ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ
РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ САРАТОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ЕВРО-АЗИАТСКОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ОКТЯБРЬ-ДЕКАБРЬ
04/2003

ТЕМА НОМЕРА:



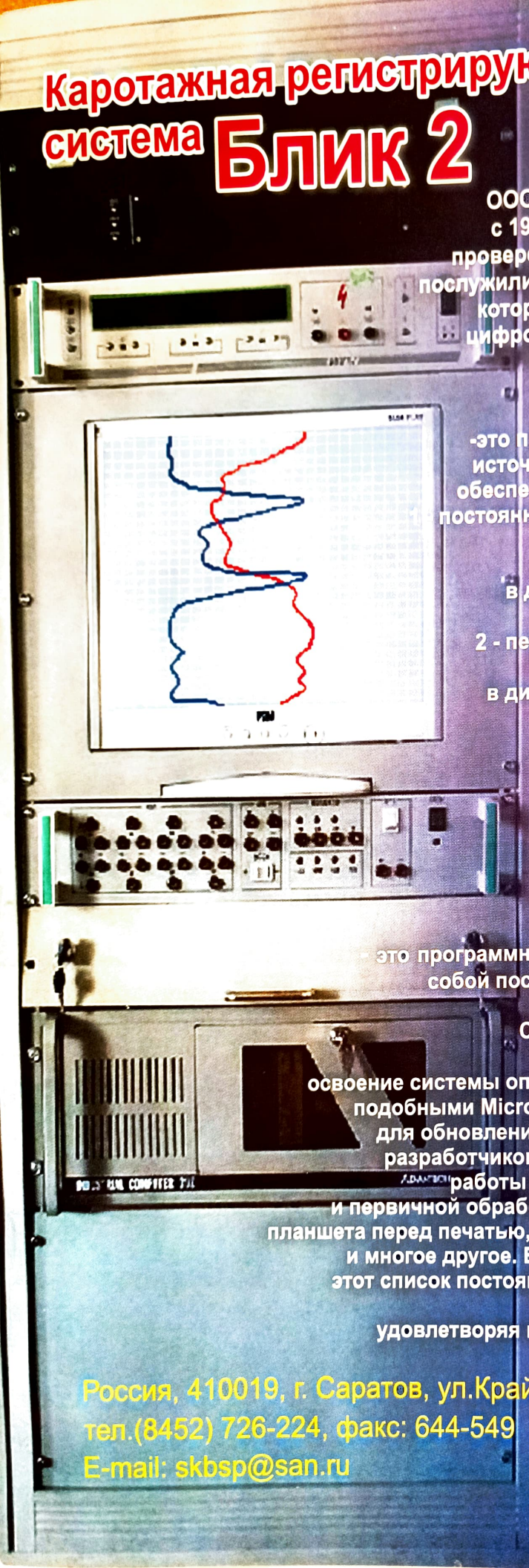
ИНСТРУМЕНТАРИЙ

ГЕОФИЗИКА ОБРАБОТЧИКА-ИНТЕРПРЕТАТОРА

ТАКЖЕ В НОМЕРЕ:

Аппаратура для малоглубинных исследований
Интеллектуальная собственность и ВТО

Каротажная регистрирующая система Блик 2



-это логическое продолжение развития каротажных регистраторов Блик 1 выпускавшихся коллективом СКБ СП и ООО "Специальные геофизические системы" с 1995 года. Основные технологические узлы проверенные временем в "старом" регистраторе послужили основой для появления нового изделия, которое способно работать как с современной цифровой аппаратурой так и со старым парком скважинных приборов.

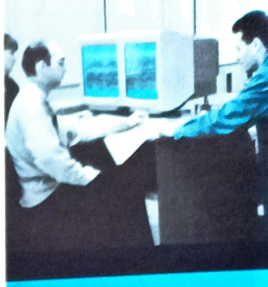
-это программно-управляемый универсальный источник питания скважинных приборов ИППУ, обеспечивающий два основных режима работы:
1 - постоянное напряжение в диапазоне от 0 до 300 В выходной мощностью до 300 Вт + переменное напряжение частотой 50 Гц в диапазоне от 90 до 240 В с дискретностью 10 В с током до 1 А;
2 - переменное напряжение на фиксированных частотах 50, 200, 300 и 400 Гц в диапазоне от 0 до 250 Вэфф. с током до 1 А.

- это управление потоками поступающей информации с жил кабеля. первичное преобразование и управление питанием приборов, обеспечивающее блок фильтрации и коммутации

- это программная система регистрации представляющая собой последнюю разработку на базе современной операционной системы Linux. Средства оконного интерфейса X-Windows позволили максимально упростить освоение системы операторами, имевшими опыт работы с ОС, подобными Microsoft Windows 95. Система имеет средства для обновления программного обеспечения без участия разработчиков, документирования и протоколирования работы оператора, средства для редактирования и первичной обработки данных, предварительный просмотр планшета перед печатью, печать в файл формата PostScript и PDF и многое другое. Благодаря открытой архитектуре системе, этот список постоянно пополняется и позволяет наращивать функциональные возможности Блик 2, удовлетворяя в короткие сроки запросы пользователей.

Россия, 410019, г. Саратов, ул.Крайняя,129
тел.(8452) 726-224, факс: 644-549
E-mail: skbsp@san.ru

sGs
ООО «Специальные геофизические системы»



СОДЕРЖАНИЕ

Колонка редактора
С Новым годом 04

Тематический обзор
Обработка сейсмических данных, состояние и перспективы (по материалам зарубежных журналов) 05

Мнение профессионала
Название журнала как фактор, определяющий направленность содержания периодических печатных изданий 07

Приборы и системы
Оптимизация технологии малоглубинных исследований с сейсмостанцией "ЭЛЛИС" 15
Изделия для многокомпонентной сейсморазведки 19

Технологии обработки
Отечественная система обработки сейсмических данных СЦС-5 успешно развивается 10
Современные технологии построения глубинно-скоростных моделей сред и глубинной миграции данных трехмерной сейсморазведки 13
Система AVOAN: ее возможности и перспективы применения 20
Пакет программ для дифференциального и интегрального динамического анализа сейсмических волновых полей "НЕДРА" 23
Технология вычитания когерентных помех и выделения когерентного сигнала на временных и глубинно-динамических разрезах 31

Теория
Преобразование мгновенных частотно-фазовых характеристик сейсмозаписей 28
Наглядные спектральные оценки сейсмических сигналов и аппаратурных шумов 34

Обмен опытом
Опыт проведения МВС на территории Калининградской области 16
К вопросу о необходимости применения 3D миграции до суммирования в платформенных условиях 40
Современные технологии регистрации геолого-геофизических данных при проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ в Саратовском регионе 45

Экономика приборостроения
Интеллектуальная собственность и ВТО 46

Памяти Бориса Львовича Лернера 50

Главный редактор:
Турлов П.А.

Выпускающий редактор:
Пимштейн И.Г.

Менеджер проекта:
Мокроусова Е.И.

Ответственный секретарь:
Слонова Е.Г.

Дизайн, верстка:
Мокроусов Д.В.

Адрес редакции:
Россия, 410019, г.Саратов,
ул. Крайняя 129

E-mail: skbsp@san.ru

Тел. (8-452) 64-14-32
Fax. (8-452) 64-14-52

Тираж отпечатан
в типографии "КРОСС"
т.:(8452) 223-552, 223-881

Тираж: 500 экз

Издание зарегистрировано в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций за номером ПИ №77-7906 от 27 апреля 2001г.

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



КОЛОНКА РЕДАКТОРА

С Новым Годом!

Турлов П.А., СО ЕАГО, г. Саратов

С этого традиционного поздравления нашим читателям, авторам, рекламодателям и коллегам по работе мы начинаем наш декабрьский, четвертый и последний в этом году, номер журнала.

Год был непростым, а иногда просто тяжелым для наших читателей. Но интерес к изданию не только не снизился, но продолжает увеличиваться. Об этом свидетельствует читательская почта. В ней нет-нет, да и появится заявка на подписку от новых организаций, ученых и предпринимателей. Радует и то, что подписную компанию на новый, 2004-й год, начали сами читатели без наших напоминаний. С этой трибуны я лишь подтверждаю для тех, кто еще не сделал заявку, что и цены, и порядок подписки остаются прежними. Посылайте по факсу (8452) 64-14-52 заказ на редакционную доставку по указанному Вами адресу одного или нескольких годовых (четыре за год) комплектов журнала, и получите в ответ счет на оплату этой услуги.

Кстати, у редакции есть возможность отправить желающим полный комплект всех вышедших в свет журналов. Сообщите о таком желании по телефону (6452)64-14-32. Напоминаю, что из печати вышли журналы со следующей тематикой: Линейные сейсморегистрирующие системы (№1/2002), Сейсмоприемники (№2/2002), Источники возбуждения волновых полей (№1(3)/2003), Телеметрия в геофизике (№2(4)/2003), Многоволновая сейсморазведка (№3(5)/2003), Инструментарий геофизика-обработчика и интерпретатора (№4(6)/2003).

Для наших авторов, действительных и потенциальных, сообщаю, что в портфеле редакции заведены для сбора поступающих материалов папки со следующими темами:

- Электронные архивы в геофизике
- Техника и технологии для работ на море, шельфе, мелководье
- Электромагнитные системы и средства ведения геофизической разведки
- Новые системы и технологии ведения разведки в магнитометрии и гравиметрии

Постоянные же рубрики в любом номере журнала независимо от его темы готовы представить Ваши материалы о самых злободневных проблемах.

Мы же, в свою очередь, постараемся познакомить Вас с новыми техническими и программными средствами, которые предлагают для разведочной геофизики отечественные и зарубежные разработчики, а также с оценками эффективности использования новинок в современных геофизических технологиях.

Еще раз с Новым Годом! Здоровья, Вам, счастья, успехов и удачи в 2004 году!

До встречи на страницах журнала!

Главный редактор П.А.Турлов

НАШИ ПАРТНЕРЫ

ЕАГО

СКБ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

ОАО «Саратовнефтегеофизика»

SGS ООО «Специальные геофизические системы»

OYO-GEO IMPULSE

ГЕММА

ТОРГОВЫЙ ДОМ СЕЙСМО • ТЕХНИКА

РНПУП "Сейсмотехника БГУ"

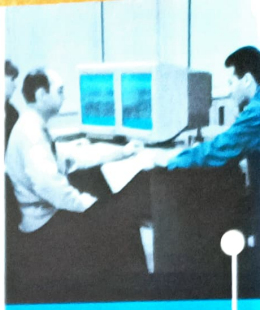
КУБАНЬ Краснодарская опытно-методическая экспедиция ГУП "ПО Союзморгео"

GEOSENS

Paradigm THE GEOSCIENCE KNOWLEDGE COMPANY

ВЕЛКО

SFG



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.

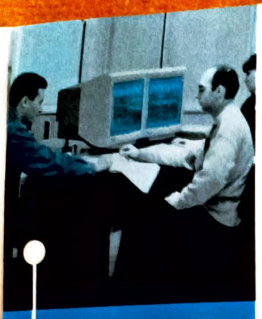
Обработка материалов 3D. Это направление обработки сейсморазведочных материалов неразрывно связано с развитием и широким практическим применением этого вида съемок. Многие процедуры обработки материалов 2D были трансформированы к съемкам 3D. Наряду с этим, были созданы новые пакеты программ, позволяющие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

Глубинная миграция до и после суммирования. Ни одна из процедур обработки материалов не получила столь интенсивного развития как миграция. В настоящее времени 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



задача по оценкам короткопериодных поправок с небольшими относительно длин расстановок временными аномалиями. Для определения средне 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 сейсмогеологических 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, возникший в результате эксплуатации месторождения, которые предусматривают:

- получение разрезов и построение карт по однородным по форме записей 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.

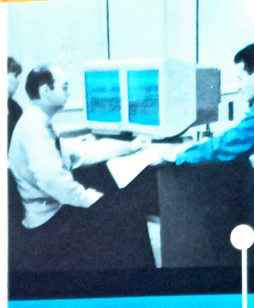
Вниманию авторов

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. Подрисуночные 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.

От редколлегии

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



Название журнала как фактор, определяющий направленность содержания периодических печатных изданий

Зайченко В.Ю., Государственный научный центр, ВНИИгеосистем, г. Москва

Журнал Саратовского отделения Евро-Азиатского геофизического общества "Приборы и системы разведочной геофизики" вышел в свет и получил признание геофизической общественности как один из важнейших элементов ее информационного обеспечения в условиях рыночной экономики.

В отличие от головного журнала ЕАГО "Геофизика" и других профессиональных журналов и сборников в области прикладной геофизики - НТВ "Каротажник", "Геофизический вестник" и другие,он призван нести вполне определенную информационную нагрузку, которая была бы полезной для геолого-геофизической общественности.

В первом номере журнала за 2002 год была опубликована постановочная статья главного редактора П.А. Турлова, в которой были сформулированы основные направления информационной политики редакции на ближайшее будущее, на наш взгляд, требующие обсуждения.

Настоящая статья является попыткой изложить точку зрения читателя об информационной направленности журнала "Приборы и системы разведочной геофизики" исходя из опыта формирования информационной политики такого издания как "Геофизическая аппаратура" Мингео СССР и др. Автор надеется, что по этому вопросу выскажутся и другие читатели журнала, что поможет обеспечить более высокую его информативность, а следовательно и привлекательность для широкой общественности.

По сравнению с журналом "Геофизическая аппаратура" в названии нового издания появились такие термины как: "приборы", "системы","разведочная геофизика", их определения и должны диктовать информационную направленность журнала.

Напомним, что термин "определение" (дефинация) - это установление смысла незнакомого термина (слова) с помощью терминов (слов) уже осмысленных или путем включения его в контекст знакомых слов; а термин "понятие" - это форма мышления, отражающая существенные связи и отношения предметов и явлений [11]. Исходя из этих разъяснений, рассмотрим энциклопедические определения вышеуказанных ключевых слов, использованных в названии журнала.

Итак, **приборы** - это *устройство для контроля, систематизации, измерения, расчетов и пр.* Регистрирующие приборы автоматически записывают свои показания [4, 11]; **система** - это *целое,составленное из частей; соединение множества элементов,находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство* [1].

Разведочная геофизика - *раздел геофизики, изучающий пространственно-временное изменение геофизических полей в земной коре, главным образом,с целью поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, контроля их разработки, решения инженерно-геологических задач, археологических поисков.* Данные разведочной геофизики используются также при решении фундаментальных проблем наук о Земле (геодинамики, геохронологии, стратиграфии и др.), для литомониторинга и разработке мер по охране окружающей сферы [2].

По условиям сбора информации и решения перечисленных задач геофизические исследования выполняются: из космоса со спутников - "космогеофизика"; в атмосфере с самолетов и вертолетов - "аэрогеофизика"; на земной поверхности - "полевая геофизика"; под земной поверхностью: в скважинах - "геофизические исследования скважин" (ГИС), в подземных горных выработках - "рудничношахтная геофизика", на акваториях морей и в океанах - "морская геофизика" и т. д.[4, 5, 6].

Разведочная геофизика и перечисленные выше ее виды являются прикладной геофизикой, так как решают прикладные задачи. По определению термин **"прикладная геофизика"** - это направление (раздел) геофизики, использующее физические методы исследования для решения практических задач в различных областях естествознания [2].

В геофизических кругах еще бытует термин "промысловая геофизика". Он сложился исторически и начал применяться в СССР в 30х годах XX столетия.

Выдающийся отечественный ученый, профессор С.Г. Комаров дает следующее определение этому термину: **"Промысловой геофизикой** называют геофизические исследования в скважинах проводимые для изучения характера пройденных скважиной пластов и контроля технического состояния скважин. К промысловой геофизике относят также перфорацию обсадных колонн и отбор грунтов со стенок скважин" [9]. Поскольку перфорация и отбор грунтов никакого отношения к геофизическим методам не имели, то по предложению другого, не менее выдающегося отечественного ученого, профессора В.Н. Дахнова, исследования по изучению пространственно-временных геофизических полей в скважинах получили название **"геофизические исследования скважин" (ГИС)**, что более полно отражало их принадлежность к разделу разведочной геофизики [3]. Параллельно используется и термин "**каротаж**", введенный Конрадом Шлюмберже в 1924 году. Так произошло терминологическое выделение методов, изучающих пространственно-временные геофизические поля в скважинах, как подраздела разведочной геофизики.

Однако вопросы остались, так как в определение ГИС не могли входить целый ряд методов и операций, как сопутствующих ГИС - кавернометрия, инклинометрия, резистивиметрия, наклонометрия и т.д., так и выполняемых с целью решения специальных задач перфорация колонн, дефектоскопия труб, отбор грунтов и проб флюидов и т.д.

В связи с этим, к концу 90х годов



сформировался новый термин, предложенный рядом ученых объединения "Союзпромгеофизика": П.А. Бродским, Г.Г. Яценко, В.П. Козяром и др. - **геофизические исследования и работы в скважинах (ГИРС)**, в который укладывались практически все операции, выполняемые в скважинах геофизическими организациями. Таким образом, в настоящее время в области разведочной геофизики прочно утвердился термин ГИС - геофизические исследования скважин, связанный с изучением пространственно-временных геофизических полей с целью решения геологических задач,а в области геологоразведочных и промысловодобычных работ термин ГИРС - геофизические исследования и работы в скважинах,связанный с решением как геологических, так и технических задач. Эти особенности следует учитывать при формировании информационной направленности журнала "Приборы и системы разведочной геофизики". Однако, необходимо четко определить какая именно информация по ГИС, как равно и по приборам вообще, в пределах систем разведочной геофизики должна присутствовать в журнале с названием "Приборы и системы разведочной геофизики".

Если в журнале "Геофизическая аппаратура" освещались вопросы, относящиеся только к геофизическому приборостроению: изобретения, новые технические решения, элементная база, измерительные схемы и т.д., а также сопутствующие им проблемы: метрологии, унификации и стандартизации, то в рассматриваемом журнале, на наш взгляд, следует освещать данные о приборах, входящих в систему разведочной геофизики, и эффективность их применения. Здесь следует вернуться к определению термина "приборы", а также к довольно распространенному термину "аппаратура". Как было показано выше,"прибор" - это устройство для контроля, измерения, расчетов и т.д., а аппарат - (от латинского apparatus - оборудование) - техническое устройство, приспособление [11], но "оборудование" в русской лексике - это совокупность механизмов, машинных устройств, приборов, необходимых для чего-то [10] т.е. если мы употребляем термин "аппаратура", то должны учитывать, что это более расширительное понятие. Наглядным примером может служить словосочетание: "аппаратура акустического каротажа", куда входят: скважинные приборы, наземная управляющая панель и калибровочное устройство, вместе взятые они будут представлять оборудование для акустического каротажа. Аналогичные определения можно дать таким терминам как "сейсморазведочная аппаратура", "электроразведочная аппаратура" и т.д.

Таким образом, в системе могут использоваться как измерительные и контролирующие приборы, так и вспомогательные приборы и устройства.

По нашему мнению измерительным приборам, обеспечивающим измерения параметров пространственно-временных геофизических полей, следует уделяться особое внимание, так как именно они являются основой любой из систем разведочной геофизики. Что касается вспомогательных приборов, то информация о них должна освещаться только при описании систем разведочной геофизики. Например: телеметрические сейсморегистрирующие (лучше сейсморазведочные) системы, предложенные редактором в тематическом плане журнала состоят из цифровых сейсмоприемников напольных модулей, сейсморегистрирующей управляющей аппаратуры, определенных источников возбуждения упругих колебаний вспомогательных приборов - пробники, тестеры и т.д., которые могут быть описаны в пределах системы, а не вне ее информационного поля. Но как быть с такими важнейшими видами оборудования, как например, невзрывные источники возбуждений упругих колебаний информация о которых представляет особый интерес. Они не относятся к приборам, поэтому могут быть описаны в составе сейсморазведочной системы. В крайнем случае можно дать специальный выпуск журнала, посвященный невзрывным источникам упругих колебаний, в котором будут представлены новейшие разработки различных видов, а не одним из них. Аналогичное положение может быть и с обрабатывающими и интерпретационными комплексами, описание которых предусмотрено в тематическом плане журнала.

Во многих современных геофизических системах разведочной геофизике имеются обрабатывающие и даже интерпретационные устройства, которые используются в составе системы непосредственно в процессе проведения полевых и других работ: аэрогеофизические системы, сейсморазведочные системы, системы морской геофизики, системы ГИС и т.д. Как важнейшие элементы они могут подлежать описанию в составе представляемой той или иной системы.

Почему я настаиваю на представление информации в журнале именно о системах, да потому, что использование системы как взаимоувязанных элементов с различными функциями, позволяют решать поставленные задачи в полном объеме, а отдельные измерительные приборы нет. К системам разведочной геофизики относятся и вычислительные центры различного уровня экспедиционные, региональные, межрегиональные и т.д. которые также могут быть предметом рассмотрения на страницах журнала,но только в контексте с решением конкретных прикладных задач.

В условиях рыночной экономики чрезвычайно важна информация о возможностях организаций в предоставлении услуг и выполнении работ,ценах и местах производства товаров, полученных патентах и рекламных сведениях о ноу-хау, поэтому следует стремиться к тому, чтобы эти рубрики в журнале были постоянными, что будет соответствовать духу времени.

Еще один важный вопрос хотелось бы затронуть. В период реформ в России постоянно происходят изменения законодательных норм и правил, за которыми трудно уследить производственникам и создателям геофизической техники, но они непосредственно касаются их деятельности и социально-материального благополучия, поэтому должны быть им известны. В связи с этим, в журнале должна быть постоянная рубрика "Юридические вопросы и консультации", через которую читатели могли бы узнавать не только новшества гражданского права, но и получать ответы на вопросы, касающиеся прав физических и юридических лиц в условиях функционирования рыночных отношений в России.



Подводя итоги рассмотрения направленности содержания журнала "Приборы и системы разведочной геофизики" можно сделать следующие основные выводы:

1. Содержание журнала "Приборы и системы разведочной геофизики" должно соответствовать его названию и учитывать требования читателей.

2. В отличие от ранее издававшегося сборника "Геофизическая аппаратура" журнал "Приборы и системы разведочной геофизики" должен быть более богатым на информацию не только аппаратурного характера,но и содержать статьи из области экономики и права, истории и недропользования, российских и международных торговых отношений в сфере приборостроения и систем разведочной геофизики и т.д., что обеспечит его отличие от других изданий в области геофизики и популярность среди читателей.

3. Особое внимание редакции должно быть уделено системам разведочной геофизики, так как только системный подход в любой области знаний позволяет обеспечивать полноту информации и решение поставленных задач.

4. Следует отказаться от тематического принципа формирования периодических выпусков журнала, так как это потребует организации заказных статей, что будет затруднительно осуществить на безвозмездной основе, а перейти к подборке поступающего материала по конкретным рубрикам, что облегчит формирование выпусков и позволит обеспечить разнообразность его содержания.

5. Следует практиковать организацию внеочередных специальных выпусков журнала по заявкам заинтересованных организаций за их счет, что позволит улучшить финансовое состояние редакции и расширит его тематику,а также обеспечит более высокую представительность на рынке работ и услуг.

6. Журнал "Приборы и системы разведочной геофизики" только формируется как по форме, так и по содержанию, но у него будет большое будущее только в том случае, если сами читатели включаться в этот процесс и будут своими предложениями способствовать его формированию и становлению как периодического издания в области прикладной геофизики.

Литература

1. Большая советская энциклопедия. - М, Сов. энциклопедия, 1976
2. Горная энциклопедия. Том II и IV. - М., Сов. энциклопедия, 1989
3. Дахнов В.Н. Промысловая геофизика. - М., Госиздат, 1959
4. Зайченко В.Ю. Основы терминологии прикладной геофизики. Часть I Основные положения. НТВ "Каротажник". Тверь, изд. "АИС", 1995, вып. 15
5. Зайченко В.Ю. Основы терминологии прикладной геофизики. Часть II "Терминология геофизических исследований скважин". НТВ "Каротажник". Тверь,изд. "АИС", 1996, вып. 20
6. Зайченко В.Ю. Лексика прикладной геофизики. Геофизика. Тверь,изд. "ГЕРС", 1996, № 3
7. Зайченко В.Ю. Геологические информационные ресурсы понятия и определения. Отечественная геология. - М., ЦНИГРИ, 1996, №7
8. Зайченко В.Ю. Еще раз о геофизической лексике. НТВ "Каротажник". Тверь, изд. "АИС", 1998, № 49
9. Комаров С.Г. Техника промысловой геофизики. - М., Гостоптехиздат, 1957.
10. Ожегов С.И. Словарь русского языка. - М., "Русский язык", 1988
11. Советский энциклопедический словарь. - М., Сов. энциклопедия, 1980
12. Философский энциклопедический словарь, - М., Сов. энциклопедия, 1983

ПОДПИШИСЬ

Персональная информация о подписчике/Почтовый адрес организации

ФАМИЛИЯ | ИМЯ | ОТЧЕСТВО

ПОЛНОЕ НАИМЕНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ

ОТДЕЛ/ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ | ДОЛЖНОСТЬ

ИНДЕКС | СТРАНА | ГОРОД | ОБЛАСТЬ/РАЙОН

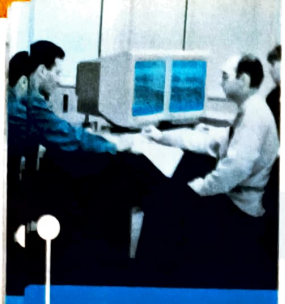
АДРЕС

КОД ГОРОДА | ТЕЛЕФОН | ФАКС | E-MAIL

Россия, 410019, г.Саратов, ул. Крайняя 129, СО «ЕАГО» - - в редакцию «Приборы и системы разведочной геофизики»

Стоимость годовой подписки (с почтовой пересылкой и НДС - 10%)

Наименование издания	1 комплект	2 комплекта	3 комплекта	4 комплекта
Журнал "Приборы и системы разведочной геофизики"	1200 руб.	2300 руб.	3350 руб.	4400 руб



ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГЕОФИЗИКА-ИНТЕРПРЕТАТОРА

ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

Отечественная система обработки сейсмических данных СЦС-5 успешно развивается

Белоусов О. Н., Бусыгин И.Н., Козловский М. С., Башков В. А., ФГУП "Гемма", г. Краснодар

Система СЦС-5 была разработана ЦГЭ в середине 90-х годов для обработки 2D и 3D сейсмических данных. Алгоритмическое содержание системы формировалось как итог 15-летнего опыта создания и эксплуатации специализированного программного обеспечения (ЦГЭ, ВНИИГеофизика, другие геофизические организации) и изучения опыта ведущих геофизических фирм западных стран.

В качестве вычислительной платформы система использовала рабочие станции SUN SPARC и IBM RS-6000, то есть наиболее быстродействующие по тем временам вычислительные средства. К сожалению, высокая стоимость этой техники не способствовала укреплению позиций системы СЦС-5 на рынке программного обеспечения в нашей стране. Все это в конечном итоге затормозило дальнейшее развитие системы и, несмотря на ряд принципиально более совершенных и перспективных решений [1] по организации пользовательского интерфейса, графического сервиса, системного обслуживания процесса обработки, функционирования пакетных и интерактивных модулей и обращений к ним, обслуживания данных и файловой системы, хорошему сейсмическому наполнению, система не получила широкого распространения. В ней остались незавершенными некоторые из программ, анонсированных в статье [1], в частности, не были доведены до работоспособного состояния модули, обеспечивающие 3D обработку сейсмической информации. Отсутствие полноценной завершенной отечественной системы обработки сейсмических данных привело к тому, что рынок геофизического программного обеспечения оказался занят продукцией фирм CGG, Paradigm Geophysical, Schlumberge, Advance Geophysical Corporation, MIT и др.

По мере износа рабочих станций и истечения срока действия лицензий на программное обеспечение, высокая стоимость того и другого привели к тому, что постепенно начал возрастать интерес к отечественным обрабатывающим системам, функционирующим на платформе PC. НПФ "Гемма" одной из первых откликнулась на изменяющуюся ситуацию на рынке программного обеспечения и сконцентрировала свои усилия на завершении и развитии системы СЦС-5, а также на ее переносе на платформу PC в архитектуре x86, учитывая быстрый рост вычислительных возможностей PC, широкое распространение и доступность этой техники. В качестве операционной среды была использована система UNIX (Solaris).

К настоящему времени система получила развитие в следующих направлениях:

- Был завершен пакет программ СЦС-5 для обработки данных 3D. Разработана программа обработки SPS-файла для формирования данных о геометрии и параметрах систем профильных и площадных наблюдений. Разработаны программы 3D-интерполяции скоростных данных и данных о ВЧР на основе триангуляционных сетей Делоне.
- Создан ряд сервисных программ для повышения технологичности обработки данных 2D. Проводится аналогичная работа по повышению быстродействия и технологичности обработки данных 3D.
- Адаптирован в систему СЦС-5 ряд хорошо зарекомендовавших себя программ комплекса ПГР - СЦС3.
- Разработаны новые программы, реализующие процедуры одноканальной и многоканальной обработки, не предусмотренные версией системы СЦС-5 от 1995 г. [1]: прямая и обратная миграция с получением мигрированных сейсмограмм ОГТ (для дальнейшего AVO-анализа сейсмограмм), поверхностно-согласованная редакция амплитуд, трансформация мгновенных частот, фильтр компенсации миграционных помех. В систему включен ряд программ обработки, созданных в филиале НПФ "Гемма" (г. Тверь): когерентный F-X предсказывающий фильтр, квадрантная режекторная фильтрация и др.
- Разработан пакет программ MIGS 2D, 3D миграции для неоднородно-слоистой модели среды на основе алгоритма БПК (ВНИИГеофизика).
- Разработан пакет программ AVOAN, выполняющий AVO-анализ 2D-3D данных сейсморазведки на продольных и обменных волнах (в том числе азимутальный AVO-анализ) и сейсмическую инверсию сейсмозаписей в разрезы физических параметров среды.

В результате выполненных дополнений и усовершенствований СЦС-5 превратилась в достаточно полную по своим геофизическим возможностям, гибкую, легко управляемую систему, способную выполнять многоуровневую обработку сейсмических данных. При различных вариантах комплектации системы и вычислительной платформы она может применяться в качестве:

- ♦ полевой системы на сейсмостанциях для обработки опытно-методических работ и количественной оценки полученных результатов, оценки параметров профильных и площадных систем наблюдений для их оптимального проектирования, анализ геометрии, контроль полевых работ на основе получения количественных оценок качества сейсмозаписей;
- ♦ системы для экспресс-обработки, выполнения потрассных операций, оперативной коррекции статических и кинематических поправок, получения временных разрезов в условиях полевой экспедиции или корабля;
- ♦ системы для выполнения стандартной обработки 2D-3D данных, включая миграцию временных разрезов и миграцию 3D по кубу сейсмических данных, в условиях экспедиционного ВЦ на многопроцессорных рабочих станциях;
- ♦ системы для глубокой обработки, включающей создание глубинных скоростных моделей, глубинную миграцию, AVO-анализ, сейсмическую инверсию, формирование геологической модели месторождения; такая обработка может выполняться в условиях регионального ВЦ, оснащенного многомашинным многопроцессорным комплексом PC в расширенной конфигурации, связанных сетью.

Общая характеристика современного состояния системы СЦС-5 дана в работе [2], а также на

сайте www.gemma.istnet.ru и в презентации системы СЦС-5 (ссылка на презентацию на сайте).

Можно отметить следующие наиболее важные особенности системы:

Геофизическая эффективность. Система СЦС-5 обеспечивает полный спектр процедур обработки сейсмических данных в наземном (в том числе вибрационном) и в морском вариантах сейсморазведки, предусматривает все широко используемые форматы сейсмозаписей, позволяет формировать полноценные и качественные изображения среды в разнообразных и сложных сейсмогеологических условиях, обеспечивает обработку с сохранением амплитуд. Сравнение качества обработки в СЦС-5 и в западных обрабатывающих системах показало вполне сопоставимые результаты (рис.1, рис.4) при существенно лучших экономических показателях СЦС-5 и простоте работы с нею.

Технологичность. Важным достоинством системы является глубокая интерактивность процесса обработки, простота анализа промежуточных данных, быстрый подбор параметров обработки, удобство ввода данных, их контроля и коррекции, русскоязычный help. Простота работы системы СЦС-5 в сочетании с быстродействием современных PC позволяет геофизику за рабочий день обрабатывать 2-3 профиля по полному графу.

Экономичность. Система СЦС-5, являясь одной из самых дешевых из достаточно развитых и полных систем обработки сейсмических данных, обладает экономическими показателями в некоторых отношениях превосходящими (например, по соотношению качество/стоимость, по коэффициенту использования программных компонент системы) соответствующие показатели наиболее известных зарубежных систем (Promax, Geovecteur-plus, Omega, Focus).

Открытость. СЦС-5 обладает уникальным для подобных прикладных систем сегодняшнего дня качеством - открытостью для дальнейшего развития, в том числе силами заинтересованных геофизических организаций и пользователей, позволяющей включать в нее самостоятельно выполненные программные разработки. Этой возможности практически лишены пользователи зарубежных сейсмических систем, что ставит отечественную геофизику в зависимое положение от качества и полноты этих программных пакетов и сдерживает ее дальнейшее развитие.

В качестве примера обработки в системе СЦС-5 (обработка с сохранением амплитуд) на рис. 1 приведен фрагмент временного разреза (Западная Сибирь) после τ–p миграции по сейсмограммам ОГТ. На рис. 2 приведены две сейсмограммы ОГТ до миграции и на рис. 3 одна из этих сейсмограмм (первая) после миграции. Для сравнения на рис. 4 приведен тот же фрагмент временного разреза, полученный в системе Geovecteur-Plus.

Система СЦС-5 продолжает пополняться и совершенствоваться. В течение 1-2-х лет НПФ "Гемма" планирует выполнить в рамках системы СЦС-5 следующие программные разработки:

- Учет динамических искажений в ВЧР. Поверхностно-согласованная деконволюция. К настоящему времени подготовлен алгоритм этой программы.
- Тонкослоистое волновое сейсмомоделирование и моделирование AVO-эффектов. Работа сводится к переносу в систему СЦС-5 соответствующих программ, написанных в системе MATLAB 6 и на языке программирования Turbo Pascal 7.
- Среднеквадратичное вычитание кратных волн со скоростной адаптацией по разрезу на основе гиперболического преобразования Радона сейсмограмм ОСТ. Программа разработана в

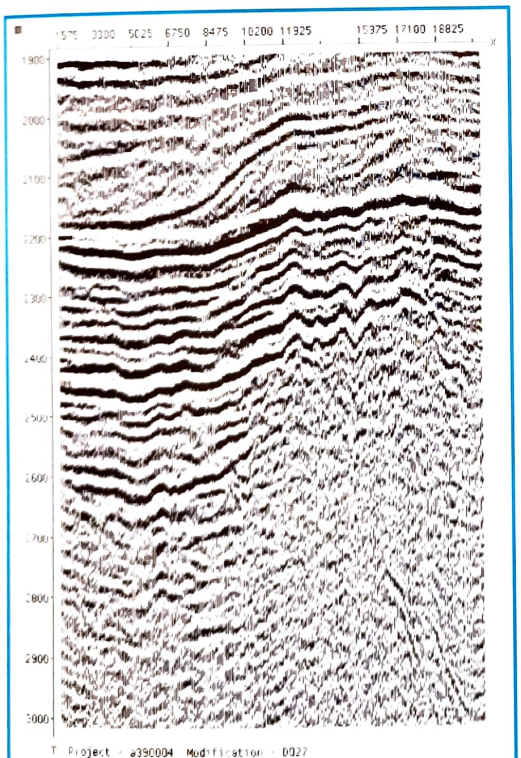


Рис. 1 Фрагмент временного разреза, полученный в системе СЦС-5 в результате обработки с сохранением амплитуд и τ–p миграции до суммирования

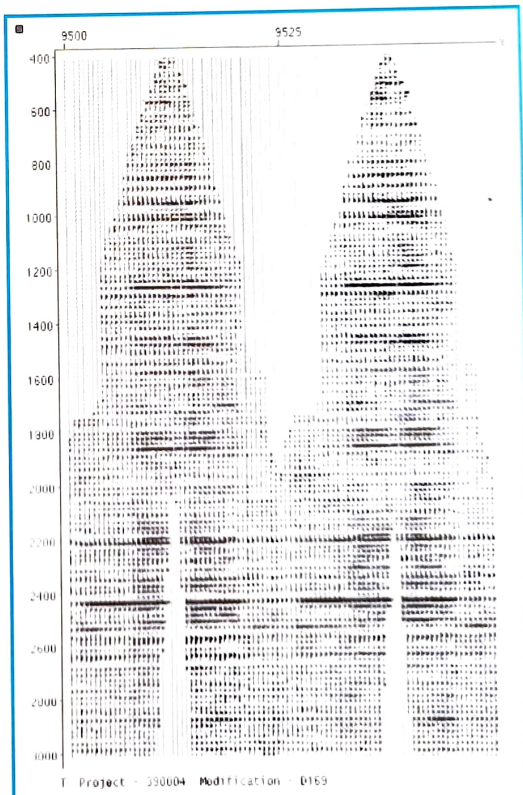


Рис. 2 Пример двух сейсмограмм ОГТ, полученных в результате той же обработки до τ–p миграции. Шаг по удалениям ΔL=100 м



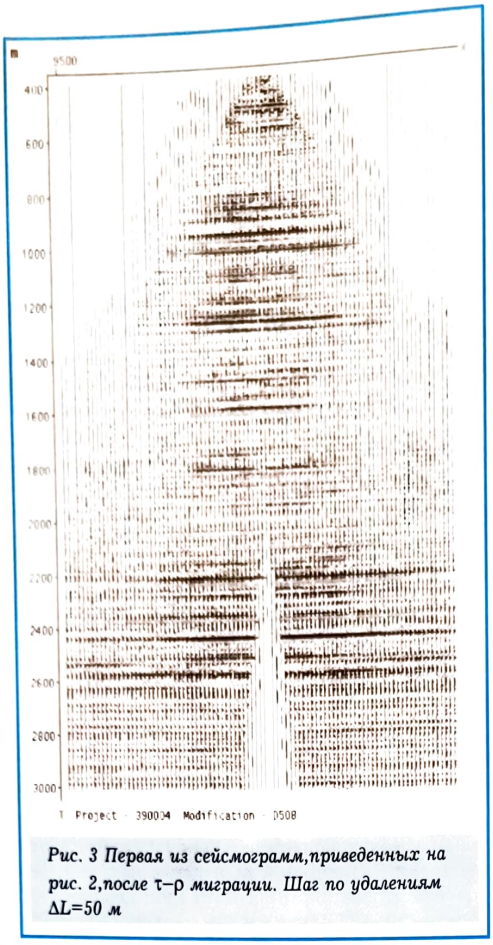


Рис. 3 Первая из сейсмограмм, приведенных на рис. 2, после τ–ρ миграции. Шаг по удалениям ΔL=50 м

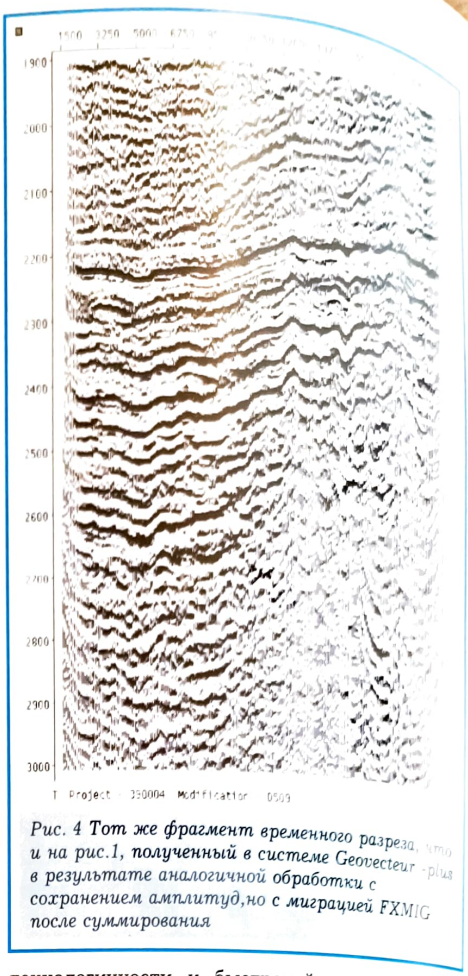


Рис. 4 Тот же фрагмент временного разреза, что и на рис.1, полученный в системе Geovecteur -plus в результате аналогичной обработки с сохранением амплитуд, но с миграцией FXMIG после суммирования

системе MATLAB 6 и будет перенесена в систему СЦС-5.

- τ–ρ миграция 3D с получением мигрированных сейсмограмм ОГТ. Имеется аналог τ–ρ миграции 2D.
- Перенос системы СЦС-5 в операционную среду Linux. Работа выполняется в настоящее время и будет завершена к концу года. В результате будет обеспечен значительный рост технологичности и быстродействия системы, в особенности для 3D обработки.

Литература

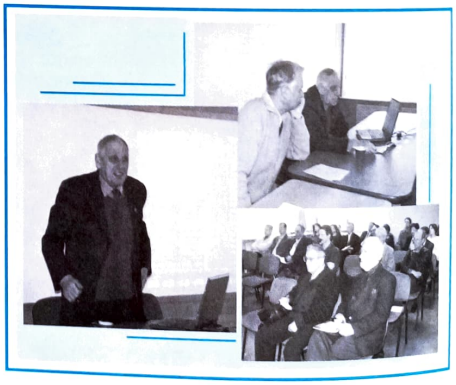
1. СЦС-5:система обработки данных сейсморазведки. 1995, Геофизический вестник, № 5, М., ЕАГО, с. 6-10.
2. Гогоненков Г. Н. Современное состояние системы обработки сейсмических данных СЦС-5. 2002, Геофизика, № 3, с.54-58.

НОВОСТИ

Семинар по актуальной теме

Саратовское отделение ЕАГО

9 декабря 2003 года в конференц-зале ОАО "Саратовнефтегеофизика" Саратовское отделение Евро-Азиатского геофизического общества организовало научно-технический семинар по теме "Современные приемы оценки качества больших объемов полевого сейсмического материала в нефтяной сейсморазведке". Доклад о новой программе оценки качества сейсмограмм, сделанный О.К. Кондратьевым (см. также статью "Автоматизированная оценка качества сейсмограмм в процессе их регистрации", Приборы и Системы Разведочной Геофизики, № 2, 2003 г.),с интересом слушали специалисты многих саратовских организаций: ОАО "Саратовнефтегеофизика", ОАО "СКБ сейсмического приборостроения", Нижневолжского НИИ Геологии и Геофизики,Саратовской геофизической экспедиции, Саратовского филиала "Сиданко", ООО "Геопрект", ООО "Специальные геофизические системы", ООО "Геофизсервис" и др. Были и многочисленные вопросы, и острые выступления.



Дискуссия между разработчиками представленного программного продукта и потенциальными пользователями, по мнению и тех и других, оказалась весьма полезной.

Современные технологии построения глубинно-скоростных моделей сред и глубинной миграции данных трехмерной сейсморазведки

Иноземцев А.Н., Бадейкин А.Н., Коростышевский М.Б., Баранский Н.Л., Птецов С.Н.,
ООО "Парадайм Геофизика", г. Москва

Повышение эффективности сейсморазведки при поисках и разведке нефтяных и газовых месторождений сложной формы и небольших размеров является исключительно актуальной задачей, особенно в старых нефтедобывающих регионах, где крупные месторождения уже изучены. Стандартные технологии профильной сейсморазведки 2D уже не удовлетворяют требуемой детальности исследований осадочных толщ. Имеющийся опыт применения трехмерной съемки 3D сейсмических данных показывает, что при использовании современных сверх многоканальных телеметрических систем регистрации сейсмограмм и современных приемов и технологий обработки данных сейсморазведки удается значительно повысить вертикальную и латеральную разрешающую способность сейсморазведки. Особая роль в новых технологиях отводится построению глубинно-скоростных моделей пластовых (интервальных) скоростей и миграциям до суммирования.

Компанией "Парадайм" накоплен значительный положительный опыт построения таких скоростных моделей и миграционных преобразований сейсмограмм при решении достаточно широкого круга геологических и поисковых задач. По сравнению с традиционно применяющимися технологиями миграции после суммирования с применением средних скоростей, в миграции до суммирования есть ряд особенностей как при построении глубинно-скоростных моделей, так и в применении самих миграций.

Процесс построения глубинно-скоростной модели в программной системе GeoDepth и собственно глубинная или временная миграция до суммирования выделяются, как правило, в самостоятельный этап - этап интерпретационной обработки.

Название этапа отражает также необходимость привлечения геологов и геофизиков для совместных решений при выполнении корреляции, интерпретации горизонтов, их стратиграфической привязки, анализа пластовых скоростей и калибровки сейсмических данных к скважинным данным. Этап назван интерпретационной обработкой по причине вовлечения геологов и геофизиков в интерпретацию скоростей и отражений при выполнении стратиграфической привязки и корреляции волн, анализе пластовых скоростей, в том числе калибровке их по скважинам, оценке геологической информативности результатов миграции. Типовой граф 3D интерпретационной обработки обычно состоит из следующих процедур:

- корреляция опорных горизонтов и построение карт T$_i$ (x,y)
- горизонтальный 3D анализ интервальных скоростей (методом когерентной инверсии с учетом преломления) вдоль опорных горизонтов, интерпретация спектров, построение глубинных границ и первоначальной глубинно-скоростной модели
- глубинная миграция с первоначальной моделью
- уточнение первичной глубинно-скоростной модели через анализ остаточной кинематики и уточнение глубинных границ
- уточнение глубинно-скоростной модели томографическими методами (модель - базированный и сеточный)
- окончательная миграция с финальной скоростной моделью и построение объемного глубинного изображения и глубинных сейсмограмм.

При выполнении этой последовательности процедур может быть несколько (до 3 и более) уточняющих итераций. Для калибровки глубинно-скоростной модели используется скважинная информация по скоростям и глубинные стратиграфические отметки. Следует подчеркнуть, что модель скоростей и глубин строится в объемном виде не только для 3D съемки, но и для площадных данных двумерной сейсморазведки.

Для условий сложно построенных геологических сред в системе GeoDepth предусмотрен специальный модуль построения и редакции объемных моделей, включающих сложные геологические поверхности (в том числе с отрицательными наклонами) такие как соляные купола, надвиги и др.

На заключительной стадии интерпретационной обработки по результативному мигрированному кубу выполняются следующие процедуры

- Деконволюция результатов миграции (в том числе и спектральная балансировка) для расширения амплитудного спектра
- Переменная во времени фильтрация
- Когерентная фильтрация для подавления миграционных шумов

Сейсмические глубинные и временные кубы, а также сейсмограммы после интерпретационного этапа обработки являются основой для корректного AVO анализа и последующей амплитудной инверсии.

Отметим одно важное обстоятельство, являющееся зачастую неизбежным после этапа построения скоростной модели и глубинных миграций. Так как при расчете пластовых скоростей используются реальные сейсмические данные в ограниченной полосе частот, то оценка скоростей вдоль годографа отражений производится по некоторому интегральному сигналу, представляющему собой чаще всего интерференцию нескольких сигналов. Кроме того, скоростная модель обычно формируется как толсто слоистая. В силу этого оптимальные измеренные скорости,

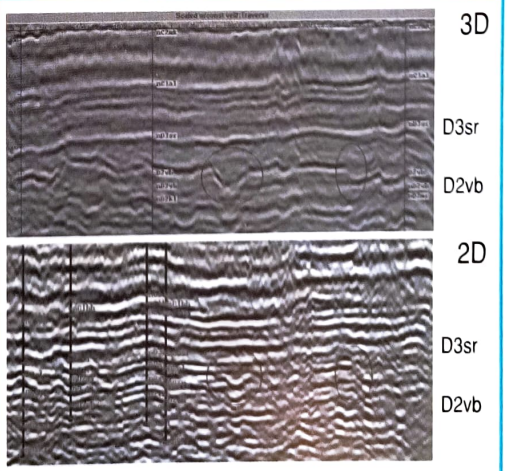


Рис. 1 Сравнение результатов миграции для 2D и 3D сейсморазведки



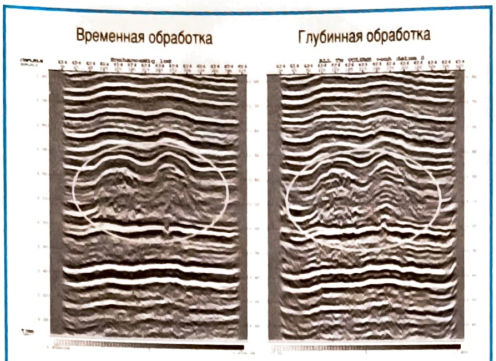


Рис. 2 Уточнение геометрии и внутреннего строения рифа по результатам глубинной миграции

которые используются в построении модели и миграции, могут существенно отличаться от скоростей, измеренных по данным широкополосной акустики, на результатах миграции могут наблюдаться существенные невязки сейсмических границ с соответствующими стратиграфическими маркерами геологических горизонтов. Для решения этой проблемы в системе GeoDepth имеются дополнительные программные модули и технологии,позволяющие с большой точностью увязать и перестроить финальные результаты миграции до практически точного совпадения отражений и глубинных маркеров.

Если следовать предложенной технологии построения глубинно-скоростной модели, то результат глубинной миграции до суммирования практически всегда дает существенное, а в некоторых случаях значительное приращение в качестве и точности изображения целевых объектов. Наш опыт показывает, что даже для горизонтально-слоистых толщ со слабой скоростной дифференциацией эффекты фокусировки и учета преломления при миграции становятся значимыми. Восстановление шероховатых поверхностей континентальных отложений (типа русел, дельтовых потоков, конусов выноса) на результатах миграции выглядит более достоверным. В подтверждение этих слов приведем примеры сравнения вариантов миграции по исходным сейсмограммам и по результатам суммирования. На рис. 1 на нижнем разрезе показаны результаты традиционной миграции по суммарному разрезу обычного профиля 2D сейсморазведки. В верхней части рисунка приведен разрез с миграцией до суммирования, полученный по той же траектории

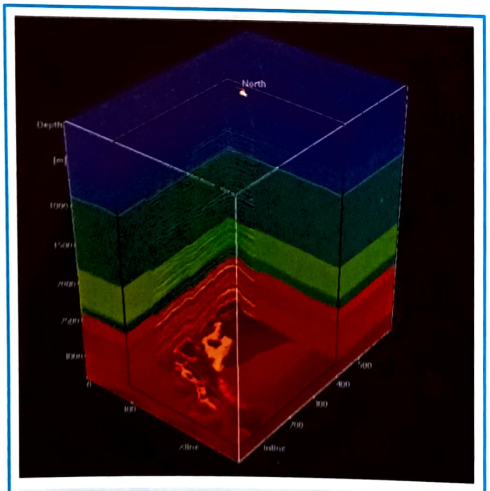


Рис. 3 Модель пластовых скоростей осадочной толщи,совмещенная с результатами миграции



Рис. 4 Повышение латеральной и вертикальной разрешенности на основе глубинной миграции по общим углам отражения (с разрешения Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз)

на площади трехмерной съемки, что и приведенный выше профиль. При сравнении с верхним разрезом, в области девонских продуктивных песчаников (индексы горизонтов показаны справа) видно более четкое поведение отражений, характеризующих шероховатые границы - эрозионные врезы, тектонические смещения горизонтов.

Эффективность применения миграции до суммирования при изучении внутренней структуры рифов в карбонатном разрезе, иллюстрируется на рис. 2. Сравнение показывает, что миграции до суммирования лучше фокусирует отражения на склонах рифа, дает более детальную картину неоднородностей внутри тела рифа. На рис. 3 в качестве примера построения глубинно-скоростной модели показан куб пластовых скоростей, для контроля совмещенный с глубинным мигрированным кубом после суммирования.

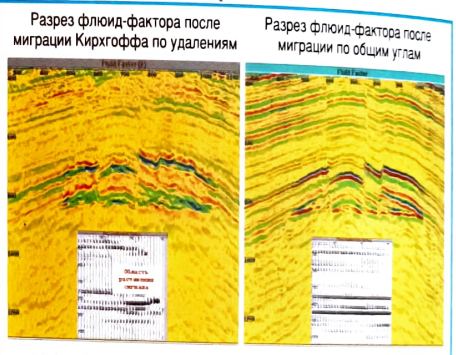


Рис. 5 Глубинная миграция по общим углам отражения для корректного AVA анализа (с разрешения Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз)

Отметим так же, что эффективность этапа интерпретационной обработки зависит еще и от качества самих алгоритмов и программ миграции. Компания "Парадайм Геофизикал", являясь общепризнанным лидером в разработке программных систем и технологий построения глубинно-скоростных моделей, инвестирует значительные средства в совершенствование существующих и разработку новых подходов и программ миграции.

Одной из таких новых разработок в области глубинных миграций является миграция по общим углам отражения (CRAM migration). Основными отличительными особенностями являются следующие:

- лучевое трассирование из глубинных точек отражения к поверхности,с равным шагом по углам распространения лучей;
- расчет геометрического расхождения,фактора фазового поворота сигнала, а также оператора миграции для каждой пары лучей на основе глубинно-скоростной модели;

• учет всех типов вступления сейсмических сигналов;

• сохранение амплитуд и фаз при суммировании;

• формирование угловых (в зависимости от угла отражения) выходных сейсмограмм.

Глубинная миграция до суммирования по общему углу отражения позволяет в сравнении с другими подходами к миграции получить высокоточное изображение объекта, которое характеризуется более высокой латеральной и вертикальной разрешенностью (Рис. 4). Сейсмограммы после такой миграции сохраняют истинные амплитуды и не имеют временных растяжек на больших углах отражений, близких к закритическим, что является очень благоприятным фактором для последующего AVA (углового) анализа сейсмограмм. Использование сейсмограмм по общим углам отражения после такой миграции на этапе AVA анализа позволяет получать AVO атрибуты сейсмических отражений с более высокой разрешенностью амплитудных аномалий в области залежи углеводородов (Рис.5).

В заключении отметим, что приведенные примеры использования новых технологий обработки с применением построения глубинно-скоростных моделей и новых способов миграции до суммирования позволяют в значительной мере повысить эффективность сейсморазведки при разведке резервуаров сложной формы. Наиболее успешное применение новых технологий миграции достигается по материалам трехмерной сейсморазведки.

Авторы выражают глубокую признательность и благодарность сотрудникам Московского Представительства Paradigm Королеву Е.К., Королеву А.Е.,Сахарову А.Б.,Черному М.В. и Вороновичевой Е.М. за предоставленную возможность использования в статье отдельных результатов,полученных ими в рамках выполнения сервисных проектов. Авторы выражают также признательность и благодарность руководству ОАО "Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз" за разрешение демонстрации результатов применения миграции по общим углам отражения на материалах, принадлежащих ОАО "Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз".

Литература.

1. Баранский Н.Л., Старобинец М.Е., Королев Е.К., Иноземцев А.Н., Козлов Е.А. "Миграция и AVO: соседство или марьяж". Геофизика , 2 вып., 22-26,ЕАГО, 2000 г.

Оптимизация технологии малоглубинных исследований с сейсмостанцией "ЭЛЛИСС"

Федотов С.А., ООО "Велко", г. Москва

Сейсмические малоглубинные исследования широко используются в геологии с целью:

- изучения областей развития карстово-суффозионных процессов;
- изучения эрозионной поверхности коренных пород под маломощными отложениями;
- изучения зоны малых скоростей в сейсморазведке;
- определения физических характеристик горных пород в условиях их залегания.

Для решения указанных и других геологических задач применяются различные технологии проведения работ, как на земной поверхности, так и в скважинах.

Наиболее широкое применение в настоящее время нашел метод преломленных волн (МПВ), позволяющий получить скорости распространения сейсмических волн на достаточно небольших глубинах, в том числе для использования этих скоростей при обработке данных глубинных исследований. Для реализации этой технологии используются сейсмические станции с числом каналов обычно не более 24, при неравномерном шаге расстановки сейсмоприемников.

К недостаткам такой системы наблюдений относится низкая помехоустойчивость,так как на последних каналах сигнал от источника возбуждения ослаблен, а коэффициент усиления последних каналов устанавливается максимальным.

При этом в качестве помех выступают как микросейсмы, так и ветровые помехи.

Существенно более помехоустойчивым и существенно более информативным является использование метода ОГТ применительно к малоглубинным исследованиям. Такая технология в течение ряда лет развивалась во ВНИИГеофизика [1, 2].

Наиболее эффективной является технология наблюдений ОГТ, включающая в себя:

• высокоплотную расстановку сейсмоприемников с шагом 1-2 м;

• накопление исходных сейсмограмм (число накоплений 5-50)

• использование сейсмических источников возбуждения продольных и поперечных волн;

• оптимизацию расстановки измерений на сейсмическом профиле для минимизации электрических помех;

• использование компактных и легких регистрирующих систем типа ЭЛЛИСС (см. фото на стр. 25) с внутренним коммутатором ОГТ.

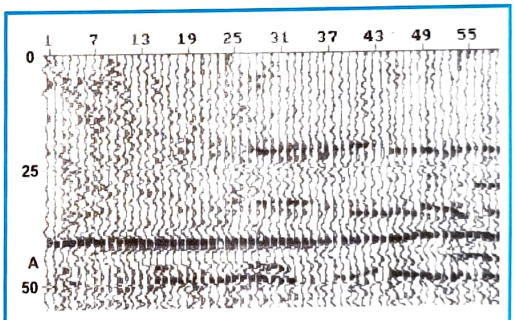


Рис. 1 Пример картирования кровли известняков с использованием поперечных волн

В полевой расстановке сейсмоприемников используются три сейсмические косы, каждая коса 24 канала, общее число каналов - 72, из них активных - 48, расстояние между пунктами возбуждения выбирается, исходя из решаемой задачи.

Пример картирования кровли известняков с использованием поперечных волн приведен на рис.1. Как видно, при оптимизации наблюдений для метода ОГТ отбиваются не только границы известняков, но и выявляется наличие внутренних неоднородностей.

Литература:

1. Федотов С.А. "Возможность повышения эффективности малоглубинных сейсмических исследований", "Разведка и охрана недр", 2002, №3-4, с.17-20
2. Гинодман А.Г., Федотов С.А. "Особенности использования сейсмических волн при сейсморазведочных работах", "Геофизика", 1999, №3, стр.40-42



Опыт проведения МВС на территории Калининградской области

Хакимов Д.Г., Сычев О.А., АООТ "Калининградгеофизика", г. Калининград

Начиная с 2000 года "Калининградгеофизика" проводит работы МВС. Для производства полевых работ применяется аппаратура и оборудование компании Input/Output, Inc., выбранное по результатам опытно-производственных наблюдений. Для приема используются цифровые акселерометрические 3-х компонентные модули VectorSeis, регистрация осуществляется радиотелеметрической системой VRSR-2000, возбуждение колебаний проводится вибраторами вертикального воздействия I/O AHV-4. К настоящему времени объем выполненных работ МВС составляет более 200 пог. км профильных наблюдений, отработан участок 3D в транзитной зоне. Опыт выполнения работ и полученные результаты позволяют оценить возможности используемой технологии МВС.

Когда мы употребляем понятие "многоволновая сейсморазведка", то имеем ввиду получение и использование информации обменных волн. Предпосылками для использования обменных волн PS являются особенности геологического разреза, характеризующегося наличием контрастных акустических границ и материалы ВСП. Основное значение имеют границы, приуроченные к кровле высокоскоростного промежуточного слоя и к кровле плотных известняков ордовика, являющихся покрышкой нефтеносного пласта в кембрии. Эти границы являются сейсмическими реперами в юго-восточной части Балтийской синеклизы.

На настоящем этапе основной задачей сейсморазведочных работ является выявление и подготовка для поискового бурения объектов незначительных размеров антиклинальных структур приразломного типа (локальные структуры третьего порядка) с амплитудами 15-30 м. Повысились требования к результатам сейсморазведочных работ в смысле надежности определения морфологии, размеров и местоположения антиклинальных ловушек и представления дополнительной информации о наличии залежей и их границах. Привлечение к интерпретации временных разрезов, представляющих волновую картину отраженных обменных волн позволяет решать эти задачи.

Практическое воплощение идеи началось в 2000 году с постановки опытно-производственных работ МВС. Были использованы раздельные линии приема - стандартная для продольных волн на основе геофонов GS-20DX и для горизонтальной составляющей на основе геофонов GS-20DX-2B. Возбуждение колебаний осуществлялось вибраторами I/O AHV-4-362 PLS (вертикальное воздействие). По результатам этих работ выработаны рекомендации по технологии и методике полевых наблюдений, показаны возможности стандартной и специальной обработки и интерпретации на материалах эталонных профилей на нефтяных месторождениях и поисковых профилей на трех структурах. С применением системы специальной обработки и интерпретации "ЛИТОСКАН" осуществлен прогноз литологии и коллекторских свойств, наличия и локализации УВ. Основные выводы сводятся к предложениям по конфигурации системы наблюдений и замене раздельных для разных компонент линий приема на единую с трехкомпонентными сейсмоприемниками.

Производственные исследования МВС с учетом предложенных рекомендаций начались в 2001 году. Для этих целей компанией INPUT/OUTPUT был предоставлен комплект цифровых акселерометрических трехкомпонентных модулей VectorSeis первого поколения (серебряная серия) с системой сбора информации VRSR-2000. Наблюдения планировались на 8-ми структурах с применением фланговой системы наблюдений с длиной расстановки до 3000 м и шагом точек ПВ и ПП 25 м (номинальная кратность 4800% - 6000%), возбуждение осуществлялось группой вибраторов (4-5 по 27 тс) линейным свипом с длиной развертки 16 с в полосе частот 10 Гц - 80 Гц. В ходе полевых работ по материалам оперативного анализа и обработки было установлено, что на фоне помех полезные отражения практически не выделяются. Сработал эффект замены интерференционных групп геофонов одиночными сейсмоприемниками VectorSeis. Для повышения соотношения сигнал/помеха на двух объектах были применены встречные системы наблюдений, что позволило повысить кратность перекрытия. Но резко возросшие трудозатраты как на полевых работах, так и при обработке не позволяют применять этот прием в режиме производственной технологии.

Для решения проблемы проведена замена сейсмоприемников новой модификацией (золотая серия), система наблюдений изменена на центральную. Это сразу же сказалось на результативности. Временные разрезы Z-компоненты вполне сопоставимы с данными, полученными при традиционных наблюдениях продольных волн с применением групп геофонов. Детальное сопоставление волновых картин показывает на улучшение частотной разрешенности в случае использования VectorSeis. Обработаны в системе FOCUS (Paradigm Geophysical) и проинтерпретированы материалы радиальной составляющей (X-компонента). По этой технологии проведены работы МВС на всех объектах. Получены оценки литологии и пористости нефтеперспективного интервала разреза, выполнен прогноз наличия и локализации УВ фактора. Можно говорить об освоении технологии МВС на основе продукции Input/Output, Inc.

Основные проблемы, которые сейчас беспокоят специалистов, занимающихся освоением и внедрением МВС в регионе, сосредоточены в области обработки и интерпретации полевого материала горизонтальных составляющих X и Y. Усилия направлены на повышение амплитудно-частотной выразительности отражений PS-волн, их когерентности. В конечном счете, результативные временные разрезы как объект интерпретации должны по качеству волновой картины приближаться к материалам сейсморазведки МОГТ на продольных волнах. В этом плане продолжаются работы по определению и учету статических поправок и по предварительной фильтрации полевых записей, передаваемых в обработку. В настоящее время получены первые результаты, которые подтверждают необходимость применения специальной фильтрации до обработки. Первое применение этой процедуры

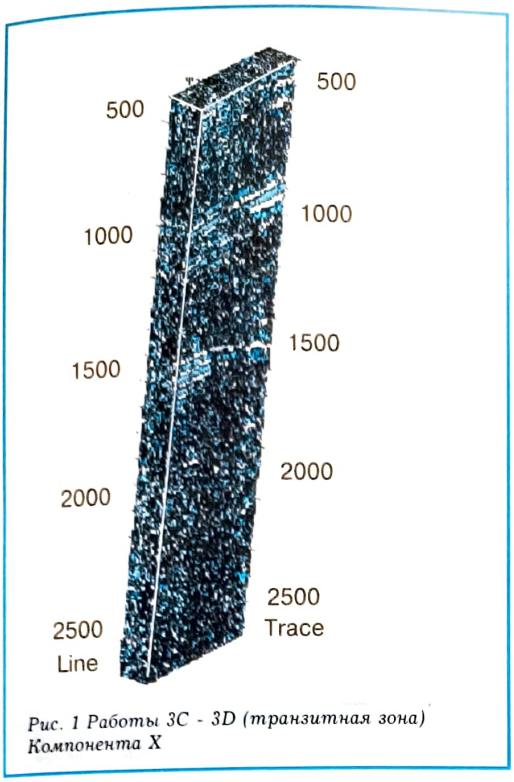


Рис. 1 Работы 3С - 3D (транзитная зона) Компонента X

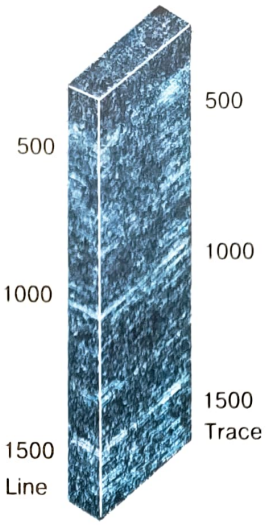


Рис. 2 Работы 3С - 3D (транзитная зона) Компонента Z

позволило получить временные разрезы PS-волн, которые вполне сопоставимы в интервалах целевых горизонтов с разрезами МОГТ продольных волн. Говорить о включении этой процедуры в технологию обработки пока рано, во всяком случае до получения результатов анализа материалов.

К настоящему времени работы МВС по указанной технологии проведены на 11 поисковых объектах. На шести из них пробурены поисково-разведочные скважины. Прогноз по УВ-фактору подтвердился на 4-х структурах. Данная статистика подтверждает эффективность предложенной технологии, необходимость включения ее в комплекс при подготовке объектов под поисковое бурение.

Готовим кадры

Турлов П.А., Мокроусова Е.И., Саратовское отделение ЕАГО



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ЛИЦЕНЗИЯ

Серия А № 090885

Регистрационный № 289 28 августа 2003

Саратовское региональное отделение
Межрегиональной общественной организации
"Евро-Азиатское геофизическое общество"

г. Саратов, ул. Крапивная, 129

ИНН 6452051820

28 августа 2006

Лицензия без приложения недействительна.

Руководитель органа С.Б. Суровов

С 2000 года в Саратовском отделении ЕАГО периодически проводятся курсы повышения квалификации специалистов по эксплуатации и обслуживанию геофизического оборудования.

Право ведения образовательной деятельности СО ЕАГО предоставлено Министерством образования Саратовской области в соответствии с лицензией серия А №090885, рег. №289 от 28 августа 2003 г. со сроком действия три года.

Высокое качество учебного процесса обеспечивается высококвалифицированным кадровым составом преподавателей, имеющих сертификаты компетентности от организаций-разработчиков и изготовителей геофизической аппаратуры и оборудования;

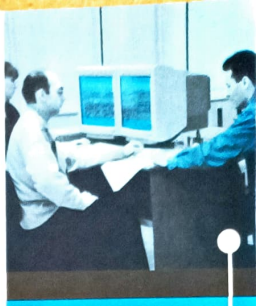
Материально-технической базой, представленной действующим оборудованием, которое изучается в соответствии с образовательной программой; авторизованными программами и учебно-методическими пособиями.

За прошедшие годы на курсах повысили свою квалификацию более 120 специалистов из 23 геофизических организаций России и стран СНГ.

В текущем году СО ЕАГО приступило к реализации новой образовательной программы по калибровке сейсмостанции "Прогресс-Л" как средства измерения (СИ) с применением программного комплекса "Контр-Л".

Знания и умения, полученные слушателями курсов по данной программе, позволят им выполнять ежегодные поверки находящихся в эксплуатации сертифицированных Госстандартом РФ средств измерения сейсмостанций "Прогресс-Л", что предусмотрено нормативно-технической документацией, отвечающей требованиями Федерального Закона "О единстве измерений".

Обращаем внимание руководителей геофизических компаний, на вооружении которых есть сейсмостанции "Прогресс-Л", на необходимость иметь в штате подготовленных для проведения калибровки специалистов, и тогда процедура ежегодной поверки данных СИ станет простой и доступной.





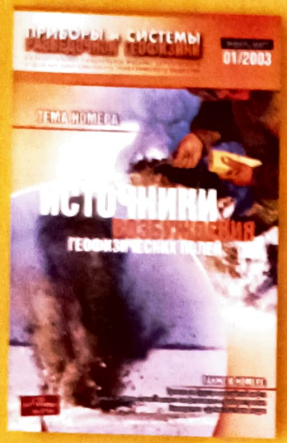
ЖУРНАЛ
Евро-Азиатского Геофизического общества

ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

Ваш компас в мире геофизического приборостроения

Наш журнал:

- это ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ научно-технический журнал для разработчиков, изготовителей и пользователей оборудования, аппаратных и программных средств для разведочной геофизики, используемых при поисках нефти и газа



- это АДРЕСНАЯ ДОСТАВКА журналов практически во все геофизические и родственные им организации России и стран СНГ;
- это новости науки и техники в области ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, информация о НОВЫХ аппаратных и программных средствах для реализации новых геофизических ТЕХНОЛОГИЙ;
- это 52 журнальных полосы с цветными иллюстрациями;
- это в среднем 17 информационных материалов о технологических и технических новинках в каждом номере;
- это ОТКРЫТАЯ ТРИБУНА геофизиков-разведчиков, обеспечивающая им возможность поделиться информацией о результативности использования новых геофизических технологий и средств для их решения



- это более 20 постоянных рубрик, таких как:
  - ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ
  - ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
  - ЗА ЧЕРТЕЖНОЙ ДОСКОЙ
  - МНЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛА
  - ОБРАЗОВАНИЕ - ИНВЕСТИЦИИ В БУДУЩЕЕ
  - ЭКОНОМИКА ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ
  - ОБМЕН ОПЫТОМ
  - СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ
  - МЕТРОЛОГИЯ
  - ТЕОРИЯ

  и др.



- это ТЕМАТИЧЕСКАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ каждого номера, в котором материалы подбираются по актуальным темам:
  - ЛИНЕЙНЫЕ СЕЙСМОСТАНЦИИ
  - СЕЙСМОПРИЕМНИКИ
  - ИСТОЧНИКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ
  - ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ
  - МНОГОВОЛНОВАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА
  - ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГЕОФИЗИКА-ОБРАБОТЧИКА И ИНТЕРПРЕТАТОРА

  и др.

учредитель и издатель - Саратовское отделение ЕАГО

410019, Россия, Саратов,
ул. Крайняя, 129

Тел. (8452) 64-14-32
Fax. (8452) 64-14-52
E-mail: skbsp@san.ru



ОЙО-Гео Импульс Интернэшнл

Изделия для многокомпонентной сейсморазведки

Козловский Н. К., Качагин А. А., Бондаренко Д. А.

На предприятии выбрано новое направление по производству буксируемых кос с применением многокомпонентных комбинированных самоориентирующихся систем, обеспечивающих ускоренный сбор данных, снижение затрат на сейсмоисследования, и надёжное обслуживание в условиях полевой эксплуатации.

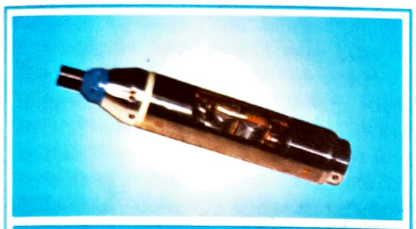


Рис. 1 Самоориентирующаяся двухгеофонная система

Созданные на предприятии буксируемые косы на базе самоориентирующихся двухгеофонных систем, (рис.1), прошли удовлетворительные полевые испытания на предприятии ОАО "Тюменьнефтегеофизика".

По выявленным замечаниям и недостаткам в условиях эксплуатации были произведены конструктивные доработки и спроектировано дальнейшее развитие такого производства, т. к. подобные технические средства являются актуальными и будут востребованы отечественной геофизикой.

Созданы также самоориентирующиеся трехкомпонентные системы с ортогонально расположенными сейсмоприемниками на карданном подвесе, представленные на рис.2.

Эти системы позволяют проводить сейсморазведку ВЧР в труднодоступных и мелководных зонах. Они обладают возможностью проведения измерений в трёх направлениях продольном, поперечном и вертикальном. Эти измерения позволят произвести коррекцию глубинной разведки в МОГТ 2D и 3D профилирования. Условная схема буксируемой косы с применением трехкомпонентной самоориентирующейся системы показана на рис.3.

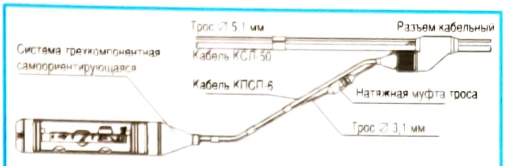


Рис. 3 Условная схема буксируемой косы с применением трехкомпонентной самоориентирующейся системы

Во всех новых конструкциях с самого начала заложены возможности дальнейшего развития и совершенствования с целью высокоскоростной передачи информации и возможности применения радиоканала для передачи сигналов в режиме реального времени, с применением различных типов источников - импульсных, вибрационных и взрывных.



Рис. 2 Самоориентирующаяся трехкомпонентная система

Активными темпами производится разработка и подготовка производства к созданию трёхкомпонентных систем со встроенными телеметрическими модулями, позволяющими производить оцифровку сигналов в непосредственной близи к датчикам.

Планируется к концу 2005 г. выйти на сертификацию телеметрической сейсмостанции в состав которой будет входить: буксируемая сейсмическая коса со встроенными блоками оцифровки; интерфейс связи, построенный по архитектуре четырех-процессорного блока; и промышленный ноутбук с размещенной на нем программой обработки, представления и хранения данных сейсмических измерений.

Предприятие уже сегодня может предлагать для полевой геофизики тестер-пробник ТК-02i(S), позволяющий определять целостность цепей, искать самовосстанавливающиеся обрывы пар проводов и определять правильность полюсовки распаек проводов в телеметрических сейсмокосах различных фирм изготовителей Sersel (Франция), Input/Output (США).



Рис. 4 Тестер-пробник ТК-02

Изменяющаяся цветовая индикация позволяет пользователю быстро и четко определять адреса вышедших из строя электрических соединений, обеспечивая высокую производительность прибора в любых возможных условиях применения.

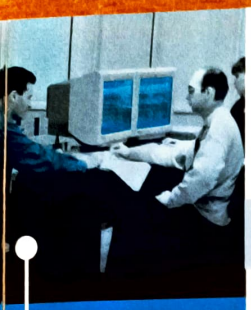
Таблица 2 Технические характеристики трехкомпонентной самоориентирующейся системы

Длина, мм	360
Диаметр, мм	61
Вес в воздухе, кг	4,8
Рабочая глубина, м	до 2
Продольное разрывное усилие, кН	150
Угол поворота КП в продольной оси, град	360
Геофон:	
- собственная частота, Гц	10±2,5%
- чувствительность, В/м/с	19,6±5%
- степень затухания, %	70±5%

Таблица 1 Технические характеристики двухгеофонной самоориентирующейся системы

Длина, мм	250
Диаметр, мм	51
Вес в воздухе, кг	1,65
Рабочая глубина, м	до 2
Продольное разрывное усилие, кН	150
Максимальный угол наклона КП, град	30
Угол поворота КП в продольной оси, град	360
Геофон:	
- собственная частота, Гц	10±2,5%
- чувствительность, В/м/с	39,2±5%
- степень затухания, %	70±5%

На правах рекламы



Система AVOAN: ее возможности и перспективы применения

Бусыгин И.Н., Белоусов О. Н., Воронова Г.Н., ФГУП "Гемма", г. Краснодар

Изучение динамики сейсмозаписей и изменения интенсивности отражённой волны с удалением от ПВ (AVO-анализ) позволяет получить значительно больше информации о геологических характеристиках разреза и, в частности, о его литологии, коллекторских свойствах, анизотропии, характере флюидонасыщения, чем это удаётся сделать на основе обычной технологии метода ОГТ.

Система AVOAN, разработанная в НПФ "Гемма", представляет собой пакет программ, предназначенных для выполнения такого AVO-анализа с целью прогноза УВ-насыщения коллекторов.

AVOAN выполнена в рамках системы СЦС 5 на платформе PC и рабочих станций SUN Sparc. Имеется версия AVOAN, включённая в состав системы INPRES.

Программы системы реализуют пакетный и интерактивный режим обработки и позволяют формировать обзорную информацию по разрезу и кубу данных, выполнять детальный анализ обнаруженных аномалий с целью установления их флюидосодержания.

Взаимосвязи составляющих компонент системы иллюстрирует рис. 1.

AVO-анализ производится по сейсмограммам ОГТ, подготовленным к получению окончательного временного разреза и подвергнутым миграции по сейсмограммам. Все процедуры выполняются с сохранением амплитуд. Скоростная модель задаётся априорными продольными скоростями Vэф, Vинт.

Собственно AVO-обработку можно представлять состоящей из нескольких этапов, в рамках каждого из которых выполняются определенный набор процедур обработки (табл.1).

Она начинается с получения угловых разрезов и угловых сейсмограмм, которые используются для выбора углового и временного диапазонов анализа.

Построение системы AVOAN основано на реализации классической схемы [1], состоящей в аппроксимации распределения динамики сейсмограмм ОГТ линеаризованными упрощениями уравнения Цепритца и определения методом наименьших квадратов (МНК) AVO-атрибутов, характеризующих локальные свойства среды. Будем называть атрибуты, определяемые непосредственно МНК, - базисными, остальные атрибуты, построенные на их основе, производными.

В силу плохой обусловленности системы нормальных уравнений МНК, когда угловой интервал, соответствующий длине расстановки ОГТ, уменьшается на больших временах (внизу разреза), из-за мьютинга (верхняя часть разреза) и при понижении кратности ОГТ (в начале и в конце профиля, на участках перехода через реки и при других препятствиях) в системе предусмотрено решение уравнений МНК с регуляризацией по Тихонову относительно априорных данных о разрезе.

Помимо средств, предназначенных для решения задач производственной обработки и интерпретации реального сейсмического материала, система имеет достаточно большой набор программ для исследования вопросов методического характера (выбор наиболее информативных атрибутов, их комбинаций, выбор оптимальной математической модели динамики отражённой волны и т.д.). Достаточно отметить, что система предусматривает расчёт нескольких десятков атрибутов. В качестве основных определяемых параметров можно назвать коэффициенты нормального отражения продольных и поперечных волн, градиент изменения амплитуды сигнала в зависимости от угла падения волны на границу, флюид-фактор F, являющийся индикатором газовой залежи, градиент продольных и поперечных скоростей и другие характеристики среды. Система содержит также программу, которая позволяет строить линейные и нелинейные комбинации атрибутов вида $k_1a_1 + k_2a_2 + k_3$, $ka_1 sgn(a_2)$, ka_1a_2, ka_1/a_2, $k\sqrt{a}$, где k_i - числовые коэффициенты, a_i - атрибуты). Кроме того, система использует шесть вариантов математической модели распределения интенсивности отражённой

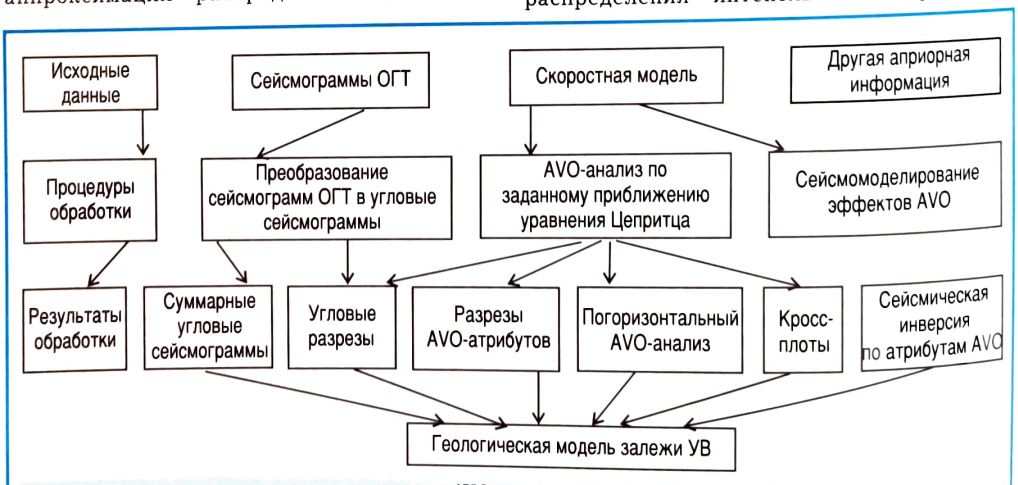


Рис. 1 Схема взаимосвязи компонент системы AVOAN



Таблица 1 Типовой граф AVO-обработки

Этапы	Процедуры
Подготовка с/записей к AVO-анализу	Угловая трансформация сейсмограмм ОГТ. Коррекция скоростной модели. Формирование угловых разрезов. Выбор математической модели AVO.
AVO-анализ на основе априорной информации	Формирование разрезов AVO-атрибутов. Формирование фоновых разрезов.
AVO-анализ на основе уточненной информации	Уточнение фоновой информации. Формирование итоговых AVO-разрезов. Установление аномальных объектов.
Сейсмическая инверсия по результатам AVO-анализа	Интегрирование базисных AVO-атрибутов. Вычисление зависимых параметров для вязкоупругих сред.
Детальный анализ целевых объектов	Привязка целевых горизонтов по данным АК и ГИС Формирование кросс-плотов. Определение класса аномалий. Погоризонтный AVO-анализ. Определение характера флюидонасыщения. Контроль результатов сейсмомоделированием.

волны на сейсмограммах ОГТ: трехчленную (для волн типа PP), три двухчленных с разными вариантами выбора базисных атрибутов (для волн типа PP), модель для расчёта фоновых значений атрибутов (в случае волн PP-типа), модель для расчёта атрибутов по обменным волнам (PS-типа). Таким образом обеспечивается большая гибкость системы и приспособляемость к различным геологическим условиям.

Особенностью системы является широкое использование фоновой информации о разрезе, то есть фоновых значений атрибутов, рассчитанных на основе априорных данных о геологических параметрах среды в предположении водонасыщенности коллекторов.

В качестве такой априорной информации используются продольные скорости V_P (обязательно), поперечные V_S и плотности ρ (поперечные скорости и плотности - при наличии такой информации). Априорная модель среды задаётся в отдельных точках профиля (допускаются данные акустического и плотностного каротажа) или в виде непрерывных скоростных и плотностных разрезов. В качестве продольных скоростей используются скорости $V_{эф}$, $V_{отт}$, $V_{инт}$.

Если измерения поперечных скоростей и плотности на профиле отсутствуют, то предусмотрено описание этой информации региональными статистическими соотношениями. Для терригенного разреза эти зависимости определены в виде уравнения алевролитовой линии для скоростей и формулы Гарднера для плотности:

$$Vp = a + bVs, \quad \rho = mVp^n + k,$$

где a, b, m, n, k - числовые коэффициенты, полученные путём регионального обобщения соответствующих петрофизических параметров. Сопоставление атрибутов, определённых по сейсмическим данным, и их фоновых значений позволяет обнаружить на разрезе аномальные области (зоны, интервалы), не подтверждённые фоновой информацией, и, следовательно, являющиеся объектами, перспективными для дальнейшего изучения.

Другой особенностью системы является наличие программ расчёта набора упругих параметров среды, таких как продольные и поперечные скорости, импедансы, коэффициент Пуассона, упругие модули, коэффициенты Ляме и т.д. Таким образом, с помощью всего комплекса программ система реализует решение проблемы инверсии сейсмических данных в адекватную геологическую модель среды. Важно отметить, что при этом мы получим интегрированные (сглаженные) распределения параметров разреза, что значительно повышает корректность задачи инверсии и устойчивость получаемых результатов при сохранении их высокой информативности. В качестве примера приведём рис. 2, где представлены разрезы V_p и V_s, полученные по предварительно рассчитанным атрибутам $\Delta V_p / V_p$, $\Delta V_s / V_s$. Эти разрезы позволяют сделать предположение о наличии газового ореола над установленной техногенной залежью в майкопских отложениях на глубине ≈ 1100 м.

Пользуясь допущением о применимости уравнений алевролитовой линии и формулы Гарднера, система позволяет по профильным данным рассчитывать коэффициенты анизотропии Томсена ε, δ (рис. 3): в предположении ориентации оси симметрии вдоль профиля (модель HTI) и вертикальной ориентации (модель VTI). Такая анизотропия может быть обусловлена вертикальной или горизонтальной системой трещин, например, в карбонатных коллекторах (вторичная трещиноватость).

Для детального изучения AVO-аномалий, уточнёния размеров и структуры залежей в системе используется программа погоризонтного AVO-анализа, которая работает в интерактивном режиме, позволяя оперативно контролировать исходную информацию на сейсмограммах, качество её аппроксимации, получать погоризонтные графики различных AVO-атрибутов и упругих характеристик разреза.

Программа формирования кросс-плотов позволяет задавать любую пару атрибутов и рассчитывает положение на плоскости кросс-плота линии их фоновых значений. Сопо-



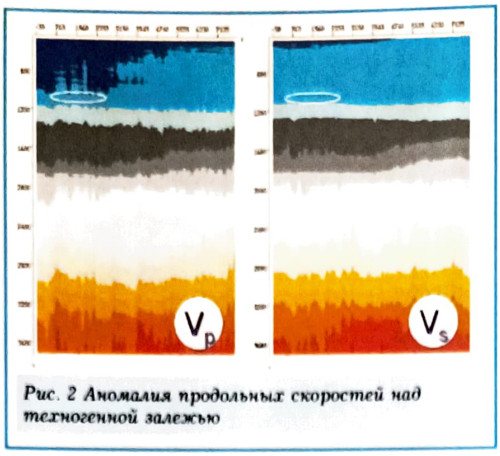


Рис. 2 Аномалия продольных скоростей над техногенной залежью

ставление положения точек, построенных по заданным атрибутам, с положением фоновой линии облегчает интерпретацию AVO-аномалий, позволяя сравнивать характеристики изучаемых аномалий с аналогичными параметрами водонасыщенных коллекторов.

Процедура AVOAN - 3D обеспечивает выборку информации из бинов площадной съёмки и упорядочивание сейсмотрасс по удалениям ПВ - ПП в пределах каждой выборки. Дальнейшая обработка полностью аналогична AVO-обработке профильных данных, однако, сопоставление полученных кубов различных атрибутов значительно повышает надёжность обнаружения и интерпретацию AVO-аномалий.

Азимутальный анализ данных 3D сводится к сортировке всех диполей ПВ - ПП, входящих в состав бина, по угловым секторам и к выполнению обычной AVO-обработки в пределах каждого сектора. При этом полученные значения атрибутов увязываются с направлениями углового сектора относительно оси X (с азимутом относительно оси X). Представительность азимутальных выборок характеризуется диаграммами кратности, удалений, коэффициентов равномерности выборки. Распределение самого атрибута и азимутальных углов выдаётся в виде графиков или в виде полярных диаграмм, аппроксимируемых эллипсом, обобщённо изображающим анизотропию свойств разреза.

В качестве количественной оценки анизотропии принимается коэффициент

$$K = \frac{a_{max} - a_{min}}{\sqrt{a_{max} a_{min}}}$$

где a_{max}, a_{min} - большая и малая полуоси эллипса.

Направлением трещиноватости считается угол A, который образует большая полуось эллипса с осью X.

Таким образом, каждому бину соответствуют два числа K и A, рассчитываемых по любому заданному атрибуту, которые формируются в виде разрезов (кубов) и погоризонтных графиков. Кроме того, на основе азимутального анализа по атрибутам V_p и V_s рассчитываются коэффициенты Томсена ε, δ, которые изображаются в виде разрезов (кубов) и погоризонтных графиков.

После установления структуры изучаемых отложений (слоистость, литология), стратиграфической привязки целевого горизонта, выполнения AVO-обработки - очень важно проконтролировать полученные представления о геологической модели изучаемого объекта и характере его флюидонасыщения путем сейсмомоделирования для разреза с водонасыщенными и с нефтегазонасыщенными коллекторами. В настоящее время мы приступаем к разработке пакета программ моделирования сейсмозаписей отраженной волны с учётом тонкослоистости, пористости коллекторов, пластового давления, частотно-зависимого поглощения на основе модели Френкеля-Био-Гиртсма, учёта анизотропии разреза и т.д.

Довольно значительный пакет автономных программ моделирования AVO-эффектов разработан нами совместно с ОАО "Краснодарнефтегеофизика." В течение 2003 года мы планируем включение этих программ в состав системы AVOAN.

Литература

1.SmithG.C., Gidlow P.M. Weighted stacking for rock propertyestimation and detection of gas. GP, vol. 35, 1987.

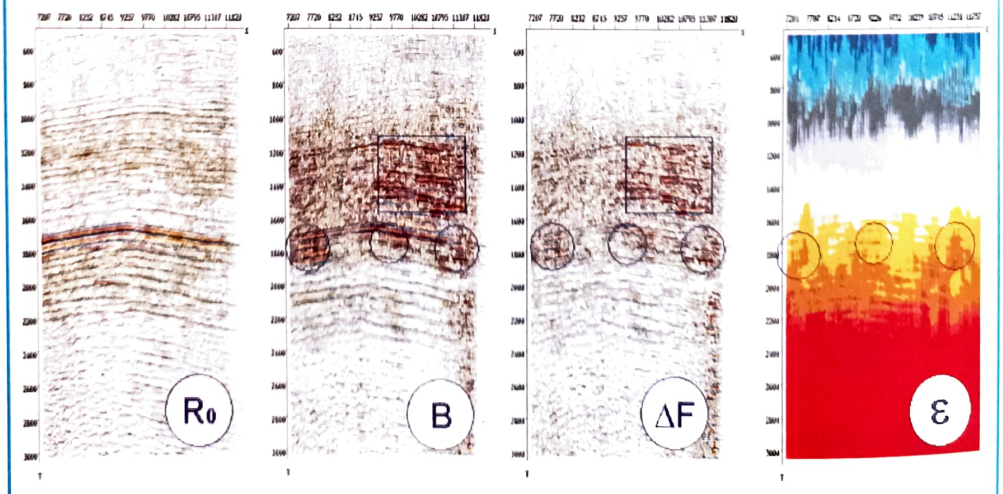


Рис. 3 Проявление залежей УВ в отложениях майкопа и среднего миоцена (квадратные окна на разрезах V_p,V_s). Проявления зон трещиноватости в карбонатах верхнего мела (круглые окна на разрезах B,ΔF,ε)



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

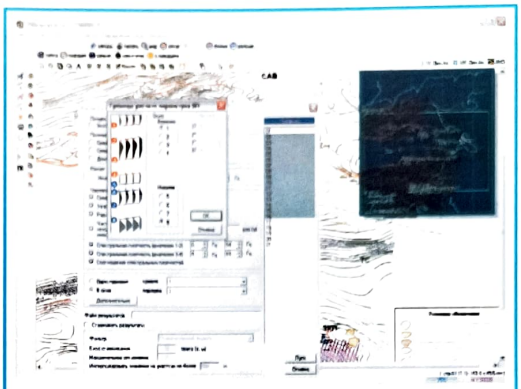


Рис. 2 Внешний вид программы "Обозреватель" в режиме подготовки расчёта одноканальных динамических характеристик

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.

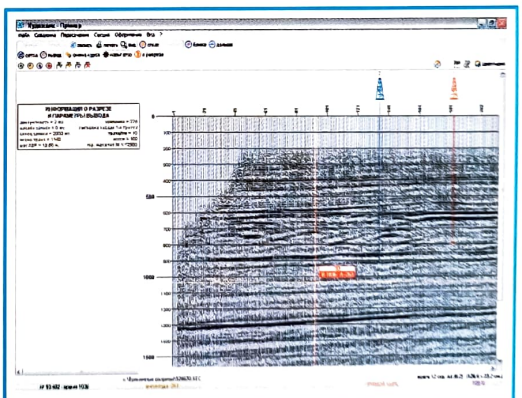


Рис. 3 Внешний вид программы "Художник" в режиме подготовки изображения

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,



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

1. Среднее значение экстремума

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

2. Средняя амплитуда

$$\overline{A} = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n}|f_i| \qquad (2)$$

3. Среднеквадратическая амплитуда

$$\overline{A}_{sq} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{1}^{n} f_i^2} \qquad (3)$$

4. Дисперсия амплитуд

$$D = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{1}^{n}(f_i - \overline{A})^2} \qquad (4)$$

5. Асимметрия амплитуд

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

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

$$F = \{\max \overline{S}(f)\} \qquad (6)$$

2. Средневзвешенная частота (СВЧ)

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

3. Энергия спектра записи

$$E = \sum_{F_0}^{F_N}\overline{S}(f) \qquad (8)$$

4. Ширина спектра

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

5. Радиус спектра

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

6. Медианная частота

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

7. Средняя энергия спектра в диапазоне частот (F_0, F_n)

$$D = \frac{\sum_{F_0}^{F_N}\overline{S}(f)}{F_N - F_0} \qquad (12)$$

8. Оценка сжатия амплитудного спектра

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

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]:

$$C_S(\tau) = \frac{1}{2}\left[C_f(\tau) + C_g(\tau)\right] \qquad (14)$$

$$C_N(\tau) = C_f(\tau) - \frac{1}{2}\left[C_{fg}(\tau) + C_{gf}(\tau)\right] \qquad (15)$$

где f - текущая трасса, g - соседние трассы, C_S - автокорреляция когерентной составляющей, C_N - автокорреляция помехи, C_f - автокорреляция фрагмента текущей трассы, C_g - 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

$$k = \frac{\sum_{F_0}^{F_N} S_S(f)}{\sum_{F_0}^{F_N} S_N(f)} \qquad (16)$$

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

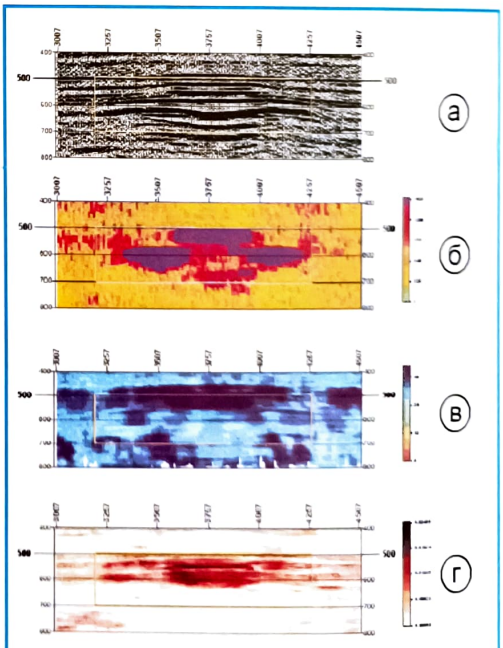


Рис. 4 Отображение некоторых динамических характеристик в сейсмическом волновом поле, приуроченном к газовой залежи:
а) исходный временной разрез;
б) разрез параметра дисперсии амплитуд;
в) разрез параметра средневзвешенной частоты;
г) разрез параметра поглощения

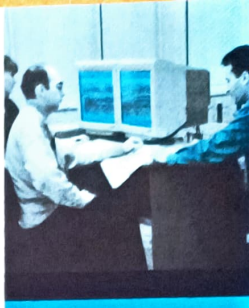
Оценка параметров поглощения в программе "Эксперт" осуществляется по результатам сопоставления спектральных характеристик сигналов, форма которых оценивается методом усреднения комплексных кепстров записей отдельно для верхней и нижней половин скользящего временного окна длительностью T [6]. При этом перед накапливанием 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. Гоголенков 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.

ВЕЛКО

Лаборатории, подъемники, сейсмические станции



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

ТОРГОВЫЙ СЕЙСМО • ТЕХНИКА ДОМ

ЗАО "Торговый дом "СЕЙСМОТЕХНИКА"

совме

2004



Январь

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Февраль

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29

Март

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Апрель

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

Июль

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Август

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23/30	24/31	25	26	27	28	29

ЗАО "ТОРГОВЫЙ ДОМ "СЕЙСМОТЕХНИКА"
125083, Г. МОСКВА, УЛ. МИШИНА, Д. 57, СТР. 1
ТЕЛЕФОН: (095) 795-0793, 787-5121
http://www.seis.ru;
E-mail: tdseismotekhnika@nm.ru



СТНО С

РНПУП "СЕЙСМОТЕХНИКА БГУ"

предлагает

нефтяным и геофизическим компаниям широкий выбор техники и оборудования для бурения и капитального ремонта скважин, проведения сейсморазведочных и промыслово-геофизических работ, в том числе:

- Ряд вибрационных источников сейсмических сигналов для любых климатических условий и различных регионов.
- Комплекс устьевого оборудования для проведения промыслово-геофизических работ на нефтяных и газовых скважинах под давлением.
- Технику и оборудование для буровых и нефтепромысловых работ.

А также обеспечит:

- Сертификацию поставляемой продукции.
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание и капитальный ремонт поставляемой продукции.
- Сервисное обслуживание вибрационных источников сейсмических сигналов при проведении сейсморазведочных работ.
- Обучение обслуживающего персонала поставляемой продукции.
- Предоставление в аренду нефтепромыслового оборудования и геофизической техники.

РНПУП "СЕЙСМОТЕХНИКА БГУ"
РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ, 246020,
Г. ГОМЕЛЬ, УЛ. ВЛАДИМИРОВА, Д. 16
ТЕЛЕФОН: (375-232) 49-76-05,
ФАКС: (375-232) 49-71-02

Май

н	вт	ср	чт	пт	сб	вс
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
0	11	12	13	14	15	16
7	18	19	20	21	22	23
31	25	26	27	28	29	30

Июнь

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Сентябрь

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

Октябрь

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Ноябрь

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

Декабрь

пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		



Преобразование мгновенных частотно-фазовых характеристик сейсмозаписей

Бусыгин И.Н., Попов С.П., ФГУП "Гемма", г. Краснодар

При динамическом анализе сейсмозаписей широко применяются мгновенные характеристики сигналов, которые строятся с помощью комплекснозначной аналитической функции

$$u(t) = x(t) + iy(t) \quad (1)$$

где $x(t)$ - заданный сигнал, а $y(t) = -\frac{1}{\pi} * x(t)$ - его преобразование Гильберта. Соотношение $x(t) \leftrightarrow u(t)$ является взаимно однозначным, так как из (1) следует, что $x(t) = Re[u(t)]$.

Представив комплексное число $u(t)$ в показательной форме

$$u(t) = a(t)\exp[i\varphi(t)] \quad (2)$$

получим выражения для мгновенной амплитуды и мгновенной фазы сигнала [1]:

$$a(t) = \sqrt{x^2(t) + y^2(t)} \quad \text{И} \quad \varphi(t) = arctg\frac{y(t)}{x(t)}$$

Очевидно,что между сигналом $x(t)$ и функциями $a(t)$, $\varphi(t)$ также существует взаимно-однозначное соответствие и, следовательно, эти формы представления сигнала информационно эквивалентны. Из (3) получаем прямое преобразование сигнала $x(t)$ в его мгновенные характеристики $a(t)$ и $\varphi(t)$, а из (2) и (1) - обратное преобразование функций $a(t)$, $\varphi(t)$ в сигнал $x(t)$.

Определяя мгновенную частоту как среднюю скорость изменения мгновенной фазы в момент t, получаем, что $\varphi(t) = \omega(t)t$, что свидетельствует об информационной эквивалентности мгновенных характеристик $\varphi(t)$ и $\omega(t)$.

Отметим, что при описании сигнала $x(t)$ посредством мгновенных параметров его мгновенная фаза может быть определена с точностью до линейного тренда, то есть в виде

$$\vartheta(t) = \psi(t) + \omega_0 t + \varphi_0 \quad (4)$$

Действительно, подставляя (4) в (2), получим

$$u(t) = a(t)exp[i\psi(t)]exp[i(\omega_0 t + \varphi_0)] \quad (5)$$

Отсюда следует, что $exp[i(\omega_0 t+\varphi_0)]$ - гармонический сигнал постоянной частоты ω_0, а $m(t)= a(t)exp[i\psi(t)]$ - коэффициент, модулирующий это гармоническое колебание.

В теории передачи сигналов [3] такое гармоническое колебание частоты ω_0 называется несущим, а соответствующие способы передачи информации - амплитудной, фазовой и частотной модуляциями. Поскольку несущее гармоническое колебание никакой информации не содержит, вся "передаваемая" (в нашем случае, геологическая) информация содержится в модулирующих функциях $a(t)$, $\psi(t)$, $\omega(t)$.

Таким образом, свойства сигнала $x(t)$ могут быть однозначно описаны его мгновенными характеристиками $a(t)$, $\psi(t)$ или $a(t)$, $\omega(t)$. Это означает,что обработка сейсмозаписей может быть сведена к преобразованиям, выполняемым над их мгновенными характеристиками. Такой подход к обработке при некоторых обстоятельствах может иметь свои преимущества.

Рассмотрим группу линейных частотно-фазовых преобразований мгновенных характеристик, соответствующую модели фазовой кривой в виде

$$\tilde{\varphi}(t) = k\,\psi(t) + \omega_0 t + \varphi_0 \quad (6)$$

Здесь и ниже $\psi(t)$ и $\tilde{\varphi}(t)$ обозначают мгновенные фазы до и после линейного преобразования (6).

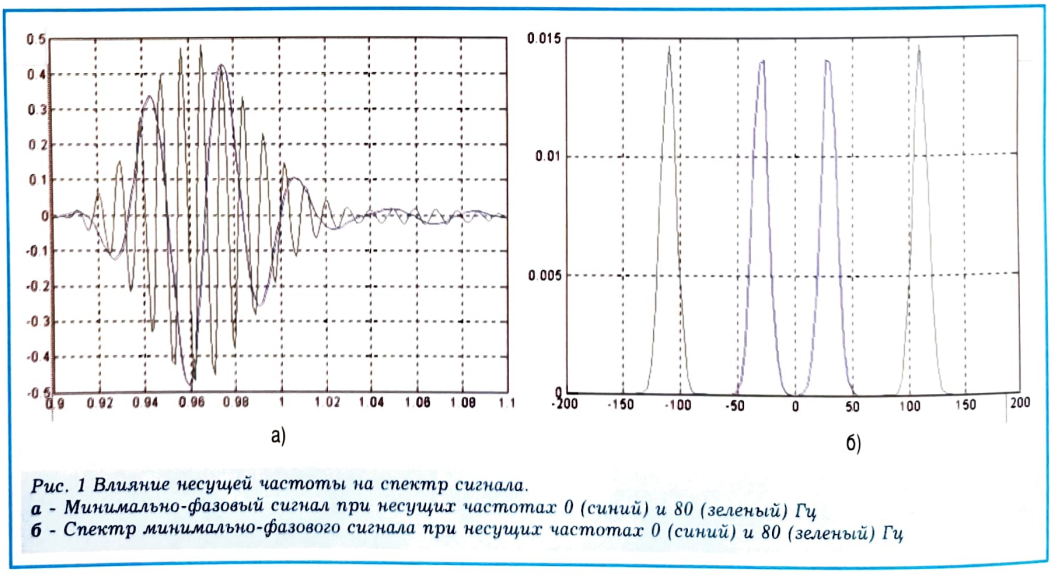
Поскольку мгновенная частота - это скорость изменения мгновенной фазы, то, дифференцируя (6) по времени, получим

$$\tilde{\omega}(t) = k\omega(t) + \omega_0 \quad (7)$$

Здесь $\omega(t)$ и $\tilde{\omega}(t)$ - мгновенные частоты до и после линейного преобразования.

Множитель k будем называть коэффициентом частотной трансформации сигнала.

В модели (6) можно варьировать три параметра: φ_0, ω_0, k; в модели (7) - два параметра - ω_0, k.



а) б)

Рис. 1 Влияние несущей частоты на спектр сигнала.
а - Минимально-фазовый сигнал при несущих частотах 0 (синий) и 80 (зеленый) Гц
б - Спектр минимально-фазового сигнала при несущих частотах 0 (синий) и 80 (зеленый) Гц

Запишем аналитический сигнал в виде

$$u(t) = m(t)exp(i\omega_0 t)exp(i\varphi_0) \qquad (8)$$

Так как спектр квадратичного оператора [2], реализующего преобразование Гильберта, равен $isign(f)$, то легко показать, что аналитический сигнал $u(t)$ имеет спектр

$$U(f) = 2X(f) \quad \text{при} \quad f > 0 \qquad (9)$$

Пусть $M(f)$ - спектр моделирующего коэффициента $m(t)$, который согласно определению, содержит мгновенные характеристики сигнала $x(t)$ и не зависит от параметров φ_0, ω_0, k. Тогда из (8) и (9) следует

$$X(f) = 1/2exp(i\varphi_0)M(2\pi f - \omega_0), \qquad (10)$$

то есть спектр сигнала с точностью до постоянного множителя, определяемого начальной фазой φ_0, и с точностью до сдвига, равного несущей частоте ω_0, совпадает со спектром, определяемым мгновенными характеристиками сигнала (рис. 1).

При изменении коэффициента k частотной трансформации меняется сама функция фазовой модуляции $\tilde{\varphi}(t)$, то есть меняется модулирующий коэффициент $m(t)$, причем высокие мгновенные частоты, в силу уравнения (7), подвергаются большему изменению, чем низкие (при $k>1$ высокие мгновенные частоты увеличивают мгновенную частоту в большей степени, чем низкие).

В качестве примера рассмотрим случай удвоения мгновенных частот (рис.2), являющийся альтернативой процедуре замены трассы абсолютными значениями сигнала (переход к модульному разрезу). В этом случае на месте одного периода будут помещаться два при сохранении амплитудной огибающей $a(t)$, и все экстремумы исходной трассы преобразуются в максимумы. Обычно такая процедура применяется при визуализации окончательного временного разреза для увеличения визуальной информативности при его интерпретации. На таком разрезе целевой горизонт может прослеживаться по положительным и отрицательным фазам. Однако, удвоение мгновенных частот, в отличие от преобразования к модульному виду, сохраняет "гармоничность" сейсмозаписей и,

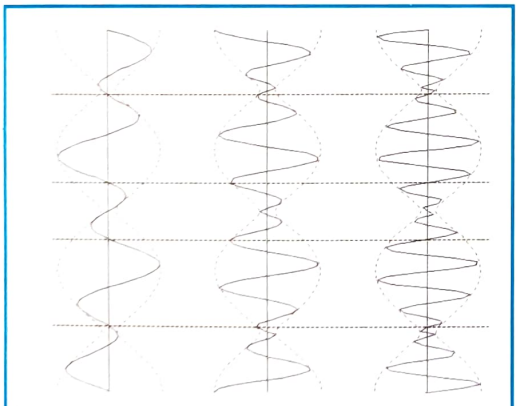


Рис. 2 Примеры трансформации мгновенных частот. Слева направо: исходный сигнал и сигналы с удвоенными и утроенными мгновенными частотами. Пунктир - амплитудная огибающая. Точки на оси - границы видимых периодов

следовательно, позволяет применять к трансформированному сигналу весь набор операций, выполняемых над сейсмотрассами.

Любые частотно-фазовые преобразования сейсмозаписей имеют смысл только при условии, что, выполнив обработку с трансформацией мгновенных характеристик сигнала, мы будем иметь возможность вернуться в область исходного фазового диапазона, восстановив правильное фазовое положение горизонтов и их частотный состав. Иными словами, необходимо, чтобы описываемые частотно-фазовые процедуры были обратимы. С этой точки зрения

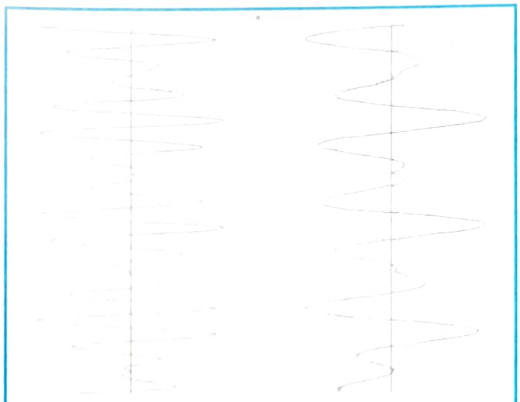


Рис. 3 Пример неоднозначного восстановления мгновенных частот. Слева - сигнал с удвоенными частотами. Справа - восстановленный сигнал (пунктир - сигнал до трансформации)

определенной осторожности требуют преобразования, связанные с трансформацией мгновенных фаз, так как фазовый угол $\varphi(t)$ является немонотонной разрывной функцией, ограниченной пределами $-\pi < \varphi \le \pi$.

Рассмотрим случай частотно-фазовой трансформации $\tilde{\varphi}(t)=k\psi(t)$ при $k>1$. Для обратного преобразования мгновенных фаз $\psi(t)=n\tilde{\varphi}(t)$, где $n=1/k$, $n<1$, требуется предварительное выполнение процедуры "анрепинг" (unwrap), то есть приведение фазовой кривой к монотонному виду. Однако, ввиду дискретизации сигнала и, соответственно, фазовой информации, существуют области ненадежного определения фазы (при значениях сигнала близких к нулю). В этом случае для однозначного восстановления требуется дополнительная информация, например, знаковое кодирование сейсмозаписей. Формальное применение к фазовой кривой $\tilde{\varphi}(t)$ коэффициента частотной трансформации $n=1/k<1$ может привести к восстановлению каждой фазы исходного сигнала с точностью до знака. На рис. 3 приведен пример такого неоднозначного восстановления.

Опыт показал, что наиболее простым и приемлемым решением проблемы восстановления фазовой и частотной информации является использование, на этапе обратной трансформации мгновенных частот, исходного разреза мгновенных фаз $\psi(t)$ совместно с полученной динамической характеристикой $\tilde{a}(t)$ разреза.

Описанная процедура может эффективно применяться как на этапе обработки исходных сейсмограмм, так и по временному разрезу. На временных разрезах высокочастотная трансформация (рис. 4) дает возможность выполнения более эффективной многоканальной фильтрации с последующим восстановлением мгновенных частот.

Литература.

1. Канасевич Э. Р. Анализ временных последовательностей в геофизике: Пер. с англ. В. Н. Лисина М.: Недра, 1985, 400 с..
2. Клаербоут Д.Ф. Теоретические основы обработки геофизической информации. М., Недра, 1981,304 с.
3. Кловский Д. Д. Теория передачи сигналов. М., Связь, 1973, 374с.

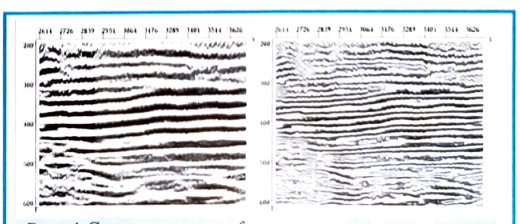


Рис. 4 Сопоставление фрагмента временного разреза (слева) с его удвоенным по мгновенной частоте эквивалентом (справа)

GEOTIGG

ПОЛНОСТЬЮ ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

работающая на PC (Linux)

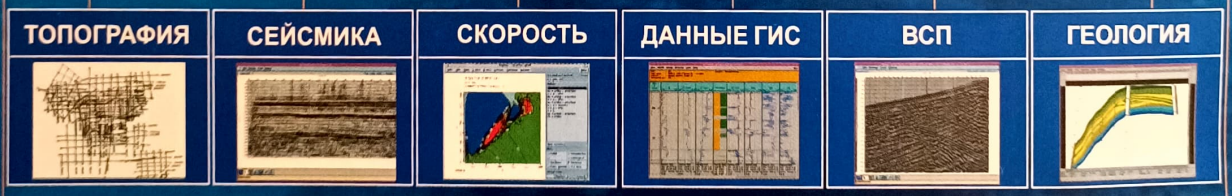
GEOTIGG основан на базе данных ORACLE, и все модули полностью интегрированы. Нет необходимости в дублировании данных.



ПРИЛОЖЕНИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ

GEOTIGG

ДАННЫЕ ДАННЫЕ



КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ :

ГЕОЛИДЕР:
Тел.: +7(3452) 31 56 07
Факс: +7(3452) 45 64 03
E-mail: dduguet@geoleader.ru
and@geoleader.ru
Web-site: www.geoleader.ru

СОВФРАНСГЕО:
Тел.: +7(095) 280 03 60
Факс: +7(095) 280 04 30
E-mail: smirnov@sovfransgeo.ru
sutyagin@sovfransgeo.ru
yakovlev@sovfransgeo.ru

Технология вычитания когерентных помех и выделения когерентного сигнала на временных и глубинно-динамических разрезах

Шкуратов О.И., ООО НПК "Геопроект", г. Саратов

Проблема вычитания волн-помех и усиления сигналов является одной из основных проблем обработки сейсморазведочной информации. Разработано множество алгоритмов, приемов и процедур, решающих указанную задачу, реализованных в соответствующих программных средствах.

В данной статье рассматриваются проблемы борьбы с когерентным шумом и усиления когерентной составляющей полезного сигнала. Когерентный шум является серьезной осложняющей обработку проблемой. К волнам такого типа относятся звуковые, низко- и среднескоростные волны-помехи, преломленные и кратно-преломленные волны. Эти волны могут в значительной степени проявляться и на временных разрезах. На результирующих разрезах так же могут образовываться и специфические помехи, например, возникающие в результате миграции "улыбки миграции" на временных мигрированных или глубинно-динамических разрезах.

К процедурам, призванным бороться с подобными помехами, относятся прежде всего различного рода веерные фильтрации во временной и частотной областях. Это процедуры типа ReFil из SDS PC, FKFil из комплексов Vistar, Focus, Promax, GeoVector+ и т.д. Указанные процедуры позволяют весьма эффективно бороться с перечисленными помехами и в ряде случаев этого оказывается вполне достаточно. Однако эти процедуры обладают и рядом недостатков, затрудняющих работу с ними. К ним можно отнести трудность подбора параметров, сложность локализации результата, настройка процедур только на прямолинейные оси синфазности, сложность вычитания помех, приближенных по параметрам к полезным волнам и т.д. Все это в ряде случаев затрудняет применение указанных процедур и получение удовлетворяющего по качеству результата. Возможность интерактивного задания параметров в интерактивном графическом режиме не всегда позволяет обойти указанные ограничения.

Несколько дальше в данном направлении продвинулись разработчики интерпретационного пакета "Инпрес" (ЦГЭ, Авербух А.Г. [1]), включившего в свой пакет процедуру FK-фильтрации по временному разрезу. Комплекс позволяет локализовать зону вычитания на разрезе, нарисовав ее мышью на экране дисплея. Так же мышью рисуется направление волны-помехи, предназначенной для вычитания, и это направление может не быть прямолинейным. К сожалению, опыт опробования пакета свидетельствует о том, что из зоны вычитания убираются все возможные прямолинейные направления, на которые разбивается заданное направление вычитания, что резко затрудняет работу для криволинейных когерентных осей синфазности, поскольку в этом случае высока вероятность совпадения кинематических особенностей полезных волн и отдельных фрагментов волн-помех.

Проблема усиления когерентной составляющей полезного сигнала так же не менее актуальна. Решающие эту проблему процедуры (например, AMCOD из SDS PC) имеют в большинстве своем те же недостатки, что и процедуры вычитания.

Все вышесказанное привело к необходимости разработки процедур вычитания/выделения, в максимально возможной степени свободных от указанных недостатков.

На основе стандартного алгоритма вычитания/выделения во временной области в ООО "НПК "Геопроект" была разработана соответствующая процедура, реализованная в программе Razrez [2] комплекса InterMig. Кратко алгоритм процедуры состоит в следующем. По некоторому направлению для заданной в трассах базы формируется суммотрасса - оператор, характеризующий когерентную составляющую волнового поля по заданному направлению. При необходимости выделения сигнала эта суммотрасса записывается на место центральной трассы текущей базы и является основным результатом процедуры. В случае вычитания сформированный оператор вычитается из центральной трассы базы, формируя таким образом результативную трассу.

Кратко опишем основные особенности реализованной процедуры.

Оцифровка осей синфазностей волн помех производится стандартными средствами программы Razrez. Основными параметрами процедуры являются база вычитания/выделения и несколько размеров, определяющих общую область работы программы и разделяющую ее на некоторые зоны.

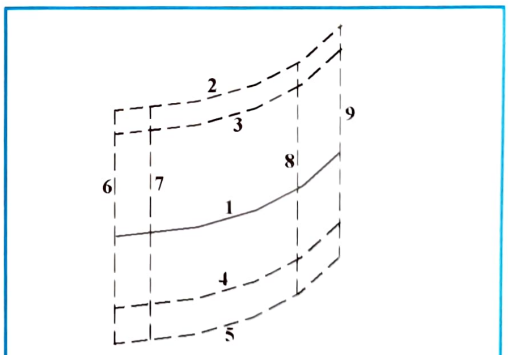


Рис. 1 Зоны работы процедуры вычитания/выделения

На Рис. 1 линией 1 схематически представлена линия оцифровки волны, подвергающейся обработке. Зона между линиями 3-4-7-8 является зоной полной обработки, в которую заносится результат в чистом виде. Зоны между линиями 2-3 и 4-5 являются зонами интерполяции результата по времени, в которых процент результативной информации уменьшается от 100% на линиях 3 и 4 до 0 на линиях 2 и 5. Аналогичные зоны интерполяции



по горизонтали определяются парами линий 6-7 и 8-9.

Дополнительными параметрами являются процент исходной информации,замешиваемый в результат обработки и коэффициент нормировки (множитель), которым можно нормировать полученный результат.

Процедура работает со всеми линиями оцифровки, сделанными на разрезе. Если часть линий являются "выделенными", процедура работает только по выделенным линиям.

Особенности программы состоят в том, что после процедуры вычитания/выделения сформированное программой изображение разреза не обновляется, поэтому для просмотра результата следует использовать еще одну программу Razrez, в которую загружается результативный файл. Переключаясь с одной программы на другую, легко подобрать параметры обработки и оценить эффективность результата.

На Рис. 2 показаны результаты работы процедуры вычитания на модельном волновом поле. На Рис. 2а представлен фрагмент волнового поля (сейсмограмма), характеризующийся одинаковыми по форме сигналами вне зон интерференции и зоной интерференции в правой его части. На Рис. 2б представлен тот же фрагмент с вычтенной самой верхней осью синфазности. Наблюдается стопроцентное вычитание выбранной оси, практически полное отсутствие шума процедуры, хорошая разрешенность результата в зоне интерференции (форма интерферирующего импульса полностью восстановлена). Все это свидетельствует о высокой эффективности процедуры вычитания.

На Рис. 3 показаны результаты работы программы по фрагменту реального волнового поля. На Рис. 3а представлен фрагмент глубинно-динамического разреза, полученного

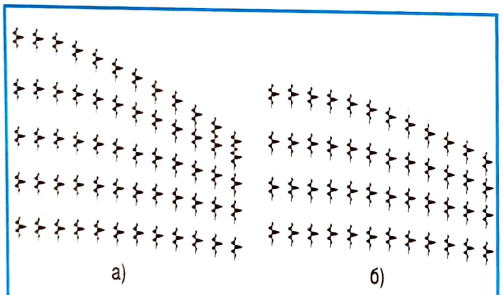


Рис. 2 Вычитание по модельному волновому полю

в комплексе пластовой миграции "GeoDepth" по одному из профилей Прикаспийской впадины, осложненный крутонаклоненными осями синфазностей, идентифицированными как миграционный шум и подлежащими вычитанию. На Рис. 3б показан тот же фрагмент после вычитания указанных помех, на котором видно почти полное отсутствие описанных осей. На Рис. 3в показан результат выделения полезной субгоризонтальной оси синфазности, которая хорошо видна по краям представленного фрагмента разреза и очень слабо следится в его центре. На рисунке намеренно не показаны направления вычитания и выделения, т.к. линии направлений значительно затрудняют визуальный анализ волнового поля. Полученный результат позволяет оценить эффективность

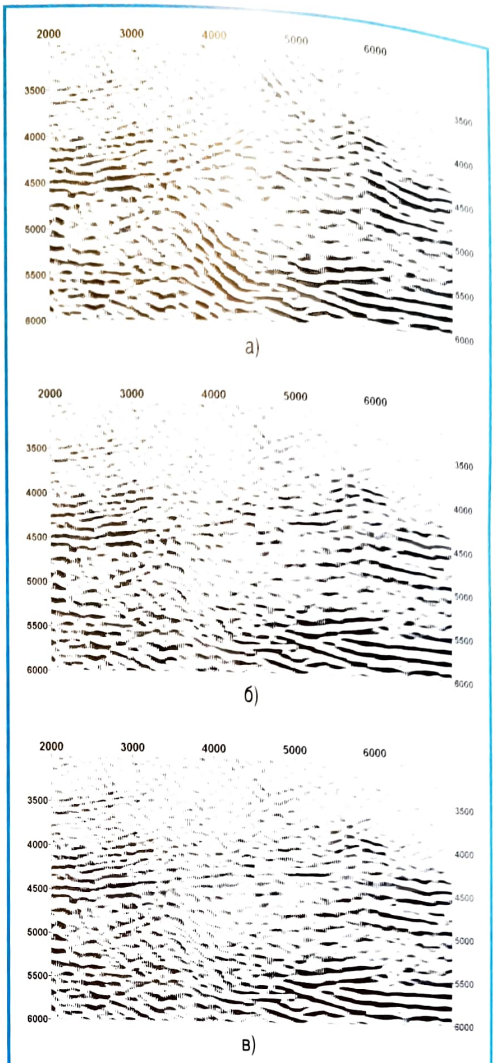


Рис. 3 Пример работы процедуры вычитания/выделения по фрагменту волнового поля

работы процедуры по реальному волновому полю.

На Рис. 4 представлены результаты работы программы по направлениям, секущим оси синфазности под большим углом. На Рис. 4а представлен фрагмент того же профиля в районе динамически выраженных подсолевых горизонтов с нанесенным на нем направлением вычитания/выделения. На Рис. 4б представлен результат вычитания, а на Рис. 4в результат выделения по указанному направлению. Волновое поле после вычитания практически аналогично исходному, после выделения в интервале работы наблюдается почти полное подавление волнового поля, что свидетельствует о полном отсутствии когерентной составляющей по данному направлению.

На Рис. 5 показан глубинно-динамический разрез профиля, условно названного 0000001, отработанного АО "Саратовнефтегеофизика" и обработанного в ООО "НПК "Геопроект". Профиль характеризуется ярко выраженной солянокупольной тектоникой, основной поисковый интерес связан с подсолевыми объектами. После проведенной обработки глубинно-динамический разрез характеризуется наличием крутонаклоненных осей,

являющихся шумом миграционных процедур.

На Рис. 6 представлены результаты вычитания по указанному профилю большинства идентифицированных помех. После обработки наблюдается значительное улучшение прослеживаемости полезных отраженных волн. Такого результата удалось добиться только путем вычитания помех без какого-либо выделения субгоризонтальных сигналов.

Отметим некоторые технологические особенности работы с программой.

База вычитания во всех представленных примерах была равна 21 трассам. Опыт опробования программы показал, что наиболее приемлемые базы вычитания 21-31. Меньшие базы имеют более широкую характеристику направленности, в результате чего может происходить частичное подавление полезных направлений. Для крутых наклонов базы можно немного уменьшать. Базы выделения для хорошего выделения когерентной составляющей можно брать несколько большими 31-51.

После вычитания выделенных направлений в результирующем поле могут проявляться новые направления помех, которых не видно на исходном разрезе. Для их вычитания они могут быть оцифрованы в программе Razrez, в которой происходит просмотр результата. Перенося новые направления в программу, производящую вычитание и осуществляя повторное вычитание, получаем очередной вариант результата. Повторяя описанную процедуру несколько раз, можно полностью очистить разрез от любых когерентных волн-помех. При этом временные затраты геофизика-обработчика на профиль средней протяженности (15-20 км) даже при высоком уровне помех может составлять не более двух часов.

Дополнительные возможности программы позволяют обнулить фрагменты разрезов вдоль заданных линий обработки, а так же усилить или ослабить указанные фрагменты без какого-либо вычитания/выделения.

Все вышеперечисленное свидетельствует о высокой эффективности и технологичности описанной процедуры, которая несомненно займет свое место при обработке сейсмических временных и глубинно-динамических разрезов.

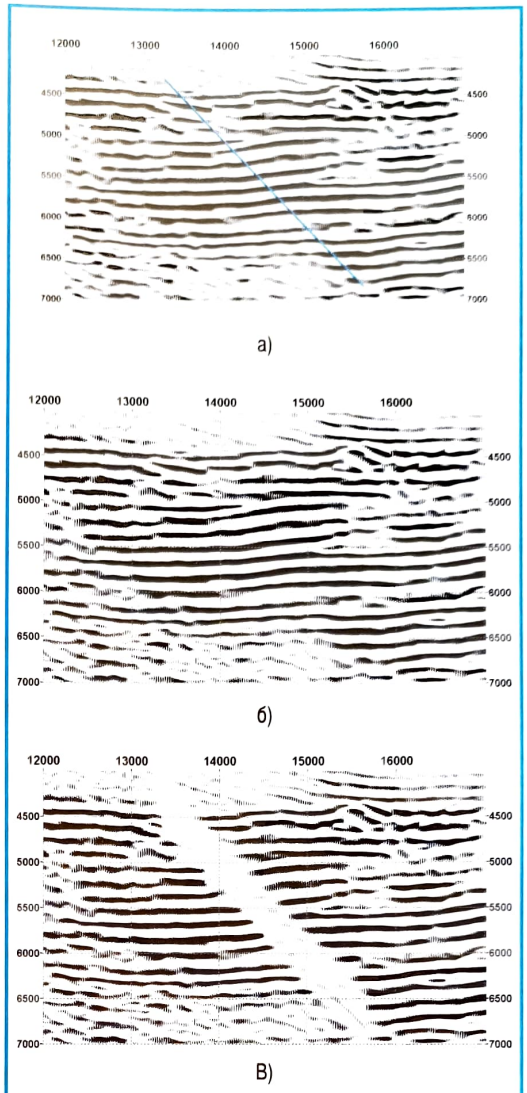


Рис. 4 Пример работы процедуры вычитания/выделения для направления, секущего когерентные оси

Литература

1. ИНПРЕС 5. Руководство пользователя. ЦГЭ, г. Москва, 2001 г.
2. Шкуратов О.И. Программа RAZREZ - программа визуализации и анализа сейсми-ческой информации. Недра Поволжья и Прикаспия, Выпуск 30, Саратов, 2002 г.

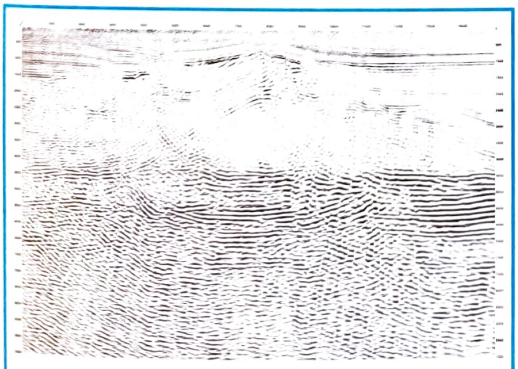


Рис. 5 Фрагмент глубинно-динамического разреза профиля 0000001

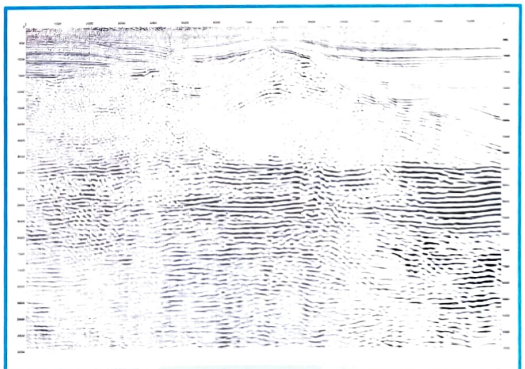


Рис. 6 Фрагмент глубинно-динамического разреза профиля 0000001 после вычитания



Наглядные спектральные оценки сейсмических сигналов и аппаратурных шумов

Юшин В.И., СО РАН, г. Новосибирск

Отображение сейсмических колебаний в частотной области служит важным инструментом анализа как целевых волн, так и микросейсмического шума. Однако традиционные оценки в виде спектральной плотности мощности (СПМ) или амплитудных спектров страдают тем существенным недостатком, что по ним трудно проводить абсолютные количественные сопоставления сигналов разных типов или сравнивать параметры сигналов во временной и частотной области. Причина не только в том, что временные и спектральные представления имеют разные физические размерности. Даже оценки одной природы, как, например, СПМ и просто амплитудный спектр, точнее, спектральная плотность амплитуд количественно на одном графике и в одном масштабе не сопоставимы. В конечном итоге, это сужает практическое применение спектров, зачастую ограничивая их арсенал нормированными оценками. Сейсмологи давно пытаются усовершенствовать спектральные представления с тем, чтобы добиться большей совместимости последних с легко воспринимаемыми амплитудными параметрами сигналов во временной области. Известны предложения Дж. Стейма, который ввел понятие *октавного спектра*, и Дж. Петерсона, усовершенствовавшего это представление, введением понятия *среднемаксимальной амплитуды*, пригодного как для шума, так и для сигналов типа землетрясений. Так, октавный спектр по Стейму представляет собой среднеквадратическое значение сигнала в некоторой относительной ("октавной") полосе частот в области заданной текущей частоты. Его размерность совпадает с размерностью исходного сигнала, а аргументом является, среднегеометрическая либо одна из граничных частот. Выбор относительной полосы именно в одну октаву не принципиален. В литературе и сейсмологических сайтах интернета можно встретить "октавные" спектры, определенные в полосах 1/3 октавы, 1/10 декады и др. Несмотря на значительные удобства, октавные спектры все же не решают всего многообразия задач по анализу сигналов.

В настоящей статье сделана попытка анализа некоторых спектральных оценок, которые позволяют более целенаправленно, исходя из поставленной задачи, анализировать сейсмические колебания любой природы, а также могут использоваться для тестирования аппаратурного тракта по собственным шумам. Обращение к этой проблеме вызвано тем, что с внедрением цифровых станций с большим динамическим диапазоном и мощных персональных компьютеров алгоритмы спектральных преобразований стали легко доступными специалистам-практикам. Однако пользуются ими не всегда корректно. О чем, например, может поведать инженеру *в абсолютных единицах* такая широко распространенная спектральная оценка как корень квадратный из СПМ с пугающей размерностью вольт на корень из Гц?

Все рассматриваемые ниже оценки представляют собой лишь функциональные преобразования от традиционных спектральных оценок, таких как *амплитудный спектр*, *периодограмма*, *спектральная плотность мощности* [1,2] и ни в коей мере не затрагивают классические основы спектрального анализа. Более того, некоторые из них встречаются и в классической теории, но, к сожалению, еще не получили достойного применения на практике.

Спектр, периодограмма и спектральная плотность мощности.

Пусть функции времени $x(t)$ представляет собой цифровую запись некоторого физического процесса, то есть, безразмерное число. Чтобы оттенить этот факт, будем обозначать такую "безразмерную размерность" единицей *код* (в зависимости от конкретной задачи ее затем можно заменить на любую физическую величину как вольт, метр в секунду и т.п.).

Понятие и определение комплексного спектра Фурье может относиться к любому физически возможному сигналу $x_T(t)$ ограниченной продолжительности T или к произвольно выбранному отрезку $[0,T]$ не ограниченного во времени сигнала $x(t)$:

$$X_T(f) = \int_0^\infty x_T(t) e^{-j2\pi ft}\,dt = \int_0^T x(t) e^{-j2\pi ft}\,dt \qquad (1)$$

Комплексный спектр Фурье (1) определен на всей частотной оси и имеет размерность код·с, или код/Гц. Обозначим его модуль как

$$A_T(f) = |X_T(f)| = \sqrt{X_T(f)\,X_T^*(f)} \qquad (2)$$

где $X_T^*(f)$ - комплексно сопряженный спектр. Функцию $A_T(f)$ обычно называют *амплитудным спектром*, а точнее, спектральной плотностью амплитуд. Здесь индекс T напоминает о ее зависимости от интервала времени, на котором выполнялось преобразование. Функция от комплексного спектра (1), определенная *только на положительных частотах*, вида

$$S_T(f) = \frac{2|X_T(f)|^2}{T} = \frac{2A_T^2(f)}{T}, \qquad f \ge 0 \qquad (3)$$

называется в теории случайных функций [1,2] *периодограммой*, а точнее, *односторонней периодограммой*. Если $x(t)$ - эргодический стационарный случайный процесс, то для него через понятие периодограммы, а значит, через амплитудный спектр может быть определена основная статистическая характеристика - спектральная плотность мощности (СПМ):

$$S(f) = M\left[\lim_{T\to\infty} S_T(f)\right] = M\left[\lim_{T\to\infty} \frac{2A_T^2(f)}{T}\right], \qquad f \ge 0, \quad (4)$$

где M - символ операции математического ожидания - усреднения по ансамблю реализаций. Как видим, для получения СПМ через

амплитудный спектр необходимы два предельных перехода - по времени и по множеству. При этом, как доказал В.С. Пугачев [3], операция M не может быть заменена предельным переходом при $T \to \infty$ (удлинением интервала Фурье-преобразования). Это связано с тем обстоятельством, что оценка периодограммы по одной, даже сколь угодно длинной, реализации $x_T(t)$ статистически несостоятельна (ее дисперсия не убывает с увеличением T). В результате, ее график выглядит как очень сильно и беспорядочно осциллирующая в неотрицательной области функция, причем с ростом интервала T размах осцилляций не убывает, а становится лишь более "высокочастотным". Такую функцию можно сгладить, применив простое усреднение в скользящем окне вдоль *частотной* оси, и это часто используется на практике. В.С. Пугачев показал [3], что для случайного процесса это как раз и эквивалентно тому, что исходная "длинная" реализация разбивается на ряд более коротких отрезков, после чего оценка спектральной плотности все равно находится по множеству периодограмм этих отрезков в соответствии с выражением (4).

В целом, корректная оценка СПМ эргодического стационарного случайного процесса может быть получена тремя статистически равноценными способами. Первый способ, как упомянуто, состоит в разбиении длинной реализации $x(t)$ на множество K относительно коротких (длиной T каждый) отрезков, вычислении по каждому из них периодограммы (3) и последующим их усреднением по полученному множеству K:

$$\hat{S}_T(f) = \frac{2}{K}\sum_{k=1}^{K}\frac{A^2_{T,k}(f)}{T} \qquad (5)$$

Второй способ состоит в однократном вычислении периодограммы (3) и последующим сглаживанием ее вдоль оси частот. Третий способ следует из альтернативного определения СПМ как преобразования Фурье автокорреляционной функции (здесь мы на нем не будем останавливаться).

На практике, однако, вместо СПМ чаще всего используют недостаточно усредненную или даже одиночную периодограмму (3) со всеми ее недостатками. Помимо сильной изрезанности, которая мешает, например, поместить на один график несколько сравниваемых спектров, периодограмма (и СПМ) имеет еще два существенных, с точки зрения визуального анализа, недостатка. Если в анализируемом сигнале присутствуют гармонические компоненты, то они проявляются в виде узких спектральных линий большой амплитуды, совершенно неадекватной их сравнительному с шумовой компонентой уровню в исходном сигнале. Их амплитуда пропорциональна интервалу T, тогда как уровень сплошной части СПМ не зависит от T.

Другой недостаток состоит в следующем. СПМ (и периодограмма) имеет размерность *код*^{2} *с*, или *код*^{2}/*Гц*, и физически может интерпретироваться как средняя мощность (или дисперсия) исходного сигнала в фиксированной *абсолютной* полосе частот шириной 1 Гц в окрестности данной частоты. Однако на графике функции времени (например, сейсмограмме) человек способен визуально охватить лишь ограниченную *относительную* полосу частот независимо от того, к какой области абсолютных частот относится эта запись. В результате, восприятие спектральной плотности оказывается в целом искажено относительно субъективного восприятия исходного сигнала неадекватным подчеркиванием низкочастотных составляющих.

Для визуального анализа частотного состава сейсмограммы *во времени* мы обычно применяем фильтры, вырезающие частотные компоненты, несущие наиболее ценную, по нашему мнению, информацию. Чтобы сопоставить наблюдаемые амплитуды и мощность такого отфильтрованного сигнала с его СПМ, заданной в широкой полосе частот, необходимо выполнить интегрирование последней в соответствующей узкой полосе. Но если эту операцию приходится (явно или мысленно) выполнять почти всегда, то возникает вопрос, не проще ли заранее преобразовать спектральную плотность таким образом, чтобы результат был бы сразу сопоставим с привычными амплитудными оценками сигнала? Непосредственно же к СПМ целесообразно обращаться лишь тогда, когда это действительно необходимо, например, для вычисления корреляционных функций, расчета оптимальных операторов и т.п.

Октавные спектры.

Рассмотрим скользящее интегральное преобразование односторонней спектральной плотности в области положительных частот вида

$$Q_a(f) = \int_f^{af} S(f')df', \qquad a > 1 \qquad (6)$$

где a - постоянный коэффициент, определяющий *относительную* ширину полосы частот, в которой выполняется интегрирование односторонней спектральной плотности, то есть, вычисляется дисперсия отфильтрованного сигнала. Полагая, что на коротком интервале интегрирования по частоте, спектральная плотность случайного сигнала изменяется мало, можем приближенно вместо (6) записать:

$$Q_a(f) = (a-1)f\,S(f) \qquad (7)$$

Величина a выражается через основание относительной шкалы частот γ (обычно это октава, γ=2, или декада, γ=10) и дробное число q, означающее какая часть октавы или декады, соответственно, составляет выбранная для спектрального анализа относительная полоса частот: $a=\gamma^q$.

При полосе ровно в одну октаву a-1=1, и выражение (7) получается простейшим:

$$Q_{oct}(f) = Q(f) = f\,S(f) \qquad (8)$$

На практике используются полосы: треть октавы (a-1=0.26), 1/6 октавы (a-1=0.12) и примерно равная ей величина 1/20 декады (a-1=0.12). Соответствующие октавные спектры будут выражаться как:

$$Q_{oct/3}(f) = 0.26\,f\,Q(f)$$
$$Q_{dec/20}(f) = 0.12\,f\,Q(f) \qquad \text{и т.п.}$$

Как видим, все они различаются только безразмерным масштабным коэффициентом.

Поскольку мы, в действительности, не выполняли интегрирование (6), а дали оценку





ожидаемой величине того или иного октавного спектра исключительно по "мгновенным" значениям исходной СПМ, то в качестве общего определения *октавного спектра дисперсии* примем самое простое выражение (8). Оно показывает, какова была бы средняя мощность данного случайного сигнала в полосе частот в одну октаву, если бы спектральная плотность этого сигнала была бы постоянна в этой полосе и равна ее фактическому значению на данной *абсолютной* частоте f. Тем самым мы переводим размерность СПМ в привычную физически ощутимую размерность мощности сигнала - *вольт*. Переход от октавы к другой относительной полосе частот сводится, как показано выше, всего лишь к умножению октавного спектра на соответствующий коэффициент.

Определим также *спектр октавного среднеквадратического отклонения (СКО)* как

$$q(f) = \sqrt{Q(f)} = \sqrt{f \cdot S(f)} \qquad (9)$$

Спектры гармоник.

С точки зрения наглядности спектрального анализа сложных сигналов, содержащих как случайный шум, так и гармонические компоненты, СПМ и октавные спектры (в вышеприведенном определении (8)) неудовлетворительны. Строго говоря, указанные характеристики адекватны только для чисто случайных сигналов. Если же в исходном сигнале присутствуют стабильные гармонические компоненты, которые обнаруживаются в виде спектральных линий на амплитудных спектрах и периодограммах, то оценивать их амплитуды по периодограммам, СПМ или октавным спектрам без дополнительной информации нельзя.

Спектральное преобразование надо видоизменить. Разумно потребовать, чтобы амплитуды спектральных линий в такой спектральной оценке совпадали бы по размерности и величине с амплитудами или мощностями гармонических составляющих *независимо от длины анализируемой реализации* T. При этом придется пожертвовать правильным отображением сплошной части спектра. Этому требованию отвечает простое масштабирование обычного амплитудного спектра (2), полученного по одной реализации, коэффициентом, обратным ее длительности T:

$$g(f) = \frac{2}{T}\left|X_T(f)\right| = \frac{2A_T(f)}{T} \qquad (10)$$

Выражение (10) назовем *спектром амплитуд гармоник*, или, кратко, *спектром гармоник*. Оно имеет ту же размерность, что и исходный сигнал. Используя это выражение, можно по амплитудному спектру (2) измерить *абсолютные* амплитуды и частоты всех стабильных по частоте гармонических компонент в исходном сигнале, даже если они лежат ниже уровня шума. Здесь Фурье-преобразование выступает как оператор оптимального выделения монохроматических колебаний на фоне шума. Сравнивать затем полученные амплитуды гармоник следует с суммарным средне-квадратическим уровнем исходного сигнала, вычисленного во временной области, или же со сплошной частью октавного спектра СКО (9). Для этого достаточно просто поместить на общий график обе спектральные оценки и принимать во внимание в октавном спектре только сплошную часть, интерпретируя его непомерно большие спектральные линии и в спектре гармоник - только линии.

В некоторых случаях вместо спектра амплитуд гармоник целесообразно пользоваться *спектром мощности гармоник*, который определяется как

$$G(f) = \frac{2A_T^2(f)}{T} \qquad (11)$$

имеет размерность мощности сигнала и может сравниваться непосредственно со сплошной частью октавного спектра дисперсии (8).

Отметим, однако, принципиальное отличие оценок СПМ и спектра гармоник. Если первая является статистической характеристикой, и для получения ее состоятельной оценки требуется усреднение множества периодограмм по достаточно большой выборке или частотное сглаживание, то вторая представляет собой оценку параметра амплитуды детерминированного сигнала, замаскированного случайным шумом, и здесь требуется выборка лишь минимально необходимая для того, чтобы детерминированная гармоническая компонента проявилась как спектральная линия. Требование минимизации длины анализируемой реализации становится актуальным, если частота гармоники нестабильна. В этом случае спектральная линия размывается (расширяется и падает по амплитуде), и стало быть, спектр гармоник становится недостоверным. Критерием корректности оценки спектра амплитуд гармоник является наблюдаемая ширина спектральной линии, которая, как известно, должна быть обратна длине T исходной реализации сигнала. Но и правильная ширина спектральной линии не гарантирует точности ее измерения. Известно, что при использовании БПФ для анализа сигналов, содержащих гармоники, некратные по периоду интервалу анализа, без существенного увеличения исходного временного массива за счет дополнительных нулей, имеет место "эффект растекания", природа которого сродни "алайсинг-эффекту". В результате, наблюдаемые амплитуды спектральных линий могут оказаться ниже истинных значений, в худшем случае, на 30%. Этому недостатку подвержен и спектр гармоник. Всех перечисленных недостатков лишена следующая, наиболее универсальная спектральная оценка - интегральный спектр, или спектральная функция [1, 2].

Интегральные спектры дисперсии и среднеквадратического отклонения. *Интегральный спектр дисперсии* определяется как дисперсия сигнала в переменной полосе частот, начиная от некоторой фиксированной f_0 до текущей частоты f. Он вычисляется интегрированием СПМ или периодограммы в переменной полосе частот с фиксированным нижним пределом:

$$D(f_0, f) = \int_{f_0}^{f} S(f')df' \qquad (12)$$

Частота f_0 здесь выступает как параметр, а f - как аргумент интегрального спектра.

Соответственно, можно определить *интегральный спектр среднеквадратического отклонения (СКО)* как $\sqrt{D(f_0, f)}$, но эта оценка менее удобна.

Для получения интегрального спектра можно использовать вместо спектральной плотности $S(f)$ даже одиночную периодограмму $S_T(f)$, что делает интегральный спектр универсальным инструментом анализа шумоподобных и гармонических сигналов, включая нестабильные по частоте и свип-сигналы. Выбор начальной частоты интегрирования f_0 определяется характером решаемой задачи,но во всех случаях она не должна быть ниже, чем $1/T$, где T - длина реализации, по которой вычисляется периодограмма.

Отметим важнейшие свойства интегральных спектров, которые достаточно очевидны,исходя из определения (12) и положительной определенности СПМ.

1. Интегральный спектр является неубывающей функцией частоты.

2. Дисперсия сигнала в любой заданной фиксированной полосе частот $[f_1, f_2]$ определяется просто как разность значений интегрального спектра дисперсии на этих граничных частотах:

$$D(f_1, f_2) = D(f_0, f_2) - D(f_0, f_1) \qquad (13)$$

3. Конечное значение интегрального спектра дисперсии равно общей дисперсии сигнала, вычисленной непосредственно во временной области, а интегрального спектра СКО, соответственно, среднеквадратическому отклонению сигнала. Это свойство, в частности, удобно использовать для контроля правильности вычисления интегральных спектров.

4. Крутизна возрастания интегрального спектра пропорциональна СПМ. Мы намеренно употребляем здесь понятие *крутизна* вместо *производная*, поскольку, во-первых, строго говоря, производная не всегда существует, а во-вторых,в случае, когда оценка интегрального спектра определяется по одиночной периодограмме, его производная (т.е., сама периодограмма) является сильно осциллирующей, визуально нечитаемой, функцией, тогда как интегральный спектр выглядит всего лишь как шероховатая,но вполне локализованная кривая, имеющая хорошо различимую глазом крутизну. С точки зрения практического спектрального анализа это достоинство очень существенно, поскольку позволяет наносить на один график несколько однотипных спектров разных сигналов, не сливающихся в неразборчивую картину.

5. Наличие гармонической составляющей в сигнале проявляется в интегральном спектре дисперсии в виде скачка, высота которого равна мощности гармоники. Если гармоника нестабильна по частоте, это приводит лишь к сглаживанию фронта такого скачка, но высота его все равно сохраняется равной мощности гармоники. Важно особо подчеркнуть это достоинство интегрального спектра, которое делает его нечувствительным также и к вышеупомянутому "эффекту растекания". Благодаря этому свойству при формировании массива для БПФ нет необходимости увеличивать его за счет дополнительных нулей, что приходится делать, например, при вычислении спектра гармоник с тем,чтобы избежать "растекания".

6. Оценки интегральных спектров независимо от типа сигналов инвариантны к длине реализации. Это означает, в частности, что если программа БПФ не имеет ограничений по максимальной длине массива, вычисление интегрального спектра целесообразно выполнять по одной периодограмме без разбиения реализации на псевдоансамбль. Если же такие ограничения существуют, то при создании псевдоансамбля из одной длинной реализации не имеет значения, на сколько отрезков, и какой длины, ее резать.

7. Интегральные спектры дисперсии обладают свойством аддитивности по отношению к любым непрерывным квазистационарным процессам, таким как шумоподобные, гармонические, частотно-модулированные и т.п. Другими словами, смесь стационарного шума и квазигармонических колебаний имеет интегральный спектр дисперсии, равный сумме интегральных спектров составляющих.

Таким образом, интегральный спектр мощности является наиболее универсальной из наглядных спектральных оценок для анализа *непрерывных колебаний* различной природы. Чтобы привыкнуть правильно интерпретировать его, как говориться, с первого взгляда, полезно промоделировать это преобразование на тест-сигналах разного типа. Так, на рис.1 показан синтетический сигнал и его интегральный спектр мощности. Тест-сигнал (рис. 1а показан его короткий фрагмент) состоит из случайного шума, трех гармонических компонент и свип-сигнала все одинаковой мощности. Частоты гармонических компонент равны 30,55 и 72 Гц,свип на интервале анализа пробегает полосу частот 50-100 Гц. На рис.2б показаны интегральные спектры мощности каждой из этих компонент и суммарного сигнала. Важно еще раз отметить: спектр суммарного сигнала равен сумме интегральных спектров мощности всех его компонент,что хорошо видно по графику. Высота скачков на спектрах гармоник равна точно их мощностям. Средняя мощность свип-сигнала определяется по перепаду значений интеграль-

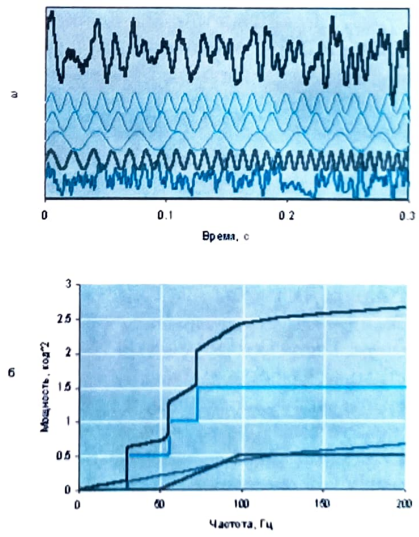


Рис. 1 Интегральные спектры многокомпонентного сигнала.
а - тест-сигнал (верхняя трасса) и его составляющие (нижние трассы) - 3 синусоиды разных частот, свип и шум.
б - соответствующие интегральные спектры дисперсии суммарного сигнала (верхняя кривая), суммы 3 синусоид,свипа и шума.



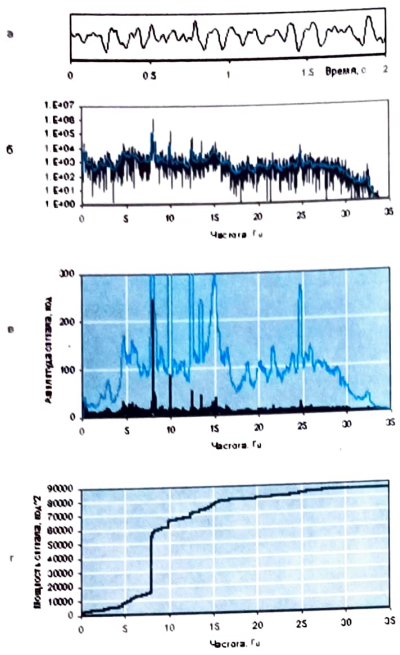


Рис. 2 Разные спектральные оценки сигнала, содержащего гармонические составляющие и случайный микросейсмический шум.
***а** - короткий фрагмент исходного сигнала,*
***б** - амплитудный спектр в 40-секундном окне,*
***в** - октавный спектр среднеквадратичного отклонения (светлая линия) в сравнении со спектром амплитуд гармоник (темная линия),*
***г** - интегральный спектр дисперсии.*

ного спектра этой компоненты на конечной и начальной частоте свип-сигнала. Полоса частот шума шире полосы частот графика, и поэтому его спектральная функция продолжает монотонно возрастать на всем частотном интервале.

На рис.2 проиллюстрированы все рассмотренные выше спектральные оценки на примере анализа реального сейсмического сигнала, содержащего шум и гармоническую составляющую. На рис.2а показан короткий фрагмент записи колебаний, полученной на удалении 50 км от мощного сейсмического вибратора. Вибратор работал на постоянной частоте 8 Гц. Для спектрального анализа был взят отрезок продолжительностью 40 с при частоте дискретизации 100 Гц. На рис.2б показаны несглаженная и сглаженная по частоте скользящим окном по 10 соседним ординатам периодограмма в логарифмическом масштабе по ординате, поскольку в линейном масштабе первая просто необозрима. На рис.2в на одном графике представлены октавный спектр СКО,полученный по сглаженной периодограмме,и спектр амплитуд гармоник. Здесь уже можно сопоставлять среднеквадратическое отклонение случайной составляющей в октавной полосе частот и амплитуду наблюдаемых спектральных линий в спектре гармоник. Все они имеют размерность первичного сигнала код. На рис.2г показан интегральный спектр мощности этого сигнала в линейном (что важно!) масштабе. Величина крутого большого скачка точно соответствует мощности гармонического сигнала вибратора. Другие уступы в этой кривой также отображают мощности каких-то сторонних гармонических помех. Максимальное значение точно равно дисперсии исходного сигнала, в чем мы убедились непосредственно по первичному сигналу.

По собственному опыту автор знает,как легко ошибиться в правильном выборе коэффициентов *при абсолютных измерениях в спектральной области*. Поэтому для тех, кто пользуется библиотечной программой БПФ, в Приложении мы приводим сводку формул для вышеизложенных спектральных оценок.

Некоторые дополнительные замечания по использованию наглядных спектров.

Все рассмотренные оценки можно разделить на два класса - амплитудные, имеющие размерность исходного сигнала, и мощностные, с размерностью квадрата сигнала. Несомненно, более "осязаемы" оценки амплитудные,но они не обладают свойством аддитивности, вследствие чего применять их целесообразно в тех ограниченных случаях,когда исследователь уверен,что исследуемый отрезок сигнала содержит только один тип сигнала, например, только случайный шум, или же в полученной оценке сложного сигнала, содержащего как случайные, так и детерминированные компоненты, на основе визуального анализа ее формы можно отделить "правильную" часть от "неправильной". Пример такого подхода приведен выше, на рис.2в.

Для анализа сложных многокомпонентных сигналов наиболее подходит интегральный спектр дисперсии, однако квадратный корень из этой функции (интегральный спектр СКО) уже не дает правильных разностных значений, а только текущее или конечное среднеквадратическое. Поэтому скачки, обусловленные гармоническими компонентами одинаковой амплитуды с разными частотами, будут в таком спектре иметь разную величину.

В заключение рассмотрим совместимые оценки импульсного сигнала и непрерывного шума. Это случай, когда необходимо сопоставить в

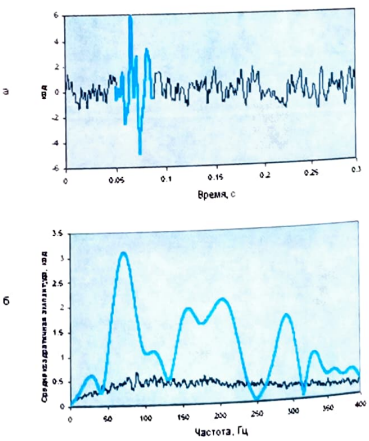


Рис. 3 Пример сравнения совместимых спектральных оценок импульсного сигнала и шума.
***а** - фрагмент исходного сигнала,содержащего импульсную компоненту (выделена цветом),*
***б** - октавные спектры среднеквадратических отклонений выделенного импульса (в коротком окне) и шума (в протяженном временном окне)*

сейсмограмме спектральный состав какого-то волнового импульса с естественным фоном. Для этого необходимо, прежде всего,получить заранее протяженную запись такого шума без сигнала, достаточную для получения состоятельной оценки его СПМ, например, по записи сейсмограммы шума такой же длины, как и анализируемая, но без воздействия. Сопоставление лучше всего выполнять на октавных спектрах среднеквадратических амплитуд. Необходимые для этого в качестве "сырья" амплитудные спектры (2) сигнала и шума вычисляются каждый на *своем* интервале T: для вырезанного из сейсмограммы целевого импульса на возможно более коротком, для шума на возможно более длинном. Однако при использовании БПФ (см. Приложение) массив отсчетов анализируемого импульса дополняется нулями до размера массива шума. Затем вычисляются периодограммы (3) или (П5), причем каждая нормируется *своим* интервалом T независимо от длины БПФ-массива M, после чего периодограмма шума сглаживается по частоте, а периодограмма импульса не сглаживается. Далее находим согласно (8) или (П9) и (9) октавные спектры амплитуд,которые и наносим на общий график в координатах частота - амплитуда. Результат такого сопоставления проиллюстрирован на рис.3.

Литература

1. Дженкинс Г.,Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. Т. 1,Мир,М.,1971,317 с.
2. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. Мир,М.,1974,464 с.
3. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления. Физматгиз,М.,изд. 3-е,1962.

Приложение

Формулы для получения наглядных спектральных оценок через БПФ.

Стандартная программа M-точечного БПФ, принятая в большинстве математических пакетов, выражается следующей парой преобразований. Прямое преобразование:

$$Y_n = \left[\sum_{m=0}^{M-1} y_m \, e^{-j\frac{2\pi}{M} n m} \right] \qquad n = 0, 1, 2, \ldots, M-1 \quad (П1)$$

Обратное преобразование

$$y_m = \left[\frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} Y_n \, e^{j\frac{2\pi}{M} m n} \right] \qquad m = 0, 1, 2, \ldots, M-1 \quad (П2)$$

где y_m и Y_n - временная и частотная последовательности, соответственно, M - целое число из ряда 2 в целочисленной степени.

Обозначим целым числом T фактическую длину исходного сигнала, выраженную числом дискретных отсчетов, причем $T \le M$. Разность M-T есть число дополнительных нулевых отсчетов, необходимых для укомплектования M-точечного БПФ-массива.

Пусть x_m отрезок реального сигнала протяженностью T отсчетов. Составим последовательность y_m , дополнив ряд x_m нулями до M отсчетов:

$$y_m = \begin{cases} x_m, & m = 0, 1, \ldots, T-1 \\ 0, & m = T, T+1, \ldots, M-1 \end{cases} \quad (П3)$$

В большинстве практических случаев T=M. Последовательность комплексных чисел Yn, полученная как результат БПФ (П1) временной последовательности (П3), будет исходным материалом для образования всех наглядных спектров. Кроме нее, для получения этих оценок в правильной физической размерности необходимы еще два дополнительных параметра: фактическое число T значащих исходных временных отсчетов, которое может быть меньше или равно M, и частота временной дискретизации f_d.

Все нижеприведенные формулы даны в зависимости от порядкового номера n - дискретного отсчета в выходном массиве БПФ. Абсолютное значение соответствующей частоты находится как

$$f_n = \frac{n f_d}{M} \qquad n = 0, 1, 2, \ldots, \frac{M}{2} - 1 \quad (П4)$$

Односторонняя, то есть, заданная только на положительных частотах, и при этом аккумулирующая в себя мощность не только положительных, но и соответствующих отрицательных частот, *периодограмма* находится как:

$$S_T(n) = \frac{2|Y_n|^2}{T f_d} \quad (П5)$$

Ее размерность *код*$^2 \cdot$ *с*=*код*^{2}/*Гц*. Будучи усредненной по множеству из K реализаций,или сглаженной вдоль дискретной переменной n, периодограмма становится *односторонней спектральной плотностью мощности*:

$$S(n) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^{K} S_{T,k}(n) \quad (П6)$$

Спектр амплитуд гармоник (размерность *код*) вычисляем как

$$g(n) = \frac{2|Y_n|}{T} \quad (П7)$$

Спектр мощностей гармоник (размерность *код*^{2}) находим по любой их следующих формул, в том числе и по периодограмме:

$$G(n) = \frac{g^2(n)}{2} = \frac{2|Y_n|^2}{T^2} = \frac{f_d \, S_T(n)}{T} \quad (П8)$$

Октавный спектр мощности шума (размерность *код*^{2}) лучше всего вычислять через сглаженную по частоте периодограмму или через амплитудный спектр:

$$Q(n) = \frac{S(n) n f_d}{M} = \frac{2n|Y_n|^2}{T M} \quad (П9)$$

Интегральный спектр мощности (*спектральная функция* по Дженкинсу - Бендату):

$$D(n) = \frac{f_d}{M} \sum_{n=1}^{n} S(n) = \frac{2}{T M} \sum_{n=1}^{n} |Y_n|^2 \quad (П10)$$

Его размерность - размерность мощности - *код*^{2}.



К вопросу о необходимости применения 3D миграции до суммирования в платформенных условиях

Артемьев А.Е., Гавриков А.Г., Федорчук Р.А., ОАО "Саратовнефтегеофизика", г. Саратов

Достоверность глубинных построений по сейсморазведочным данным, как известно, определяется тремя факторами: качеством прослеживаемости целевых горизонтов, точностью определения скоростной модели среды и корректностью используемого механизма преобразования временного разреза в глубинный. Эти задачи решаются в комплексах программ пластовой миграции до суммирования. Процедура пластовой миграции доказала свою эффективность в сложных сейсмогеологических условиях с криволинейными границами и латеральным изменением скоростей, например в районах развития соляной и диапировой тектоники. В то же время вопрос о необходимости применения пластовой миграции в платформенных условиях остается дискуссионным. Техническая инструкция по сейсморазведке говорит о том, что применение миграции необходимо и в платформенных областях для лучшего выделения разрывных нарушений [7]. Там же отмечено, что процедура миграции способствует выявлению рифовых тел в условиях низкого соотношения сигнал/помеха. В методических рекомендациях по применению пространственной сейсморазведки 3D сказано, что одним из основных требований к обработке данных 3D на разведочном этапе является расчет горизонтальных спектров скоростей по основным отражающим горизонтам и осуществление миграции по исходным записям, поскольку эта процедура существенно уточняет строение участков, осложненных малоамплитудными нарушениями [5].

Существует и другая точка зрения. Например, О.К. Кондратьев считает, что учет миграции необходим только при существенной негоризонтальности сейсмических границ. В противном случае это всего лишь применение одного из видов пространственных операторов выделения полезных сигналов, крайне зависимого, к тому же, от точности используемой скоростной модели среды [4].

Чтобы разобраться в этом вопросе,обратимся к опыту, накопленному в ОАО "Саратовнефтегеофизика" в течение последних нескольких лет. В настоящей работе, речь будет идти в основном о некоторых практических аспектах применения программного комплекса **GeoDepth**, разработанного компанией Paradigm Geophysical. Специалистами этой организации неоднократно отмечалась немаловажность применения миграции в относительно простых условиях Западной Сибири, поскольку одновременно с компенсацией сейсмического сноса повышается когерентность отражений, устраняется негиперболичность годографов и возрастает эффективность суммирования по ОГТ [6].

ОАО "Саратовнефтегеофизика" стала первой в Саратовской области организацией, которая произвела опробование и внедрение в производство 3D миграции до суммирования с использованием программного комплекса **GeoDepth** на месторождениях, расположенных в пределах Степновского мегавала, Бузулукской впадины и Жигулевского свода. В сейсмогеологических условиях Саратовской и Самарской областей предпосылками применения пластовой миграции послужили следующие факторы:

- наличие жесткой криволинейной границы в верхней части разреза;
- чередование высоко и низкоскоростных толщ пород;
- присутствие малоамплитудных тектонических нарушений.

Учет влияния размытой поверхности палеозойских отложений на качество и достоверность данных МОГТ представляет собой большую проблему. Негативное влияние обуславливается совокупностью двух факторов - криволинейностью границы и резким изменением интервальных скоростей на ней. Это возникает из-за того, что поверхность палеозоя разделяет два совершенно разных по свойствам и составу комплекса осадочных пород - низкоскоростные (V=2000-2500м/с) терригенные отложения мезокайнозойского и верхнепермского комплекса и высокоскоростные (V=4200-5000м/с), часто подверженные размыву, карбонаты и ангидриты палеозоя.

Еще одной важной предпосылкой применения пластовой миграции является наличие в разрезе относительно низкоскоростных толщ пород, связанных с терригенными отложениями каменноугольного и девонского возраста. Чередование терригенных и карбонатных толщ пород создает условия для формирования преломляющих сейсмических границ.

Фактически в данных сейсмогеологических условиях миграция без учета преломления лучей не в полной мере позволяет решить поставленную задачу. Другой причиной неполной компенсации сейсмического сноса является несовершенная методика определения скоростей для миграции (как правило,используются параметры скорости,подобранные для суммирования по ОГТ, при этом значения скорости ОГТ изменяют на 15-20%). Отсюда следует необходимость использования процедуры фокусировки волнового поля с послойным построением сверху вниз (с учетом преломления лучей на опорных сейсмических горизонтах) глубинно-скоростной модели геологической среды. Такая фокусировка позволяет получить более точное изображение среды в сложных сейсмогеологических условиях. При этом следует отметить, что только переход к объемной сейсморазведке (площадным наблюдениям) позволяет корректно поставить задачу восстановления рассеянного (т.е. сформировавшегося на дифрагирующих и отражающих неоднородностях среды) поля в точках его возникновения.

Прежде, чем перейти непосредственно к описанию технологии интерпретационной обработки, необходимо кратко рассмотреть основные требования, предъявляемые к исходному сейсмическому материалу для работы с пакетом **GeoDepth**. Для подготовки материала к интерпретации в пакете **GeoDepth** рекомендуется граф обработки, включающий следующие процедуры:

- регулировку усиления с сохранением истинных амплитуд;
- корректирующую фильтрацию по полевому материалу;

• коррекцию кинематических поправок;

• автоматическую коррекцию статических поправок;

• вычитание волн-помех;

• сортировку сейсмотрасс по ОГТ и запись в формате SEG Y- EC.

Такой массив сейсмограмм ОГТ и формируется на выходе "стандартного" графа обработки по комплексу программ **GeovecteurPlus** (CGG).

Технология интерпретации на базе комплекса программ пластовой миграции включает следующие этапы:

1-й этап - подготовка интерпретационного проекта (базы).

Задаются основные параметры сейсмической записи - шаг дискретизации, длина записи, топографические координаты базовой карты (Base Map).

2-й этап - ввод сейсмического материала (сейсмограмм ОГТ и суммарного временного куба) и данных ГИС по скважинам.

Для формирования на базовой карте правильного положения линий возбуждения и наблюдения используются записанные в этикетки трасс топографические координаты.

3-й этап - корреляция основных отражающих (преломляющих) горизонтов, построение карт времен горизонтов.

4-й этап - скоростной анализ $V_{эф}$ по горизонтальным спектрам пластовых скоростей, построение карт интервальных скоростей.

Скоростной анализ в комплексе программ **GeoDepth** позволяет рассчитывать значения пластовых скоростей на основе анализа пространственного годографа отраженных волн с получением горизонтальных спектров пластовых скоростей. При этом используется не гиперболическая аппроксимация годографа ОГТ, а точное решение прямой задачи для преломляющей и фокусирующей среды, поэтому удается весьма существенно повысить качество восстановления и фокусировки сигнала. Пример рассчитанного горизонтального скоростного спектра приведен на рис. 1. Корреляция спектров пластовых скоростей осуществляется по участкам, характеризующимся высоким соотношением сигнал/помеха, с учетом скважинной информации о скоростной характеристике разреза. После корреляции спектров производится построение карт пластовых скоростей.

5-й этап - расчет глубинных горизонтов на основе лучевой миграции,построение карт глубин.

На этом этапе происходит формирование априорной глубинно-скоростной модели среды с учетом преломления лучей на вышележащих горизонтах. В результате лучевой миграции временные карты перестраиваются в глубинную область.

6-й этап - построение априорной 3D глубинно-скоростной модели среды, увязанной по скважинам.

После расчета карт интервальных скоростей по опорным горизонтам следует формирование глубинно-скоростного куба. Результат трехмерной визуализации глубинно-скоростной модели среды в программе **Volume Viewer** приведен на рис. 2.

7-й этап - 3D пластовая миграция по сейсмограммам ОГТ.

Комплекс **GeoDepth** имеет в своем составе набор программ временной и глубинной миграции до суммирования, реализующих алгоритмы FK и Кирхгофа. Для расчета миграционного преобразования, учитывающего преломление лучей на сейсмических границах, необходимо выполнить

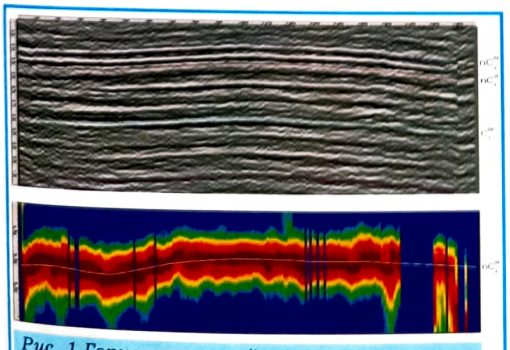


Рис. 1 Горизонтальный спектр пластовых скоростей

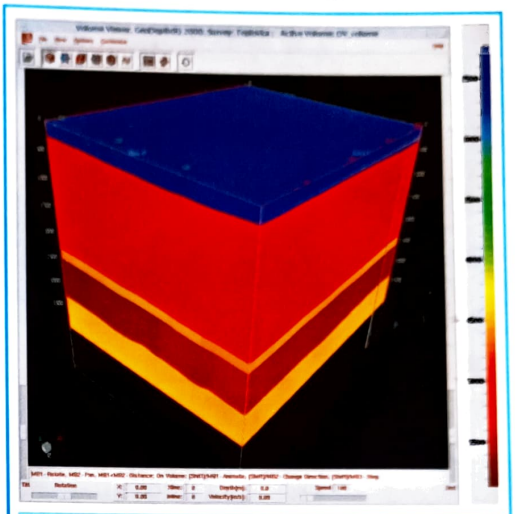


Рис. 2 Глубинно-скоростная модель среды

расчет времен пробега лучей в рамках выбранной глубинно-скоростной модели среды. Существует два алгоритма трассировки лучей. Первый основан на конечно-разностной аппроксимации дифференциального уравнения эйконала, второй использует критерий наименьшего времени, базирующийся на принципе Ферма. В результате экспериментов были установлены незначительные отличия в окончательном результате миграции, при значительной времяемкости первого. Поэтому предпочтение отдается первому алгоритму, основанному на принципе Ферма.

Одним из наиболее важных параметров, варьируя которым геофизик получает возможность влиять на эффективность дифракционного суммирования, является апертура миграции. Апертура преобразования представляет собой область среды, в пределах которой восстанавливается обращенное волновое поле. Неправильный выбор размеров апертуры, резкое ее занижение, приводит к неполному учету сейсмического сноса, неполному устранению петель на волновых фронтах, а также к недостаточной фокусировке дифрагированных волн. При завышении размеров апертуры возрастает уровень нерегулярных волн-помех и шумов преобразования за счет суммирования сигналов, отраженных от соседних границ. В результате тестирования, оптимальными для платформенных условий с небольшими углами наклона геологических границ, на наш взгляд, обычно оказывались значения от 2500 до 4000 м в X,Y направлении и около 2000 м - глубина набора максимальной апертуры.

Известно, что временные разрезы, мигрированные с помощью преобразования Кирхгофа,



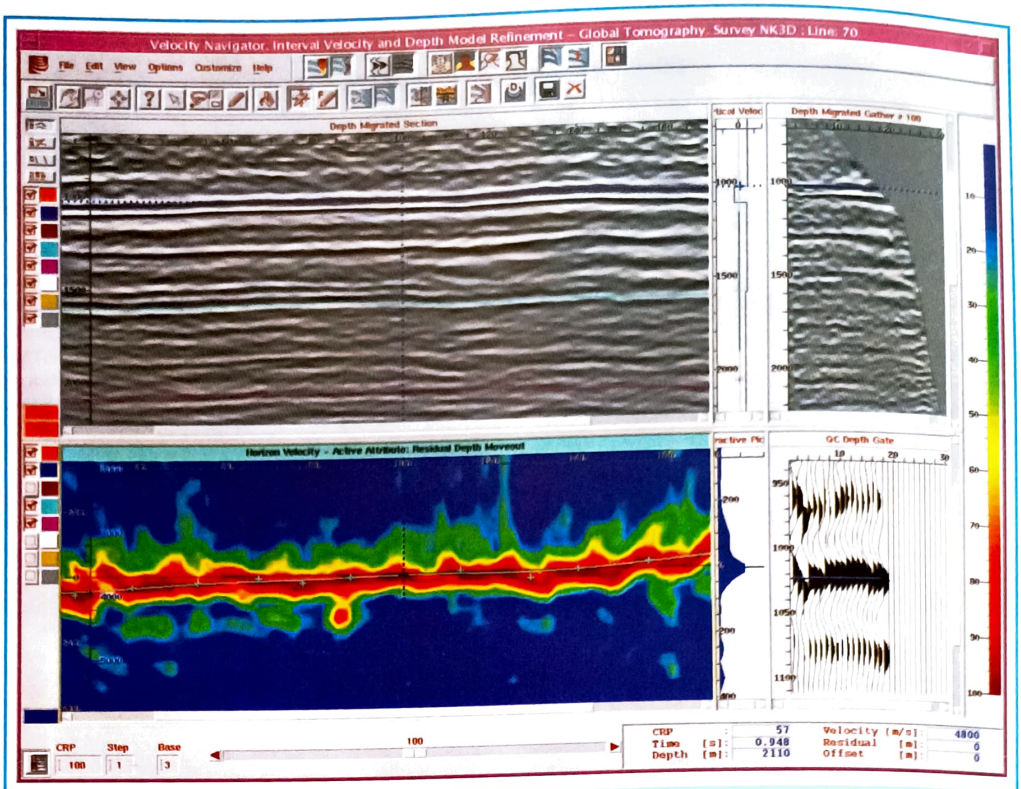


Рис. 3 Анализ остаточной кривизны годографов в глубинной области

отличаются в среднем более высоким уровнем миграционных шумов, чем результаты конечно-разностной или частотной миграции. Возможно, что причиной этого являются ошибки выбора величины апертуры или весов миграции, которые в преобразовании Кирхгофа задаются произвольно, тогда как в конечно-разностной и частотной миграции размер апертуры совпадает с длиной профиля, а веса не выбираются [3]. В **GeoDepth** миграционные веса рассчитываются автоматически в зависимости от геометрии съемки и выбранной апертуры. Выбор весовых коэффициентов призван свести к минимуму негативные явления, связанные с ошибками в выборе величины базы суммирования и заменой непрерывного интеграла дискретной суммой [8]. К принципиальным недостаткам комплекса **GeoDepth** следует отнести отсутствие алгоритмов конечно-разностной миграции. В платформенных условиях, при сложном скоростном разрезе покрывающей толщи и небольших углах наклона целевых отражающих горизонтов, конечно-разностная миграция будет иметь преимущество перед миграцией Кирхгофа.

Кроме Paradigm Geophysical, больших успехов в разработке программного обеспечения пластовой миграции до суммирования достигла французская компания CGG. Среди разработок CGG, кроме аналогичного **GeoDepth** пакета **GeoVista**, реализующего миграцию Кирхгофа, следует отметить пакет **WaveVista**, в котором реализован алгоритм конечно-разностной миграции до суммирования. По информации, представленной CGG, в результате миграции, выполненной в пакете **WaveVista**, получаются разрезы, характеризующиеся значительно более низким уровнем шумов преобразования и эффектов типа "улыбок" миграции. Интересно, что ограничение на угол наклона отражающих границ составляет не 45°, как в классическом алгоритме Дж. Ф. Клаербоута, а 70°. Компания CGG предлагает кластерное решение проблемы значительных затрат машинного времени на миграцию методом конечных разностей.

Возвращаясь к миграции в пакете **GeoDepth**, отметим, что программные продукты CGG получили значительно меньшее распространение в регионах РФ, по сравнению с продукцией Paradigm Geophysical.

8-й этап - уточнение глубинно-скоростной модели на основе анализа остаточной кривизны годографа ОГТ в глубинной области.

Остаточный скоростной анализ проводится по глубинным сейсмограммам после пластовой миграции. Если имеет место остаточная кривизна годографов на глубинных сейсмограммах, то остаточный скоростной анализ, реализованный в программе **Velocity Navigator**, дает возможность определить ошибки в априорной скоростной

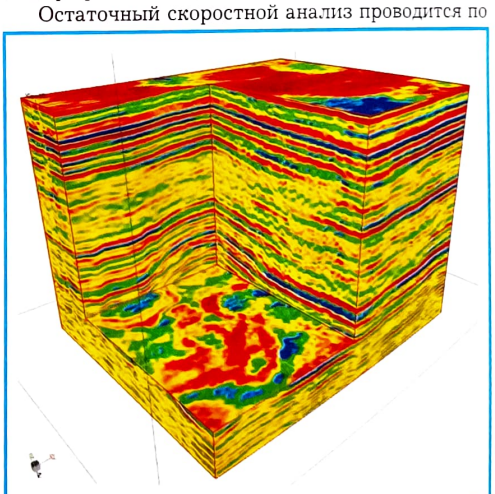


Рис. 4 Фрагмент глубинного динамического куба

модели. В результате анализа вычисляются скоростные спектры, позволяющие оценить оптимальные значения добавочных кинематических поправок. Пример остаточного горизонтального спектра по горизонту nC_2^{ks} приведен на рис. 3. В правой верхней части этого рисунка изображена глубинная сейсмограмма, полученная в результате пластовой миграции. На ней практически отсутствует остаточная кривизна годографов, что является надежным критерием корректности построения глубинно-скоростной модели среды. На остаточном скоростном спектре этой ОГТ соответствует четкий максимум на нулевой линии. Отсутствие остаточной кривизны годографов является принципиально важным моментом при последующем изучении амплитуд в зависимости от удаления (AVO-анализ) [1, 2]. По результатам корреляции скоростных спектров формируется объем добавочных скоростных поправок. После этого производится суммирование глубинных сейсмограмм ОГТ с учетом указанных скоростных поправок. Фрагмент глубинного динамического куба, полученного на одном из месторождений, приведен на рис. 4.

В случае, когда гиперболическая модель не является адекватной, применяется другой метод уточнения скоростной модели - томография. При томографии модифицируются как глубины, так и скорости для всех горизонтов. В сложных условиях томография иногда позволяет получить более точные результаты, но по затратам машинного времени эта процедура сопоставима с миграцией.

9-й этап - "пост-миграционная" обработка глубинно-динамического куба.

Как правило, при миграции происходит некоторое понижение разрешенности записи. Для повышения разрешенности записи и выравнивания частотного спектра на заключительном этапе выполняется "пост-миграционная" обработка. Глубинно-динамический куб переводится во временную область, где выполняется процедура корректирующей фильтрации. Для устранения миграционных шумов в комплексе **GeoDepth** предусмотрено два типа фильтров (stretch filter, strength filter), которые, однако, не позволяют получить желаемого эффекта. Для устранения "улыбок" миграции применяется многоканальная пространственная фильтрация в частотно-волночисловой области или проекционная фильтрация в программном комплексе **GeovecteurPlus** (CGG).

Описанная технология пластовой миграции до суммирования может быть схематично изображена в виде графа обработки с использованием комплекса программ **GeoDepth**, показанного на рис. 5.

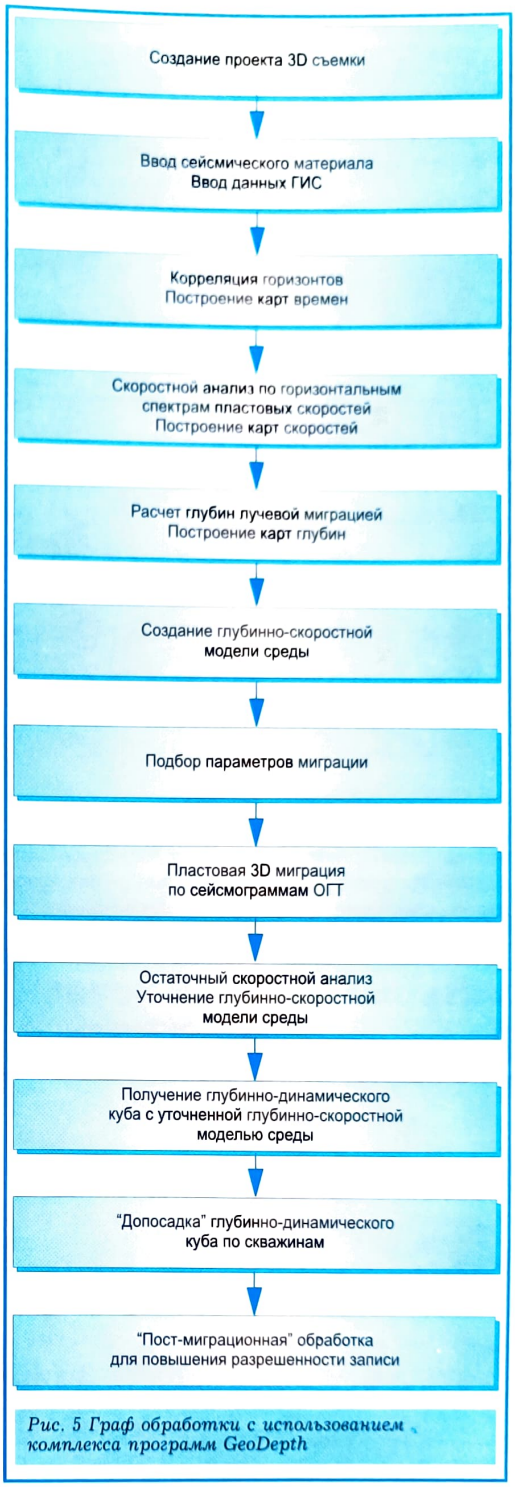


Рис. 5 Граф обработки с использованием комплекса программ GeoDepth

Эффективность трехмерной пластовой миграции в сравнении со стандартной обработкой иллюстрируется рис. 6. Из сравнения видно, что динамическая выраженность и прослеживаемость основных отражающих горизонтов на временном разрезе после пластовой миграции существенно выше, чем на разрезе после стандартной обработки. Попробуем количественно оценить степень увеличения соотношения сигнал/помеха за счет использования миграционного суммирования. Если обозначить через S кратность суммирования по ОГТ, через N размер в трассах апертуры миграции, то степень подавления помех по сравнению с их уровнем на исходных сейсмограммах изменяется от $\sqrt{S}$ - для высокоскоростных волн-помех до $\sqrt{N \cdot S}$ - для низкоскоростных и нерегулярных помех [8]. При обычной кратности 36 и выбираемой апертуре 150 трасс, степень подавления составит от 6 - для высокоскоростных до 73 - для низкоскоростных и нерегулярных волн-помех.

Что касается разрывных нарушений, то регуляризация записи после миграции по исходным сейсмограммам, в определенной степени выполняет селекцию сбросов, подчеркивая крупные и "затушевывая" в какой-то степени малоамплитудные нарушения.

Кроме структурной интерпретации, выполняемой по результатам пластовой миграции, в комплексе **GeoDepth**, мигрированные сейсмограммы и суммарный куб являются основой для дальнейшей динамической интерпретации (AVO-анализ, стратиграфическая инверсия).

Обобщение опыта ОАО "Саратовнефтегеофизика", полученного в результате обработки сейсмических данных на более чем 10 место-



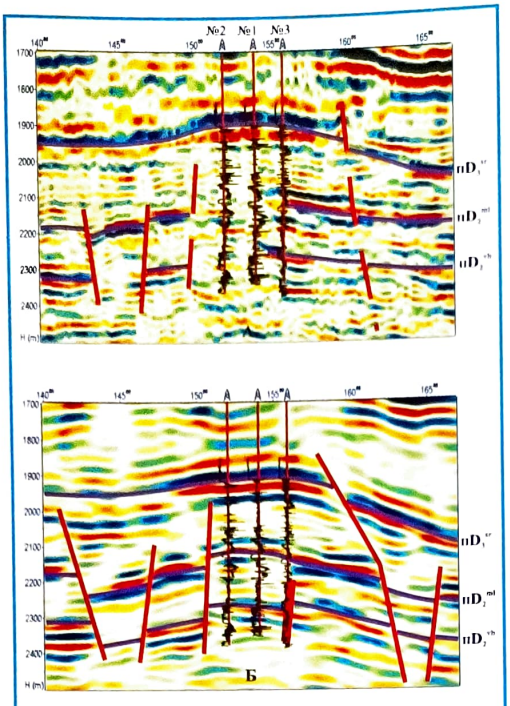


Рис. 6 Сравнение результатов среднескоростной (А) и пластовой (Б) миграции

рождениях, дает возможность говорить о целесообразности применения процедуры глубинной миграции до суммирования в платформенных условиях. Использование технологии 3D миграции позволило существенно прирастить разведанные запасы углеводородного сырья.

Литература

1. Баранский Н.Л., Старобинец М.Е., Королев Е.К. и др. Миграция и AVO: соседство или марьяж. // Геофизика, №2, 2000. С. 22-26.
2. Иноземцев А.Н., Колесов С.В., Баранский Н.Л. и др. Перспективы перехода к высокоразрешающей сейсморазведке для прогноза зон скопления углеводородов. // Геофизика, №6, 2001. С. 16-21.
3. Козлов Е.А. Миграционные преобразования. -М.: Недра,1986. 242с.
4. Кондратьев О.К. Ответ на открытое письмо и еще раз о кризисе геофизической науки. // Геофизика, №5, 2002. С. 72-76.
5. Методические рекомендации по применению пространственной сейсморазведки 3D на разных этапах геологоразведочных работ на нефть и газ. - М.: ОАО "Центральная геофизическая экспедиция", 2000. 35 с. Ответственный исполнитель начальник отдела 103/14 к.т.н. Левянт В.Б.
6. Птецов С.Н. Преимущества новых технологий интегрированной обработки и интерпретации данных сейсморазведки и ГИС. // Геофизика, №3, 2002. С. 50-53.
7. Техническая инструкция по наземной сейсморазведке при проведении работ на нефть и газ. -М.: МПР РФ,МТиЭ РФ,1999. -147с.
8. Тимошин Ю.В., Бирдус С.А., Мерщий В.В. Сейсмическая голография сложнопостроенных сред. М.: Недра,1989. 255с.



Современные технологии регистрации геолого-геофизических данных при проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ в Саратовском регионе

Феоктистов А.В., ОАО "Саратовнефтегаз", г. Саратов



С переходом на рыночные отношения ОАО "Саратовнефтегаз" проводит поисково-разведочные работы на нефть и газ в Саратовском регионе силами подрядчиков, выбираемых на конкурсной основе. Кроме Саратовских организаций: ОАО "Саратовнефтегеофизики", НИИГеологии СГУ, НвНИИГГ и Саратовской геофизической экспедиции, в проведении ГРР уже участвовали: ЗАО НПЦ "Геонефтегаз", "АНЧАР", ЦГЭ, ООО "Северо-Запад", АООТ "Волгограднефтегеофизика", ЗАОр НП "Запприкаспийгеофизика", ОАО "Костромагеофизика", ГНПП "Севморгео" и "Парадайм Геофизикал Сервисиз, Лимитед". Решались задачи выявления и подготовки к бурению объектов, перспективных на нефть и газ с использованием разночастотных методик наземной и скважинной сейсморазведки в обычной и поляризационной модификации. Для прогноза нефтегазоносности объектов до бурения опробовались различные методики "прямого поиска УВ" с использованием атрибутов волнового поля по данным сейсморазведки, электроразведки (ЗС, ВП, ВЭЗ и ВЧВЭ-ВП), геоэлектрохимия и инфразвуковая технология АНЧАР.

Поисковые работы проводятся в различных поверхностных и глубинных условиях, в том числе и транзитной зоне акватории реки Волга. При выборе подрядчиков их предложения анализировались с экономических и технических позиций. К основным показателям оценки подрядчиков относятся параметры применяемой ими регистрирующей аппаратуры, оборудования и средства их метрологического контроля.

При проведении скважинной сейсморазведки ВСП-НВП проводится трехкомпонентная регистрация информации многомодульным зондом АМК и однокомпонентная трех/одноточечная зондом АСПУ-3-48 (производство АОНПП "ВНИИГИС" г. Октябрьск). На скважине №1-Заветная опробована телеметрия с видимым улучшением качества регистрируемой информации.

При проведении сейсморазведки 2Д используются, в основном, отечественные цифровые станции Прогресс-Л" (120 и 240 каналов).

При пространственной сейсморазведке 3Д используются многоканальные телеметрические системы, как импортного (I/O-SYSTEM 2, SN 388, радиотелеметрия FAIRFILD INDUSTRIES), так и отечественного производства ("Прогресс-Т"). Число каналов варьирует от 460 до 1200. Сравнительная малоканальность подрядных работ по сравнению с мировым уровнем обуславливает высокую стоимость работ 3Д относительно 2Д, что отрицательно сказывается на объемах работ МОГТ 3Д в Саратовском регионе. Все организации работают сейсмоприемниками GS-20DX совместного Российско-Американо-Японского производства. С их применением качество технической отработки физических наблюдений в поле заметно улучшилось. В транзитной зоне автономность телеметрических модулей и возможность включения в них как геофонов, так и гидрофонов позволяет строить приемную расстановку любой конфигурации и проводить трехмерные съемки по "бесшовной" технологии.

На этапе планирования пространственной сейсморазведки недостаточно учитываются реальные возможности ее отработки. Требуется обязательный оперативный контроль реальной кратности перекрытий с наглядной формой визуализации в ходе выполнения полевых работ.

На этапе сбора и обработки геолого-геофизической информации основные проблемы связаны с обеспечением необходимой точности ее топогеодезической привязки. Для модификаций сейсморазведки повышенной разрешающей способности актуальна задача компесации затухания высокочастотной части спектра сигнала (свыше 70 Гц) непосредственно при регистрации.

При обработке и интерпритации ощущается острый недостаток параметрической информации по скорости поперечных волн литотипов пород, слагающих резервуар. Практически отсутствует количественная информация о параметрах ГИС для покрышек и коллекторов с различным типом флюида по разрабатываемым месторождениям. Отсутствует интеграция разнотипной информации на ранних стадиях построения геологических моделей месторождений. Прямой прогноз УВ дается по данным одного-двух методов на структурной базе, полученной сейсморазведкой МОГТ. Эти факторы негативно сказываются на геологической эффективности "прямых поисков".

Для повышения коэффициента успешности разбуриваемых объектов необходима координация аппаратурных разработок, опытно-методических работ и анализа эффективности ГРР в рамках всего Саратовского региона,а также создание опорного полигона и определение типовых поисковых объектов для опробования технологий в рамках ОАО "Саратовнефтегаз".

В методическом плане, для обеспечения высокого качества получаемой информации и повышения эффективности работ необходимо исполнителям переходить от экстенсивных технологий полевых и камеральных работ (наращивания километража профилей) к интенсивным технологиям, использующим наукоемкий потенциал (управление формой излучения, подавление помех многопозиционной расстановкой вибраторов, поэтажная настройка без группирования, целевое комплексирование методов на конкретные задачи ПП и ПГР, ТИО, СФИ, интегрированная интерпритация разнородной геолого-геофизической информации).



Интеллектуальная собственность и ВТО

Зайченко В.Ю., Государственный научный центр, ВНИИгеосистем, г. Москва

Во втором номере нашего журнала за 2002 год была опубликована статья В.Ю. Зайченко "Интеллектуальная собственность в геофизическом приборостроении", которая вызвала повышенный интерес у читателей. Мы обратились к профессору Зайченко В.Ю. с просьбой подготовить статью по проблеме, касающейся отношения Всемирной торговой организации (ВТО), к этому виду товара, а связи с подготовкой России к вступлению в эту организацию. Сегодня мы имеем возможность представить ее нашим читателям.

На мировом рынке широко распространена торговля правами на результаты интеллектуальной деятельности, которые представляют собою объекты авторского права и промышленной собственности - изобретения, полезные образцы, опытные образцы продукции, ноу-хау, торговые марки и т.д. В совокупности они являются объектами интеллектуальной собственности (ОИС), на которые имеют исключительное право определенные физические или юридические лица. Общая стоимость объектов исключительных прав составляет нематериальные активы, и учитываются в бухгалтерском балансе предприятий.

Весьма показательно, что доля нематериальных активов компаний с мировым именем достигает 80-90 % всего капитала. Так, в British Petroleum соотношение материальных и нематериальных активов оценивается как 29:71; в Coca - Cola - 4:96. О значительной цене нематериальных активов свидетельствуют сделки по покупке компаний, владеющих известными трендами. Например, в 1988 году компания Nestle приобрела Rowntre за 5 миллионов фунтов стерлингов, когда материальные активы этой компании оценивались всего в один миллион [8]. Индия ежегодно реализует права на программные продукты на международном рынке на сумму 8-9 млрд. долларов США, с не меньшим успехом делают это и другие страны.

В связи с этим объекты интеллектуальной собственности как товар стали предметом внимания Всемирной торговой организации (ВТО), которая устанавливает определенные требования к торговле правами на ОИС на мировом рынке.

Россия, готовящаяся к вступлению в ВТО, должна учитывать эти требования и готовиться к их выполнению. К сожалению, необходимо констатировать, что научные, общественные и производственные организации России не осведомлены о требованиях ВТО в этой области и подготовительная работа ведется крайне медленно.

Целью настоящей статьи является - ознакомить научно-техническую общественность с имеющимися документами ВТО по этим вопросам, кратко изложить их содержание, а также дать оценку нормам, заложенным в законодательство Российской Федерации, на соответствие этим требованиям.

Прежде всего, необходимо иметь ввиду, что Всемирная торговая организация (ВТО) как международная межправительственная организация ООН по сравнению с Всемирной организацией интеллектуальной собственности (ВОИС) преследует цели международного сотрудничества в области торговли в условиях международной экономической интеграции, а не научные, моральные и правовые аспекты интеллектуальной собственности в условиях функционирования различных социально-политических систем в мире. Поэтому принятые ею документы такие как: "Соглашение по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности" (Соглашение по ТРИПС) - 1994 год и "Соглашение о сотрудничестве ВОИС и ВТО" - 1995 год, направлены, прежде всего, на регулирование использования прав интеллектуальной собственности при международной торговле и разграничения юрисдикции двух международных организаций [10, 11].

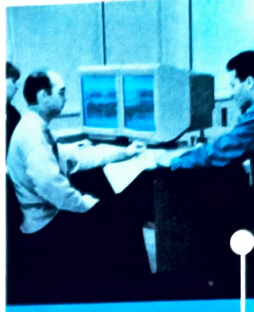
Соглашение по ТРИПС содержит преамбулу и семь составных частей.

В преамбуле излагаются принципы в области интеллектуальной собственности, которые исповедуют члены ВТО, подписавшие это соглашение, а именно: "Желая уменьшить искажения и препятствия на пути развития международной торговли и, принимая во внимание необходимость содействовать эффективной и адекватной охране прав интеллектуальной собственности, и обеспечить, чтобы меры и процедуры по обеспечению прав интеллектуальной собственности сами не стали барьерами для законной торговли решили..." [10]. Далее следуют перечень признаний необходимости в новых правилах и порядке, касающихся применения основных принципов ГАТТ и соответствующих соглашений и конвенций в области интеллектуальной собственности (всего 8 пунктов), основными из которых являются:

- разработка адекватных норм и принципов, касающихся наличия, объема и использования прав интеллектуальной собственности, связанных с торговлей;
- разработка надлежащих средств обеспечения соблюдения прав интеллектуальной собственности, связанных с торговлей, принимая во внимание различия в национальных правовых системах;
- разработка эффективных неотложных процедур для предотвращения и урегулирования споров между правительствами на многосторонней основе;
- признание права интеллектуальной собственности правами частных лиц.

Подчеркивается также важность уменьшения напряженности путем достижения более твердых обязательств по решению споров по вопросам интеллектуальной собственности, связанным с торговлей, путем многосторонних процедур.

Часть I "Общие положения и основополагающие принципы", содержат 8 статей,



касающихся: сущности и сферы применения обязательств (ст.1); соблюдения конвенций в области интеллектуальной собственности (ст. 2); соблюдения национального режима при предоставлении прав гражданам других членов в отношении охраны интеллектуальной собственности (ст. 3); режима наибольшего благоприятствования при охране интеллектуальной собственности граждан других членов ВТО и других любых стран (ст. 4); соблюдения многосторонних соглашений о приобретении или сохранении в силе охраны, предусмотренных в многосторонних соглашениях,заключенных под эгидой ВОИС в области интеллектуальной собственности (ст. 5); условия исчерпания прав интеллектуальной собственности, а также принципы и условия, которые должны соблюдать члены Соглашения при разработке или изменении своих национальных законов и правил (ст. 6-8).

Часть II "Нормы, касающиеся наличия объема и использования прав интеллектуальной собственности" содержит шесть статей (9-14), касающихся соблюдения Бернской конвенции (1971 г.) ВОИС и приложения к ней. В пункте 2 статьи 9 указывается, что: "охрана авторских прав распространяется на выраженных в объективной форме результаты творчества, но не на идеи, процессы, методы работы или математические концепции как таковые". Это положение имеет принципиально важное значение для признания авторских прав на подобные объекты творчества, так как в Законе Российской Федерации "Об авторском праве и смежных правах" аналогичное положение изложено в иной редакции. Статья 10, касающаяся программ для электронно-вычислительных машин и компиляции данных в пункте 2 содержит норму правовой охраны в отношении компиляции данных или иных материалов, которые по расположению их содержания представляют результат творчества, но не устанавливает режим правовой охраны на сами данные или информацию, не затрагивает чье-либо авторское право, относящиеся к самим данным или материалам, что также не в полной мере соответствует аналогичной норме, изложенной в Законе РФ "О правовой охране программ для электронно-вычислительных машин и баз данных" [12]. Статья 11 посвящена правам на прокат программ для ЭВМ и кинематографических произведений, которые в целом соответствуют нормам российского законодательства [12]. Статья 12 содержит положение о сроках охраны произведений, которое по своему содержанию не противоречит нормам, принятым в российском законодательстве.

Раздел 2 "Товарные знаки" второй части, содержит семь статей, посвященных: условиям признания права на охраняемые объекты (ст. 15); предоставляемым правам (ст. 16); исключениям из прав, предоставляемым членам ВТО (ст. 17); срокам охраны товарных знаков (ст. 18); требованиям к использованию товарных знаков другими лицами (ст. 19); специальным требованиям использования товарных знаков в торговле (ст. 20) и правилам предоставления лицензий и других форм передачи прав на товарные знаки (ст. 21).

В целом нормы, изложенные в Соглашении в разделе "Товарные знаки" соответствуют российскому законодательству за исключением статьи 19 и 21, которые требуют некоторой корректировки и дополнений в Законе РФ "О товарных знаках, знаках обслуживания и мест происхождения товаров" [14].

Раздел 3 "Географические указания" второй части, содержит три статьи, посвященные требованиям соблюдения правил учета и охраны географических указаний происхождения товаров (в российском законодательстве - мест происхождения товаров).

В целом изложенные требования не противоречат нормам российского законодательства за исключением статьи 24 "Международные переговоры; исключения", содержание которой требует корректировки Закона Российской Федерации [14].

Раздел 4 "Промышленные образцы" второй части,содержит две статьи (25 и 26), посвященные условиям предоставления охраны промышленным образцам, правам владельцев охраняемого промышленного объекта и срокам действия предоставляемой охраны.

Принятые требования не противоречат нормам, имеющихся в российском законодательстве.

Раздел 5 "Патенты" второй части,содержат 8 статей, посвященных требованиям, предъявляемым к: патентуемым объектам (ст. 27); предоставляемым правам (ст. 28); требованиям, представляемых к заявителям на выдачу патентов (ст. 29); исключениям из правил предоставления прав (ст. 30); использования патентов без разрешения патентообладателей (ст. 31); условиям аннулирования патента, т.е. лишения прав на патент (ст. 32); срокам предоставляемой охраны на патент (ст. 33); условиям получения патентов на способ получения продукта (ст. 34). Необходимо отметить, что в России уже принят новый патентный закон, в котором учтены требования, изложенные в Соглашении ТРИПС [17].

Раздел 6 "Топологии (топографии) интегральных микросхем" состоит из 4-х статей, содержащих требования, предъявляемые к связям с Договором ИСИМ (ст. 35); объемам охраны при распространении в коммерческих целях охраняемой топологии, интегральной микросхемы с охраняемой технологией или изделия, включающего такую интегральную микросхему (ст. 36); к действиям,не требующим разрешения прав обладателя (ст. 37) и срокам охраны топологий интегральных микросхем (ст. 38). Указанные требования не в полной мере учтены в Законе РФ "О правовой охране топологий интегральных микросхем" [19], в связи с чем он требует корректировки.

Раздел 7 "Охрана закрытой информации" состоит всего из одной статьи, содержание которой имеет важное значение для субъектов, обладающих закрытой информацией, представляющую коммерческую ценность (ст. 39). Во-первых, физическим и юридическим лицам предоставляется возможность препятствовать тому, чтобы информация, правомерно находящаяся под их контролем, без их согласия была раскрыта, получена или использована другими лицами способом, противоречащим частной коммерческой практике при условии: что такая информация является секретной, имеет коммерческую ценность, является предметом надлежащих мер, направленных на сохранение ее секретности со стороны лица, правомерно контролирующего эту информацию (пункт 2 ст. 39).

В Законах Российской Федерации: "О государственной тайне" [16]; "Об информации, информатизации и защите информации" [15];



"Об участии в международном информационном обмене" [21] имеются общие положения об использовании информации ограниченного доступа, но они нуждаются в конкретизации исходя из требований статьи 39 Соглашения по ТРИПС.

Раздел 8 "Осуществление контроля за антиконкурентной практикой через договорные лицензии" состоит из одной статьи 40, содержащей требования к ограничению лицензионной практики или условий, относящихся к интеллектуальной собственности, которые ограничивают конкуренцию и могут иметь неблагоприятное воздействие на торговлю, а также препятствовать передаче и распространению технологий. В пункте 2 заявлено, что: "Ничто в настоящем Соглашении не препятствует членам указывать в своем законодательстве виды лицензионной практики или условия, которые в отдельных случаях могут являться злоупотреблением правами интеллектуальной собственности, оказывая неблагоприятное воздействие на конкуренцию на соответствующем рынке"

Учитывая то, что в России имеется весьма ограниченная практика торговли интеллектуальной собственностью даже на внутреннем рынке, российское законодательство может и не содержать положений, ограничивающих конкуренцию, поэтому оно нуждается в анализе на этот предмет и внесения соответствующих норм и условия, отвечающим требованиям Соглашения по ТРИПС.

Часть III состоит из пяти разделов, содержащих ряд статей, касающихся общих обязательств (раздел 1); гражданско-правовых и административных процедур и средств судебной защиты (раздел 2); временных мер (раздел 3); особых требований в отношении пограничных мер (раздел 4) и уголовные процедуры (раздел 5). Требования, изложенные в перечисленных разделах, направлены, прежде всего, на то, чтобы законодательства членов ВТО предусматривало процедуры по обеспечению соблюдения прав интеллектуальной собственности, позволяющие прибегнуть к эффективным действиям, направленным против любого нарушения прав интеллектуальной собственности, на которые распространяется Соглашение по ТРИПС, включая срочные средства правовой защиты, вплоть до уголовной ответственности для удержания от возможных нарушений.

Многие законы Российской Федерации, касающиеся объектов интеллектуальной собственности, содержат гражданско-правовые и административные процедуры и средства судебной защиты прав юридических и физических лиц - обладателей интеллектуальной собственности, однако ряд норм, относящихся к особым требованиям в отношении, например пограничных мер, в них не заложено. Это свидетельствует о том, что необходимо внимательно проанализировать положения действующего в России законодательства на этот предмет и внести в него соответствующие коррективы.

Часть IV "Приобретение и поддержание в силе прав интеллектуальной собственности и связанные с этим процедуры INTER PARTES" состоит всего из одной статьи (62), однако ее содержание имеет особое значение для правообладателей интеллектуальной собственности, так как содержит требования к условиям приобретения или поддержания в силе прав интеллектуальной собственности. В частности, члены ВТО могут требовать соблюдения разумных процедур и формальностей, которые не противоречили бы положениям Соглашения по ТРИПС, установленным в разделе "Общие обязательства" (статья 41, пункты 2 и 3). Меры, направленные на обеспечение этих требований в Федеральных Законах Российской Федерации, касающихся объектов интеллектуальной собственности, в полном объеме не предусмотрены.

Часть V "Предотвращение и урегулирование споров" состоит из двух статей: транспарентность (ст. 63) и урегулирование споров (ст. 64). В статье 63 содержится требование, чтобы Законы и иные правовые акты, судебные и административные решения, введенные в действие членами ВТО и имеющие отношение к Соглашению по ТРИПС, были опубликованы и были общедоступны на национальном языке, чтобы с ними могли знакомиться правительственные органы и правообладатели. Члены должны уведомлять о принятых решениях Совет по ТРИПС и при необходимости получать консультации, чтобы свести к минимуму последствия, которые могут возникнуть при выполнении Соглашения по ТРИПС.

Урегулирование спорных вопросов ведется через Совет по ТРИПС (ст. 64), который свои рекомендации предоставляет Конференции министров для одобрения. Любое решение Конференции министров принимается только при наличии консенсуса (ст. 64,п.3).

В российском законодательстве подобных положений, безусловно, нет, так как оно направлено на внутригосударственное пользование.

Часть VI "Переходные договоренности" состоит из 3-х статей: переходные договоренности (ст. 65); наименее развитые страны-члены (ст. 66) и техническое сотрудничество (ст. 67), которые содержат весьма важные положения, например о том, что ни один член ВТО не обязан применять требования Соглашения по ТРИПС до истечения одного года после даты вступления его в силу (ст. 65, п.1), что развивающаяся страна-член имеет право отстрочить применение Соглашения на дополнительный период в четыре года (ст. 65, п.2) и, что любой другой член ВТО, который находится в процессе перехода от централизованно - планируемой экономики к рыночной и осуществляет структурную реформу своей системы интеллектуальной собственности, может воспользоваться периодом отсрочки, предусмотренной в пункте 2.

Еще более мягкие условия выполнения требований Соглашения по ТРИПС предъявляются к наименее развитым странам-членам ВТО (ст. 66).

Весьма примечательно, что принято решение: "С целью содействия выполнения Соглашения по ТРИПС развитые страны-члены по запросу и на взаимно согласованных условиях обеспечивают техническое и финансовое сотрудничество в интересах развивающихся и наименее развитых стран-членов" (ст. 67). Такое сотрудничество включает помощь в разработке законов и иных правовых актов, касающихся охраны и обеспечения соблюдения прав интеллектуальной собственности, и поддержку в отношении учреждений национальных ведомств, имеющих отношение к этим вопросам, в том числе и к обучению персонала (ст. 67).

По нашему мнению, Россия может воспользоваться перечисленными в части VI переходными договоренностями для приведения национального законодательства по интел-

лектуальной собственности в соответствии с требованиями Соглашения по ТРИПС.

Последняя часть VII "Институционные мероприятия; заключительные положения" содержит 6 статей, посвященных: совету по торговым аспектам интеллектуальной собственности (ст. 68); международному сотрудничеству (ст. 69); охране существующих объектов (ст. 70); контролю за ходом реализации Соглашения и внесения поправок (ст. 71); оговоркам, которые могут быть сделаны в отношении любых положений Соглашения без согласия других членов (ст. 72) и исключениям,которые могут быть допущены или истолкованы по соображениям безопасности (ст. 73).

Каждая из перечисленных статей имеет важное значение для организации работы в странах-членах ВТО в области интеллектуальной собственности, и не имеет прямого отношения к законотворческому процессу.

Подводя итоги рассмотрения Соглашения по ТРИПС, принятого странами-членами ВТО, необходимо отметить следующее:

1) На международном уровне подтверждено положение о том, что права интеллектуальной собственности являются таким же товаром как и материальная продукция,торговля которыми имеет свою специфику, что побудило страны-члены ВТО заключить соответствующее Соглашение по ТРИПС.

2) Требования, содержащиеся в Соглашении по ТРИПС, являются либеральными и вполне соответствующими условиям рыночной экономики, но их выполнение требует корректировки национального законодательства и иных правовых актов в области интеллектуальной собственности.

3) Необходимо иметь ввиду, что требования, содержащиеся в Соглашении по ТРИПС, относятся к интеллектуальной собственности, имеющей юридическое подтверждение существования, экономическую оценку и состоящей на бухгалтерском учете предприятий в разделе "Нематериальные активы".

Что касается интеллектуальной собственности физических лиц, то к ней предъявляются те же требования за исключением бухгалтерского учета, но на нее также распространяются требования Соглашения по ТРИПС.

4) Надо признать,что в России,несмотря на громадные интеллектуальные ресурсы, еще недостаточно развит институт интеллектуальной собственности, хотя уже принято достаточно много законодательных и иных правовых актов в этой области, но реализация принятых решений осуществляется крайне медленно [12-22].

5) В России имеется достаточно развитая научно-методическая база, касающаяся проблемы интеллектуальной собственности [2-9], что позволяет достаточно быстро и на высоком уровне решать многие правовые и методические вопросы функционирования рынка интеллектуальной собственности на международном уровне.

Если наше государство и общество хотят быть полноправными участниками мирового процесса по использованию интеллектуальных ценностей в рамках всемирной торговой организации, то необходимо предпринять все меры для развития института интеллектуальной собственности в нашей стране и обеспечения выполнения требований Соглашения по ТРИПС.

Литература

1. Гражданский кодекс Российской Федерации, часть I и II (полный текст). М., Изд-во "АКАЛИС" 1996.
2. Зайченко В.Ю. Признаки и критерии интеллектуальной собственности. М., Геоинформмарк, Минерально-сырьевые ресурсы России, 2002, № 5.
3. Зайченко В.Ю. Классификация объектов интеллектуальной собственности в сфере недропользования и их правовая защита. М., Руды и металлы, 2001, № 2.
4. Зайченко В.Ю. Юридическое оформление интеллектуальной собственности в сфере геологического изучения недр. М., Руды и металлы, 2001, № 4.
5. Зайченко В.Ю. Оценка объектов интеллектуальной собственности в сфере геологического изучения недр. М., Руды и металлы, 2001, № 1.
6. Зайченко В.Ю. Учет объектов интеллектуальной собственности в сфере геологического изучения и использования недр. М., ЦНИГРИ, Руды и металлы, 2002, № 4.
7. Корпухина С.И. Защита интеллектуальной собственности и патентоведение. М., Центр экономики и маркетинга, 2002.
8. Лукьянова Е.Н. Неучтенные миллиарды. "Эксперт", 2001, № 10.
9. Новосельцев О.В. Юридическое оформление, оценка и учет права на результаты интеллектуальной деятельности (интеллектуальной собственности) в качестве имущества предприятия. М., ИНИЦ Роспатента, 2002.
10. Соглашение по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности. Сайт ВТО, www.wto.org.
11. Соглашение о сотрудничестве ВОИС и ВТО. Сайт ВТО, www.wto.org.
12. Закон РФ "О правовой охране программ для электронных вычислительных машин и баз данных" от 23 сентября 1992 г. № 3524-1.
13. Закон РФ "Об авторском праве и смежных правах" от 9 июля 1993 г. № 5352-1.
14. Закон РФ "О товарных знаках, знаках обслуживания и наименованиях мест происхождения товара" от 23 сентября 1992 г. № 3520-1
15. Закон РФ "Об информации,информатизации и защите информации" от 20 февраля 1995 г. № 24-ФЗ.
16. Закон РФ "О государственной тайне" от 21 июля 1993 г. № 5481-1.
17. Закон РФ "О внесении изменений и дополнений в Патентный закон Российской Федерации" от 7 февраля 2003 г. № 22-ФЗ.
18. Закон РФ "О селекционных достижениях" от 6 августа 1993 г. № 5605-1.
19. Закон РФ "О внесении изменений и дополнений в закон Российской Федерации "О правовой охране топологий интегральных микросхем" от 9 июля 2002 г. № 82-ФЗ
20. Закон РФ "О соглашениях о разделе продукции" от 30 декабря 1995 г. № 225-ФЗ.
21. Закон РФ "Об участии в международном информационном обмене" от 4 июля 1996 г. № 85-ФЗ.
22. Закон РФ "О техническом регулировании" от 27 декабря 2002 г., № 184-ФЗ.



Памяти Бориса Львовича Лернера

17 декабря на 81-м году жизни после тяжелой болезни скончался Борис Львович Лернер - основатель и первый директор Саратовского СКБ сейсмического приборостроения



Скорбная весть о кончине выдающегося отечественного геофизика-приборостроителя, создателя лучших в СССР сейсмических станций и другой геофизической техники, прекрасного человека - Бориса Львовича Лернера, острой болью отозвалась в сердцах геофизиков России и стран ближнего зарубежья.

С именем Бориса Львовича связаны практически все наиболее важные достижения в области геофизического приборостроения. Он отдал нашему делу весь свой недюжинный талант конструктора и организатора, создав славный коллектив Саратовского СКБ сейсмического приборостроения - лучшую в стране организацию по разработке и выпуску сейсморазведочной техники.

Борис Львович Лернер надолго останется в нашей памяти как образец высокой духовности, великой преданности делу геофизики, прекрасных человеческих качеств.

Велико наше горе, но оно многократно сильнее и горше для родных и близких Бориса Львовича. Просим передать им искренние соболезнования от коллектива Евро-Азиатского геофизического общества, всех геофизиков России.

Президент ЕАГО *Н.А. Савостьянов*

Лернер Борис Львович. Видный организатор геофизического приборстроения. Родился 12.10.23 г. в Бухаресте. Участник Великой Отечественной Войны. Окончил физический факультет Саратовского государственного университета (1947). Лауреат Государственной премии СССР (1970), Премии Совета Министров СССР (1985). Заслуженный работник нефтяной и газовой промышленности РСФСР. В 1947-1951 гг. работал оператором, затем начальником сейсмической партии Саратовского отделения Государственного союзного геофизического треста, в 1951 -1960 гг. - осуществлял техническое руководство сейсморазведочными работами в Саратовской, Волгоградской и Астраханской областях. Им было найдено техническое решение по созданию аппаратуры, предназначенной для автоматической обработки сейсморазведочной информации на основе программируемого ввода статических и кинематических поправок. Эти идеи, а также ряд других предложенных им оригинальных технических решений легли в основу разработки аналогового комплекса для регистрации и обработки сейсмической информации. Они также определили первоначальную тематику созданного в 1960 г. по его инициативе Саратовского Специального конструкторского бюро сейсмического приборостроения (СКБ СП), которое он возглавил. Под его руководством СКБ СП вскоре стало ведущей организацией в геофизическом приборостроении, прежде всего в области сейсморазведочной техники, где было создано большое количество сейсмической аппаратуры, как регистрирующей, так и обрабатывающей. В середине 70-х под его руководством в Саратовском СКБ были разработаны цифровые сейсмостанции ряда "Волжанка", с которыми связано начало массового перехода в отечественной геофизике к цифровой регистрации сейсмической информации непосредственно в поле, затем цифровые сейсморегистрирующие системы ряда "Прогресс", организовано их серийное производство на приборостроительных заводах страны и массовое внедрение в геофизических предприятиях. В последующие годы при его участии были созданы филиалы СКБ СП в Гомеле и Краснодаре. Автор и соавтор более 50 научных публикаций, в т.ч. двух монографий по геофизической аппаратуре, многих изобретений. Награжден орденами и медалями.

["Геофизики России", М. 2001 г.]

Редакция журнала "Приборы и системы разведочной геофизики" скорбит вместе с коллегами и друзьями, и приносит глубокие соболезнования родным и близким Б. Л. Лернера

Весь мир электронных компонентов ▶▶▶▶▶▶

E·X·P·O ELECTRONICA

экспоэлектроника

7-ая МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

18-21 мая 2004

РОССИЯ, МОСКВА, СК "ОЛИМПИЙСКИЙ"

www.expoelectronica.ru



совместно с:

АРДЭК

Электронинторг

при официальной поддержке:

Министерство промышленности, науки и технологий РФ

Министерство экономического развития и торговли РФ

Федеральный фонд развития электронной техники РФ

РАСУ

организаторы:

ITE GROUP PLC

ПРИМЭКСПО

Тел.: +7(812)380-6007
380-6003, 380-6000
Факс: +7(812)380-6001
e-mail: electron@primexpo.ru

