

## **АВТОМАТИЧЕСКАЯ СЕЛЕКЦИЯ ВОЛН ПРИ МОДЕЛЬ-БАЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ВСП**

В.Н. Ференци\*\*, А.А. Табаков\*, Л.В. Севастьянов\*\*, Е.А. Фурсова\*, В.Л. Елисеев\*  
(\* ОАО «ЦГЭ», г. Москва, \*\* ООО «ГЕОВЕРС», г. Москва)

## **AUTOMATIC WAVE SELECTION IN MODEL BASED VSP DATA PROCESSING**

V.N. Ferentsi\*\*, A.A. Tabakov\*, L.V. Sevastyanov\*\*, E.A. Fursova\*, V.L. Eliseev\*  
(\* CGE, JSC, Moscow, \*\* GEOVERS, Ltd.)

**Аннотация.** В статье рассматриваются принципы и практическая реализация автоматической базированной на модели среды селекции волновых полей по данным ВСП и 2D/3D ВСП. Селекция основных типов волн, распространяющихся в реальной среде, из исходного волнового поля является ключевой процедурой обработки данных ВСП и занимает значительное время. Применение программы автоматической селекции позволяет существенно ускорить процесс обработки и повысить ее эффективность. Приводятся примеры применения автоматической селекции к модельным и реальным данным ВСП и 2D/3D ВСП.

**Abstract.** This paper deals with principles and practical realization of automatic model based wavefield selection of VSP and 2D/3D VSP data. Selection of basic types of waves propagating in real medium from initial wavefield is one of the key procedures in VSP data processing taking large time. Application of automatic selection program allows to accelerate data processing essentially and to increase its efficiency. Examples of automatic selection application to model and real VSP and 2D/3D VSP data are presented.

## 1. Введение

В настоящее время, в связи с все большим применением наблюдений 2D и 3D ВСП [1], с одной стороны, и усложнением процесса обработки сейсмических данных с целью извлечения все большей информации о модели среды, с другой, возникает необходимость использования при обработке автоматизированных процедур с элементами искусственного интеллекта.

Одной из ключевых и, в то же время, трудоемких процедур обработки является селекция наблюденного векторного волнового поля ВСП по основным типам волн. Трудоемкость селекции волнового поля обусловлена применением для ее реализации набора достаточно сложных процедур и итеративностью ее выполнения. Кроме того, при обработке данных 2D/3D ВСП принципиальным является объем данных. Количество ПВ в данных 2D/3D ВСП может варьировать от сотен до десятков тысяч. Для данных 2D/3D ВСП итеративная селекция волн выполняется для каждой сейсмограммы ОПВ.

Практически невозможно обрабатывать в реальном времени такие объемы данных, не располагая процедурами их автоматизированной обработки.

В основу технологии автоматической селекции волновых полей положены принципы базированности метода селекции на априорной модели среды и аддитивности полей выделяемых волн и остатков [2]. Под модель-базированностью понимается, что оценка кинематических параметров и поляризации выделяемых типов волн производится по модели среды, адекватной обрабатываемому волновому полю. Принцип аддитивности означает, что на любом этапе селекции сумма волновых полей выделенных волн и поля остатков должна давать исходное волновое поле.

Освещаемая в статье и реализованная в настоящее время технология селекции волнового поля ВСП базируется на 1D скоростной модели параллельно-слоистой

анизотропной среды. В этой модели слои могут иметь наклон, общий для всех слоев модели.

## 2. Метод и практическая реализация

Волновое поле ВСП представляется как сумма основных типов волн DP, DPDS, DPUP, DPUS, DPUPDP, DS, DPUPDS, DSUS, DSUP и остатков. Здесь DP - прямая P волна, DPDS - падающая обменная PS волна, DPUP – отраженная монотипная PP волна, DPUS - отраженная обменная PS волна, DPUPDP - кратная падающая P волна, отраженная от дневной поверхности, DS - прямая S волна, DPUPDS - падающая обменная S волна, образованная в результате отражения от дневной поверхности PP волны, DSUS – отраженная монотипная SS волна, DSUP – отраженная обменная SP волна. Остатки селекции волнового поля представляют собой волновое поле нерегулярных и регулярных помех. Состав и порядок следования волн в процессе селекции может быть задан. При необходимости список типов волн может быть расширен.

Селекция волн может выполняться для однокомпонентных и трехкомпонентных сейсмических данных, причем для данных ЗС 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.

Метод селекции основан на последовательном выполнении следующих процедур:

- выведение на вертикаль трасс каждого заданного типа волн, которое выполняется либо покомпонентно, либо с преобразованием в следящую компоненту, если задан соответствующий режим,
- предварительное выделение волны скоростным фильтром в FK-области,

- окончательное выделение волны по алгоритму ПОЛИКОР [3] в скользящей по глубине базе трасс,
- возврат трасс данной волны на исходные времена (с преобразованием из следящей трассы в ЗС трассы, если используется соответствующий режим),
- вычитание выделенной волны из исходного поля или поля остатков, образованного после вычитания волны предыдущего типа.

Избирательность или жесткость селекции определяется параметрами весовой характеристики ФК-фильтра и размером скользящей базы, применяемой в алгоритме ПОЛИКОР.

Для корректного вычитания выделяемых волн в областях их интерференции с регулярными волнами применяется сглаживание амплитуд выделяемых волн в алгоритме ПОЛИКОР.

С целью увеличения оценки сигнал/помеха для слабовыраженных волн процесс выделения волн может быть выполнен итеративно. В этом случае после выделения всех заданных типов волн и формирования поля остатков после их вычитания, каждая из выделенных волн последовательно добавляется к полученному полю остатков, затем выделяется по описанному выше алгоритму и снова вычитается.

Для того чтобы в процессе итераций можно было изменить параметры селекции волн, как правило, ослабить ее жесткость для того, чтобы учесть нюансы геометрии отражающей границы, предусмотрен режим продолжения итераций селекции.

Критерием окончания процесса селекции волн из волнового поля, а также оценкой качества селекции является отсутствие в поле остатков регулярных волн того же типа, что и выделяемые волны.

Возможно комбинирование процесса селекции регулярных волн с подавлением нерегулярных (высокочастотных, низкочастотных и гармонических) и регулярных

волн-помех. Под регулярными волнами-помехами понимаются регулярные волны в поле остатков селекции.

Для 2D/3D ВСП последовательно обрабатываются данные каждого ПВ. Для таких данных технология автоматической селекции может быть легко распараллелена по сейсмограммам ОПВ.

В перспективе данная технология может базироваться на 2D/3D моделях, если удастся решить проблему затрат времени при применении этих моделей.

На рис. 1 и рис. 2 приведены результаты применения автоматической селекции к модельным данным ВСП и фрагменту реальных данных Walkaway соответственно. Показаны волновые поля основных выделенных волн и поля остатков после селекции.

Модельные данные ВСП (рис. 1в) были получены по программе конечно-разностного 2D моделирования и базируются на реальной скоростной модели среды (рис.1б), характерной для Поволжья. Чередование слоев с пониженной и повышенной скоростью, а также некоторые особенности строения верхней части разреза обуславливают формирование сложного волнового поля, в котором присутствуют регулярные волны многих типов. В результате селекции волнового поля были выделены волны DP, DPDS, DPUP, DPUS, DPUPDP, DS, DPUPDS, DSUS и DSUP. Поле остатков (рис.1н) содержит небольшое количество регулярных волн других типов, что свидетельствует об удовлетворительном качестве селекции.

По выделенным отраженным продольным DPUP и обменным поперечным DPUS волнам были рассчитаны разрезы среды. На рис.2 показывается результат наложения глубинного разреза, полученного по отраженным PS волнам, на глубинный разрез, полученный по отраженным P волнам. Хорошее качество полученных разрезов и их хорошая увязка свидетельствуют о хорошем качестве выполненной селекции волн.

Реальные данные 2D ВСП (Walkaway) были получены в Китае, характеризуются слабо дифференцированной скоростной моделью среды (рис. 3а). На рис. 3 представлен фрагмент данных, содержащий 3 сейсмограммы ОПВ по 42 трассы в каждой. Была произведена селекция 6 типов волн (DP, DPDS, DPUP, DPUS, DPUPDP, DPUPDS). Поле остатков не содержит остатков волн выделенных типов.

На рис.4 и рис.5 показываються полученные временные разрезы для данных Walkaway соответственно по отраженным продольным и отраженным обменным поперечным волнам. Здесь также нужно отметить хорошее качество полученных разрезов и их хорошее соответствие.

### **3. Заключение**

Применение технологии автоматизированной селекции, базированной на 1D скоростной модели параллельно-слоистой анизотропной среды с общим наклоном слоев, позволяют обрабатывать данные ВСП и 2D/3D ВСП в реальном времени с хорошим качеством. Так, данные 3D на современном компьютере могут быть отселектированы всего за несколько часов. Процесс селекции может быть значительно ускорен после распараллеливания вычислительных алгоритмов и реализации их для многопроцессорных компьютеров.

Список выделяемых волн может быть расширен. В процессе селекции могут подавляться также регулярные и нерегулярные помехи.

После решения проблемы быстроедействия решения прямых кинематических задач технология селекции может быть основана на более сложных моделях.

### **Список рисунков**

1. Результаты автоматической селекции смоделированных данных ВСП (Поволжье): а) система наблюдений, б) скоростная модель P и S волн, в) исходное волновое поле, г)-м) волновые поля прямой (DP), обменной падающей (DPDS), отраженной монотипной продольной (DPUP), отраженной обменной поперечной (DPUS), кратной продольной падающей (DPUPDP), поперечной (DS), кратной поперечной падающей (DPUPDS), отраженной монотипной поперечной (DSUS), отраженной обменной продольной (DSUP) волн соответственно, н) волновое поле остатков после селекции
2. Результат наложения глубинного разреза, полученного по отраженным PS волнам (красный цвет), на глубинный разрез, полученный по отраженным P волнам. Траектория ствола скважины изображена синим цветом.
3. Результаты автоматической селекции реальных данных Walkaway (Китай): а) скоростная модель P и S волн, б) исходное волновое поле, в)-з) волновые поля прямой (DP), обменной падающей (DPDS), отраженной монотипной продольной (DPUP), отраженной обменной поперечной (DPUS), кратной продольной падающей (DPUPDP), кратной поперечной падающей (DPUPDS) волн соответственно, к) волновое поле остатков после селекции
4. Временной разрез по отраженным P волнам для данных Walkaway (Китай).  
Трасса однократно-отраженных волн, полученная по данным ВСП в этой же скважине, изображена синим цветом.
5. Временной разрез по отраженным PS волнам для данных Walkaway (Китай).

### **Список литературы**

1. А.А.Табачков. Трехмерные системы наблюдений и модель-базирующая обработка в сейсморазведке – ответ на вызовы нефтяной промышленности XXI

века. Материалы научно-практической конференции «ВСП и трехмерные системы наблюдений в сейсморазведке», Москва, 2005, с. 8-12

2. А.А.Табачков, О.А.Мальцева, Е.А.Фурсова, Д.С.Чулкин, В.Н.Ференци. Принципы и результаты анализа векторных волновых полей. Материалы научно-практической конференции «ВСП и трехмерные системы наблюдений в сейсморазведке», Москва, 2005, с. 79-84
3. А.В. Копчиков, В.Н.Ференци, А.А.Табачков, А.В.Решетников. Выделение регулярных волн на фоне интенсивных помех методом «ПОЛИКОР». Материалы научно-практической конференции «ВСП и трехмерные системы наблюдений в сейсморазведке», Москва, 2004, с. 70-73