

## **Широкополосная обработка и интерпретация данных вертикального сейсмического профилирования (ВСП) по технологии Сейсморазведки высокой четкости (СВЧ)**

А.А. Табаков\* (ООО «Геоверс»), Ю.А. Степченков (ООО «Геоверс»), В.Н. Ференци (ООО «Геоверс»), М.С. Коваленко (РУП «ПО «Белоруснефть»), Е.А. Четкина (РУП «ПО «Белоруснефть»)

### **Введение**

Технология Сейсморазведка высокой четкости (СВЧ) предназначена для получения достоверных результатов обработки данных сейсморазведки в максимально широком диапазоне частот в условиях присутствия сильных помех. Для достижения диапазона порядка семи октав применяется аддитивный итеративный анализ волнового поля методом проектирования на область допустимых значений параметров в нескольких частотных диапазонах.

На примере обработки реальных данных вертикального сейсмического профилирования (ВСП) демонстрируется возможность достижения частотного диапазона 0-300 Гц. Представлены новые результаты, полученные в процессе развития технологии, сделаны выводы об эффективности ее применения.

Достоверность полученных результатов подтверждается сопоставлением с данными ГИС и данными наземной сейсморазведки.

### **Метод СВЧ**

Технология СВЧ, предназначенная для выделения полезного сигнала в максимально широком диапазоне частот, базируется на комплексном применении различных приемов, многие из которых хорошо известны [1]. Ниже изложены основные принципы СВЧ:

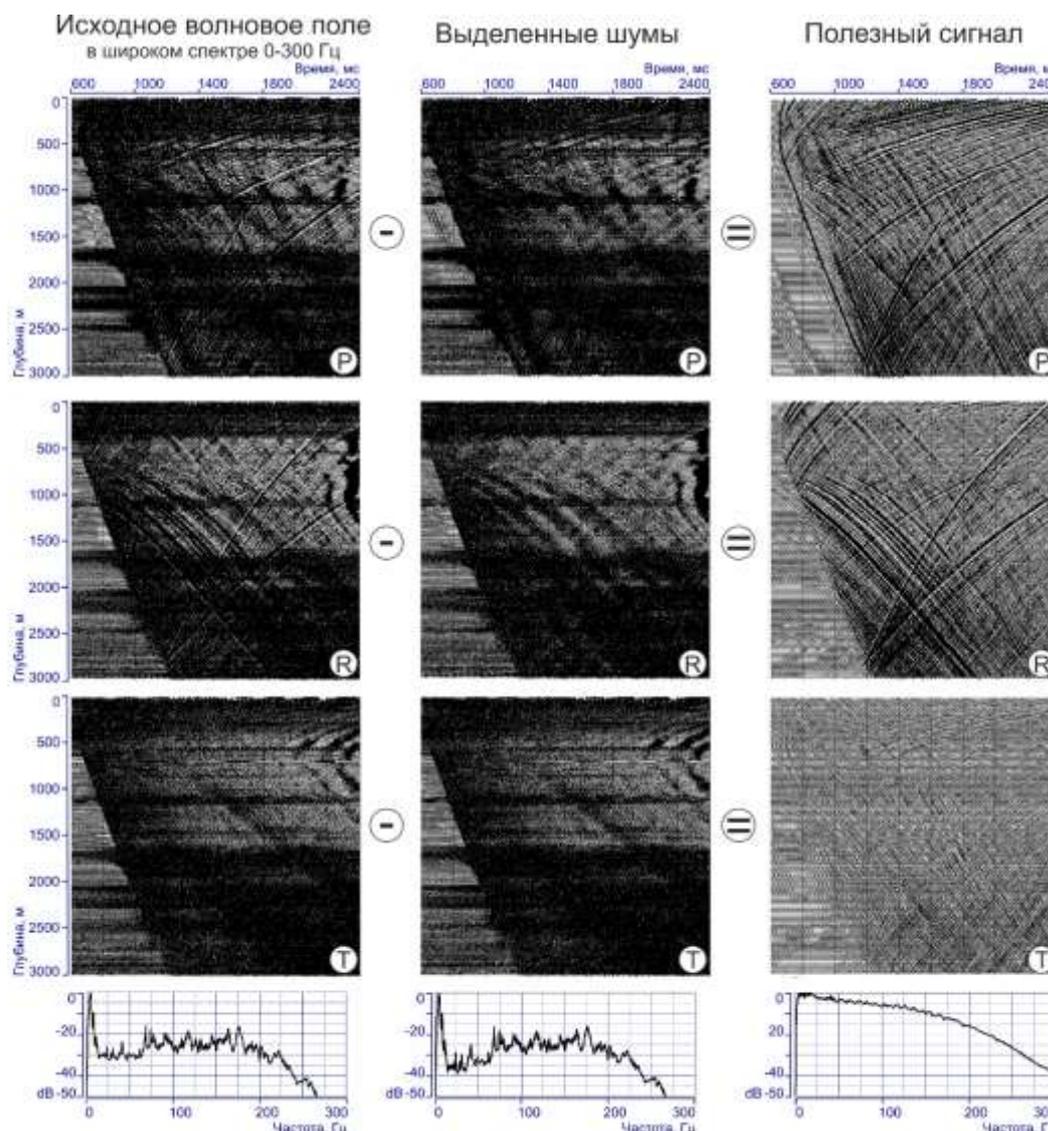
- Выделение полезного сигнала при помощи проектирования волнового поля в различные области, в которых определены ограничения на параметры, с последующим отделением информации, находящейся за пределами допустимых значений этих параметров. Отделяемая часть информации при этом накапливается для сохранения аддитивности и возможности итеративного уточнения.
- Выделение полезных сигналов основано на подходе, где фактически выделяются помехи, а сигналом считаются остатки после вычитания всех извлеченных помех. Помехами для данного вида сигнала могут быть другие регулярные волны, а также регулярные и нерегулярные помехи.
- Итеративное уточнение всех полезных сигналов с последовательным приближением к максимально широкому спектру выполняется до тех пор, пока итерации приводят к значимым изменениям.
- Анализ волновых полей проводится в нескольких частотных диапазонах, поскольку для низких частот требуются большие пространственные базы анализа, а на высоких частотах большие базы искажают информацию.

Таким образом, представленная технология может быть названа аддитивным итеративным анализом волновых полей в нескольких частотных диапазонах методом проектирования на область допустимых значений параметров.

### **Примеры обработки реальных данных ВСП**

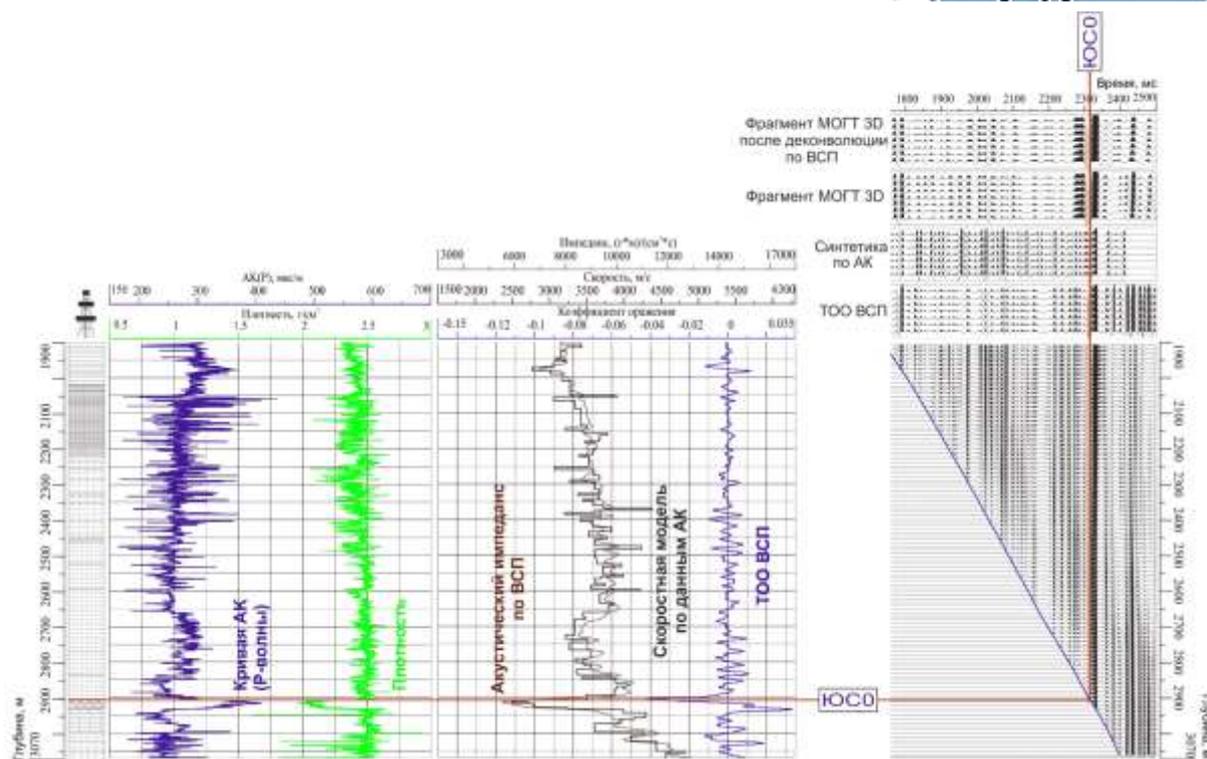
Исходное трехкомпонентное волновое поле ВСП после коррекции статики, амплитуды и формы сигнала по контрольному прибору, оценки ориентации зонда и преобразования в локальную систему координат PRT, итеративно методом проектирования на область допустимых значений

разделяется на следующие составляющие: полезные регулярные падающие и восходящие продольные и обменные волны, регулярные помехи (трубные волны, волны рассеянные на неоднородностях в ВЧР), нерегулярные помехи [2]. На рисунке 1 показан результат вычитания из исходного поля выделенных регулярных и нерегулярных помех, а также амплитудные спектры. После деконволюции в частотном диапазоне 0-2-250-300 Гц получены нерегуляризованные полезные волны в диапазоне частот 0-300 Гц с косинус-фильтром низких частот, который позволяет ослабить побочные экстремумы сигнала.



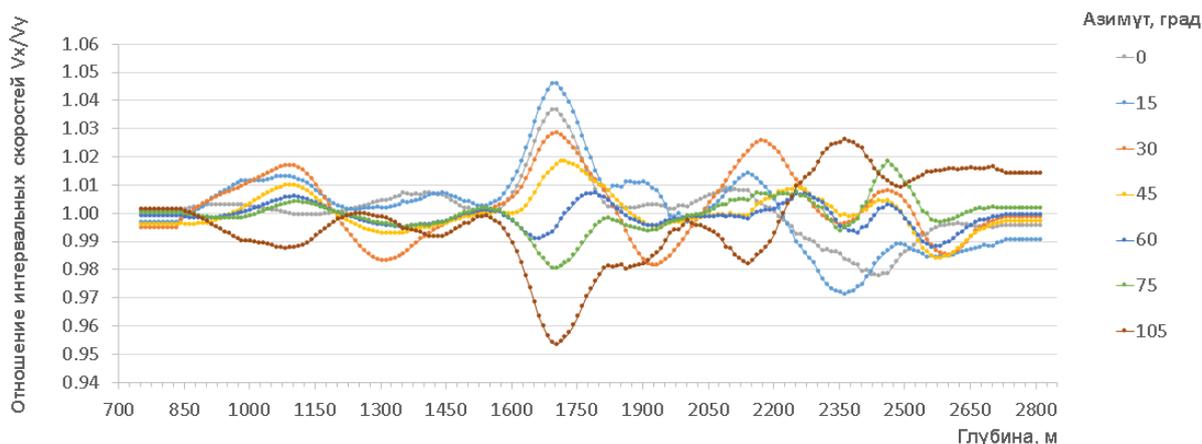
**Рисунок 1.** Фрагменты исходного волнового поля в широком спектре (0-300 Гц), выделенных шумов и регулярных волн-помех, а также волновое поле после вычитания шумов и волн-помех. Спектры волновых полей.

На рисунке 2 представлено сопоставление данных ВСП с данными ГИС и наземной сейсморазведки 3D. Диапазон низких частот (до 2 Гц) заполнен из скоростной модели ВСП. Кривая акустического импеданса хорошо согласуется со скоростями, полученными по ГИС, что говорит о надежной привязке отраженных волн ВСП с литологией, данными ГИС, а также данными наземной сейсморазведки. Это подтверждает реалистичность результатов обработки, полученных методом СВЧ.



**Рисунок 2.** Фрагмент увязки ВСП с данными ГИС и наземной сейсмозаписки

При высоком качестве выделения полезного сигнала оказывается возможным определять скорости распространения поперечных волн с точностью, достаточной для оценки их анизотропии, которая, как правило не является ярко выраженной [3]. Анизотропия поперечных волн, которая может быть следствием наличия вертикальной трещиноватости, составляет единицы процентов, поэтому для корректного ее определения требуется выделить волны различных типов при низком соотношении сигнал/шум и не исказить при этом их кинематические характеристики для расчета интервальных скоростей. На рисунке 3 показаны кривые отношения интервальных скоростей падающих обменных волн в зависимости от их ориентации в пространстве. Из соотношений видно, что в интервале глубин 1650-1750 м в направлении азимута  $15^{\circ}$  наблюдается анизотропия скоростей поперечных волн, достигающая 4.5%, которая может быть обусловлена вертикальными трещинами, ориентированными на  $15^{\circ}$  восточнее северного направления (ось X направлена на север).



**Рисунок 3.** Соотношение интервальных скоростей поперечных волн с поляризацией от  $0^{\circ}$  до  $75^{\circ}$  к интервальным скоростям поперечных волн с ортогональной поляризацией

### Выводы

- Обработка данных ВСП по технологии СВЧ позволяет существенно повысить информативность сейсморазведки благодаря достижению четкости получаемых результатов до семи октав.
- Точность привязки отражений на поверхности достигает до 1-2 м, появляется возможность расширения их спектра.
- Достоверность увязки данных ГИС и поверхностной сейсморазведки через ВСП по технологии СВЧ значительно выше, чем по распространенному методу моделирования по данным ГИС, который содержит неопределенность при выборе сигнала для свертки с идеальной импульсной сейсмограммой, получаемой из акустического и плотностного каротажа.
- Эффективность технологии СВЧ позволяет достоверно определять интервалы разреза с вертикальной трещиноватостью, а также ее направленность.

### Библиография

1. Табаков А.А., Ферененци В.Н., Калван Л.В., Степченков Ю.А., Колосов А.С. Сейсморазведка Высокой Четкости (СВЧ) – бескомпромиссный подход к регистрации и обработке сейсмических данных: основные положения, регистрация данных, анализ волновых полей // Научно-технический журнал «Нефть. Газ. Новации». 2014. № 1. С.35-39.
2. Ференци В.Н., Елисеев В.Л., Табаков А.А., Огуенко Д.В., Степченков Ю.А., Мухин Д.А., Колосов А.С. Селекция волн в технологии сейсморазведки высокой четкости методом проектирования на области допустимых параметров // Материалы научно-практической конференции «Гальперинские чтения - 2009». Москва. 2009. С.8-11.
3. Табаков А.А., Калван Л.В., Чистов П.И. Оценка анизотропных свойств среды по данным ВСП // Материалы научно-практической конференции «Гальперинские чтения - 2013». Москва. 2013. С.90-95.

### References

1. Tabakov A.A., Ferentsi V.N., Kalvan L.V., Stepchenkov Yu.A., Kolosov A.S. High Definition Seismic (HDS) - uncompromising approach to seismic data acquisition and processing: fundamentals, data registration, wavefield analysis // «Nef. Gas. Novacii». 2014. № 1. P.35-39.
2. Ferentsi V.N., Eliseev V.L., Tabakov A.A., Oguenko D.V., Stepchenkov Yu.A., Muhin D.A., Kolosov A.S. Wave selection in high-definition seismic technology based on method of projection on valid parameter domains // «Galperin readings - 2009». Moscow. 2009. P.8-11.
3. Tabakov A.A., Kalvan L.V., Chistov P.I. Anisotropic properties of the medium estimation on VSP data // «Galperin readings - 2013». Moscow. 2013. P.90-95.