

## Скважинная сейсмоакустика в системе «Гео-Томо»

Иван Жуланов и Павел Гуляев, ООО «ПИТЦ «Геофизика»

Антон Колонин, «Ай Ти Решения»

<http://www.itso.ru>

2007-2008

На сегодняшний день, при поисках и эксплуатации нефтегазовых месторождений, возрастают требования к изучению околоскважинного пространства с целью оценки перспективности и текущего состояния коллекторов. Эти задачи могут решаться на основании высокочастотных акустических (сейсмических) исследований.

В основе таких исследований лежит обработка сейсмических колебаний, зарегистрированных в скважинном приемнике, совмещенном с высокочастотным импульсным источником. При этом, может осуществляться возбуждение и регистрация в различных азимутальных направлениях. Характер регистрируемых сейсмоакустических явлений определяется тремя различными процессами перечисленными ниже. Разница между этими процессами достаточно условная и определяется длиной волны и расстоянием от источника и приемника (через размер зоны Френеля) [6].

- «Микрорассеяние» на неоднородностях, размер которых меньше длины волны и размера зоны Френеля. В этом случае, затухание сигнала на малых временах тем больше, чем больше степень неоднородности (пористости) среды - при этом, общий уровень сигнала падает.
- «Макрорассеяние» на неоднородностях, размер которых больше длины волны и размера зоны Френеля. В этом случае, затухание сигнала на малых временах остается неизменным, однако, с ростом неоднородности (например, трещиноватости) среды, появляется рассеяная волновая составляющая на поздних временах – при этом, общий уровень сигнала растет.
- «Смешанное рассеяние» на неоднородностях, размер которых сопоставим с длиной волны и размером зоны Френеля. В этом случае, наблюдается сложная интерференционная картина, в рамках которой происходит взаимное наложение вышеописанных эффектов.

Для изучения указанных процессов и прогнозирования свойств коллекторов на их основе, система обработки данных «Гео-Томо» компании «Ай Ти Решения» реализует и предусматривает следующие алгоритмы и технологии [4,5].

### Динамическая сейсмоакустика

- Расчет и визуализация трасс мгновенных амплитуд (преобразованием Гильберта) – «оггибающих» волнового поля, с возможным сглаживанием. Расчет и визуализация «аномальных» трасс мгновенных амплитуд в скользящем окне с целью локализации аномальных усилений и ослаблений сигнала в поле времен (*1-я слева диаграмма на последней странице*).
- Построение интегральных кривых, характеризующих энергию «аномальных» трасс в заданном временном окне, возможно - для различных азимутальных направлений.
- По совокупности измерений, полученных для различных азимутальных направлений, для заданных времен, построение объемных «разверток» околоскважинного пространства, характеризующих интенсивность «аномального поля».
- Локализация аномалий на заданном уровне повышенных или пониженных мгновенных амплитуд и построение объемной модели в глубинно-временном масштабе по совокупности измерений, полученных для различных азимутальных направлений.

### Спектральная сейсмоакустика

- Расчет и визуализация амплитудно-фазовых спектров (преобразованием Фурье) волнового поля, с возможным сглаживанием. Расчет и визуализация «аномальных» спектров в скользящем окне с целью локализации аномальных усилений и ослаблений сигнала в частотной области (*2-я слева диаграмма на картинке на последней странице*).
- Построение интегральных кривых, характеризующих энергию «аномальных» трасс в заданном диапазоне частот, возможно - для различных азимутальных направлений.
- По совокупности измерений, полученных для различных азимутальных направлений, для заданных диапазонов частот, построение разверток околоскважинного пространства характеризующих интенсивность «аномального спектрального поля».
- Локализация аномалий на заданном уровне повышенных или пониженных амплитуд спектров и построение объемной модели в глубинно-частотном масштабе по совокупности измерений, полученных для различных азимутальных направлений.

### Волновая сейсмоакустика

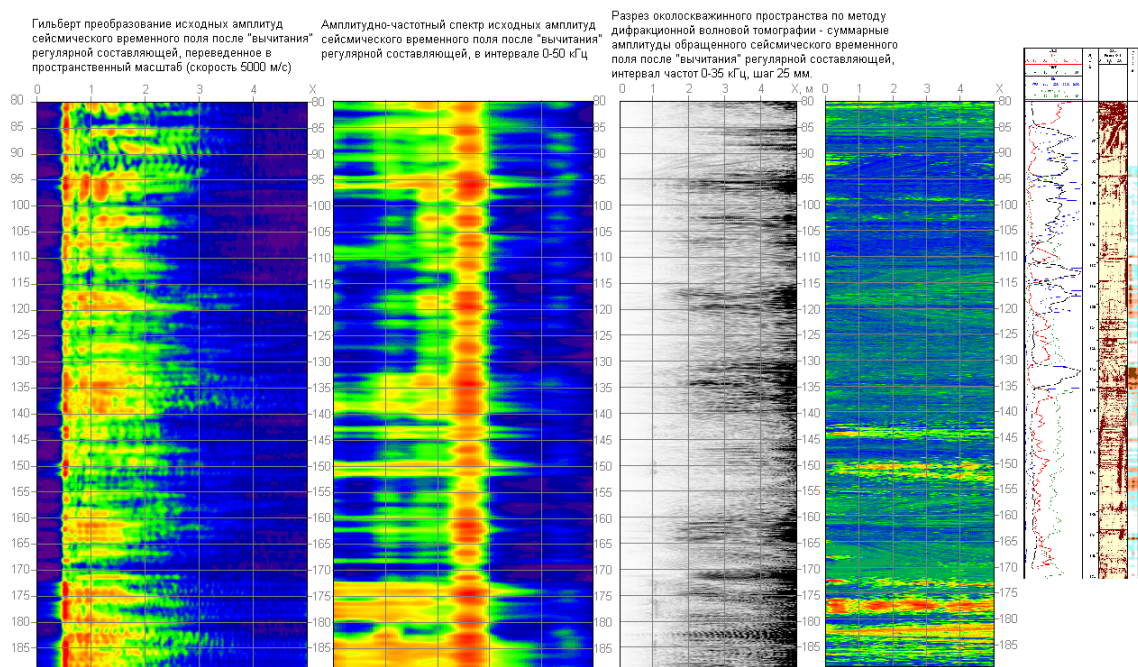
- Обращение волнового поля в среду в пространственном масштабе (глубина и удаление от скважины) на основании скоростной модели среды, полученной по данным АК или ВСП или определяемой автоматически в ходе обращения.
- По обращенному полю, для интегральных или азимутальных глубинных разрезов - расчет и визуализация производных сейсмоакустических характеристик, таких как максимальная мгновенная амплитуда, интегральная мгновенная амплитуда, мгновенная фаза, доминирующая частота и др. (*интегральная мгновенная амплитуда на 3-ой слева диаграмме и доминирующая частота на 4-ой слева диаграмме на последней странице*).
- По обращенному полю, для интегральных или азимутальных глубинных разрезов – расчет и визуализация комплексного интегрального показателя рассеяния.
- Построение интегральных кривых, характеризующих величину показателя рассеяния (или других параметров обращенного поля) на заданном удалении от скважины, возможно - для различных азимутальных направлений.
- По совокупности измерений, полученных для различных азимутальных направлений, для заданных удалений от скважины, построение разверток околоскважинного пространства, характеризующих значения показателя рассеяния (или других параметров обращенного поля).
- Локализация аномалий на заданном уровне значений показателя рассеяния (или других параметров обращенного поля) и построение объемной модели в пространственном масштабе по совокупности измерений, полученных для различных азимутальных направлений.

Все перечисленные выше алгоритмы могут включать в себя предварительное «вычитание» прямой волны от источника, реверберационных волн и прочих помех в частотной или пространственной областях.

Апробация описанного выше комплекса обработки была проведена на данных, полученных с помощью аппаратуры «Геовизор» производства ООО «ПИТЦ «Геофизика» (г. Пермь). Аппаратура используется для выявления зон развитой субвертикальной и вертикальной трещиноватости в околоскважинном пространстве [1,2,3]. В рассматриваемом случае было выполнено акустическое зондирование в 4-х секторах. Результаты обработки данных представлены в виде развертки в цветовом виде (*правая колонка данных ГИС на рисунке внизу*).

Исходные сейсмограммы в формате SEG-Y для измерений по одному азимутальному направлению были подвергнуты «вычитанию» прямой волны от источника, после чего обработаны описанными выше алгоритмами.

Картинка на следующей странице представляет (слева направо) разрез мгновенных амплитуд исходных трасс в глубинном масштабе; амплитудные спектры по глубине; глубинный разрез интегральной мгновенной амплитуды обращенного поля; глубинный разрез доминирующей частоты обращенного поля; колонку данных ГИС. Глубинные разрезы захватывают интервал от стенки скважины до 5 метров (растянуто по горизонтали в 10 раз). Данные ГИС включают (слева направо) кривые методов НКТ, БК, ДС; снимок стенки скважины; данные «Геовизора».



Результаты обработки сопоставлялись с данными каротажа и кавернометрии. На следующей таблице показаны аномальные интервалы с указанием наличия аномалий по соответствующим характеристикам (+ слабо выраженная, ++ ярко выраженная).

Интервал, м	Мгновенные исходные амплитуды	Амплитудные спектры	Обращенные амплитуды	Доминирующие частоты	Нейтронный каротаж	Боковой каротаж	Кавернометрия
94-97	++	++	++	++	+	+	++
102-104	+	+	+	++	-	-	-
107-111	-	+	-	-	-	-	+
112-114	-	-	-	-	++	++	-
115-119	+	+	++	++	++	++	-
131-140	++	++	++	-	++	++	++
143-145	-	+	-	+	-	-	+
149-152	-	+	-	+	-	-	+
160-165	+	+	+	+	-	-	+

На большинстве интервалов, была обнаружена хорошая корреляционная связь между результатами акустической обработки и данными каротажа и кавернометрии. Случаи отсутствия корреляции можно объяснить существенно большей глубиной (до 5 метров) сейсмоакустических данных по сравнению с данными каротажа и кавернометрии.

Приведенные результаты говорят о больших возможностях сейсмоакустического метода по повышению эффективности скважинных исследований в задачах поисков, разведки и эксплуатации нефтегазовых месторождений.

### **Библиография**

1. Жуланов И.Н. Скважинные акустические исследования в гетерогенных средах. / Монография, Пермь: Пресстайм, 2006. 144 с.
2. Жуланов И.Н., Матяшов С.В., Воеводкин В.Л., Комплекс акустических методов для выделения множественной вертикальной и субвертикальной трещиноватости // Геофизический вестник. 2004. №6. С. 7-9.
3. Жуланов И.Н., Балдин А.В., Новосёлов Н.И., Носов В.Н. Новый геофизический метод выделения зон вертикальной и субвертикальной трещиноватости // Материалы Международной науч.-практической конф. «Перспективы развития геофизических методов в XXI веке». Пермь, 2004. С. 60-64.
4. Колонин А.Г. Волновая томография в приближении однократного рассеяния. Печат. // Сборник тезисов международного совещания по геотомографии "Геотомография-92"/под ред. А.Ф.Буянова/ Апатиты: ГИ КНЦ РАН. 1992 г., 2 стр.
5. Колонин А.Г. Геофизическая дифракционная томография. // Прикладная геофизика, МГ СССР ВНИИ Геофизика, 1990г., 6 стр.
6. Колонин А.Г. Дифракция на трехмерных изометричных неоднородностях. // Физика Земли. АН СССР, ИФЗ, 1990г., 8стр.