

Пакет программ для дифференциального и интегрального динамического анализа сейсмических волновых полей "НЕДРА"

Земцова Д.П., Егоров М.М., КОМЭ ПО "Союзморгео"; Гуленко В.И., Кубанский госуниверситет, г. Краснодар

В настоящее время существует достаточно большое число программных реализаций различных алгоритмов для динамического анализа отраженных сейсмических волн [1 - 3]. Все они имеют свои преимущества и недостатки и используют различные подходы к решению идей динамического анализа. Однако не все эти программы удовлетворяют современным требованиям: многие из них, особенно выполненные с использованием средств операционной системы MS-DOS, не реализуют всех возможностей компьютеров последних поколений и давно устарели.

В КОМЭ ФГУП ПО "Союзморгео" разработан интерпретационный пакет программ "Недра", предназначенный для анализа динамических характеристик сейсмических записей. Пакет создан на языке СИ++, предназначен к использованию в современных операционных системах семейства WINDOWS 9x/NT/2000/XP и включает в себя программные модули для динамического анализа "Обозреватель" и "Эксперт". В них применён подход, связанный с использованием преобразования Фурье для расчёта энергетических и спектральных параметров сейсмической записи в частотной области. В состав пакета входит также модуль "Художник", предназначенный для визуализации результатов анализа.

Модуль "Эксперт", предназначен для дифференциального динамического анализа сейсмических временных разрезов и сейсмограмм, а также для проведения других операций над ними, связанных с дообработкой сейсмических материалов. Он позволяет получать разрезы динамических характеристик в скользящем окне для каждого момента времени - рис. 1.

Модуль "Обозреватель" представляет собой достаточно мощную геоинформационную систему с возможностями полноценного графического редактора, а также включает в себя возможность проведения интегрального динамического анализа сейсмических волновых полей, привязанных к определённым профилям. Расчёты динамических характеристик записи в модуле "Обозреватель" ведутся по любому заданному сейсмическому комплексу, ограниченному сверху

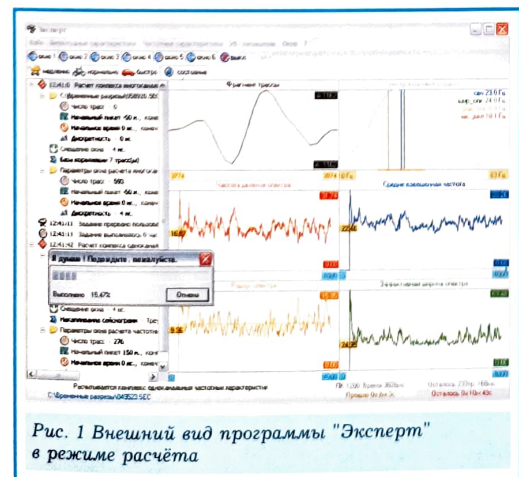


Рис. 1 Внешний вид программы "Эксперт" в режиме расчёта

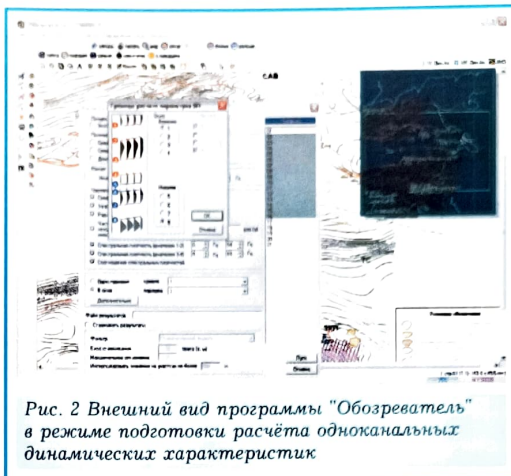


Рис. 2 Внешний вид программы "Обозреватель" в режиме подготовки расчёта одноканальных динамических характеристик

и снизу горизонтами произвольной формы. При этом осуществляется привязка к географическому положению профиля, что позволяет строить карты распределения динамических характеристик в плане площади исследований - рис. 2.

Модуль "Художник" предназначен для визуализации результатов проведенного анализа, а также для вывода сейсмических временных разрезов и сейсмограмм. Он позволяет подготавливать и выводить изображения сейсмических волновых полей практически на любое стандартное печатающее устройство, с возможностью выбора масштабов и нанесения на разрез дополнительной информации: скважины, пересечения с другими профилями и т.п. - рис. 3.

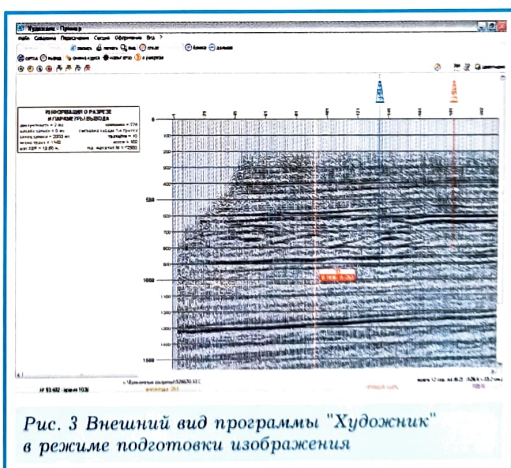


Рис. 3 Внешний вид программы "Художник" в режиме подготовки изображения

С помощью алгоритмов, реализованных в программах "Обозреватель" и "Эксперт", вычисляются одноканальные и многоканальные динамические характеристики сейсмических волн, как во временной, так и в частотной областях. Во временной области оцениваются амплитудные характеристики волнового поля. В частотной области оцениваются спектральные характеристики, полученные с использованием быстрого преобразования Фурье. Программы позволяют также производить AVO-анализ и анализ поглощения энергии сейсмических волн,

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГЕОФИЗИКА-ИНТЕРПРЕТАТОРА
ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

оценки которого осуществляется с помощью алгоритма на основе кепстральных преобразований. Для каждого положения окна, в рассматриваемом интервале записи, во временной области вычисляются следующие амплитудные характеристики [1, 3]:

1. Среднее значение экстремума

$$A_{\max} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |a_i| \quad (1)$$

2. Средняя амплитуда

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |f_i| \quad (2)$$

3. Среднеквадратическая амплитуда

$$\bar{A}_{sq} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i^2} \quad (3)$$

4. Дисперсия амплитуд

$$D = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - \bar{A})^2} \quad (4)$$

5. Асимметрия амплитуд

$$As = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(f_i - \bar{A})^3}{D^{3/2}} \quad (5)$$

Где a_i - амплитуды экстремумов; f_i - фрагмент оцениваемой сейсмической трассы; m - число экстремумов; n - число отсчетов в окне анализа;

В частотной области для каждого положения окна на сейсмическом временном разрезе с помощью быстрого преобразования Фурье вычисляется амплитудный спектр. По полученному спектру в задаваемом оператором диапазоне частот могут быть рассчитаны следующие частотные параметры [1, 3]:

1. Преобладающая частота

$$F = \{\max \bar{S}(f)\} \quad (6)$$

2. Средневзвешенная частота (СВЧ)

$$\bar{F} = \frac{\sum_{F_0}^{F_N} f \bar{S}(f)}{\sum_{F_0}^{F_N} \bar{S}(f)} \quad (7)$$

3. Энергия спектра записи

$$E = \sum_{F_0}^{F_N} \bar{S}(f) \quad (8)$$

4. Ширина спектра

$$W_{\bar{S}} = \frac{\sum_{F_0}^{F_N} \bar{S}(f)}{\max \bar{S}(f)} \quad (9)$$

5. Радиус спектра

$$R_{\bar{S}} = \frac{\sum_{F_0}^{F_N} |W_{\bar{S}} - i| \bar{S}(f)}{\sum_{F_0}^{F_N} \bar{S}(f)} \quad (10)$$

6. Медианная частота

$$M = \left\{ \frac{\sum_{F_0}^{F_N} \bar{S}(f)}{\sum_{F_0}^{F_M} \bar{S}(f)} = K \right\} \quad (11)$$

7. Средняя энергия спектра в диапазоне частот

$$(F_0, F_N) \quad D = \frac{\sum_{F_0}^{F_N} \bar{S}(f)}{F_N - F_0} \quad (12)$$

8. Оценка сжатия амплитудного спектра

$$Q = \frac{\sum_{F_0}^{F_N} S(f)}{(F_N - F_0) \max S(f)} \quad (13)$$

где f - анализируемая запись в окне; $S(f)$ - амплитудный спектр записи в окне; F_0, F_N - границы анализируемого диапазона частот.

Для получения многоканальных динамических характеристик, запись разделяется на когерентную и некогерентную составляющие по следующим корреляционным зависимостям [5]:

$$C_s(\tau) = \frac{1}{2} [C_s(\tau) + C_s(\tau)] \quad (14)$$

$$C_s(\tau) = C_s(\tau) - \frac{1}{2} [C_s(\tau) + C_s(\tau)] \quad (15)$$

где f - текущая трасса, g - соседние трассы, C_s - автокорреляция когерентной составляющей, C_s - автокорреляция помехи, C_s - автокорреляция фрагмента текущей трассы, C_s - автокорреляция соседней трассы.

При многоканальном анализе отдельно для сигнала и помехи оцениваются те же параметры (1) - (13), что и при одноканальном, но с добавлением таких характеристик, как отношение "сигнал/помеха" и др.

Отношение сигнал/помеха

$$k = \frac{\sum_{F_0}^{F_N} S_s(f)}{\sum_{F_0}^{F_N} S_v(f)} \quad (16)$$

где $S(f)$ - амплитудный спектр записи в окне; F_0, F_N - границы анализируемого диапазона частот.

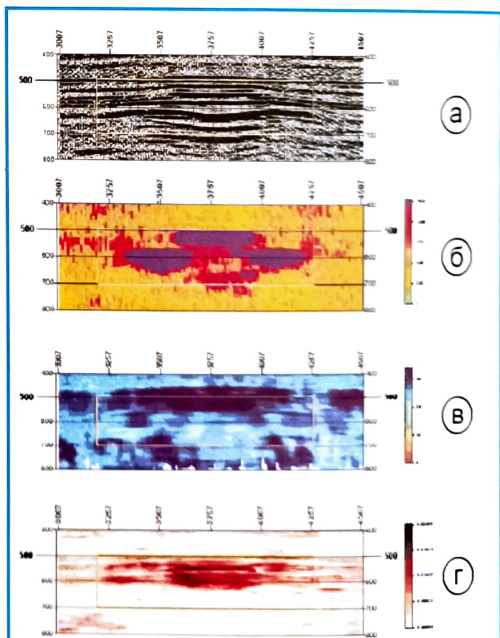


Рис. 4 Отображение некоторых динамических характеристик в сейсмическом волновом поле, приуроченном к газовой залежи:
а) исходный временной разрез;
б) разрез параметра дисперсии амплитуд;
в) разрез параметра средневзвешенной частоты;
г) разрез параметра поглощения

Оценка параметров поглощения в программе "Эксперт" осуществляется по результатам сопоставления спектральных характеристик сигналов, форма которых оценивается методом усреднения комплексных кепстров записей отдельно для верхней и нижней половины скользящего временного окна длительностью $T/6$. При этом перед накоплением комплексных кепстров, полученных для соседних интервалов записи длительностью $T/2$, устраняются разрывы их фазовых функций, а также производится вычитание линейных фазовых компонентов.

В качестве примера на рис.4 приведены некоторые результаты анализа динамических характеристик, полученных по сейсмическому временному разрезу с помощью программы "Эксперт".

Из рис. 4 видно, как отображается "классическая" газовая залежь в параметрических полях дисперсии, СВЧ, поглощения. В поле дисперсии залежь обозначается повышенными значениями параметра - рис.4б. В поле параметра средневзвешенной частоты залежь отображается пониженными значениями, и, соответственно, вследствие поглощения энергии проходящих волн (рис.4в) смещением энергетического спектра в область более низких частот, что очень хорошо видно на разрезе параметра поглощения - рис. 4г, на котором поглощение энергии в области залежи значительно выше, чем во вмещающей породе.

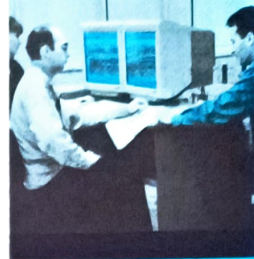
Описание отображения залежей углеводородов в параметрических полях, а также причин, влияющих на вид сейсмического волнового поля в области залежи, выходит за

рамки данной статьи и здесь не приводится.

Как следует из представленных результатов, программный комплекс "Недра" является достаточно эффективным и универсальным средством для расчёта динамических характеристик сейсмических волновых полей и последующей интерпретации результатов. Пакет "Недра", начиная с 1999 г., успешно применяется в Краснодарской опытно-методической экспедиции (КОМЭ) ФГУП ПО "Союзморгео" при обработке и интерпретации сейсморазведочных данных.

Литература

1. Авербух А.Г., Птецов С.Н. и др. Информативность различных параметров волнового поля при прямых поисках месторождений углеводородов. Сборник докладов второго научного семинара стран-членов СЭВ по нефтяной геофизике, том 1. М.: Изд. СЭВ, 1982.
2. Трапезникова Н.А. Прогноз и интерпретация динамики сейсмических волн. Линейно-неупругие тонкослоистые геологические среды. М.: Наука, 1985.
3. Птецов С.Н. Анализ волновых полей для прогнозирования геологического разреза. М.: Недра, 1989.
4. Гогоненков Г.Н. Прогнозирование геологического разреза по сейсмическим данным. Геология нефти и газа, 1981, №1.
5. Бат М. Спектральный анализ в геофизике. Пер. с англ. М.: Недра, 1980, 535 с.
6. Системы регистрации и обработки данных сейсморазведки / Полшков М.К., Козлов Е.А., Мешбей В.И. и др. М.: Недра, 1984. 381 с.



Лаборатории, подъемники,
сейсмические станции



Тел. (095) 911-35-45, ф. (095) 232-33-06
E-mail: velco@com2com.ru, www.velco.ru