

обработка сейсмических данных, состояние и перспективы (по материалам зарубежных журналов)

Шнеерсон М.Б., ФГУП "Центргеофизика" г. Москва

Одним из ключевых моментов сейсморазведочного процесса является обработка получаемых материалов. Под ней понимают любые вычислительные методы, которые ориентированы на удаление мешающих волн и эффектов распространения колебаний в среде и которые направлены на получение подземных изображений, характеризующих поведение физических, литологических и других границ раздела в толще пород. Современные способы обработки сейсмических материалов указывают на обоснованность этого определения, т.к. к настоящему времени предложено большое число способов преобразования исходных сейсмических записей, представленных в виде времен прихода и амплитуд волн, в глубинные и временные разрезы. Вопросам обработки материалов уделяется значительное внимание в иностранных геофизических журналах SEG и EAGE. Так в статье, посвященной обработке сейсмических материалов за последние 20 лет (1982-2002 гг.), отмечается, что только в журнале Geophysics было опубликовано более 2700 статей, посвященных различным аспектам построения временных и глубинных разрезов. Из всего многообразия этих способов выделены несколько основных, которые по мнению автора статьи являются ключевыми.

Угловой кинематический сдвиг (DMO) позволил улучшить результаты суммирования материалов ОГТ в средах с наклонными границами раздела и значительными изменениями скоростей распространения волн в вертикальном и горизонтальном направлениях. К настоящему времени программы DMO имеются практически во всех комплексах, предназначенных для обработки материалов съемок 2D и 3D.

Анизотропия. Зависимость скоростей волн от направления их распространения была известна давно. Однако ее значительное влияние на конечные результаты сейсморазведочных работ стало очевидным только при съемках 3D и при использовании длинных (до 6 и более км) приемных линий. С середины 80-х годов появилось значительное число работ, посвященных анизотропии скоростей в реальных средах, способам ее выявления и определения анизотропных параметров пород по сейсмическим и каротажным данным. За это время разработано и доведено до практического применения значительное число алгоритмов и программ, позволяющих реализовать процедуры определения и коррекции кинематических поправок, DMO и миграции в анизотропных средах.

Обработка материалов 3D. Это направление обработки сейсморазведочных материалов неразрывно связано с развитием и широким практическим применением этого вида съемок. Многие процедуры обработки материалов 2D были трансформированы к съемкам 3D. Наряду с этим, были созданы новые пакеты программ, позволяющие вести одновременную обработку широкоазимутальных записей продольных и обменных волн при различных величинах выносов пунктов приема колебаний.

Глубинная миграция до и после сум-

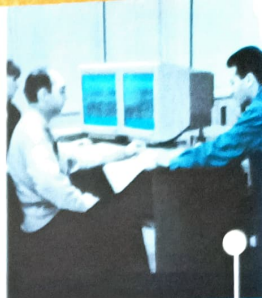
мирования. Ни одна из процедур обработки материалов не получила столь интенсивного развития как миграция. В настоящее время имеется целая серия программ миграционных преобразований, обеспечивающих учет сейсмического сноса лучей в районах с достаточно сложным поведением границ раздела и распределением скоростей по разрезу. При этом с каждым годом число алгоритмов миграции продолжается увеличиваться, что хорошо видно по материалам ежегодных геофизических конференций, проходящих в Европе и США. Так например, на ежегодных конференциях в гг. Ставангере (Норвегия) и Далласе (США) в 2003 г. было сделано 174 доклада, посвященных миграционным преобразованиям в сейсморазведке. Наиболее широкое применение получила миграция по Кирхгофу, хотя в особо сложных условиях можно отдать предпочтение миграции по волновому уравнению, но при несколько больших затратах машинного времени и средств.

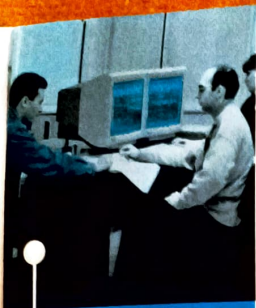
Далее рассмотрим программное обеспечение некоторых других основных процедур обработки сейсмических записей.

Выделение полезных сигналов на фоне помех различной природы. Современные обрабатывающие комплексы имеют широкий набор программ, направленных на подавление нерегулярных и регулярных помех различной природы. Ослабление случайных помех реализуется путем использования различных видов суммирования при выровненных по временам прихода регулярных, полезных волн. Для подавления кратных и частично кратных волн предложены программы, основанные на оптимизации параметров фильтров с учетом параметров полезных колебаний и помех, преобразованиях Радона, моделировании волн и определении начального волнового импульса для оптимизации параметров фильтров. Особенно актуальны вопросы подавления кратных и частично-кратных волн в морской сейсморазведке. Используемые алгоритмы и программы предусматривают подавление кратных волн на основе различия кинематических параметров целевых и мешающих колебаний, на основе моделирования кратных волн и последующего итерационного их вычитания из исходных записей. При этом конечный уровень подавления кратных и особенно частично-кратных волн во многом зависит от результатов моделирования помех и их соответствия реальным данным.

Учет неоднородностей верхней части разреза. Эта задача решается в несколько этапов. На первом из них - вычисляются времена распространения волн в зоне малых скоростей по данным МСК взрывных скважин, временам прихода преломленных и отраженных от мелких границ раздела волн. Затем следует определение остаточных временных сдвигов, которое производится по временным сдвигам отраженных волн, подобранных по трассам ОГТ, ОПП и ОПВ. Предложено значительное число программ, решающих эту задачу применительно к различным сейсмогеологическим условиям по записям продольных, поперечных и обменных волн. При этом наиболее успешно решается

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГЕОФИЗИКА-ИНТЕРПРЕТАТОРА ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР





задача по оценкам короткопериодных поправок с небольшими относительно длин расстановок временными аномалиями. Для определения средние и длиннопериодных поправок эти алгоритмы малопригодны и оценка величин поправок производится с использованием специальных интерпретационных программ на основе анализа всей совокупности имеющихся материалов.

Расчет скоростных параметров разреза и нормальных кинематических поправок. Этот традиционный для современной сейсморазведки этап обработки исходных материалов получил новое развитие и содержание в связи с необходимостью преобразования записей обменных волн и учета анизотропных свойств пород. Теоретическими работами ряда авторов изучены особенности годографов отраженных обменных и продольных волн в анизотропных средах и при больших выносах и на их основе предложены алгоритмы и программы, обеспечивающие расчет и введение в исходные времена прихода волн соответствующих поправок, в том числе и при больших удалениях пунктов приема колебаний. С применением донных приемных систем в морской сейсморазведке предложены новые алгоритмы определения скоростей волн и кинематических поправок, учитывающих различную гипсометрию пунктов возбуждения и приема колебаний, а также изменение скоростей волн в воде по вертикали при значительных глубинах моря и больших удалениях пунктов приема колебаний.

Построение временных и глубинных разрезов. Для преобразования записей монотипных и обменных отраженных волн в глубинные и временные разрезы имеется значительное число программ, обеспечивающих решение поставленных задач в самых разнообразных сейсмо-геологических условиях. Особенно широк круг программ миграционных преобразований как до, так и после суммирования записей ОГТ при съемках 2D и 3D. Определенные трудности обработки возникают при нерегулярном покрытии площадей особенно при наземных съемках 3D. В этих случаях соответствующие матрицы оказываются плохо организованными. Для преодоления возникающих трудностей предложены способы регуляризации, названные "обращение по общим выносам", которые решают задачу оптимального суммирования многократных данных 3D при слабо регулярных системах наблюдений.

В последнее время, в связи с увеличением объемов повторных съемок на месторождениях углеводородов актуальными стали вопросы обработки материалов разных лет. Возникающие

при этом сложности обусловлены различиями методики и техники полевых наблюдений и программ обработки данных первоначальных и последующих съемок. Кроме того, при повторных наблюдениях практически невозможно точно повторить размещение пунктов возбуждения и приема колебаний. В этой связи используется ряд процедур и программ по согласованию разновременных материалов и обнаружению изменений, возникших в результате эксплуатации месторождения, которые предусматривают:

- получение разрезов и построение карт по однородным по форме записям отраженных волн,
- введение необходимых поправок во времена прихода и амплитуды волн, позволяющих получить идентичные материалы по отражающим горизонтам, залегающим выше залежи углеводородов,
- построение разностных разрезов и карт для более уверенного и наглядного отображения различий, обусловленных эксплуатацией месторождения.

К обработке материалов непосредственно примыкают вопросы визуализации полученных результатов. Определенное развитие в последние годы получили пространственные системы визуализации, позволяющие реализовывать разномасштабные изображения с погружением в среду и более осознанно анализировать получаемые результаты.

Перспективы развития способов обработки сейсморазведочных данных связаны с совершенствованием каждого из рассмотренных выше направлений, основанных на использовании более совершенных, эффективных и экономичных программ, а также с созданием и внедрением автоматизированных комплексов обработки. В этой связи заслуживают внимания работы по совершенствованию автоматических способов обработки сейсморазведочных данных, начатые в Техасском Университете. В их основу положены алгоритмы, позволяющие оптимизировать технологию обработки данных, контролировать качество обработки и снижать ее стоимость. При этом необходимо уменьшить число используемых программ, исключить знание исходной модели среды и облегчить участие человека в процессе обработки материалов.

Литература

1. В обзоре использованы материалы, опубликованные в журналах *Geophysics*, *First Break* и *The Leading Edge* за 2002 и 2003 гг.

Вниманию авторов

Материалы, представляемые для опубликования в журнале должны отвечать следующим требованиям.

Статья представляется в электронной версии на компакт-дисках емкостью 640-700 Мб. Текстовые файлы должны быть в формате Microsoft Word for Windows (версии 6.0 или выше). Графические приложения и таблицы, выполненные электронным образом, представляются в отдельных файлах формата MS Excel (версии 4.0 или выше) или в формате CorelDRAW версии 7.0 и выше. Все контуры и графики на рисунках, а также все цифры и надписи должны быть выполнены четко, чтобы при уменьшении они легко читались. Рисунки присылаются в виде растровых файлов форматов: *.TIF, с разрешением не менее 250 точек на дюйм (допускается LZW-сжатие), *.JPG с качеством не менее 12-ти. Максимально допустимый размер иллюстраций - А4. Подписные подписи представляются в виде отдельного списка. Математические уравнения должны быть выделены четким и ясным шрифтом. Все математические символы скалярных величин набираются курсивом, а векторные - жирной прямой заглавной буквой. Вместе со статьей в редакцию направляются краткие сведения об авторах, необходимо указать город, место работы и должность, научную степень.

Отредколлегии

Ответственность за подбор и изложение фактов в статьях несут авторы. Редколлегия может публиковать статьи, не разделяя точки зрения авторов.