
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

*ГОСТ Р
(проект,
первая редакция)*

**ОСВОЕНИЕ ГАЗОВЫХ, ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ, НЕФТЕГАЗОВЫХ И
НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ
СЕЙСМОРАЗВЕДКИ**

Основные функциональные и технические требования

Настоящий проект стандарта не подлежит
применению до его принятия

Москва
ИПК Издательство стандартов
201__

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Газпром» (ОАО «Газпром») и Обществом с ограниченной ответственностью «Газпром георесурс» (ООО «Газпром георесурс»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 23 «Техника и технологии добычи и переработки нефти и газа»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20__ г. №__

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0-2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе "Национальные стандарты", а официальный текст изменений и поправок - в ежемесячном информационном указателе "Национальные стандарты". В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя "Национальные стандарты". Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет (www.gost.ru).

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации – ГОСТ Р 1.0-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения».

© Стандартинформ, 2014

Содержание

1 Область применения.....	2
2 Нормативные ссылки	2
3 Термины и определения.....	4
4 Обозначения и сокращения	6
5 Общие положения.....	6
6 Исходные данные для программного обеспечения обработки данных сейсморазведки	7
7 Функциональные требования к программному обеспечению обработки данных сейсморазведки	8
8 Исходные данные для программного обеспечения интерпретации данных сейсморазведки	13
9 Функциональные требования к программному обеспечению интерпретации данных сейсморазведки	15
10 Требования к документированию программного обеспечения для обработки и интерпретации данных сейсморазведки	18
11 Технические требования к программному обеспечению обработки и интерпретации данных сейсморазведки.....	18
12 Сертификация программного обеспечения для обработки и интерпретации данных сейсморазведки	19
Библиография.....	19

**ОСВОЕНИЕ ГАЗОВЫХ, ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ, НЕФТЕГАЗОВЫХ И
НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ
ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ.**

**Основные функциональные и технические требования
Development of gas, gas condensate, oil, gas and condensate deposits.
Software for seismic data processing and interpretation.
The main functional and technical requirements**

Дата введения –

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает требования к программному обеспечению, применяемому для обработки и интерпретации данных сейсморазведки при поисках, разведке и разработке месторождений нефти и газа.

1.2 Положениями настоящего стандарта руководствуются субъекты хозяйственной деятельности:

- применяющие программное обеспечение для обработки и интерпретации данных сейсморазведки при поисках, разведке и разработке месторождений нефти и газа;
- разрабатывающие программное обеспечение для обработки и интерпретации данных сейсморазведки при поисках, разведке и разработке месторождений нефти и газа.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 54361-2011 Объекты стандартизации в области геологического изучения недр. Классификация.

ГОСТ Р 53554-2009 Поиск, разведка и разработка месторождений углеводородного сырья. Термины и определения.

ГОСТ Р 53712-2009 Месторождения нефтяные и газонефтяные. Программные средства для проектирования и оптимизации процесса разработки месторождений. Основные требования.

ГОСТ Р 54593-2011 Информационные технологии. Свободное программное обеспечение. Общие положения.

ГОСТ 19781-90 Единая система программной документации. Обеспечение систем обработки информации программное. Термины и определения.

ГОСТ 19.105-78 Единая система программной документации. Общие требования к программным документам.

ГОСТ 19.201-78 Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.

ГОСТ 19.601-78 Единая система программной документации. Общие правила дублирования, учета и хранения.

ГОСТ 19.603-78 Единая система программной документации. Общие правила внесения изменений.

ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания.

ГОСТ 15971-90 Системы обработки информации. Термины и определения.

ГОСТ 16821-91 Сейсморазведка. Термины и определения.

ГОСТ 19781-90 Обеспечение систем обработки информации программное. Термины и определения.

ГОСТ 20886-85 Организация данных в системах обработки данных. Термины и определения.

ГОСТ 21552-84 Средства вычислительной техники. Общие технические требования, приемка, методы испытаний, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.

ГОСТ 28195-89 Оценка качества программных средств. Общие положения.

ГОСТ 28806-90 Качество программных средств. Термины и определения.

ГОСТ Р 53709-2009 Скважины нефтяные и газовые. Геофизические исследования и работы в скважинах. Общие требования.

ГОСТ Р 53713-2009 Месторождения нефтяные и газонефтяные. Правила разработки.

ГОСТ Р 53710-2009 Месторождения нефтяные и газонефтяные. Правила проектирования разработки.

ГОСТ Р 54910-2012 Залежи газоконденсатные и нефтегазоконденсатные. Характеристики углеводородов газоконденсатные. Термины и определения.

ГОСТ Р 53554-2009 Поиск, разведка и разработка месторождений углеводородного сырья. Термины и определения.

ГОСТ Р 53797-2010 Геологическая информация о недрах. Основные положения и общие требования.

ГОСТ Р 53794-2010 Информация о недрах геологическая. Термины и определения.

ГОСТ Р 54362-2011 Геофизические исследования скважин. Термины и определения.

ГОСТ Р 54363-2011 Полевые геофизические исследования. Термины и определения.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 Информационная технология. Пакеты программ. Требования к качеству и тестирование.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 15910-2002 Информационная технология. Процесс создания документации пользователя программного средства.

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил и/или классификаторов) в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя "Национальные стандарты" за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта (документа) с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта (документа) с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт (документ) отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины в соответствии с ГОСТ 19781, ГОСТ Р 53709, ГОСТ 16821, ГОСТ Р 53713, ГОСТ Р 53710, ГОСТ Р 54910, ГОСТ Р 53712, ГОСТ Р 53521, ГОСТ Р 53554, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 геофизические исследования скважин: Исследования, проводящиеся в скважинах, с целью изучения геологического разреза, горных пород и насыщающих их флюидов в околоскважинном и межскважинном пространствах, выявления и определения состава и свойств полезных ископаемых, контроля технического состояния скважин и контроля процесса разработки месторождений.
[ГОСТ Р 54362-2011, термин 1]

3.2 интерпретация сейсморазведочных данных: Определение параметров и свойств изучаемой геологической среды по сейсморазведочным данным.
[ГОСТ 16821-91, термин 207]

3.3 метод общей средней точки: Модификация метода отраженных волн, основанная на применении системы наблюдений, обеспечивающей многократное перекрытие.
[ГОСТ Р 54363-2011, термин 51]

3.4 обработка сейсморазведочных данных: Совокупность операций анализа и преобразования сейсморазведочных данных.
[ГОСТ 16821-91, термин 201]

3.5 программное обеспечение: Совокупность программ системы обработки информации и программных документов, необходимых для эксплуатации этих программ.
[ГОСТ 19781-90, термин 2]

3.6 программное обеспечение для обработки и интерпретации данных сейсморазведки: Многофункциональное либо узкофункциональное программное обеспечение, как единое, так и разрозненное, решающее задачи в сфере решения обратных задач сейсморазведки.

3.7 результаты интерпретации геофизических исследований скважин: Литологические типы, значения пористости и проницаемости горных пород, а также степень их газо/нефтенасыщенности на траекториях скважин, определенные посредством интерпретации данных геофизических исследований скважин. Результаты интерпретации представляются вдоль траекторий скважин поточно или поинтервально (начало интервала, конец интервала, значение).

3.8 сейсморазведка: Геофизическая разведка, основанная на изучении распространения в геологической среде сейсмических волн.
[ГОСТ Р 54363-2011, термин 28]

3.9 сейсморазведочные данные: Данные, зарегистрированные при сейсморазведочных работах, промежуточные и окончательные результаты их обработки и интерпретации.
[ГОСТ 16821-91, термин 200]

3.10 скоростной анализ (сейсмологических данных): Элемент обработки сейсморазведочных данных, обеспечивающий определение эффективных скоростей путем перебора направлений суммирования сейсмограммы для заданного аналитического годографа волны.
[ГОСТ 16821-91, термин 206]

3.11 фильтрация (сейсмической информации): Процедура, направленная на повышение отношения сигнал/помеха или разделение сейсмической информации на определенные компоненты.
[ГОСТ 16821-91, термин 204]

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АК	–	акустический каротаж
ВСП	–	вертикальное сейсмическое профилирование
ВСС	–	вертикальный спектр скоростей;
ГГК	–	гамма-гамма каротаж
ГИС	–	геофизические исследования скважин;
МОГТ	–	метод общей глубинной точки
ОСТ	–	общая средняя точка;
ОПВ	–	общий пункт возбуждения;
ОПП	–	общий пункт приема;
ОУ	–	общее удаление;
ПО	–	программное обеспечение;

5 Общие положения

Программное обеспечение для обработки и интерпретации данных сейсморазведки должно решать комплексные геофизические задачи, начиная с обработки первичных полевых данных до обработки в глубинной области с применением алгоритмов глубинной миграции, от классической интерпретации 2D профилей до технологий интерпретации 3D данных, используя наборы сейсмических атрибутов.

В результате должен получиться 3D структурный каркас, учитывающий тектоническое строение и условия осадконакопления; различные сейсмические аномалии; объёмные тела, выделенные по сейсмическим данным (палеорусла, соляные купола и т.п.); сейсмофации и объёмное распределение акустических и плотностных свойств среды.

Все полученные данные непосредственно используются при геологическом моделировании для получения согласованной 3D модели месторождения и минимизации рисков бурения [1].

6 Исходные данные для программного обеспечения обработки данных сейсморазведки

Исходными данными для ПО обработки данных сейсморазведки являются [2,3]:

6.1 Сейсмические данные:

- Трассы (записи) сейсмоприёмников, объединенные в подборки ОПВ.

Примечание – Основными форматами представления данных служат SEG-D (rev.0, rev.1, rev.2, rev.3) и SEG-Y (rev.0, rev.1) [4].

6.2 Описание геометрии сейсмических записей:

- файлы описания геометрии сейсмических записей в виде текстовых файлов с поколоночной разметкой;

Примечание – Как правило, файл с описанием пунктов возбуждения; файл с описанием пунктов приема; файл с описанием соответствия пунктов возбуждения и пунктов приема в фактической схеме отработки площади. Основными форматами представления файлов описания геометрии служат: для сухопутных данных и данных транзитных зон - SEG SPS (rev.1.0, rev.2.1); для морских данных, зарегистрированных с плавающими косами (стримерами) - SEG-P1 [4];

- файлы представляются для профильной сейсморазведки – попрофильно; для трёхмерной – поблочно или единым файлом каждого типа на всю площадь.

6.3 Каталог координат пунктов возбуждения и приема сейсмических колебаний:

- в виде текстовых файлов, содержащих как географические координаты, так и прямоугольные координаты в той системе координат, в которой будет вестись обработка данных.

6.4 Рапорта оператора сейсмической станции и схемы отработки площади:

- рапорта оператора представляются в виде текстовых файлов в соответствии с форматом записи сейсмической станции, использованной при отработке площади;

- схемы отработки площади, на которые наносится попрофильно/поблочно плановое и фактическое положение пикетов возбуждения и приема колебаний с указанием номеров файловых идентификаторов сейсмических записей.

6.5 Дефектные ведомости:

- представляются в виде текстовых файлов, содержащих список отбракованных на стадии полевых работ сейсмических записей (трасс, сейсмограмм) с указанием причины брака.

6.6 Топографическая основа, карты изученности, космические снимки:

- в виде координатно-привязанных растровых либо векторных изображений на плане XY, включающих точки скважин, линии сейсмических профилей, границы сейсморазведки 3D, границы лицензионных участков, изолинии рельефа земной поверхности.

6.7 Геолого-геофизическая информация по соседним либо аналогичным по структуре месторождениям.

Примечание - Обычно используется в случае отсутствия, либо недостаточности информации по исследуемому объекту, например - характеристики реперных горизонтов, типовые скоростные законы.

6.8 Геофизическая информация по итогам предшествующих работ:

– файлы текстового формата и файлы формата SEG-Y, содержащие информацию, используемую в ходе обработки (значения априорных и корректирующих статических поправок, исходные и финальные скоростные законы для средних, среднеквадратических скоростей, скоростей суммирования и миграции).

6.9 Единицы измерения исходных данных.

Исходные данные для ПО обработки данных сейсморазведки измеряют в системе СИ в соответствии с ГОСТ 8.417 и ГОСТ Р 8.645.

7 Функциональные требования к программному обеспечению обработки данных сейсморазведки

ПО обработки данных сейсморазведки должно обеспечивать (поддерживать) следующую функциональность:

7.1 Импорт исходных данных:

– текстовых файлов ASCII, бинарных файлов SEG-D и SEG-Y;
– настройка на структуру каталогов внешних файлов, на используемые в файлах форматы заголовков, разделители колонок, порядки колонок в таблицах.

7.2 Контроль качества исходных данных:

– визуальный контроль данных каждого вида после их загрузки в проект;
– контроль непротиворечивости разнородных и независимых данных при их совмещении;

– контроль статистических характеристик данных;

– возможность оперативного создания гибких процедур контроля качества сейсмических записей:

a) визуализация трасс в подборках ОПВ, ОПП, ОУ, ОСТ (последние три – после присвоения геометрии);

b) расчет и построение графиков (карт) амплитудных, корреляционных, спектральных характеристик записей (как целых записей, так и их отдельных участков) – средняя и среднеквадратическая амплитуда, доминантная, пиковая и центральная частоты сигнала, соотношение сигнал/помеха и др.;

c) визуализация годографа теоретических вступлений прямой волны в наложении на сейсмограммы при интерактивно определяемой пользователем скорости;

d) визуализация служебных каналов сейсмической записи.

– возможность оперативного создания гибких процедур контроля качества файлов-описателей геометрии:

- a) расчет и построение графиков (карт) координат и альтитуд;
- b) расчет и построение графиков (карт) вертикальных времен, глубин заложения заряда, скоростей первых вступлений и графиков (карт) иной априорной информации;
- c) расчёт и полуавтоматическая проверка расстояний между пунктами возбуждения (пунктами приёма);
- d) автоматическая диагностика отсутствия информации об атрибутах отдельных записей в файлах-описателях геометрии.

7.3 Визуализация:

- сейсмических данных методами отклонений, переменной плотности, переменной площади, отклонений с заполнением;
- схемы профилей в плане;
- значений произвольного слова заголовка сейсмических данных в виде профильной или цветокодированной зависимости;
- значений априорных и корректирующих статических поправок в профиле и плане;
- значений сейсмических скоростей в профильной зависимости;
- линий корреляции сейсмических горизонтов по разрезам;
- окон анализа данных по произвольным сейсмическим подборкам;
- одно- и двумерных спектров.

7.3.1 Типы окон визуализации:

Инструменты визуализации должны строиться на основе многооконного интерфейса, позволяющего отображать сейсмические данные, а также связанные с ними параметры (объекты) в произвольном числе окон разного типа. Основными типами окон визуализации являются следующие:

- окна для отображения данных в пространстве 3D. Применяются для отображения всей совокупности данных или отдельных фрагментов. В окне 3D пользователь создает и перемещает сечения (слайсы) разной конфигурации, при помощи которых производится детальное исследование модели;
- окна для отображения данных в пространстве 2D, обычно ассоциированные с планами XY, а также с вертикальными и горизонтальными сечениями (слайсами) в пространстве 3D. Применяются для отображения карт, сечений кубов сейсмических данных, сейсмических разрезов;
- стандартные электронные планшеты для отображений произвольных функций, точечных данных в координатах XY, XYT. Применяются для отображения гистограмм, вариограмм, распределений точечных данных, оценки корреляции, кластерного анализа, вывода регрессионных зависимостей;
- окна для отображения текстовой информации, табличных данных;
- окна с древовидными списками объектов. Применяются как интерфейсы к хранилищам данных.

7.3.2 Свойства окон визуализации:

- изображение координатных осей, включая их разметку;
- возможность прямого и обратного пространственного увеличения/уменьшения размеров изображения.

7.4 Предварительная обработка данных сейсморазведки (препроцессинг):

- загрузка информации о геометрии сейсмических записей из файлов-описателей геометрии;
- расчёт планового положения точек ОСТ с присвоением нумерации ОСТ (бинирование);
- занесение информации о координатах пунктов возбуждения, приёма, точек ОСТ; удалении источник-приемник в заголовки сейсмических трасс на основании сопоставления базовых заголовков (номер файла и номер канала расстановки) с имеющимися сведениями в файле-описателе геометрии;
- контроль корректности присвоения информации в заголовки трасс путем визуализации (в текстовом и/или графическом виде) значений заголовков;
- интерактивная и поточная редакция трасс, в т.ч. определение и исключение из обработки бракованных (неработающих, шумящих) каналов;
- определение и коррекция каналов в обратной полярности;
- применение мьютинга;
- расчёт и ввод в трассы априорных статических поправок.

7.5 Сигнальная обработка данных сейсморазведки:

7.5.1 Масштабирование данных, т.е. изменение амплитуд сейсмической записи – потрассно, по участкам трассы или по подборкам ОПВ, ОПП, ОУ, ОСТ. ПО обработки данных сейсморазведки должно поддерживать следующие виды масштабирования:

- изменение усиления, т.е. расчет функции изменения усиления по всей трассе (сейсмограмме) или ее участку и применение данной функции ко всей трассе (сейсмограмме) путем умножения отсчетов на значения функции;

Примечание – Например, изменение усиления по среднему, среднеквадратическому или максимальному уровню амплитуд.

- переменное во времени изменение усиления, т.е. расчет функции изменения усиления по одному или нескольким участкам трассы (сейсмограммы) и применение данной функции к одному или нескольким участкам трассы (сейсмограммы) путем умножения отсчетов на значения функции;

- автоматическая регулировка усиления, т.е. расчёт функции изменения усиления по средней (среднеквадратической) амплитуде в скользящем окне и применение данной функции ко всей трассе путем умножения каждого отсчета на соответствующее значение функции;

- компенсация сферического расхождения;

Примечание – Расчёт функции компенсации изменения амплитуд за сферичность фронта волны по формуле $t^a \cdot e^{bt} \cdot V^c(t_0)$, где t – текущее время; a , b , c – задаваемые пользователем коэффициенты; $V(t_0)$ – скоростной закон (может использоваться функция $V(t_0) = const$) и применение данной функции ко всей трассе путем умножения каждого отсчета на соответствующее значение функции.

- поверхностно-согласованное изменение амплитуд, т.е. расчет функции

изменения усиления для каждой трассы в предположении и с учетом четырехфакторной модели данной функции: фактор источника, фактор приёмника, фактор удаления, структурный фактор и применение данной функции или отдельных ее составляющих ко всей трассе путем умножения каждого отсчета на соответствующее значение функции.

7.5.2 Фильтрация

Примечание – Фильтрация – подавление помех, отличающихся по единственному признаку, как правило, частотному составу, от сигнальной составляющей, производится по трассно, по участкам трассы или по подборкам ОПВ, ОПП, ОУ, ОСТ.

ПО обработки данных сейсморазведки должно поддерживать следующие виды фильтрации:

– частотная фильтрация

Примечание – Фильтрация на основе преобразования Фурье – в модификациях фильтра низких частот, фильтра высоких частот, полосового фильтра. Процедура фильтрации может реализовываться сверткой с оператором фильтра во временной области или комплексным умножением спектров трассы и фильтра в частотной области.

– переменная во времени частотная фильтрация;

Примечание – Частотная фильтрация в перекрывающихся по времени участках трассы, при этом разным участкам могут соответствовать различные фильтры. В зоне перекрытия должно обеспечиваться согласование амплитуд.

– режекторная фильтрация;

Примечание – Фильтрация для подавления определенной гармонической составляющей, обычно частоты промышленного тока – 50 Гц.

– обратная и корректирующая фильтрация;

Примечание – Оптимальная фильтрация на основе уравнения Колмогорова-Винера.

– медианная фильтрация;

Примечание – Подавление аномальных амплитуд за счет вычисления медианного значения распределения амплитуд и применения к нему функции окна.

7.5.3 Многомерная фильтрация

Примечание – Многомерная фильтрация – подавление помех, отличающихся по совокупности признаков от сигнальной составляющей. Многомерная фильтрация данных производится по подборкам ОПВ, ОПП, ОУ, ОСТ.

ПО обработки данных сейсморазведки должно поддерживать следующие виды многомерной фильтрации:

– F-K фильтр;

Примечание – Фильтрация на основе применения двумерного преобразования Фурье (время и одна из координат) к данным в заданной сортировке (ОПВ, ОПП, ОСТ и др.). Форма фильтра в F-K области может быть полигональной и разной для положительных и отрицательных волновых чисел.

– τ -р фильтр.

Примечание – Фильтрация на основе представления сейсмограмм в области τ -р, где

t – время пересечения годографа с осью времени при нулевом удалении; p – величина, обратная кажущейся скорости.

7.6. Построение сейсмических изображений (разрезов, кубов), отображающих геологическое строение среды в поле отраженных волн:

7.6.1 Подготовка данных и проведение скоростного анализа:

- объединение сейсмограмм ОСТ для скоростного анализа;
- построение вертикального спектра скоростей;

Примечание – Для расчёта вертикального спектра скоростей в сейсмограмму ОСТ последовательно вводятся кинематические поправки с различными скоростями, затем формируются суммотрассы и отображаются в пространстве (v, t) . Экстремальные значения амплитуд суммотрасс соответствуют максимизации энергии суммирования и наиболее вероятному значению скорости ОСТ для данного времени.

- построение панелей постоянной скорости;

Примечание – При вводе во все времена сейсмограмм ОСТ кинематической поправки с постоянной скоростью можно получить набор панелей постоянной скорости при варьировании значения скорости. Параметры данного вида анализа — наименьшее и наибольшее значения скорости; шаг перебора скоростей. Подбор скорости проводится в интерактивном режиме по критерию визуальной оптимальности (спрямление осей синфазности и высокие амплитуды).

– окно скоростного анализа должно предоставлять возможности ручного, автоматического и полуавтоматического выбора (пикирования) скоростей в пределах заданной подборки, а также предусматривать возможность ввода кинематической поправки по сформированному скоростному закону к отображаемым на экране данным.

7.6.2 Расчёт и ввод кинематических поправок:

- расчёт кинематических поправок;
- ввод/вывод кинематических поправок в трассы;

Примечание – Может применяться частичный ввод кинематических поправок;

- применение мьютинга за растяжение импульса.

7.6.3 Проведение горизонтального, или синхронного, суммирования трасс сейсмограмм ОСТ, скорректированных за удаление.

7.6.4 Вычисление и ввод корректирующих статических и кинематических поправок, в том числе:

- автоматический расчет остаточной статики;

Примечание – Расчет и применение временных сдвигов на основе взаимной корреляции входных трасс (сортировка ОСТ) с трассами временного разреза.

- расчет статики оптимизацией функции суммирования.

Примечание – Расчет и применение поверхностно-согласованных временных сдвигов на основе оптимизации функции суммирования в заданном диапазоне отклонений.

7.6.5 Проведение миграционных процедур для учета сейсмического сноса по сейсмическим разрезам (кубам) и сейсмограммам, в том числе:

- миграция на основе дифракционного преобразования записей –

интегрирования волнового поля вдоль траекторий годографов дифрагированных волн;

Примечание – Миграция Кирхгофа.

– миграция на основе двух- или трёхмерного (в зависимости от размерности исходных данных) преобразования Фурье;

Примечание – F-K миграция.

– обращенное продолжение волнового поля;

Примечание – Миграция на основе конечно-разностного решения волнового уравнения.

– миграция на основе Гауссовых пучков.

Примечание – Бим-миграция.

7.6.6 Процедуры построения глубинно-скоростной модели среды, используемой для глубинной миграции сейсмограмм.

Примечание – Описание процедур в п. 9.4.4.

7.7 Экспорт результатов обработки во внешние файлы:

– экспорт результатов обработки в отдельные файлы (текстовые файлы ASCII, бинарные файлы SEG-Y);

– возможность гибкой оперативной настройки на структуру каталогов внешних файлов, на используемые в файлах форматы заголовков, разделители колонок, порядок колонок в таблицах;

– возможность экспорта следующих типов данных:

а) сейсмические данные (сейсмограммы, временные и глубинные разрезы и кубы, разрезы и кубы атрибутов) в файлы формата SEG-Y;

б) скоростные законы в текстовые файлы гибкого формата;

с) файлы редакции трасс в текстовые файлы гибкого формата;

д) файлы статических и кинематических поправок в текстовые файлы гибкого формата;

е) линии корреляции горизонтов в текстовые файлы гибкого формата;

ф) позиции временных окон в текстовые файлы гибкого формата.

8 Исходные данные для программного обеспечения интерпретации данных сейсморазведки

Исходными данными ПО для интерпретации данных сейсморазведки являются:

8.1 Сейсмические данные:

– сейсмограммы на выходе полного цикла обработки, подготовленные к окончательному суммированию и миграции;

– разрез (куб) скоростей ОСТ;

– предварительные временные разрезы (кубы) суммотрасс ОСТ;

– предварительный временной мигрированный куб (по суммарным трассам);

- материалы ВСП;
- имеющиеся на площади съемки: волновые поля, скоростные законы, выполненная интерпретация;
- заголовки сейсмических трасс должны содержать полную информацию о координатах трасс.

8.2 Данные ГИС:

– полный объем (база данных) материалов и результатов геофизических исследований всех скважин в пределах съемки:

а) данные об эффективных толщинах, полученные при обработке и интерпретации материалов ГИС;

б) данные о коэффициенте пористости в скважинах, полученные в результате обработки и интерпретации материалов ГИС и керна;

с) литофациальные попластовые модели;

д) петрофизические уравнения для коллекторов целевых горизонтов.

– данные ГИС должны быть представлены в виде поточечных кривых, Перечень методов ГИС представлен в ГОСТ Р 53709. Основным форматом представления данных ГИС служит формат LAS;

– результаты интерпретации данных ГИС представляются в виде поинтервальных таблиц или поточечных кривых значений количественных и категориальных подсчетных параметров вдоль траекторий скважин - литологии (фации), пористости, глинистости, проницаемости, типа флюида, насыщенности;

– результаты интерпретации ГИС должны включать таблицы глубин и координат пластопересечений опорных горизонтов.

8.3 Объекты интерпретации:

– сетки и карты параметров;

– горизонты;

– границы;

– поверхности нарушений.

8.4 Топографическая основа, карты изученности, космические снимки:

– представляются в виде координатно-привязанных растровых либо векторных изображений на плане ХУ, включающих точки скважин, линии сейсмических профилей, границы сейсморазведки 3D, границы лицензионных участков, изолинии рельефа земной поверхности.

8.5 Геолого-геофизическая информация по месторождениям аналогичного типа.

Примечание – характеристики реперных горизонтов; типовые скоростные законы и т.д.

8.6 Геофизическая информация по итогам предшествующих работ:

– структурные карты, карты изохрон; результаты корреляции опорных горизонтов; типовые скоростные законы и т.д.;

– представляется в файлах текстового формата, растровых и векторных изображениях, файлах формата SEG-Y.

8.7 Единицы измерения исходных данных.

Исходные данные для ПО обработки данных сейсморазведки измеряют в системе СИ в соответствии с ГОСТ 8.417 и ГОСТ Р 8.645.

9 Функциональные требования к программному обеспечению интерпретации данных сейсморазведки

ПО для интерпретации данных сейсморазведки должно обеспечивать (поддерживать) следующую функциональность:

9.1 Импорт исходных данных из внешних файлов:

– импорт исходных данных из отдельных файлов: текстовых файлов ASCII, бинарных файлов SEG-Y, с возможностью гибкой настройки на структуру каталогов внешних файлов, на используемые в файлах форматы заголовков, разделители колонок, порядок колонок в таблицах.

9.2 Контроль качества исходных данных:

– визуальный контроль данных каждого вида после их загрузки в проект;
– контроль непротиворечивости разнородных и независимых данных при их совмещении;

– контроль статистических характеристик данных.

9.3 Визуализация данных:

ПО интерпретации данных сейсморазведки должно обеспечивать возможность визуализации исходных данных и данных, получаемых в ходе интерпретации.

9.3.1 Типы окон визуализации.

Аналогично п. 7.3.1.

9.3.2 Свойства окон визуализации:

Аналогично п. 7.3.2.

9.4 Структурная (кинематическая) интерпретация.

ПО интерпретации данных сейсморазведки должно обеспечивать выполнение следующих этапов структурной интерпретации [5]:

9.4.1 Интерпретационные приемы учета скоростных неоднородностей в верхней части разреза:

– способ замещения слоя: детальный скоростной анализ по самому неглубокому горизонту ниже зоны скоростных неоднородностей для устранения скоростных аномалий верхней части разреза;

– способы, реализующие алгоритмы сейсмической томографии: определение скоростных аномалий, в максимальной степени уточняющих глубинно-скоростную модель по критерию соответствия наблюдаемому полю, на основе расчета горизонтальных спектров скоростей по опорным горизонтам и применения технологии глубинной миграции до суммирования;

– палеотехнологии.

Примечание – раздельная максимально неискажающая обработка верхней части разреза и обработка части разреза ниже репера после ее трансформации на спрямленный реперный горизонт вводом статистических псевдопалеопоправок; совместная интерпретация с восстановлением глубинной модели первой жесткой границы и реперного горизонта;

использование палеовременного мигрированного куба для снятия значений Δt между реперным горизонтом и целевыми отражениями, свободными от негиперболичности.

9.4.2 Стратиграфическая привязка отражающих горизонтов:

– начальная привязка – сопоставление волновых полей ВСП с нанесенными на них годографами удвоенных вертикальных времен, трассами однократных отражений и фрагментами временных разрезов МОГТ;

– уточненная стратиграфическая привязка целевых продуктивных горизонтов - привязка на основе сейсмического моделирования. Тонкослоистые скоростные модели рассчитываются по кривым АК и ГКК и калибруются с использованием вертикального годографа ВСП или положением опорных отражающих границ.

9.4.3 Корреляция горизонтов и трассирование тектонических нарушений:

– ручная корреляция горизонтов на вертикальных и горизонтальных разрезах;

– полуавтоматическая корреляция по опорным разрезам (Inline, Crossline): отражающий горизонт коррелируется по каждому (2-му или 5-му, или 10-му) Inline, а также по Crossline с контролем правильности корреляции на пересечениях. Потери корреляции после восстановления контролируются в точках скважин;

– автоматическая корреляция по всему объему данных;

– выделение и трассирование тектонических нарушений.

Примечание – Для выделения и картирования разрывных дислокаций используются временные и глубинные сейсмические разрезы, карты градиентов (углов наклона) с подсветкой, сечения куба когерентности, седиментационные слайсы и др.

9.4.4 Построение и визуализация глубинно-скоростной модели среды [6]:

– расчет карт средних скоростей: использование куба скоростей ОСТ для пересчета карт изохрон в структурные карты, которые увязываются с глубинами соответствующих горизонтов в скважинах, с построением карт схождения;

– расчет пластовой скоростной модели среды с использованием массива вертикальных спектров скоростей и вычислением по опорным отражающим горизонтам интервальных скоростей между ними по формуле Урупова-Дикса с последующим пересчетом карт изохрон в структурные карты;

– расчет модели интервальных скоростей - расчет последовательно сверху вниз горизонтальных интервальных скоростей с трассированием лучей с учетом преломления на вышележащих границах. Построение карт интервальных скоростей выделенных пластов с последующей лучевой миграцией;

– расчет и визуализация структурных карт;

– расчет и визуализация карт мощностей;

– регрессионный анализ - построение кроссплотов для устойчиво коррелируемых и жестко привязанных по скважинам отражающих горизонтов.

9.4.5 Получение куба глубинных изображений сейсмической записи.

9.5 ПО должно обеспечивать выполнение следующих этапов динамической интерпретации данных сейсморазведки [5]:

9.5.1 Расчет и визуализацию следующих видов атрибутов по профилю/разрезу:

- волновых сейсмических атрибутов непосредственно по мигрированному кубу сейсмической записи, в т. ч. мгновенные и поинтервальные оценки параметров волн;
- волновых сейсмических атрибутов, рассчитанных по мигрированным сейсмограммам в результате AVO-анализа сейсмических отражений;
- пластовых петрофизических прогнозных параметров, полученных на основе инверсии сейсмической записи, включая псевдоакустический каротаж, акустический импеданс по продольной волне и упругий импеданс по атрибутам AVO, в т. ч. прогнозные упругие параметры Ламе и плотности;
- инверсию в кубы и разрезы псевдокаротажа на основе многомерной интерпретации с получением кубов песчанистости, пористости, литологии, позволяющих получить как объемные, так и пластовые характеристики параметров резервуара;
- пластовых характеристик резервуаров и залежей, полученных из совокупности нескольких атрибутов пересчетом (сейсмических жесткостей, скоростей, амплитуд в петрофизические свойства резервуаров) - эффективные толщины, пористость, глинистость, проницаемость, трещинноватость, нефте/газонасыщенность;
- кинематических атрибутов – временные мощности, градиенты и азимуты карт изохрон;
- спектрально-временных характеристик сейсмических записей и каротажных кривых, используемых для увязки волн и пластов.

9.5.2 Выявление количественных связей между атрибутами сейсмической записи и петрофизическими характеристиками пластов: эффективными толщинами, коэффициентами пористости и коэффициентами нефте/газонасыщенности, - на основе:

- многомерной регрессии;
- кластерного анализа и/или нейросетевых алгоритмов;
- построения параметрических карт.

9.5.3 ПО интерпретации данных сейсморазведки должно поддерживать возможности оценки запасов: построение карт нефте/газонасыщенности, расчет эффективных мощностей, расчет объемов.

9.6 Экспорт результатов интерпретации во внешние файлы [7]:

9.6.1 ПО интерпретации данных сейсморазведки должно обеспечивать экспорт результатов обработки в отдельные файлы (текстовые файлы ASCII, бинарные файлы сеток, бинарные файлы SEG-Y). При этом должна обеспечиваться возможность гибкой оперативной настройки на структуру каталогов внешних файлов, на используемые в файлах форматы заголовков, разделители колонок, порядки колонок в таблицах.

9.6.2 ПО интерпретации данных сейсморазведки должно предусматривать возможность экспорта следующих типов данных:

- сейсмические данные (сейсмограммы, временные и глубинные разрезы и кубы, разрезы и кубы атрибутов (включая кубы, разрезы частичных сумм и кубы скоростей) во временном и/или глубинном масштабе) в файлы формата SEG Y;
- скоростные законы в текстовые файлы гибкого формата;
- результаты трассирования отражающих горизонтов во временном и/или глубинном масштабе (в виде поверхностей, линий или наборов точек) в текстовые файлы гибкого формата;
- результаты трассирования разломов (в виде линий или наборов точек) во временном и/или глубинном масштабе;
- карты (изохрон, изопахит, изогипс, скоростей, атрибутов) в текстовые файлы гибкого формата и графические растровые и векторные файлы;
- результаты оконтуривания геологических тел и/или сейсмофациальных зон в виде двумерных полигонов (линий);
- сейсмогеологические разрезы через важные геологические объекты и опорные скважины в графические растровые и векторные файлы.

10 Требования к документированию программного обеспечения для обработки и интерпретации данных сейсморазведки

10.1 Для ПО обработки и интерпретации данных сейсморазведки разрабатывают документацию в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО/МЭК 15910. Общие требования к документации соответствуют ГОСТ 19.105.

10.2 Дублирование, учет и хранение ПД проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 19.601 и ГОСТ 28388. Изменения в ПД вносят в соответствии с ГОСТ 19.603.

10.3 ПД на программное средство и (или) его компоненты должна предусматривать наличие подробного руководства пользователя на русском языке и содержать следующие сведения:

- 10.3.1 область применения;
- 10.3.2 данные о структуре (перечень модулей, базовый комплект, список дополнительных модулей);
- 10.3.3 описание пользовательского интерфейса;
- 10.3.4 описание опций;
- 10.3.5 описание порядка экспорта и импорта данных;
- 10.3.6 описание применяемых алгоритмов и физических моделей.

11 Технические требования к программному обеспечению обработки и интерпретации данных сейсморазведки

Техническое обеспечение должно удовлетворять следующим основным требованиям:

- функционирование на современных операционных системах и аппаратных платформах;
- обеспечение возможности параллельных вычислений для ускорения расчетов.

12 Сертификация программного обеспечения для обработки и интерпретации данных сейморазведки

Сертификация ПО обработки и интерпретации данных сейморазведки должна проводиться путём:

- исследования интерфейса и руководства пользователя программного комплекса на наличие требуемых функциональных возможностей и поддержку работы с перечисленными исходными данными;
- физического запуска и экспертного анализа предоставленных производителем ПО тестов (включённых в состав поставки ПО или предоставленных разработчиками ПО), демонстрирующих реализацию функциональности [8,9,10,11].

Библиография

- [1] Временное положение об этапах и стадиях геологоразведочных работ на нефть и газ: Приложение 1 к приказу МПР России от 7 февраля 2001 г. № 126.
- [2] Инструкция по сейморазведке. М., 1986.
- [3] Шнеерсон М.Б., Жуков А.П., Белоусов А.В. Методика и технология пространственной сейморазведки. М.: Спектр. 2009.
- [4] Технические стандарты SEG: SEG-D, SEG SPS, SEG-Y. URL: <http://www.seg.org/resources/publications/misc/technical-standards>
- [5] Методические рекомендации по использованию данных сейморазведки (2D, 3D) для подсчета запасов нефти и газа / В.Б.Левянт [и др.]. М., 2006.
- [6] Инструкция по оценке качества структурных построений и надежности выявленных и подготовленных объектов по данным сейморазведки МОВ-ОГТ. М., 1984.
- [7] Требования к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов нефти и горючих газов: Приложение к приказу МПР России от 15 февраля 2011 г. № 34.
- [8] Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980.
- [9] Кобрунов А.И. Информационная модель геофизических исследований // Геофизика. 1997. №3. С. 18-26.
- [10] Кондратьев О.К. Экспертная обработка сейсмических материалов // Геофизика. 1995. № 1. С. 15-23.
- [11] Недикова Т.Н., Фризнер Д.А. Модели приближенных оценок качества сложных систем // Надежность и качество-2002: Труды международного симпозиума. Пенза, 2002.