окну программы RadExPro. База данных RadExPro имеет 3 структурных уровня. Верхний уровень отвечает площади, на которой проводились работы, средний – профилю, нижний – потоку обработки. Кликните правой кнопкой мыши на желтом кружке, выберите опцию Ceate new area и введите название площади на которой проводились работы (или название скважины, для которой проведены работы ВСП).

		~ 1	
Options	Database	Tools	Exit
Creste	Delui area		
	Options Create (	Options Database	Options Database Tools

На следующем рисунке показано окно, в котором необходимо ввести название площади (скважины):

New area name		X
My Borehole		
ОК	Cancel	

# Обработка продольного ВСП

Целью обработки продольного ВСП является выделение поля отраженных Р- волн, получение скоростной модели среды и построение трассы коридорного суммирования.

Кликнув правой кнопкой мыши на желтом прямоугольнике с названием площади, выберите пункт Create line и создайте новый профиль. Назовите его по имени первого пункта взрыва SP0. По аналогии с созданием площади и профиля, создайте поток обработки **010** – **data load**.



Процесс обработки сейсмических данных происходит в несколько этапов, выполняемых последовательно. В силу того что программа RadExPro Plus располагает названия структурных элементов базы данных в алфавитном порядке, разумно нумеровать потоки, чтобы они отображались в верной логической последовательности.

Перейдите в режим редактирования потоков, дважды кликнув левой кнопкой мыши по названию потока. Откроется окно редактора потока. В левой части окна располагается сам поток (пока он пуст), справа – библиотека доступных процедур (модулей), разделенная на смысловые группы.

My VSP Project/My	Borehole/sp0/010 - data inpu	ıt 💷 🖂
Help Options Database	Tools Run Flow mode E <u>x</u> it	
		Data I/O
	Trace Input	Data Input
	Trace Output	Data Output
	VSP Data Modeling	3D Data Input
	3D Data Output	SEG-D Input
	2D Finite Difference Me	odiSuper Gather
	GSSI	RAMAC/GPR
	ЛОГИС	Lamb: Solid Layer - Solid modeling
	SCS-3 Input	SEG-B Input
	SEG-Y Input	SEG-Y Output
	Text Output	Load Text Trace
	SEG-2 Input	
		Signal Processing
	Amplitude Correction	Bandpass Filtering
	DC Removal	Hilbert Transform
	Resample	VSP SDC
	Wave field subtraction	Trace Math Transforms
		Stacking/Ensembles
MB1 - Drag module; Ctrl+MB	1 - Copy module; MB1_DblClick - Modu	ıle Parameters; MB2 - Toggle module; Ctrl+MB 🏸 🛩

#### Ввод данных в проект (010 — data load)

Мы создадим поток, состоящий из модулей *SEG-Y Input, Trace Output, Screen Display* (модули *SEG-Y Input, Trace Output* располагаются в группе Data I/O – ввод-вывод данных, модуль *Screen Display* — в группе Interactive Tools). Этот поток будет читать данные из SEG-Y-файла на диске и записывать их в базу данных проекта в виде объекта базы – «набора данных».

Модули добавляются в поток по-одному. Для того, чтобы добавить модуль в поток просто перетащите его при помощи мыши из библиотеки справа в область потока слева. При этом откроется диалог настройки параметров модуля. (В дальнейшем, тот же диалог параметров модуля в потоке можно вызвать двойным щелчком мыши на имени модуля). Модули, ужу находящиеся в потоке, можно перемещать вверх-вниз относительно друг друга, перетаскивая их мышью.

В группе Data I/O найдем модуль *SEG-Y Input* и добавим его в поток. При добавлении модуля в открывшемся диалоговом окне зададим параметры чтения данных. Для этого, выберем файл с данными **Sp0\_raw.sgy**.



После модуля *SEG-Y Input* в поток добавим модуль *Trace Output*, который должен сохранить прочитанные данные в базу данных. Объект, который будет содержать эти данные назовите **sp0 – raw** и разместите его на втором уровне базы данных в профиль **Sp0**.

Замечание. Название любого объекта базы данных (сейсмического набора данных, потока обработки и т.д.) должно отражать его суть, а не состоять из нескольких букв. Для наборов сейсмических данных название следует формировать из 2-х частей – идентификатора исходных данных и этапа обработки, на котором они находятся. Так, при вводе полевых данных, здесь было выбрано название sp0 – raw.

Select dataset	
Object name sp0 - raw	
<u>pujeuts</u>	- My Borehole  - SP0  - 010 - data load
Rename Delete	Ok Cancel

Рекомендация: Для того, чтобы избежать нежелательной перезаписи данных в датасет **Sp0-raw** рекомендуется комментировать модуль *Trace Output* после первого запуска.

Чтобы проконтролировать выполнение потока после модуля *Trace Output* добавьте в поток модуль *Screen Display* с параметрами, указанными на рисунке.

From t= 0.0 to 0.0 r t Scale 10 Number of traces 1000 r X Scale 10 Additional scalar 0.3 r Rotate Bias 0 % Fensemble boundaries Variable spacing field Space to maximum ensemble width	Display mode C WT/V C WT C VA G Gay C R/B C Custor Define Normalizing factor Norma C Individual
Insembles gap  3     Muliple panels 0     Vise excursion 2.0     traces	Axis Header mark Plot headers Show headers Picks settings

Полученный поток должен выглядеть следующим образом:

📓 My VSP Project/My Borehole/SP0/010 - data load 📃 🗖 🔀		
Help Options Database Tools Ru	n Flow mode E <u>x</u> it	
SEG-Y Input <- sp0_raw.sgy Trace Output -> sp0 - raw Screen Display	Trace Input Trace Output VSP Data Modeling 3D Data Output 2D Finite Difference Modeling GSSI ЛОГИС SCS-3 Input SEG-Y Input Text Output SEG-2 Input	Data Input Data Output 3D Data Input SEG-D Input Super Gather RAMAC/GPR Lamb: Solid Layer - Solid modeling SEG-B Input SEG-Y Output Load Text Trace Signal Processing
MB1 - Drag module; Ctrl+MB1 - Copy mo	dule; MB1_DblClick - Module Parameters;	MB2 - Toggle module; Ctrl+MB2 DblClick - Delete 🛛 📈 😒

Для выполнения потока выберите команду меню **Run**. В результате должно открыться окно *Screen Display*, отображающее вводимые данные, а сами данные будут прочитаны из файла на диске и записаны в базу данных. Окно *Screen Display*, которое должно возникнуть на экране приведено ниже.



Замечание. В тех случаях, когда объем считываемых из файла данных велик (сопоставим или превосходит объем оперативной памяти ПК или просто близок или больше 1 Гб), необходимо использовать покадровый режим (Framed mode), который позволяет считывать данные в память не целиком, а кусками. Перейти в этот режим и определить размер порций можно при помощи пункта меню Framed mode, доступного из редактора потоков.

#### Присвоение геометрии

Присвоение геометрии к данным ВСП заключается в том, что для каждой трассы определяется ряд значений, которые затем сохраняются в указанные поля заголовков набора данных в базе данных проекта. Список необходимых значений и соответствующие им поля заголовков приведены ниже:

- 1. Глубина (DEPTH)
- 2. Высота поверхности в пункте возбуждения (SOU\_ELEV)
- 3. Х-координата пункта возбуждения (SOU\_X)
- 4. Ү-координата пункта возбуждения (SOU Y)
- 5. Высота поверхности в пункте приема (REC\_ELEV)
- 6. Х-координата пункта приема (REC\_X)
- 7. Ү-координата пункта приема (REC\_Y)
- 8. Номер канала (CHAN)

В практической работе может встречаться абсолютно любое сочетание заполненных заголовков трасс.

#### Импорт координат пунктов возбуждения и приема из текстового файла

Для манипуляций с полями заголовков сейсмических данных, в том числе, для импорта значений из текстовых таблиц, в пакете RadExPro используется средство *Geometry Spreadsheet*. Выберите пункт меню Database/Geometry Spreadsheet.



Затем выберите набор данных, геометрию которых нужно редактировать.

Choose dataset	
Object name sp0_raw	
<u>O</u> bjects	Location
sp0_raw	My Borehole
Rename Delete	History Ok Cancel

На следующем рисунке приведен внешний вид окна Geometry Spreadsheet.

H sp0 - raw - Geometry Spreadsheet	
<u>Fields E</u> dit <u>T</u> ools E <u>x</u> it	
TRACENO           0           0           0           0           0           0           0           0           0           0           0	

Для того чтобы отобразить требуемые поля заголовков (все объявленные в базе данных поля заголовков уже существуют, но не отображаются) воспользуйтесь опцией меню Fields / Add fields. В открывшемся диалоговом окне, удерживая нажатой кнопку Ctrl, выберите следующие поля заголовков: DEPTH (кабельная глубина), SOU\_X (X-координата источника), SOU\_Y (Y-координата источника), SOU\_ELEV (абсолютная глубина источника), REC\_X ( X-координата приемника), REC\_Y (Y-координата приемника), REC\_ELEV (абсолютная глубина приемника), CHAN (номер канала).

В результате окно редактора заголовков должно выглядеть так:

H	H sp0 - raw - Geometry Spreadsheet								
Eiel	ds <u>E</u> dit <u>T</u> ools	E <u>x</u> it							
									~
	DEPTH	SOU_X	SOU_Y	SOU_ELEV	REC_X	REC_Y	REC_ELEV	CHAN	
	10.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1	
	20.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1	
	30.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1	
	40.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1	
[	50.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1	
	60.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1	
	70.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1	
	80.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1	
									-

Для импорта значений заголовков из текстового файла выберите пункт меню **Tools/Import.** Откроется диалог настройки параметров импорта. В нем будет необходимо открыть файл sou\_geom.txt и описать правила заполнения полей заголовков. Для этого нужно добавить в список **Matching fields** поле SOURCE (нажав на соответствующую кнопку **Add** и выбрав его из списка), в поле **Assign Fields** - поле SOU\_X. Затем нужно будет указать из каких колонок текстового файла читать указанные поля в текстовых строках под кнопками **Set column**. (Кстати, если установить курсор в соответствующую колонку и кликнуть на **Set column**, то номер колонки будет туда занесен автоматически). Наконец, следует указать диапазон строк, из которых программа будет получать значения в группе параметров **Lines: From, To**. Пример правильного заполнения приведен на рисунке.

Import Headers						
Matching fields	Assign fields SOU_X SOU_Y SOU_ELEV REC_X REC_Y REC_Y REC_ELEV Se 7 Multiplier 1	Add From Delete To t column (° Delim C Fixed	lype width			
DEPTH 10.00000 20.00000 30.00000 40.00000 50.00000 70.00000 80.00000 100.00000 100.00000 110.00000 120.00000 130.00000 140.00000 150.00000 150.00000 160.00000 176.00000	SOU_X -108.88000	$\begin{array}{c} \text{SOU} Y\\ \text{57.44000}\\ \text$	SOU_ELEU -21.38000 -21.38000 -21.38000 -21.38000 -21.38000 -21.38000 -21.38000 -21.38000 -21.38000 -21.38000 -21.38000 -21.38000 -21.38000 -21.38000 -21.38000 -21.38000 -21.38000	REC_X         0.00000         0.00000         0.00000         0.00000         0.00000         0.00000         0.00000         0.00000         0.00000         0.00000         0.00000         0.00000         0.00000         0.00000         0.00000         0.00000	REC_Y         9.00000	REC_ELEU       ▲         -29.[11000       −         -19.11000       −         -0.89000       10.88000         20.88000       20.88000         40.87000       50.87000         60.86000       80.85000         90.85000       100.85000         90.85000       100.84000         120.83000       ▼
OK Cancel				Load te	mplate Save templat	e File

При импорте значений полей заголовка из текстового файла программа работает следующим образом. Для каждой строки текстового файла из указанных колонок считываются все поля, по которым будет определяться трасса (matching fields), а также поля, которые будут изменены (assign fields). В указанном наборе сейсмических данных определяются все трассы, у которых значения полей заголовков, перечисленных в Matching fields *moчно* совпадают со значениями из прочитанной строки. Затем, у этих трасс в поля изменяемых заголовков Assign fields заносятся значения из прочитанной строки.

Перед тем, как импортировать геометрию, нажмите Save template... в нижнем правом углу окна. В появившемся окне в поле Location выделите My Borehole введите имя (geometry\_template) в поле Object name. После этого все значения заголовков будут сохранены в базе данных в виде темплейта.

Save template	
Object name geometry_template	
<u>O</u> bjects	Location
	My Borehole
Rename Delete	Ok Cancel

После сохранения темплейта нажмите Ok в окне Import Headers. В окне sp0\_raw-Geometry Spreadsheet дважды щелкните на поле DEPTH. При этом глубины отсортируются по возрастанию. Как можно теперь видеть, каждое значение глубины повторяется 3 раза, для каждого из каналов.

DEPTH	SOU_X	SOU_Y	SOU_ELEV	REC_X	REC_Y	REC_ELEV	FFID	CHAN
10.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-29.11000	152	1
10.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-29.11000	152	2
10.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-29.11000	152	3
20.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-19.11000	151	1
20.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-19.11000	151	2
20.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-19.11000	151	3
30.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-9.11000	152	1
30.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-9.11000	152	2
30.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-9.11000	152	3
40.00000	-108.88000	57.44000	-21.38000	0.00000	0.00000	-0.89000	151	1

Для того, чтобы сохранить изменения в базе данных можно воспользоваться опцией меню Edit/Save changes или нажать Yes на предложение сохранить изменения при выходе из Geometry Spreadsheet.



## Визуализация данных (020 — view data)

Создайте в дереве проекта новый поток 020 – view data.

Данный поток сс	🕅 Ra	adExPro	+ 3.90 >>	> 1				×
	<u>H</u> elp	Options	<u>D</u> atabase	Tools	E <u>x</u> it			
	<u></u>	- <mark>My B</mark>	orehole	- <mark>SPO</mark>	010 - 020 -	data load view data		
	MB1 D	blClick - De	fault action;	; MB2 - 0	Context m	ienu; MB1 - Drag	; flow to lin 🅢	~



#### **Trace Input**

В диалоговом окне настройки параметров модуля выберите набор данных под названием **sp0-raw.** В поле сортировки **Sort Fields** задайте заголовки **CHAN** и **DEPTH** — данные будут сортироваться на входе в поток по номеру канала, а внутри одного канала — по глубине. В поле **Selection** задайте диапазон выбора: впишите \*:\* (эти символы означают чтение всего диапазона данных по обоим заголовкам)

Trace Input	×
Data Sets	Sort Fields
sp0-raw	
Add Delete	Add Delete
DK Cancel	Select hum file     File     Database object     Choose     Get all

#### Замечание

Исходные данные ВСП могут состоять из компонент (X,Y,Z), показаний контрольных приборов, записей служебных каналов. Вся эта информация может храниться в заголовках (CHAN, COMP...). Компоненты X, Y, Z из общего набора информации можно выделить при помощи сортировки.

Но встречаются ситуации, когда это не так, и для выделения компонент X,Y,Z необходимо пользоваться модулем математических операций со значениями заголовков — **Trace Header Math**. Операции задаются в виде уравнений (подробнее модуль описан в Руководстве пользователя RadExPro Plus 3.90).

Пусть мы имеем дело с ситуацией, когда номера каналов с 1го по 3й содержат показания контрольных приборов, а остальные каналы содержат информацию о X,Y,Z компонентах . В таком случае сконструируем следующее выражение, позволяющее заполнить поля нового заголовка **сотр** (если оно не было заполнено ранее) компонентами Z,Y,Z.

*comp* = *cond*([*chan*] > 3, *fmod*([*chan*]-(3+1),3)+1, -1)

В данном случае мы использовали функцию cond(c, x, y) – если условие с истинно, она возвращает x, в противном случае – y, и функцию fmod(x, y) – возвращает остаток от деления x на y. Таким образом, теперь компоненте X будет соответствовать значение поля заголовка COMP=1, Y: COMP=2, Z: COMP =3. После этих преобразований, последующие потоки и модули, работающие с компонентами X,Y,Z будут использовать сортировку по полю COMP)

В данном случае мы имеем дело с упрощенным примером, в котором первый канал (CHAN=1) соответствует компоненте X, второй – компоненте Y, третий – компоненте Z, поэтому в дальнейшем мы будем сортировать данные по этому заголовку.

# Screen Display

Параметры визуализации указаны ниже

Display parameters	$\mathbf{X}$
From t= 0.0 to 0.0 T t Scale 10 Number of traces 900 T × Scale 10 Additional scalar 0.3 Bias 0 % From t= 0.0 to 0.0 T t Scale 10 Rotate	Display mode C WT/V C WT C VA G Gray C R/B C Custor Define Normalizing factor C Margan
☐ Variable spacing	Entire screen     Individual
Ensembles'gap 2	Axis Header mark
✓ Use excursion 2.0 traces	Picks settings
Save Template Load Template	Ok Cancel

Нажмите кнопку Axis для настройки параметров осей.

Axis Parameters	
Time dt Valu Primary lines	Traces DEPTH C Different dx Values C Interval 200.0 ▼
Secondary lines 100.0	CHAN C Interval 100.0 C Multiple
Font size 10	Margins
Ok Cancel	Left axis 20 mm Top axis 20 mm margin 20 mm

Для выполнения потока выберите команду меню **Run**. Результат должен выглядеть следующим образом.



Мы видим данные, отсортированные по каналам (компонентам).

Прослеживание первых вступлений Р-волн (030 — fbpick)



Создайте новый поток 030-fbpick состоящий из следующих процедур:

Trace Input <- sp0 - raw Resample Trace Length Screen Display

Выберите параметры модуля *Trace Input* как указано ниже. Как и в предыдущем потоке, выберите сортировку по номеру канала и глубине — CHAN:DEPTH. В данном потоке будет рассматриваться только Z-компонента. Для этого ограничим диапазон выбора только третьим каналом — в области **Selection** поставьте сортировку 3:\*.

ata Sets p0 - raw	Son Fields CHAN DEPTH
AddDelete	Add. Delete  • Selection  3*
OK. Cancel	Select from file     Database object     Get al

Для увеличения точности определения времен первых вступлений рекомендуется предварительно передискретизировать данные на значительно меньший интервал дискретизации. Для этого воспользуемся модулем *Resample*. В окне параметров модуля в поле **New sample rate** введите значение нового шага дискетизации — 0.1.

Поскольку на данном этапе нас интересуют только времена первых вступлений, для увеличения скорости выполнения потока мы ограничим длину записи временем 2000 мс. Для этого воспользуйтесь модулем **Trace Length**,

задав соответствующее значение в поле New trace length.

Поток завершает модуль Screen Display, в окне которого мы будем в интерактивном режиме прослеживать первые вступления. Задайте параметры модуля как показано на рисунке

From t= 0.0 to 0.0	Display mode	
Number of traces 300 TX Scale 10	C WT C VA	
Additional scalar 0.3 Bias 0 %	Gray     G R/B     C Custor De	line
<ul> <li>Ensemble boundaries</li> <li>Variable spacing field</li> <li>Space to maximum ensemble width</li> </ul>	Normalizing fact None Entire screen Individual	or
Ensembles' gap 2	Axis	Header mark
Muliple panels	Plot headers	Show headers
Videes		Picks settings

Нажмите Run, результат выполнения потока риведен ниже:



Для пикировки первых вступлений настройте масштаб изображения при помощи пункта меню **Zoom**.

Перед тем как создать новую пикировку, необходимо задать поля заголовков, по которым пикировка будет привязываться к трассам. Пикировка в RadExPro привязывается к трассам по 2-м заголовком, т.к. как правило два заголовка позволяют однозначно идентифицировать трассу (например, в ВСП: номер канала — кабельная глубина, или в сейсморазведке МОВ ОГТ: номер точки ОГТ — вынос). Однако, в данном случае мы хотим создать пикировку, которая будет привязана только к кабельной глубине, чтобы ее можно было использовать для всех компонент.

Для задания полей заголовков пикировки воспользуйтесь пунктом меню /Tools/Pick/Pick headers. В открывшемся окне Pick headers как в левом, так и в правом полях выберите заголовки DEPTH, содержащие значения кабельной глубины.

Пункт меню **Pick/New pick** позволяет создать новую пикировку. Для того, чтобы выбрать параметры пикировки, выберите пункт меню **Pick/Picking mode**. Мы будем пикировать первый переход через ноль (с + на -) в режиме автопрослеживания фазы между точками — для этого установите следующие параметры пикировки (подробнее о параметрах и работе с пикировками можно прочитать в Руководстве пользователя RadExPro Plus 3.90).:

Picking mode		
Mode Manual Auto - Fill Linear Fill Hunt	Parameters C Peak C Through C Zero: Neg2Pos C Zero: Pos2Neg Guide window length	0.0
Hunt options Correlation Test Halt treshold 0.000	Local maximum level Correlation window (ms)	0.000
OK Cancel		

Пропикируйте первые вступления, как показано ниже:



Используйте пункт меню **Tools/Pick/Save as** для сохранения пикировки под именем **fbpick** на втором уровне (уровне SP0) базы данных.

# Ориентировка на пункт возбуждения и определение первых вступлений S-волны (040 — 3C orientation+S pick)

Для более точного определения первых вступлений Р- и S- волн удобно использовать пересчет сейсмограмм ПМ-ВСП в систему PRT путем ориентировки Р-компоненты на максимум энергии в окне. В такой ориентированной системе Р-компонента оказывается ориентированной на источник, таким образом на ней концентрируется максимум энергии Р-волн. Перпендикулярная R-компонента содержит максимум энергии S-волн, поэтому по этой компоненте, как правило, удобно пикировать падающие и отраженные S-волны. Т-компонента содержит энергию шумов и незначительное количество остаточной энергии полезных волн.

Для пересчета сейсмограммы ВСП в систему PRT и последующего определения времен вступления S-волны создайте поток **3**C **Orientation+S pick.** 



Поток будет состоять из следующих процедур:

Trace Input <- sp0 - raw SSAA 3C Orientation Trace Output -> sp0 - PRT Data Filter Screen Display

Основной модуль потока *3C Orientation* позволяет произвести пересчет сейсмограмм ПМ-ВСП в систему PRT путем ориентировки P-компоненты на максимум энергии в окне, содержащем падающую P-волну.

Для того, чтобы произвести пересчет в PRT -систему, модуль получает трассы последовательно от компонент X, Y и Z, соответствующие одинаковым глубинам. Длина окна, в котором рассчитывается энергия, указывается пользователем в диалоге параметров модуля. Начало окна для каждой трассы располагается на времени первого вступления P-волны для текущей глубине. Это время для каждой трассы должно быть записано в ее поле заголовка FBPICK.

Перед процедурой ориентировки в PRT -систему в потоке должны стоять модули *Trace Input* (для ввода данных в поток в нужной сортировке) и SSAA (для перевода пикировки первых вступлений в поле заголовка FBPICK). После пересчета, сейсмотрассы выписываются в новый набор данных и результат отображается на экране.

В диалоге настройки параметров модуля *Trace Input* выберите набор данных **sp0-raw** и сортировку DEPTH:CHAN как показано на рисунке.

Trace Input	
Sp0 - raw       Add       Delete	Sort Fields DEPTH CHAN Add Delete © Selection *.*
OK Cancel	Select from file     File     Database object     Choose     Get all

#### Замечание

Перед ориентировкой в PRT-систему необходимо убедиться в существовании в списке поля заголовка **FBPICK**, и если его нет, то создать его. \_

<u>Создание поля заголовка FBPICK</u> В окне с деревом потоков откройте закладку **Database** и пункт **Edit** header fields... После этого нажмите на клавиатуре кнопку Insert и введите в открывшееся окно параметры как показано на рисунке.

	? 🛛
Nome LIILK Inté Inté Inté Inté Inté Inté Inté Inté	
Description First Literky	
0< Concil	

После этого в таблице заголовков появится соответствующий заголовок FBPICK

Модуль SSAA предназначен для расчета сейсмических атрибутов в пределах окна заданного размера вдоль заданного горизонта. Рассчитанные атрибуты записываются в заголовки сейсмических трасс. В нашем случае, мы используем модуль для записи времен пикировки fbpick в поле заголовка FBPICK для каждой трассы в потоке. Для этого выберите атрибут **Pick amplitude time**, который будет вычислен и сохранен в поле заголовков **FBPICK**. Выберите достаточно маленькую ширину окна (0.0001 мс), в которое попадет только пикировка первых вступлений.

Первая вкладка диалогового окна параметров модуля Attributes должна выглядеть так:

SSAA	🔀
Actributes Horizon	
Attributes Attribute Trace heade	a
Peak h-quen y	💌 🗆 RME Amplitude 🔍
Centuid hequency	- Ampituce
Appaler Chequency	✓ Piol: amplitudo timo =BEIC<
Visible hequency	- I hroug: emplitude time
Bandzoidth	- Max abstille and the
Peak a nulk, de	T S/N Ralio
	Recoving power
i Mar. accourciant.	Time shift
WindLov ength [0.0001	
© Symmetaiz ⊂ Up ⊂ Down	
	Save lemplate Load template IIS United

Во второй вкладке Horizon выберите горизонт fbpick как показано на рисунке:

SSAA	
Attrbuces Horizon	
Pi k in datalener     Steet:     Ibpick     Icoo heacer     Elowes     C Specily	
Save template Load template OK	Ітмєна

В диалоге настройки параметров модуля *3C Orientation* укажите значение Window length равным 10 мс. Это размер окна, которое отсчитывается вниз от первых вступлений, и внутри которого будет измеряться энергия. Ширина окна (отступ от первых вступлений в мс) должна соответствовать длине импульса первого вступления Р-волны. Слишком маленькое окно приведет к неустойчивой работе процедуры. В слишком большое окно, кроме прямой продольной волны, попадут еще отраженные от соседних границ, преломившиеся на них с обменом и другие волны.

Остальные параметры данного модуля (XY Rotation, YZ Rotation, ZX Rotation) изменять в данном случае не надо. Эти параметры, заданные в градусах, позволяют дополнительно поворачивать систему координат в соответствующих направлениях.

Диалоговое окно настройки параметров модуля должно выглядеть следующим образом.

3C Orientation Parameters		
Window length:	10.000000	
XY Rotation:	0.000000	
YZ Rotation:	0.000000	
XZ Rotation:	0.000000	
OK Cancel		

В результате выполнения процедуры, трассы с значениями CHAN=3 будут содержать Р-компоненту, трассы с значениями CHAN=2 будут содержать R-компоненту, трассы с значениями CHAN=1 будут содержать T-компоненту.

Следующей процедурой в потоке выберите *Trace Output* для сохранения результатов ориентировки в базу данных на уровне **SP0** с именем **sp0-PRT**, как показано на рисунке.

Select dataset	X
Object name sp0 - PRT	
<u>O</u> bjects	Location
sp0 - raw	<ul> <li>My Eorehole</li> <li>⇒ SP0</li> <li>⇒ 01C - data load</li> <li>⇒ 02C - view data</li> <li>⇒ 03C - fbpick</li> <li>⇒ 04C - 3C crientation</li> <li>⇒ 041 - 3C crientation - view</li> </ul>
Renarre Delete	Ok Cancel

Остальные процедуры потока обеспечивают отображение результатов на экране. Модуль *Data Filter* позволяет выделять нужные трассы, изходя из значений в полях заголовкоы. В нашем случае необходимо отобразить данные для каждой компоненты отдельно. На рисунке показаны параметры модуля, позволяющие выделить из данных R-компоненту.

Data filter parameters	$\overline{\mathbf{X}}$
C No filter	
Match selection	
O Do not match selection	
chan 2	
ОК	Cancel

Завершающей процедурой в потоке поставьте *Screen Display* для визуализации данных. Параметры окна показаны ниже.

Display parameters	×
From t= 0.0 to 0.0 🗖 t Scale 10	Display mode OWT/V
Number of traces     300     X Scale     10       Additional scalar     0.3	C VA ⓒ Gray ◯ R/B
Bias 0 %	Custor Define
Ensemble boundaries	
Variable spacing field Space to maximum ensemble width	<ul> <li>Entire screen</li> <li>Individual</li> </ul>
Ensembles' gap 2	Aria I Underseda I
Muliple panels	Axis Header mark
Use excursion 2.0 traces	Plot headers Show headers Picks settings
<u> </u>	
Save Template Load Template	Ok Cancel

Axis Parameters	
Time-	Traces C Different dx Values
Primary lines 1000.	DEPTH C Interval 200.0
Secondary lines	C Different field ○ Interval 100.0
Font size 10	Margins
Ok Cancel	Left axis 20 mm Top axis 20 mm margin 20 mm

Меняя значения CHAN в модуле **Data Filter** получите соответствующие изображения P, R и T компонент, как показано на рисунках.





## CHAN=1 (Т-компонента)

Используем результаты ориентации данных в PRT-систему для пикировки падающих и отраженных S-волн.

Для прослеживания первых вступлений S-волны, при помощи модуля *Data Filter* выделите только R-компоненту и отобразите ее на экране в окне Screen Dispay.



Пропикируйте падающую S-волну, используя команды меню Tools/Pick, по аналогии с пикировкой падающей P-волны, описанной выше. Результат показан на рисунке.

Убедитесь, что пикировка S-волны привязана к кабельным глубинам (так же, как и описанная выше пикировка падающей P-волны). После этого, сохраните пикировку под именем S wave down going1:

Save pi	ck 🛛 🔀
Object <u>r</u>	ame S wave down going1
<u>O</u> bjects	Location
fbpick	<ul> <li>P. My Borehole</li> <li>P. QC</li> <li>P. SP0</li> <li>● SP1</li> </ul>
O Sa	we all C Save selection 🔲 🔲 Append
Rena	me Delete Pick headers Ok Cancel

Определение импульса для детерминистической деконволюции по прямой волне (050

signature for deconvolution)

🗱 RadExPro+ 3.90 >>> My VSP Project	
<u>H</u> elp <u>O</u> ptions <u>D</u> atabase Tools E <u>x</u> it	
My Borehole SPO 010 - data load 020 - view data 030 - fbpick 040 - 3C orientation + S pick 050 - signature for deconvolution	
MB1 DblClick - Default action; MB2 - Context menu; MB1 - Drag flow to line to copy	//. 🕶

Создайте поток 050 — signature for deconvolution, состоящий из следующих модулей:



В этом потоке мы получим импульс, который затем будет использоваться в процедуре детерминистической деконволюции. Для того, чтобы получить такой импульс, необходимо провести ряд предварительных процедур: ввести в данные коррекцию за сферическое расхождение, сдвинуть первые вступления на одно время при помощи статических поправок, при необходимости выровнять амплитуды в окне для областей, где по тем или иным причинам резко изменялось усиление. После этого можно будет просуммировать все трассы потока синфазно, относительно прямой волны, и выписать результирующую трассу.

Сначала создадим поток, показанный ниже:

Trace Input <- sp0 - raw Amplitude Correction Apply Statics Amplitude Correction Screen Display

В диалоге параметров модуля *Trace Input* выберите сортировку CHAN:DEPTH. В поле

Selection укажите следующие диапазоны выбора: 3:400-50000. Число 3 означает, что рассматриваться будет только Z-компонента, записанная в трассах с CHAN=3. Диапазон выбора по глубине 400-50000 сделан для того, чтобы отбросить самые верхние зашумленные трассы, отвечающие кабельным глубинам до 400 м. Нижняя граница диапазона выбрана заведомо больше, чем максимальная кабельная глубина в скважине.

lətə Səts	Sort Fields
p0÷iaw	
AddDelete	AddDelete
	3.400-50000
	C Select from file
OK Const 1	C Database object Chicole

Модуль *Amplitude Correction* применяется здесь для коррекции за сферическое расхождение. В его диалоговом окне включите соответствующую опцию:

Amplitude Correction	×		
Action to apply :			
Spherical divergence correction (1/s)	1.000000		
Expanential correction (dB/s)	0.000000		
Automatical Gain Control. Operator length (mc)	100.000000		
Type of AGC ocalar	MEAN		
Basis for scalar application	CENTERED		
Trace equalization. Basis for scaling :	MEAN		
Time gate start time [ms]	0.000000		
Time gate end time [ms]	512.000000		
Time Variant Scaling Specify amplifying law along trace. (t - (ms))			
Example format : t1:k1,t2-t3:k2,,tN:kN			
OK Cancel			

При помощи модуля *Apply Statics* введем в трассы статические сдвиги таким образом, чтобы прямая волна везде оказалась на одном и том же времени (в данном случае это 100 мс). Сдвиг, введенный в каждую трассу будет равен разнице между временем прихода Р-волны, определенным из пикировки fbpick и заданным постоянным временем ( 100 мс). Установите параметры модуля как показано на рисунке:

Apply Statics
C Manual C Header Word Browse
Get from databas Select fbpick     Use file File
✓     Relative to time     100       ✓     Subtract static       ✓     Apply fractional statics
Save template Load template OK Cancel

После сдвига трасс необходимо выровнять их амплитуды, т.к. в записи присутствуют интервалы с существенно более низким усилением. Для этого добавьте в поток еще один экземпляр модуля *Amplitude Correction* и используйте его опциюбалансироки усиления трасс **Trace equalization** во временном окне 80-400 мс.



Посмотрите на результат применения процедур при помощи модуля *Screen Display* с параметрами как указано ниже.

Display parameters	$\mathbf{X}$		
From t= 0.0 to 1000.  t Scale 10 Number of traces 300  Additional scalar 0.3 Bias 0 %	Display mode C WT/V C WT C VA G Gray C R/B C CustorDefine		
Ensemble boundaries     Variable spacing field     Space to maximum ensemble width	Normalizing factor None Entire screen Individual		
Muliple panels     ✓     Use excursion     2.0     traces	Axis Header mark Plot headers Show headers Picks settings		
Save Template Load Template Ok Cancel			

Запустите поток, результат должен выглядеть следующим образом:



Теперь можно просуммировать трассы для получения сейсмического импульса. При таком суммировании прямая волна сложится синфазно, в то время как большая часть остальных волн и шумов подавятся.

Закомментируйте модуль Screen Display.

Добавьте в поток модуль **Ensemble Stack**, предназначенный для суммирования трасс внутри ансамблей.

В RadExPro трассы объединяются в ансамбли по одинаковым значениям первого поля сортировки, указанного в модуле **Trace Input**. В нашем случае таким полем заголовка является CHAN. Поскольку у всех трасс потока значение этого заголовка одинаково (равно

3), в результате работы модуля просуммируются все трассы.

Выберите параметры модуля как показано ниже. Параметр **Alpha trimmed** позволяет перед суммированием удалить указанный процент минимальных и максимальных значений амплитуд, что позволяет избавиться от влияния на результат высокоамплитудных выбросов и ураганных шумов.

Enser	nble Stack		X	
	Mode Mean Median Alpha trimmed Coherent stack Window (traces) Filter length (ms)	<b>BI</b> 30 3 60	% %	
✓ Treat zero as result of muting				
	OK	Cancel		

При помощи модуля *Trace Output* сохраните полученный набор данных в базу данных с именем **sp0-decon impulse**.Для визуализации результата используйте модуль *Screen Display* с параметрами как показано на рисунке.

Display parameters	×
From t= 0.0 to 500.0 t Scale 10 Number of traces 10 X Scale 10 Additional scalar 0.3 Bias 0 % Finsemble boundaries Variable spacing field Space to maximum ensemble width Exceedback app 2	Display mode WT // VA Gray Custor Define Normalizing factor None Entire screen Individual
Crisenibles gap  2     Muliple panels     O     Vise excursion 2:0     traces     Save Template     Load Template	Axis Header mark Plot headers Show headers Picks settings Ok Cancel

Выберите отображения трасс комбинированным методом отклонений и переменной ширины (в поле **Display mode** выберите **WT/VA**). Опция **Rotate** позволяет отобразить трассу горизонтально.

Нажмите кнопку Axis и настройте параметры осей:
Axis Parameters	
Time dt Values Primary lines	Traces DEPTH O Different dx Values O Interval 200.0
Secondary lines 100.0	CHAN O Interval 100.0 C Multiple
Font size 10 Ok Cancel	Margins Left axis 20 mm Top axis 20 mm margin 20 mm

Получившийся поток должен выглядеть следующим образом:

Trace Input <- sp0 - raw Amplitude Correction Apply Statics Amplitude Correction \*\*\*Screen Display Ensemble Stack Trace Output -> sp0 - decon impulse Screen Display

Запустите поток. Результат выполнения потока показан на рисунке



Из рисунка можно предположить, что длительность импульса составляет около 80 мс, начало импульса находится на 100 мс.

Для того, чтобы по смотреть амплитудный спектр полученного импульса, в параметрах окна визуализации выберите пункт меню **Tools -> Spectrum -> Average.** После этого с нажатием левой кнопки мыши можно выделять участок трассы (или сейсмограммы), спектр которого отобразится во всплывающем окне.



Тестирование параметров детерминистической деконволюции. (060 — deconvolution test.)

Создайте поток 060-deconvolution test.

🗱 RadExPro+ 3.90 >>> My VSP Project	
Help Options Database Tools Exit	
My Borehole SPO 010 - data load 020 - view data 030 - fbpick 040 - 3C orientation + S pick 050 - signature for deconvolution 060 - deconvolution test	
MB1 DblClick - Default action; MB2 - Context menu; MB1 - Drag flow to line to copy	//. 💙

Этот поток будет состоять из следующих модулей

Trace Input <- sp0 - raw
Amplitude Correction
Deconvolution
Screen Display

Задайте параметры модуля *Trace Input*, как показано на рисунке.

Trace Input	
Data Sets	Sort Fields
sp0 - raw	
Add Delete	Add Delete
	• Selection
	3:0-50000
	C Salast from file
	Uatabase object Choose
	🔘 Get all

При помощи модуля *Amplitude Correction* введем поправку в данные за сферическое расхождение (включите опцию Spherical divergence correction).

Детерминистическую деконволюцию можно выполнить при помощи модуля **Deconvolution.B napamempax** модуля нужно указать имя файла с импульсом. Это должен быть бинарный файл с форматом представления числа R4 IEEE без каких-либо заголовков. Шаг дискретизации у трассы с импульсом должен быть таким же, как и у трасс, к которым будет применяться деконволюция. RadExPro Plus при создании выходного набора данных при помощи модуля **Trace Output** по умолчанию выписывает как раз бинарный файл в формате R4 IEEE (заголовки хранятся отдельно). Поэтому здесь можно указать непосредственно файл в папке проекта, соответствующий набору данных, созданному на предыдущем шаге. Этот фал легко найти — структура директориев папки проекта повторяет структуру базы данных. Параметры модуля показаны на рисунке:

Impulse File: MuBo	rehole\SP0\so0 - d	econ impulse	Browse.
t1: 100 dt: 1	12	180	
t1: 0 Amplitude s No oper Multiply Divide	pectra ation	Phase spectra Phase spectra No operation Add Subtract	0
C Multiply Divide Damp= 0.2	* (max DK Ca	C Add Subtract Additional phase	0

Для отображения результатов на экране, добавьте в поток модуль *Screen Display*. Выберите режим отображения переменной плотности в оттенках серого (Grey), количество трасс на экране - 300.

Для того, чтобы сравнить результат применения деконволюции с исходными данными, сначала закоментируйте модуль *Deconvolution* и запустите поток на выполнения.

Данные перед применением деконволюции выглядят так:



Теперь, не закрывая окно *Screen Display* вернитесь в поток, «разкоментируйте» модуль **Deconvolution** и запустите поток еще раз. Откроется еще одно окно **Screen Display** с результатами применения деконволюции:



Теперь, переключаясь между окнами можно сравнить данные до и после деконволюции. Для просмотра спектров записей воспользуйтесь командой меню **Tools/Spectrum/Average**.

#### Выделение поля отраженных PP волн (070 – ug PP)

Для выделения поля отраженных волн будут использованы данные Z-компоненты. В общем виде процедура выделения отраженных волн заключается в постановке годографа волны-помехи (любой волны, отличной от отраженной), выведении годографа волны-помехи на вертикаль статическими поправками и последующем вычитании этой волны из волнового поля двумерным пространственным фильтром, введении обратных статических поправок.

Создайте новый поток для выделения поля отраженных волн: 070 — ид РР.

🗱 RadExPro+ 3.90 >>> My VSP Project	
Help Options Database Tools Exit My Borehole SPO 010 - data load -020 - view data -030 - fbpick -040 - 3C orientation + S pick -050 - signature for deconvolution -060 - deconvolution test -070 - ug PP	
MB1 DblClick - Default action; MB2 - Context menu; MB1 - Drag flow to line to copy	//. 🕶

Проанализируем исходные данные. Для этого сконструируем поток, состоящий из следующих процедур:

Trace Input <- sp0 - raw Amplitude Correction Screen Display

Параметры процедур приведены ниже.

# Trace Input

Trace Input	
Data Sets	Sort Fields
sp0 - raw	CHAN DEPTH
Add Delete	Add Delete Selection 3:0-50000
OK Cancel	C Select from file File C Database object Choose C Get all

## Amplitude Correction



## Screen Display

Display parameters	
From t= 0.0 to 4000. to t Scale 10 Number of traces 300 X Scale 10 Additional scalar 0.3 Bias 0 %	Display mode WT/V CWT CVA CGray CR/B Custor Define
<ul> <li>Ensemble boundaries</li> <li>Variable spacing field</li> <li>Space to maximum ensemble width</li> </ul>	Normalizing factor None Entire screen Individual
<ul> <li>✓ Use excursion 2.0</li> <li>traces</li> </ul>	Axis Header mark Plot headers Show headers Picks settings
Save Template Load Template	Ok Cancel

Результат применения процедур показан на рисунке:



Прежде всего выровняем усиление трасс при помощи опции Trace equalization модуля *Amplitude Correction*. Эта функция рассчитывает для каждой трассы среднюю амплитуду в заданном окне, после чего делит все отсчеты трассы на значение средней амплитуды. Понятно что для того, чтобы в результате этой операции усиление различных трасс корректно выровнялось, нужно чтобы в окно, в котором оценивается средняя амплитуда, на всех трассах попадала запись одного и того же характера.

Мы будем выравнивать амплитуды по падающей Р-волне. Для этого мы сначала введем статические поправки, чтобы вывести ее на вертикаль, затем выполним балансировку амплитуд трасс (Trace Equalization) в окне, содержащем прямую волну, и в конце вернем все волны на правильные времена обратными статичесими поправками.

Для этого добавим в поток следующие модули :

*Apply Statics* — выберите пикировку первых вступлений fbpick и время, относительно которого будут вводиться поправки — 100 мс. Сдвиг, введенный в каждую трассу будет равен разнице между временем прихода Р-волны, определенным из пикировки и заданным постоянным временем.

Apply Statics	×
C Manual C Header Word Browse	
Get from databas Select fbpick     Use file File	
<ul> <li>✓ Relative to time 100.00</li> <li>✓ Subtract static</li> <li>✓ Apply fractional statics</li> </ul>	
Save template Load template OK Cancel	_

**Amplitude Correction** — включите опцию Trace Equalization. Выберите границы окна так, чтобы в него попала падающая Р-волна (которая после введения статики окажется на постоянном времени 100 мс). При этом окно не должно быть слишком узким, т.к. в этом случае оценка средних амплитуд окажется неустойчивой. Установите параметры, как показано на рисунке:

mplitude Correction	
Action to apply :	
Spherical divergence correction (1/s)	1.000000
Exponential correction (dB/s)	0.000000
Automatical Gain Control. Operator length (ms)	100.000000
Type of AGC scalar	MEAN
Basis for scalar application	CENTERED
Trace equalization. Basis for scaling :	MEAN
Time gate start time (ms)	80.000000
Time gate end time (ms)	400.000000
Time Variant ScalingSpecify amplifying law alo	ng trace, (t - (ms))
Example format : t1:k1,t2-t3:k2,,tN:kN	
OK Cancel	

Добавьте еще один экземпляр модуля **Apply Statics** для введения обратных статических поправок. Его параметры должны быть такими же, как и у первого экземпляра, с одним отличием: включите опцию **Subtract static**, для того, чтобы статические поправки вводились с обратным знаком:

Apply Statics	×
C Manual C Header Word Browse	
Get from databas Select [fbpick     Use file	
✓     Relative to time     100.00       ✓     Subtract static       ✓     Apply fractional statics	
Save template Load template OK Cancel	

Поток на данном этапе должен выглядеть следующим образом.

Trace Input <- sp0 - raw Amplitude Correction Apply Statics Amplitude Correction Apply Statics Screen Display

Результат выполнения потока показан на рисунке:



Видно, что в результате применения процедур усиление различных трасс выровнялось.

Выполним детерминистическую деконволюцию данных с параметрами, выбранными в предыдущем потоке. Результат показан на рисунке:



Поскольку в результате применения детерминистической деконволюции импульс падающей Р-волны становится близким к нуль-фазовому, времена первых вступлений волны теперь соответствуют не первому переходу через ноль, а центральному экстремуму импульса. Таким образом, первый переход чрез ноль оказывается сдвинут на меньшие времена. Т.к. пикировка первых вступлений в дальнейшем будет использоваться для мьютинга, для того, чтобы после мьютинга сохранить форму импульса необходимо сдвинуть пикировку на меньшие времена, как показано на рисунке:



Для этого загрузите пикировку первых вступлений **fbpick** при помощи пункта меню **Tools/Pick/Load pick.** Далее, одновременным нажатием и удерживанием правой кнопки мыши и клавиши Shift переместите пикировку на нужное место. Сохраните ее под именем **fbpick after deconvolution** на втором уровне базы данных.

Теперь удалим из записи падающие Р-волны. Для этого выведем на вертикаль годограф падающей Р-волны статическими поправками (Apply Statics), вычтем эту волну из волнового поля двумерным пространственным фильтром (2D Spatial Filtering), и введем обратные статические поправки (Apply Statics).

Будем добавлять процедуры в поток последовательно и смотреть результаты их выполнения:

Apply Statics:

Apply Statics
C Manual C Header Word Browse
Get from databas     Select     fbpick
C Use file
✓ Relative to time 100.00
Subtract static
Apply fractional statics
Save template Load template OK Cancel

Результат применения процедуры:



2D Spatial Filtering:

2-D Spatial Filtering	×
Type of filter to be applied:	
C 2-D Mean	
C 2-D Median	
Alpha-Trimmed Mean	
Number of traces for 2-D filter: 11	
Number of Samples for 2-D filter: 1	
Application mode for 2-D filter:	
O Normal	
Subtraction	
Rejection percentage for spatial filter: 30	
ОК Са	ncel

В диалоговом окне настройки параметров модуля выберите режим вычитания (Application mode for 2D filter: Subtraction) — в этом режиме полученное в окне среднее значение будет вычитаться из центрального отсчета окна. Выберите тип фильтра Alpha-Trimmed Mean для того, чтобы уменьшить влияние на результат случайных выбросов.

Результат применения процедуры показан на рисунке:



Видно, что падающая Р-волна была успешно вычтена из записи.

Далее необходимо ввести обратные статические поправки, чтобы вернуть оставшиеся волны на правильные времена. Для этого добавим в поток еще один экземпляр модуля Apply Statics:

Apply Statics	×
C Manual C Header Word Browse	
Get from databas Select fbpick     Use file File	
✓     Relative to time     100.00       ✓     Subtract static       ✓     Apply fractional statics	
Save template Load template OK Cancel	

Результат выполнения процедур приведен ниже:



Поток обработки на данном этапе должен выглядеть следующим образом.

Trace Input <- sp0 - raw Amplitude Correction Apply Statics Amplitude Correction Apply Statics Deconvolution Apply Statics 2D Spatial Filtering Apply Statics Screen Display

Заметим, что фрагмент данных, выделенный красным на следующем рисунке отличается от всей записи наличием низкочастотной составляющей.



Поэтому перед дальнейшим вычитанием волн-помех применим полосовую фильтрацию в окне. Для этого вначале необходимо пикировкой выделить область, содержащую низкочастотную составляющую, а затем воспользоваться модулем **Nonstationary Predictive Deconvolution**. Этот модуль предназначен для выполнения нестационарной предсказывающей деконволюции с ограничением частотного диапазона. Поскольку он позволяет проводить обработку по окнам, с выбором разных параметров (и, в том числе, разных частотных диапазонов) для разных окон, то его можно использовать для полосовой фильтрации в окне.

Создайте пикировку, ограничивающую низкочастотную область, как показано на рисунке. Сохраните пикировку в проекте под именем **decon gate**.



Эта пикировка разделила данные на 2 фрагмента, которые мы хотим обрабатывать поразному. Для того чтобы применить фильтрацию к выделенному фрагменту, задайте параметры модуля *Nonstationary Predictive Deconvolution* следующими:

Predictive deconvolution	×
Input data	
Multiplication parameters	
functions	
Expotent parameter 1.000000 : 1.000000	
Subtraction parameters	
Window use 1:1	0 - no operation
Filter length 0:0	samples
Hamming tapering lo. o	samples
window length	sampies
White noise level 1:1	
Processing Widows	
Add Delete Filter averaging base (tr)	0
gate for filtering	
Accuracy	1e-005
🗖 Restore amplitudes	
Tapering length 200 samples 🔲 Output restore coeffs.	
Averaging base (samples)	200
Band transform	
Low frequency 4.000000 : 17.000000	Hz
High frequency 250 000000 · 250 000000	Hz
20000000 20000000	
OK Cancel	

Здесь пикировка gate for filtering задает границу между двумя окнами — слева от пикировки и справа от пикировки. Параметры для каждого из окон пишутся в одной строке, разделенные двоеточием. Для обоих окон указывается длина оператора деконволюции равная нулю (Filter length 0:0). Это означает, что собственно деконволюция делаться не будет, только ограничение полосы частот. Включите опцию Band transform и, как показано на рисунке, укажите полосу пропускания 4-250 Гц для первого окна (до пикировки) и 17-250 Гц для второго окна (после пикировки) (Low frequency 4:17, High frequency 250:250).

Результат применения процедуры показан на рисунке:



Теперь вычтем из волнового поля падающую S-волну. Для этого мы используем тот же прием, который мы уже применяли ранее, когда вычитали P-волну. Однако из-за большой разницы во временах прихода поперечной волны на верхних и нижних приборах, выведение ее на вертикаль может привести к потере информации — некоторое количество отсчетов, содержащих полезные сигналы, могут оказаться сдвинутыми за пределы трассы. Чтобы этого не произошло, перед вводом статических поправок нужно увеличить длину трассы.,.

Для этого добавьте в поток модуль **Trace Length** и укажите новую длину трассы равной 9000 мс.

После этого, для вычитания S-волны выведем ее годограф на вертикаль на время равное 2500 мс, вычтем волну, и введем обратные статические поправки.

Результирующий поток на данном этапе должен выглядеть так:

Trace Input <- sp0 - raw Amplitude Correction Apply Statics Amplitude Correction Apply Statics Deconvolution Apply Statics 2D Spatial Filtering Apply Statics Nonstationary predictive deconvolution Trace Length Apply Statics 2D Spatial Filtering Apply Statics Screen Display

Параметры модулей, позволяющих вычесть S-волну, приведены ниже:

## Trace Length

Trace Length Parameters		
New trace length:	9000.000000	_

# Apply Statics

Apply Statics
C Manual C Header Word Browse
Get from databas Select. S wave down going1     Use file
✓ Relative to time     2500.0C       ✓ Subtract static     ✓       ✓ Apply 'ractional statics
Save template Load template OK Cancel

2D Spatial Filtering

2-D Spatial Filtering
Type of filter to be applied:
C 2-D Mean
C 2 D Mcdian
(• aipna-trimmen Mean)
Number of traces for 2-D filter: 11
Number of Samples for 2-D filler: 1
Application mode for 2-D filter:
C Normal
Subtraction
Rejection percentage for spatial filter: 30
0K Cancel

# Apply Statics

Apply Statics	<
C Manual C Header Word Browse	
Get from databas     Seect     S wave down gong1     Use file	
Image: Feature to time     2500.00       Image: Subtrac: static     Image: Feature to time       Image: Feature to time     Image: Feature to time       Image: Feature to time     Image: Feature to time	
Save template Load template OK Cancel	1

Результат применения процедур приведен на рисунке:



Видно, что после вычитания падающей S-волны в волновом поле все еще остались отдельные фрагменты падающих S-волн. Пропикируйте один из таких фрагментов, как показано на следующем рисунке. Пикировку сохраните на втором уровне проекта под именем S wave down going2.



Для вычитания этих фрагментов используйте тот же самый набор модулей: Apply Statics (пикировка S wave down going2, Relative to time 4000), *2-D Spatial Filtering* (тип фильтра Alpha-Trimmed Mean, размер окна: 9 трасс на 1 отсчет, режим Subtraction), еще один Apply Statics (параметры как у первого, но включена опция Subtract Statics).

Результат применения процедур приведен на следующем рисунке:



Далее добавим в поток ряд «косметических» процедур для улучшения соотношения сигналшум и обеспечения правильной полярности отражений.

Для подавления высокоамплитудных локализованных помех-выбросов воспользуемся модулем *Burst Noise Removal*. Параметры модуля показаны ниже:

Burst Noise Removal	X
Window size for average value calculation (traces)	11
Rejection percentage (%)	20
Do not change anplitudes lower then (%) of the average	5
Modify values when exceed average in more then N times	3

Результат выполнения процедуры показан на следующем рисунке:.



Далее воспользуемся модулем **Bandpass Filtering** для того, чтобы применить к данным полосовую фильтрацию в широкой полосе частот. В диалоге параметров модуля выберите фильтр Ормсби (**Ormsby Bandpass Filter**) с частотами 5-10-70-150 Гц.

Для соблюдения принятого в сейсморазведке соглашения о полярности (*отраженные* волны от положительных, т.е. отвечающих увеличению импеданса в нижней среде по отношению к импедансу в верхней, границ должны отображаться на сейсмограмме Z-компоненты положительными экстремумами), нужно инвертировать фазу волнового поля, т.е. умножить каждое значение каждой трассы на -1. Для этого воспользуемся модулем **Trace Math** со следующими параметрами:

Trace Math Parameters	? 🛛
Mode: • Trace/Scalar	C Trace/Trace
Operation:	
C Add Scalar	Add Traces
C Scalar minus Sample	C Subtract Traces
Multiply by Scalar	C Multiply Traces
O Divide Scalar by Sample	C Divide Traces
C Reverse Trace	C Cross Correlation
<ul> <li>Scalar</li> <li>Header</li> </ul>	Honor boundaries
Divide threshold: 0.01	
ОК	Cancel

Теперь сделайте мьютинг сейсмических трасс до первых вступлений при помощи модуля *Trace Editing* с параметрами, указанными ниже:

Trace Editing
Muting Horizon
Top muting
C Bottom muting
C Trace killing
C Muting in window 10 ms
Taper window length
Save template Load template OK OTMEHA
Trace Editing
Muting Horizon
Pick in database Select   fbpick after decon
C Trace header Browse
C Specify
C Specify

В качестве горизонта, задающего мьютинг, используйте сдвинутую после

Save template Load template

ОK

Отмена

деконволюции пикировку первых вступлений fbpick after decon.

Результат выполнения процедур показан на рисунке:



Наконец, выпишите получившееся в результате поле отраженных Р-волн в базу данных под именем **sp0\_PPwave\_ug** используя модуль *Trace Output*:



Результирующий поток должен выглядеть следующим образом:



Заметим, что процесс выделения поля отраженных волн может быть усовершенствован путем добавления новых процедур вычитания оставшихся волн-помех (например S-волн, имеющих немного отличный наклон от пропикированного годографа) Поэтому процесс выделения поля отраженных волн может быть итеративным.

Построение скоростной модели (080 — velocity model).

AdExPro+ 3.90 >>> My VSP Project	
<u>H</u> elp <u>O</u> ptions <u>D</u> atabase Tools E <u>x</u> it	
My Borehole SPO 010 - data load - 020 - view data - 030 - fbpick - 040 - 3C orientation + S pick - 050 - signature for deconvolution - 060 - deconvolution test - 070 - ug PP - 080 - velosity model	RENAME TRASH
MB1 DblClick - Default action; MB2 - Context menu; MB1 - Drag flow to line to copy	1.

Создадим новый поток для построения скоростной модели по выделенному полю отраженных волн — **080** — **velocity model**. Поток будет состоять из следующих модулей:

Trace Input <- sp0\_P\_wave\_ug SSAA Advanced VSP Dispaly

В модуле **Trace Input** выберите созданный в предыдущем потоке набор данных, содержащий отраженные **P-волны sp0\_P\_wave\_ug**. Выберите один ключ сортировки: DEPTH, в поле Selection напишите \*, т.к. мы будем читать весь диапазон данных.

Непосредственно построение пластовой скоростной модели производится в модуле **Adanced VSP Display**. Поступающая на вход модуля сейсмограмма должна в поле заголовка FBPICK содержать времена первых вступлений падающей Р-волны волны. Для того, чтобы переписать их туда из пикировки **fbpick** мы воспользуемся модулем **SSAA**.

На первой вкладке диалога модуля SSAA диалога выберите атрибут Peak amplitude time (время, соответствующее максимальной амплитуде в окне), а так как в данном случае нас интересует точное время пикировки, то в поле Window length (длина окна поиска) поставьте 0. В выпадающем списке справа от названия атрибута выберите поле заголовка FBPICK, в который будут записаны полученные значения.

SSAA	
Attributes Horizon	
Attributes Attribute Trace head Peak frequency Centroid frequency Apparent frequency Bandwidth Peak amplitude Through amplitude Max. absolute amp.	der
Symmetric C Up C Down	
	Save template Load template OK Отмена

На второй вкладке диалога укажите в качестве горизонта пикировку первых вступлений **fbpick**.

SSAA	×
Attributes Horizon	
Pick in database     Select     fbpick	
C Trace header Browse	
C Specify	
Save template Load template OK C	)тмена

Теперь добавьте в поток модуль Advanced VSP Display. Выберите следующие параметры:

VSP Display Parameters		X
Carotage data (LAS) file	DATAVAK.las Bro	owse
LAS column name(s)	AK.	Edit
Load model file	DATA\My vsp P-wave model.mdl Bro	owse
Save model file	DATA\My vsp P-wave model.mdl Bro	owse
Depth	Time	
Start Z (m)	0 Start time (ms)	
End Z (m)	0 End time (ms) 3000	
Altitude correction	0	
Trace Display Trace scale	0.5 Trace step (m) 10	
Velocity	Attenuation	
Interval velocity calc. base (rec)	Get amplitudes from :	
Regularic parameter	0.15 CCP Brows	se
	Cancel	

В поле Save model file укажите имя файла на диске, в который будет автоматически сохраняться построенная модель.

ВНИМАНИЕ: После первого выполнения потока рекомендуется то же имя файла модели, которое указано в поле **Save model file**, указать и в поле **Load model file** – тогда при последующих запусках потока можно будет продолжить работу с места последних изменений. Кроме того, поскольку при выходе из модуля *Advanced VSP Display* выходной файл модели автоматически сохраняется, указание его же в качестве входного файла поможет избежать нежелательной потери ранее созданной модели.

Запустите поток на выполнение. Откроется окно модуля Advanced VSP Display, подобное показанному ниже:



Построение скоростной модели включает в себя добавление и редактирование границ слоев и работу со шкалами, которые позволяют менять масштабы изображения.

#### Редактирование границ слоев

Границы слоев можно добавлять, удалять или перемещать.

• Для добавления границы слоя щелкните левой кнопкой мыши в окне с сейсмограммой в том месте, куда должна быть добавлена граница.

• Для перемещения границы слоя захватите ее левой кнопкой мыши, перетащите границу в новое положение, после чего отпустите кнопку мыши.

• Для удаления границы используйте двойной щелчок правой кнопки мыши на границе.

#### Работа со шкалами

Шкалы глубин, времен, значений параметров являются элементами управления и позволяют изменять соответствующий масштаб. Для этого нажмите левую кнопку мыши на начальном значении шкалы, удерживая ее нажатой переведите курсор на новое конечное значение шкалы, после чего отпустите кнопку. Для возврата к исходному масштабу по выбранной оси, щелкните на соответствующей шкале правой кнопкой мыши.

После построения скоростной модели результат должен выглядеть следующим образом



Результаты построения скоростной модели могут быть экспортированы в текстовый файл при помощи пункта меню File/Export result.

70



При выборе этого пункта меню открывается диалоговое окно, в котором пользователь задает имена текстовых файлов, в которые будут экспортированы результаты.

Export results files		
Lay mode file		Erowse
Per-trace file		Егочизо
	(OK) Canus	

Lay model file — файл, содержащий пластовую скоростную модель

**Per-trace file** — файл, содержащий потрассную таблицу со значениями удвоенного вертикального годографа, средней и пластовой скоростей.

Визуализация поля отраженных волн и ввод кинематических поправок в данные для вывода поля отраженных волн на вертикаль.( 090 — ug and ug nmo waves display )



Создайте новый поток **090 — ug and ug nmo waves display**. Поток будет содержать следующие модули:

Trace Input <- sp0\_P\_wave\_ug Amplitude Correction Trace Editing VSP NMO Trace Length Resample Trace Output -> sp0\_ug\_nmo Screen Display

В модуле *Trace Input* укажите входной набор данных **sp0\_P\_wave\_ug**, сортировку по полю DEPTH.

В модуле *Amplitude Correction* включите автоматическую регулировку усиления (Automatic Gain Control), установив длину оператора 200 мс.

Модуль *Trace Editing* мы используем для мьютинга записи в интервале до первых вступлений падающей Р – волны. В его диалоге выберите опцию **Top muting**, в качестве горизонта для мьютинга установите пикировку **fbpick for mute**.

Для ввода кинематических поправок в данные ВСП воспользуйтесь модулем *VSP NMO*. Параметры модуля приведены на рисунке:

VSP NMO	X
Edit parameters          New source/receiver position         Source elevation         Receiver elevation         Source to receiver horizontal distance         Speed model file	Cancel
DATA\My vsp P-wave model.mdl Browse	

После этого, перед сохранением результата в базе данных и отображением его на экране вернемся к исходной длине трасс — 4 с. Для этого воспользуйтесь модулем *Trace Length*.

При помощи модуля *Trace Output* выпишите полученный результат в набор данных sp0\_ug\_nmo.

В конце потока для визуального контроля поставьте модуль *Screen Display* со следующими параметрами:
Display parameters	X
From t= 0.0 to 4000. t Scale 10 Number of traces 300 × Scale 10 Additional scalar 0.2 F Rotate Bias 0 2 Variable spacing field Space to maximum ensemble width	Display mode • WT/V C WT C VA C Gray C R/B C Custor Define Normalizing factor C None C Entire screen • Individual
Muliple panels     Muliple panels     Use excursion     Z0     traces     Save Template	Axis Header mark Plot headers Show headers Picks settings

Результат выполнения потока представлен на рисунке:



При помощи двух пикировок выделите окно для последующего построения трассы коридорного суммирования, как показано на следующем рисунке.



Сохраните пикировку первых вступлений (обозначена на рисунке желтым цветом) под именем **tw**, а пикировку, определяющую ширину окна для построения трассы коридорного суммирования (обозначена на рисунке зеленым цветом) под именем **cor summ** (сохраните обе пикировки на втором уровне дерева проекта.

### Построение трассы коридорного суммирования. (100 — cor stack trace и 110 — cor sum)

Трасса коридорного суммирования получается путем суммирования данных в заданном окне вдоль годографа первых вступлений. Создайте новый поток **100** — **cor stack trace.** 



Поток будет содержит модули, перечисленные на рисунке:

Trace Input <- sp0\_ug\_nmo Trace Editing Trace Editing Ensemble Stack Amplitude Correction Trace Output -> sp0-cor stack Screen Display

В этом потоке мы считаем поле отраженных P-волн с введенными кинематическими поправками, при помощи верхнего и нижнего мьютингов вырежем из него интервал вдоль годографа первых вступлений, просуммируем все трассы в одну, выровняем амплитуды вдоль трассы и выпишем полученный результат.

Модуль Ensemble Stack суммирует трассы в пределах ансамбля, определяемого первым ключем сортировки. Поскольку сейчас мы хотим просуммировать все трассы, первым ключем сортировки в модуле Trace Input следует указать такое поле заголовка, значение которого заведомо одинаково у всех трасс, например шаг дискретизации DT:

Trace Input	
Data Sets	Sort Fields dt DEPTH
Add Delete	Add Delete
OK Cancel	C Select from file File C Database object Choose, C Get all

Далее, два модуля *Trace Editing* предназначены для последовательного выполнения верхнего и нижнего мьютинга. Верхний мьютинг (Top muting) выполняется вдоль пикировки **wt**, нижний мьютинг (Bottom muting) выполняется вдоль пикировки **cor summ**.

В модуле *Ensemble Stack* выберите опцию Alpha trimmed с порогом отсечения 30%. Это позволит избежать влияния выбросов на результаты суммирования:

Ensemble Stack		×	
Mode Mean Median Alpha trimmed Coherent stack Window (traces) Filter length (ms)	30 30 3 60	2 2	
✓ Treat zero as result of muting			
OK )	Cancel		

В модуле *Amplitude correction* включите автоматическую регулировку усиления в окне 1000 мс (Automatical gain control).

Amplitude Correction 🛛 🔀			
Action to apply  Spherical divergence correction  Exponential correction (dB/ns)  Automatical gain control  Operator length (ns) Type of AGC scalar Basis for scalar application  T000 MEAN CENTERED			
Trace equalization Basis for scaling I me gate start time [ns] I me gate end time [rs] MEAN  0 512			
Time variant scaling Specify amplifying law along trace (t - (ns)) Example format: t1:k1,t2-t3:k2,,tN:kN			
OK Carcel			

Выпишете полученную трассу при помощи модуля *Trace Output* в отдельный набор данных под именем **sp0-cor stack**.

В конце потока модуль *Screen Display* обеспечивает визуальный контроль результата. Результат выполнения потока показан на рисунке:



Полученная трасса коридорного суммирования в дальнейшем будет использоваться для привязки данных ВСП к данным сейсмики. Такую привязку гораздо удобнее проводить не по одной трассе, а по «псевдо-разрезу», составленному из нескольких одинаковых трасс. Для создания такого «псевдо-разреза» мы создадим новый поток — **110** — **cor sum**.

В этом потоке поставьте несколько одинаковых модулей *Trace Input*, каждый из которых будет загружать в поток одну и ту же трассу коридорного суммирования. Результат при помощи модуля *Trace Output* сохраните в новый набор данных — **sp0-cor stack**. В конце поставьте модуль *Screen Display* для визуализации сохраняемого набора данных на экране. Поток будет выглядеть следующим образом:

Trace Input <- sp0-cor stack
Trace Input <- sp0-cor stack
Trace Output -> sp0-cor summ
Screen Display

Получаемый в результате выполнения потока «псевдо-разрез» может выглядеть так:

🛃 Ny YSP Project/My Borehole/SP0/110 - cor sum	
వైదానా Gramman parameters ైండి: ExtryBrox Town ప్రై:	Help
	<u>*</u>
	Ξ
Intitu sam 19 Amp 2.3/ bits.ums	>

Подготовка данных ВСП для привязки к данным сейсмики (120 — ug vsp nmo waves for well tie и 130 — cor stack for well tie).

Перед привязкой данных ВСП (как поля отраженных волн, так и трассы коридорного

суммирования) к наземной сейсморазведке необходимо привести волновое поле ВСП к виду, максимально похожему на данные наземной сейсморазведки. В частности, нужно сделать так, чтобы трассы ВСП были записаны с тем же интервалом дискретизации, что и сейсмика, имели бы такую же длину и сходный частотный состав.

Для подготовки поля отраженных волн создадим поток **120 - ug vsp nmo waves for well tie**. Он будет состоять из следующих модулей:

Trace Input <- sp0\_ug\_nmo Resample Trace Length Bandpass Filtering Trace Header Math Trace Editing Trace Output -> sp0-ug nmo for well tie Screen Display

При помощи *Trace Input* загрузим в поток поле отраженных P-волн с введенными в него кинематическими поправками. При помощи модуля *Resample* передискретизируем данные ВСП на новый интервал дискретизации, такой же же как в данных наземной сейсмики (2 мс). При помощи модуля установим *Trace Length* новую длину трассы — 3700 мс.

Для коррекции частотного состава данных ВСП воспользуемся модулем *Bandpass Filtering.* Как правило, сейсмические данные, по сравнению с данными ВСП, отличаются более низкочастотным спектром. Выравнивание спектров данных ВСП и сейсмики улучшает качество привязки. Параметры фильтра должны быть подобраны опытным путем после анализа данных сейсмики. В данном случае мы остановились на следующих параметрах фильтра:

Bandpass Filt	ering 🛛
O Simple	Bandpass filter
Ormsby	Bandpass filter
C Batterw C Notch fi	orth filter Iter
5.000	Low Cut Frequency (Hz)
30.000	Low Pass Frequency (Hz)
50.000	High Pass Frequency (Hz)
150.000	High Cut Frequency (Hz)
ОК	Cancel

Воспользуемся модулем *Trace Header Math* для того, чтобы присвоить рассматриваемому полю отраженных волн уникальный порядковый номер — это поможет нам в дальнейшем отличать данные разных типов при их совместной визуализации. Для присвоения порядкового номера выберите один из незаполненных заголовков целого типа (integer). В этом примере мы использовали заголовок spfind. Присвойте ему значение равное 3.

Далее при помощи модуля *Trace Editing* выполним верхний мьютинг. В качестве горизонта, задающего мьютинг, используем пикировку первых вступлений после кинематических поправок — tw.

Наконец сохраним подготовленные таким образом данные под именем **sp0-ug nmo for** well tie при помощи модуля *Trace Output* и выведем их на экран при помощи модуля *Screen Display.* Результат выполнения потока показан на рисунке:



Аналогичным образом подготовим разрез трасс коридорного суммирования. Мы сделаем это в отдельном потоке — **130** — **cor stack for well tie**. Этот поток состоит из тех же модулей с теми же параметрами, только на вход потока подается разрез трасс корридорного суммирования, и в модуле *Trace Header Math* в заголовок sfpind этих трасс присваивается порядковый номер 2. Результат выпишем в набор данных **sp0-cor summ for WT.** 

Trace Input <- sp0-corr summ Resample Trace Length Bandpass Filtering Trace Header Math Trace Editing Trace Output -> sp0-cor summ for WT Screen Display

## Обработка непродольного ВСП

Обработка непродольного ВСП нацелена на выделение поля отраженных Р- волн и

построения мигрированных разрезов ВСП и ВСП-ОГТ. Для обработки этих данных мы создадим в базе данных проекта второй пункт взрыва – SP1. Структура потоков обработки данных непродольного ВСП показана ниже:



Как видно уже из структуры потоков и их названий, обработка данных непродольного ВСП до этапа миграции в целом проводится точно так же, как и обработка данных продольного ВСП — загружаются данные, пикируются первые вступления, проводится ориентация компонент на пункт возбуждения, тестируются параметры деконволюции, и в результате производится выделение поля отраженных волн. Набор процедур в потоках и их параметры иногда несколько отличаются от использованных в предыдущем случае. Это связано с особенностями конкретных данных, характером помех и т.п. Однако общая логика обработки остается неизменной, поэтому мы не будем здесь останавливаться на этих потоках и предлагаем Вам ознакомится с ними самостоятельно. Мы же перейдем непосредственно к описанию потока **120** — **migrations,** в котором проводится построение мигрированных разрезов и разрезов ВСП-ОГТ.

Построение мигрированных разрезов ВСП и разрезов ВСП-ОГТ (080 — migrations).

Данный поток будет состоять из следующих модулей:

Trace Input <- sp1\_P\_wave\_ug 2D-3D VSP Migration \*\*\*2D-3D VSP Migration Screen Display В модуле *Trace Input* прочитаем полученное в результате выполнения предыдущего потока поле отраженных Р-волн:

Trace Input	
Data Sets	Sort Fields
sp1_P_wave_ug	DEPTH
Add Delete	Add Delete  Selection  200-10000
OK Cancel	C Select from file File C Database object Choose C Get all

Далее используем модуль *2D-3D VSP Migration* — в зависимости от параметров он позволяет проводить либо миграцию, либо ВСП-ОГТ трансформацию.

Для получения мигрированного разреза ВСП используйте следующие параметры:

3D VSP Kirchhoff Migration	X
Model file DATA\My vsp P-wave mode	I.mdl Browse
Z Start of the image 0 Z End of the image 4000 Sample interval of the image 2 Preferred boundary slope 0 Breferred slope range 5	PS waves migration ☐ 3D output ☐ Mute unaccesible area ✓ 3D velocity model ☐ Transform only, do not migrate ☐ Uneven velocities ☐ Straight rays ☐ Extract velocity ☐ Weights: ⓒ Kirchhoff, offset vsp Derivative: ⓒ none
2D output deometry	C Kirchhoff, walk away vsp       C 1/2         C Inverse distance       C 1         3D output geometry       Grid origin X         Grid origin Y       dx': 5         Grid origin Y       dy': 5         Y' avis azimuth       0
automaticly, using depth     3000     dx: 10	Lx: 5 Ly: 200

Для получения разреза ВСП-ОГТ необходимо использование параметров, как указано на следующем рисунке:

3D VSP Kirchhoff Migration	×
Model file DATA\My vsp P-wave model	mdl Browse
Z Start of the image 0	PS waves migration 🗖 3D output 🗖
Z End of the image 4000	Mute unaccesible area 🔽 🛛 3D velocity model 🦵
Sample interval of the image	Transform only, do not migrate 🔽 Uneven velocities 🔲
Preferred boundary slope	Straight rays 🔲 Extract velocity 🕅
Preferred slope range 5	Weights:  Kirchhoff, offset vsp C Kirchhoff, walk away vsp C Kirchhoff, walk away vsp C 1/2
– 2D output geometru	C Inverse distance C 1
C by points	Grid origin X 0 dxt 5
	Grid origin Y
	Y" axis azimuth
automaticly, using depth     3000	Lx: 5 Ly: 200
dx: 10 🗖 Spline	OK Cancel

Результаты выполнения потока для обоих случаев показаны ниже.

### Результат миграции:



Результат ВСП-ОГТ преобразования:



Замечание. Для успешной работы модуля 2D-3D VSP Migration необходимо наличие данных с правильно введенной геометрией, а также использование корректной скоростной модели.

# Привязка данных ВСП к сейсмике (Well Tie)



#### Ввод сейсмических данных в проект (010 — seismic data load)

Поток будет состоять из набора следующих модулей, параметры которых приведены ниже:

SEG-Y Input <- seismic data.sgy Trace Header Math Trace Output -> seismic data

Модуле SEG-Y Input загружает в поток сейсмические данные из файла в формате SEG-Y:

SEG-Y Input	×
File(s)	Sample format       Sample interval       2         ○ I1 ○ I2○ I4○ R4       Number of traces       0         IBM Floating Point       Trace length       2048         Use trace weighting factor       Trace length       2048         SEGY Normal byte order (MSB First)       SEGY Reverse byte order (LSB First)         Sorted by       FFID:OFFSET         Image: Get all       C Selection         Sample interval       1         Remap header value       1         RECNO,4I,,1817 SOURCE,4I,,1857 ILINE_NO,4I,,1897 XLINE
Add Delete Load list Save list OK	Load remap Save remap Cancel

При помощи модуля *Trace Header Math* зададим сейсмическим данным уникальный порядковый номер, который мы будем использовать при последующей привязке. Кроме того, т.к. в сейсмике поле DEPTH не имеет смысла, мы присвоим ему значение -1 (это понадобится нам при печати результатов в потоке **030 - plotting**):

Trace Header Math			
sfpind=1 depth = -1			
Can	el	Load template	Save template

Выпишем данные в базу проекта при помощи модуля *Trace Output*:



Привязка данных ВСП к данным MOB OFT (020 – well tie)

Поток будет состоять из следующих модулей:

Trace Input <- sp0-ug nmo for well tie Trace Input <- sp0-cor summ for WT Trace Header Math \*\*\*\*Apply Statics Trace Input <- seismic data Ensemble Equilization Trace Length \*\*\*\*Trace Output -> tied data Screen Display

В отдельных экземплярах модуля *Trace Input* считаем последовательно данные сейсмики (seismic data), набор трасс коридорного суммирования (sp0-cor summ for WT) и поле отраженных волн с введенными кинематическими поправками (sp0-ug nmo for well tie). Для данных ВСП укажите сортировку SFPIND:DEPTH, для сейсмических данных — SFPIND:CDP. Указание в качестве первого поля сортировки заголовка SFPIND, в который мы ранее записали для каждого типа данных уникальный номер, позволяет системе считать каждый тип данных одним отдельным ансамблем.

Далее в модуле *Trace Header Math* присвоим полю заголовка CDP в трассах ВСП значение -1 (это понадобится нам при печати результатов в потоке **030** – **plotting**).

Расположенный далее модуль *Apply Statics* позволяет ввести общий сдвиг в данные сдвинуть данные ВСП относительно данных сейсмки. Пока он в потоке закомментирован, мы воспользуемся им позднее.

Поскольку данные ВСП и сейсмики могут иметь (и имеют) существенно разный общий уровень усиления, воспользуемся модулем *Ensemble Equalization*, который выравнивает

амплитуды между ансамблями. Параметры модуля показаны ниже:

Ensemble Equilization 🛛 🛛 🔀
Start time:
End time: 50000
Norm
OK Cancel

Здесь мы указали, что нормировка ансамблей будет производиться по среднеквадратичным амплитудам, оцененным по всей длине трасс (окно указано от 0 до заведомо превышающего длину трасс значения).

Далее данные обрезаются до длины 3500 мс (модуль *Trace Length*), сохраняются в базу данных проекта в виде объединенного набора данных **tied data** (модуль *Trace Output*) и выводятся на экран при помощи модуля *Screen Display* со следующими параметрами:

Display parameters	×
From t= 0.0 to 3698. ■ t Scale 10 Number of traces 400 ■ × Scale 10 Additional scalar 0.15 Bias 0 % ✓ Ensemble boundaries Variable spacing field	Display mode WT/V VA Gray R/B Custor Define Normalizing factor None Entire screen
Space to maximum ensemble width	O Individual
Muliple panels     1     Use excursion     2.0     traces	Axis Header mark Plot headers Show headers Picks settings
Save Template Load Template	Ok Cancel

🔜 My YSP Project/My Borehole/Well Tie/020 - well tie om gemmon parameters... Tools Exit(Sto) DEPTH 200 88D 1000 1200 1400 1600 1880 2400 2600 100 -In2 Sam 9 Amp:36.5 t 18.5ms X

Результат выполнения потока представлен на следующем рисунке:

Видно, что данные сейсмики и ВСП сдвинуты друг относительно друга. Нам придется ввести в данные ВСП постоянный сдвиг, чтобы привязать их к сейсмике. Чтобы определить этот сдвиг, можно выделить данные сейсмики при помощи мыши, и интерактивно подвигать их вверх и вниз.

Для выделения диапазона трасс поставьте курсор мыши в области над трассами на начало диапазона, нажмите левую кнопку мыши, удерживая ее нажатой, переместите курсор на конец диапазона, и отпустите кнопку. При этом выделяемый участок будет отмечен инверсией цветовой палитры. Процесс выделения данных сейсмики при помощи мыши показан на следующем рисунке:



Окно *Screen Display* с выделенными трассами сейсмики выглядят так:



Теперь «захватим» выделенный участок левой кнопкой мыши и сдвинем его вниз, таким образом, чтобы добиться наилучшего совпадения отражений на сейсмике и на данных ВСП. В момент «захвата» выделенный участок вновь отображается в своих обычных цветах для удобства сопоставления:



После того, как мы добились совпадения отражений, глядя на значения, отображаемые в строке состояния нужно определить значения сдвига. В данном случае, мы сдвинули сейсмику на 100 мс.

Теперь воспользуемся модулем *Apply Statics*, чтобы ввести этот сдвиг с обратным знаком в данные ВСП:

🗖 Apply Statics 🛛 🔀
Manual     Manual     Header Word     Browse
C Get from databas Select C Use file File
Relative to time     0.00     Subtract static     Apply fractional statics
Save template Load template OK Cancel

В результате выполнения потока с включенным модулем *Apply Statics* должен получиться следующий результат:



### Печать результатов обработки (030 – plotting)

Поток предназначен для печати результата привязка данных ВСП и ОГТ на любое печатное устройство, совместимое с операционной системой Windows, либо в один из стандартных форматов просмотра текста и изображения: \*.pdf, \*.jpg, \*.tif, \*.bmp и т.д. (для печати в графические форматы воспользуйтесь одним из многочисленных доступных в интернете бесплатных виртуальных принтеров, например Bullzip PDF Printer, doPDF, Easy JPEG Printer и др.).

Поток будет состоять из единственного модуля **Plotting** (это так называемый Stand Alone модуль, самостоятельно формирующий поток). Модуль позволяет настраивать параметры отображения данных (сортировка, способ изображения, масштаб, усиление, печать

пикировок и графиков заголовков, ширина линий, размер шрифтов и т.д.), печатать текстовую и графическую этикетки, а также работать со всеми стандартными настройками печати (в том числе делать предварительный просмотр изображения перед печатью).

Plotting parameters		×					
Dataset My Borehole\Well Tie\tied data							
Sort fields SFPIND Add	Selection *:*:*	1					
Delete	From t= 0 to 0 (ms)						
Variable spacing	Additional scalar 0.3						
Ensemble boundaries	Bias 0 C VA						
Ensembles' gap 2 traces	C Gray						
Use excursion 2 traces	Line width (mm) 0.01 Custom Define						
Normalizing	General Layout Horizons						
C None T Scale 220	ms/cm						
C Entire set X Scale 22	traces/cm	·					
	X Axis						
\\Anubis\HP Color LaserJet 3550 Print setup							
Display traces in Layout Preview Layout Priview							
Cancel							

Выберите параметры модуля **Plotting** как указано ниже.

В поле **Dataset** выберите набор данных **tied data**, полученный в предыдущем потоке. В поле **Sort fields** выберите сортировку по заголовкам SFPIND:DEPTH:CDP. Ключ сортировки SFPIND позволяет системе считать каждый тип данных одним отдельным ансамблем и отображать типы данных в определенном порядке, а именно: фрагмент сейсмического профиля (SFPIND=1), набор трасс коридорного суммирования (SFPIND=2) и поле отраженных волн с введенными кинематическими поправками (SFPIND=3). Далее, ключ сортировки DEPTH позволяет нам получить правильную сортировку данных BCП (на

сейсмике это никак не отразится, потому что во все трассы сейсмики мы ранее присвоили этому полю значение -1). Ключ CDP, в свою очередь, позволит нам обеспечить правильную сортировку данных сейсмики и никак не отразится на данных ВСП (т.к. им мы присвоили в поле CDP значение -1). Чтобы прочитать все данные, в поле Selection введите \*:\*:\*

Задайте параметры визуализации: Ensemble boundaries, Additional scalar, Display mode, Normalazing, Scales как показано на рисунке.

Для настройки параметров этикетки и полей изображения воспользуйтесь опцией **General Layout...** Задайте параметры, как показано на рисунке:

General Layout parameters			×
General Margins			
Top 0 mm			
Label			
🗖 Left side	Fields		
Right side	Company name	DECO Geophysical	
Label font	Project Title	My VSP Project	
Text block width	Project Location	My Area	
100 mm	Comments	Well tie	
Margins mm			
Right 10 mm			
Top 130 mm		< >	
Label Logo			
BMP file			
Logo Height 50 m	nm 🔽 Constrain prop	ortions Logo Position	
Logo Width 30 m	ากา	• Left	
		C Right	
	OK	Cancel	

При помощи опций **T** Axis... настройте параметры визуализации и подписи вертикальной оси, как показано на рисунке:

T Axis param	neters				X		
🔽 Show axis							
Major ticks –							
Step	1000	Tick length (mm)	2	Show values	Scale font		
		Tick line width (mm)	0.2	🔽 Show grid lines			
- Minor ticks							
Number	10	Tick length (mm)	1.5	Show values	Scale font		
per primary	,	Tick line width (mm)	0.1	🔲 Show grid lines			
- Title							
🔽 Shov	w title	Title	t (ms)		Title font		
OK Cancel							

При помощи опций **X** Axis... настройте параметры визуализации и подписи горизонтальной оси, как показано на рисунке:

X Ax	X Axis parameters								
	Show axis -								
	Lipear avia	Field			Sten	000	E Show values	Tick length (mm)	
	Ciricar axis	T ICIG	DEPTH	<b>–</b>	эсер	200		nectorigen (mm)	3
0	Time axis	Hour	AAXFILT	-		<ul> <li>Different</li> <li>Interval</li> </ul>	I Show grid lines	Tick line width (mm)	0.1
		Minute	AAXFILT	-		<ul> <li>Multiple</li> </ul>		Axis width (mm)	15
		Second	AAXFILT	-			Scale font	Title font	
			,						
	Show axis -								
6	Linear axis	Field	CDP	•	Step	10	Show values	Tick length (mm)	3
0	Time axis	Hour				C Different	🔲 Show grid lines	Tick line width (mm)	0.1
		Mipute				<ul> <li>Interval</li> <li>Multiple</li> </ul>		Axis width (mm)	15
		Correct	AAXFILT	<u> </u>		- indepro	Scale font	Title font	
		Secona	AAXFILT	<u></u>					
	Show axis								
0	🖲 Linear axis	Field	TRACENO	-	Step	10	M Show values	Tick length (mm)	3
						C Different	☐ Show arid lines	Tick line width (mm)	0.1
(	) Time axis	Hour	AAXFILT	7		© Interval	and a second sec	Assis middle (max)	45
		Minute	AAXFILT	-		${f C}$ Multiple		Axis wiath (MM)	15
		Second	AAXFILT	-			Scale font	Title font	
					·····		1		
						ок	Cancel		

Выберите поля заголовков DEPTH и CDP значения которых будут подписываться вдоль горизонтальный оси. Мы задали интервал меток по оси DEPTH кратным 200 и интервал меток по оси CDP кратным 10. Это приведет к тому, что метки DEPTH появятся только у трасс BCП (у сейсмики DEPTH= -1), а метки CDP – только у трасс сейсмики (у BCП CDP= -1). Задайте параметры линий сетки, шрифты подписи осей и значений по своему усмотрению.

В поле Print setup... выберите печатающее устройство.

Воспользуйтесь опцией Layout Preview... для предварительного просмотра изображения перед печатью.



При необходимости скорректируйте набор параметров визуализации, не закрывая при этом окна Layout preview. Нажмите Update preview, чтобы перерисовать окно предварительного просмотра.

После того как Вы добьетесь устраивающего Вас результата, закройте окно предварительного просмотра и нажмите ОК в диалоге параметров модуля. Для того, чтобы



Результирующее дерево проекта должно выглядеть следующим образом.