

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА СИНХРОННОЙ ИНВЕРСИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К МОДЕЛЯМ СЛАБОКОНТРАСТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Романенко Марина Юрьевна (1), Колотов Олег Сергеевич (2)

ПетроАльянс Сервис Компани Лимитед, Москва, marina.romanenko@petroal.ru

Геологический ф-т МГУ, Москва, themarinus@mail.ru

Введение.

В настоящее время все чаще возникает необходимость разработки сложных коллекторов - маломощных, непротяженных по латерали, слабо акустически выделяющихся на фоне вмещающих пород. В результате широкое распространение на этапе интерпретации сейсмических данных получили методы динамического анализа с целью прогноза коллекторских свойств и типа флюида.

В настоящее время основными алгоритмами динамической интерпретации являются акустическая инверсия и изучение зависимостей амплитуд отраженных волн от удаления – AVO-анализ. Без них редко обходятся какие-либо производственные работы с целью прогноза областей распространения углеводородов. Однако каждый из этих методов обладает как своими преимуществами, так и недостатками.

В связи с этим в последние годы в публикациях все чаще встречаются методы, в которых объединены подходы AVO-анализа и инверсии. На вход инверсии подаются не суммированные данные, содержащие информацию об изменении амплитуды с удалением. Такими методами являются, например, метод упругих импедансов, и предмет данных исследований - синхронная инверсия (Simultaneous Inversion of pre-stack seismic data).

Таким образом, на рынке услуг появилось огромное количество инструментов для динамической интерпретации, ряд из которых хорошо изучен, а некоторые представляют большой интерес точки зрения исследования их возможностей и эффективности.

Теоретические основы метода синхронной инверсии

Целью данной работы явилось оценка возможностей новой процедуры синхронной инверсии [3]. Эта новая методика направлена на получение оценок скоростей продольных и поперечных волн и плотности из сейсмических данных до суммирования.

Синхронная инверсия основана на модификации уравнения Аки-Ричардса для зависимости коэффициента отражения от угла падения волны, предложенной Фатти и др. [1]:

$$R_{pp}(q) = c_1 R_p + c_2 R_s + c_3 R_D$$

$$c_1 = 1 + \tan^2 q$$

$$c_2 = -8g^2 \sin^2 q$$

где: $c_3 = -\frac{1}{2} \tan^2 q + 2g^2 \sin^2 q$

$$g = \frac{V_s}{V_p}$$

$$R_p = \frac{1}{2} \left[\frac{\Delta V_p}{V_p} + \frac{\Delta r}{r} \right]$$

$$R_s = \frac{1}{2} \left[\frac{\Delta V_s}{V_s} + \frac{\Delta r}{r} \right]$$

$$R_D = \frac{\Delta r}{r}$$

Кратко алгоритм синхронной инверсии можно представить следующим образом:

Исходные данные:

набор трасс для N углов падения;

набор импульсов для каждого угла;

начальную модель значений I_p , I_s , и ρ

Принять связи между акустическими импедансами P- и S-волн в виде:

$$\ln(I_s) = k \ln(I_p) + k_c + \Delta L_s$$

$$\ln(r) = m \ln(I_p) + m_c + \Delta L_D$$

рассчитать оптимальные значения для коэффициентов k и m, используя фактические кривые каротажа

подготовить (установить) начальное предположение:

$$[L_p \quad \Delta L_s \quad \Delta L_D]^T = [\ln(I_{p0}) \quad 0 \quad 0]^T$$

решить систему уравнений

рассчитать конечные значения I_p , I_s , и ρ :

$$I_p = \exp(L_p)$$

$$I_s = \exp(kL_p + k_c + \Delta L_s)$$

$$r = \exp(mL_p + m_c + \Delta L_D)$$

При этом предполагаются следующие допущения:

используется приближенное выражение для коэффициента отражения продольной волны, полученное Фатти и др [1]. из уравнения Аки-Ричардса;

предполагается, что коэффициенты отражения малы;

предполагается, что справедлива линейная связь между $\ln(I_s)$, $\ln(I_p)$ и $\ln(\rho)$;

$\gamma = V_s/V_p$ принято постоянным;

предполагается, что растяжение сигнала вследствие ввода кинематики может быть устранено путем использования импульса, зависящего от угла

Акустическая модель.

По данным каротажа одной из скважин месторождения в Западной Сибири была построена пятислойная акустическая модель, включающая два типа коллекторов, характерных для данного разреза. Первый характеризуется пониженными значениями скоростей и плотности на фоне вмещающих пород,

второй - пониженной плотностью и повышенной скоростью продольных волн, вследствие чего слабо контрастен по акустическому импедансу на фоне вмещающих пород. На основе этой модели осуществлялся расчет синтетических угловых сейсмограмм в программе HR с использованием уравнений Цёппритца [2].

Тестирование инверсии на модельных сейсмограммах.

Влияние выбора диапазона углов.

Исследования допустимого диапазона углов показали, что результаты инверсии значительно искажаются при приближении к закритической области. Для данной модели критические углы превышают 65 градусов, однако удовлетворительные результаты получаются лишь при ограничении углов 50 градусами (рис.1). Дальнейшее уменьшение максимального угла показало, что при ограничении угла 30-ю градусами для коллектора первого типа упругие свойства определяются корректно, тогда как для коллектора второго типа удовлетворительно восстановить свойства (в частности плотность) не удастся. При этом уменьшение диапазона со стороны малых углов (до 20 градусов) существенных искажений в результаты инверсии не вносит.

Влияние случайного шума.

Для оценки помехоустойчивости метода в рассчитанные сейсмограммы добавлялось различное количество белого шума. Результаты инверсии показали, что для данных с уровнем шума менее 20% свойства восстанавливаются с некоторыми искажения, но интересующие нас пласты-коллекторы хорошо выделяются на фоне вмещающих пород.

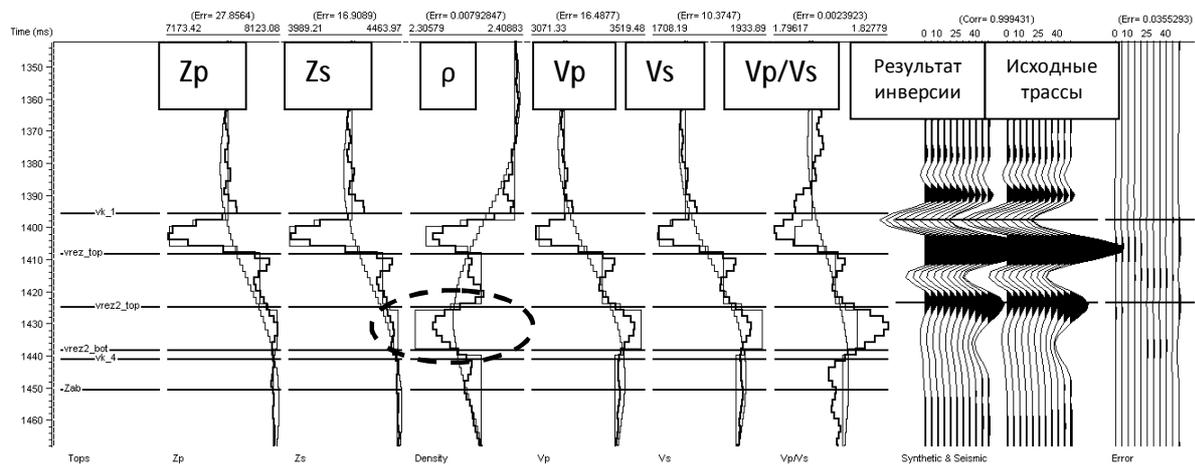


Рис.1. Результаты восстановления упругих свойств для синтетических сейсмограмм в диапазоне углов от 0 до 50 градусов. (Тонкая линия - исходная модель, жирная линия - результат инверсии)

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что для данной акустической модели метод синхронной инверсии может быть использован для восстановления плотности по сейсмическим данным до суммирования при

условии низкой зашумленности и наличии информации при больших углах подхода волны.

Литература:

1. Fatti J., Smith G., Vail P., Strauss P., and Levitt P., Detection of gas in sandstone reservoirs using AVO analysis: a 3D Seismic Case History Using the Geostack Technique: Geophysics, 59, 1362-1376, 1994.
2. Hampson D., AVO theory: Hampson –Russell Software services Ltd.
3. Hampson D. and Russell B. «Simultaneous inversion of pre-stack seismic data», SEG, 2005.

ПОВЫШЕНИЕ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ (ПО МАТЕРИАЛАМ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ НА БЕЛОМ МОРЕ, 2008)

Смагин Максим Кириллович

Геологический факультет МГУ, Москва, smaginmax@gmail.com

МГУ им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, Москва

В течение ряда лет на акватории Белого моря в районе Кандалакшского залива проводились различные исследования. В 2008 г. было проведено многоканальное сейсмоакустическое профилирование, в этих работах участвовали сотрудники компании «ДЕКО-Геофизика» и группа студентов-геофизиков геологического факультета МГУ.

Была осуществлена площадная съемка различными сейсмоакустическими методами. Целью обработки данных было введение и присвоение геометрии, улучшение качества сейсмической записи (амплитудная и полосовая фильтрация), повышение разрешающей способности данных, с использованием методов детерминированной и предсказывающей деконволюцией, и т.д.

Аппаратура и методика наблюдений

Сейсмоакустическое профилирование проводилось сейсмоакустическим комплексом «Нильма» (при работах с одноканальной сейсмической косой) и сейсмоакустическим комплексом «Эллисс-2» (многоканальная съемка (морской вариант). При проведении сейсмоакустических исследований использовались два типа источников: электроискрового типа «Спаркер» с центральной частотой 1 кГц и электродинамического типа «Бумер» с центральной частотой 2,5 кГц. В качестве приемных устройств использовались многоканальная (24 канала) пьезокоса (шаг между гидрофонами 2 метра, общая длина 48 метров) и одноканальная пьезокоса (группа из 7 гидрофонов, общая длина 2,5 метра) (рис.1.).