

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**«Определение характеристик отраженных волн и волн-помех поперстного
типа в зонах их интерференции»**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 2 курса 261 группы
направление 05.04.01 геология
геологического ф-та
Наумов Валерий Михайлович

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

подпись, дата

Э.С. Шестаков

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2019

Введение. Данная магистерская работа посвящена определению характеристик отраженных волн и волн-помех поперстного типа в зонах их интерференции. Известно, что регистрируемое при сейсморазведочных работах поле упругих колебаний представляет собой сложную суперпозицию случайных и регулярных волн различного типа. В методе отраженных волн для решения геологических задач используются однократно отраженные волны от границ раздела в исследуемой геологической среде, которые составляют лишь небольшую часть сейсмического волнового поля, остальные волны рассматриваются как помехи.

При проведении полевых сейсморазведочных работ для подавления низкоскоростных волн-помех используется *интерференционные системы* (ИС) – группирование источников и приёмников упругих колебаний, свойства которых рассматриваются в рамках частотной или энергетической теорий ИС. Однако в отчетах о работах нигде не приводится оценка их эффективности. Одной из причин этого является то, что в настоящее время не изучается соотношение интенсивности однократно отраженных волн и низкоскоростных помех в зонах их интерференции (отношение сигнал/помеха, S/N). До конца 60-х годов прошлого столетия с этой целью практически повсеместно выполняли специальные опытные работы [6], которые в настоящее время не проводятся.

На кафедре геофизики Саратовского университета в течение многих лет ведутся инициативные научно-исследовательские работы (НИР) по развитию энергетической теории ИС. В их рамках были предприняты попытки получения сведений об отношении S/N выше упомянутых волн по сейсмограммам производственных сейсмических работ.

Оценка интенсивностей и степени затухания выделенных волн-помех и опорного отражения выполнялась вручную по перезаписям полевых сейсмограмм. Приближенный расчет интенсивностей всех целевых отражений выполнялся путем решения прямой динамической задачи. Была разработана программа SN_otr_pov_3.

Результатом первого этапа работ явилось определение принципов анализа волнового поля и разработка первой версии программы расчета отношений S/N в зонах интерференции волн-помех поверхностного типа и целевых отражений. Задачей следующего этапа исследований, являлось извлечение информации об интенсивности выделенных волн из сейсмограмм, регистрируемых цифровыми сейсмическими станциями. Она была решена с использованием общедоступного программного обеспечения. Но низкая технологичность алгоритма извлечения данных из цифровых сейсмограмм, привел к разработке программы извлечения и анализа сейсморазведочных данных из стандартных цифровых сейсмограмм, что и определило направление данной работы.

Целью данной магистерской работы является: ***разработка и отладка программы определения интенсивности и коэффициента затухания волн-помех поверхностного типа, зарегистрированных на сейсмограммах формата SEG-Y.***

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть концепцию определения отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа;
- рассмотреть структуру сейсмограммы формата SEG-Y и разработать алгоритм выборки сейсмической и вспомогательной информации для анализа интенсивности отраженных волн и определения отношения S/N отраженных волн и волн-помех поверхностного типа;
- разработать алгоритм оценки затухания волн как функции удаления источник-приёмник;
- разработать блок-схему программы определения отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа на основе анализа сейсмограмм формата SEG-Y;
- разработать и отладить программу определения отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа на основе анализа сейсмограмм формата SEG-Y.

Выпускная магистерская работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка используемых источников, включающего 15 источников.

Раздел 1 «Концепция определения отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа» содержит сведения о концепции определения отношения S/N в зонах их интерференции.

Раздел 2 «Основные алгоритмы программ SEG_Y_NS» содержит два подраздела. **Подраздел 2.1 «Алгоритм выборки данных из сейсмограмм формата SEG-Y»** содержит сведения о выборки данных из сейсмограмм. **Подраздел 2.2 «Алгоритм направленного суммирования»** содержит сведения о направленном суммировании.

Раздел 3 «Программа SEG_Y_NS_6» содержит сведения о реализованном алгоритме программы SEG_Y_NS_6.

Раздел 4 «Отладка программы SEG_Y_NS_6» содержит сведения о особенностях работы программы SEG_Y_NS_6.

Работа изложена на 50 стр., содержит 1 таблицу, 3 формулы, 12 рисунков и 1 приложение.

Основное содержание работы. Раздел 1 «Концепция определения отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа». Современная технология выполнения сейсморазведочных работ МОВ использует направленные свойства полевых ИС – групповых источников и групповых приёмников упругих колебаний – для подавления низкоскоростных волн-помех поверхностного типа. Параметры группирования – база группы, число элементов в группе, их чувствительность (или интенсивность излучения) – выбираются исходя из характеристик подавляемых волн-помех, используя аппарат теории интерференционных систем (частотной или энергетической).

Для обоснованного выбора параметров ИС и оценки эффективности их применения необходимы сведения о соотношении интенсивностей полезных (однократно отраженных) волн и подавляемых волн-помех в зонах их

интерференции – отношение S/N . Ранее для получения этих данных выполнялись специальные опытные работы, каковые в настоящее время практически нигде не проводятся.

В рамках инициативных научно-исследовательских работ (НИР) по развитию энергетической теории ИС, проводимых на кафедре геофизики Саратовского университета, выполнялись исследования по использованию полевых сейсмограмм, зарегистрированные современными цифровыми сейсмостанциями, для получения приближенных значений параметра отношения S/N .

Раздел 2 «Основные алгоритмы программ SEG_Y_NS». На кафедре геофизики Саратовского университета разрабатываются методы извлечения информации о параметрах волн-помех поверхностного типа из полевых сейсмограмм, зарегистрированных современными цифровыми сейсмическими станциями. В их основе лежит направленное суммирование сейсмических сигналов. Используются сейсмограммы, записанные в формате SEG-Y IEEE Floating Point (далее – SEG-Y), который рекомендован Обществом геофизиков-разведчиков (Society of Exploration Geophysicists, SEG) к использованию при обработке сейморазведочной информации.

Алгоритм направленного суммирования реализован практически во всех пакетах обрабатывающих программ, однако воспользоваться готовыми программными продуктами оказалось практически невозможно, поскольку они не ориентированы на волны-помехи поверхностного типа и неавтономны. Это потребовало создания собственной программы на языке Visual Basic, получившей рабочее имя SEG_Y_NS, ориентированная на ЭВМ класса PC.

Подраздел 2.1 «Алгоритм выборки данных из сейсмограмм формата SEG-Y». При разрешении первой проблемы необходимо было:

- в заданном по I-координатам окне скопировать с исходной сейсмограммы формата SEG-Y блоки сейсмических данных трасс;
- приформировать к каждому блоку укороченный заголовок, где нужно разместить характеристики сеймотрасс;

– для удобства обработки привести обрабатываемую и вспомогательную информацию к единому формату представления чисел.

Основной сложностью при этом было то, что в формате SEG-Y в словах используется обратный порядок байтов по старшинству тогда как стандарты PC предполагают прямой. Это требует побитового копирования для преобразования формата всех слов копируемой информации.

Подраздел 2.1 «Алгоритм направленного суммирования». Поскольку в данной работе рассматриваются волны-помехи поверхностного типа, имеющие линейный годограф, то для определения характеристик помех используется направленное суммирование сейсмических сигналов по линейному закону $\Delta t = \text{const}(l)$, где Δt – параметр направления суммирования, а l – удаление источник-приёмник (офсет). Оно выполняется в пространственно-временном окне $l_{ni}, l_{ki}, t_{ni}, t_{ki}$, где:

- i – индекс окна анализа,
- l_{ni}, l_{ki} – офсет начальной и конечной трасс окна анализа,
- t_{ni}, t_{ki} – начальное и конечное время окна анализа.

Суммируются отсчёты сигналов, зарегистрированных на трассах окна анализа со смещением по времени регистрации на величину $\Delta t_{ан}$.

Раздел 3 «Программа SEG_Y_NS_6». На кафедре геофизики Саратовского университета на языке Visual Basic был создан ряд программ направленного суммирования типа SEG_Y_NS. Отличительной особенностью пятой версии (SEG_Y_NS_5), в разработке которой я принимал непосредственное участие, является использование стандартного браузера Windows для поиска и выбора файла, содержащего исходную ОСГ, записанную в формате SEG-Y. Эта программа является промежуточной версией, имеющей целью отладки всех используемых алгоритмов, и содержит ряд узлов и элементов вспомогательного (отладочного) назначения.

Рассмотренный выше алгоритм был реализован в программах с именем SEG_Y_NS_«номер версии». Первой задачей этих программ являлось чтение заголовков и блоков данных сейсмограммы формата SEG-Y и формирование

блоков данных, доступных обработке средствами Visual Basic, второй – направленное суммирование сейсмических данных Block-файлов в окне, задаваемом по l- и t-координатам. Поэтому организационно программа в любой версии включает в себя две части:

- начальную: чтение информации из файла формата SEG-Y и формирование в памяти программы информационного блока, позволяющего выполнить направленное суммирование, условно названного Block-файл;
- конечную: многовариантное направленное суммирование информации Block-файла в задаваемых пространственно-временных окнах и интерпретация результатов суммирования.

Начальная часть программы включает в себя три программных модуля. В первом, запускаемом нажатием виртуальной кнопки «Открыть исходный файл SEG-Y», с помощью средств ОС Windows выполняется выбор исходного SEG-Y-файла, содержащего ОСГ.

Во втором блоке «Чтение заголовков трасс» реализована выборка из Line Header и Trace Header значений параметров «Шаг дискретизации», «Число отсчетов на трассе», «Полевой номер сейсмограммы», «Офсет 1-ой трассы окна анализа», преобразование в формат R4 и сохранение в виде значений переменных dt4, QWTr, FFID, Off(1). Кроме того, определяется, запоминается как значение переменной QTrFIs общее число сейсмических трасс в исходной ОСГ, оно визуализируется на экране как сообщение «"Объём исходного файла SEG-Y = " + CStr(QTrFIs) + " трасс"» (здесь CStr() – функция преобразования числового значения переменной в строковое).

В третьем блоке «Чтение блоков данных трасс» происходит собственно формирование Block-файла. Для формирования Block-файла в полях Text3 и Text4 должны быть заданы начальный и конечный номера трасс ОСГ, помещаемых в Block-файл. Формируются два массива:

- двумерный массив Block-файла с именем Amp(i, j), где i – номер трассы в блоке, j – номер отсчета на трассе.
- одномерный массив суммарной трассы с именем WR4(j).

Организуется два вложенных цикла: внешний – по числу трасс Block-файла (цикл i), внутренний – по числу отсчетов на трассе ОСГ. Во внешнем цикле, до входа во внутренний, вычисляется начальный адрес текущей считываемой трассы в ОСГ. Во внутреннем цикле осуществляется чтение отсчетов текущей трассы, преобразование их в формат действительных чисел двойной точности и запись в соответствующие элементы массива Amp . По завершении обоих циклов на экран выдаётся сообщение о завершении формирования Block-файла.

Конечная часть программы содержит два программных блока. Первый «Контроль трасс Block-файла» выполняет визуализацию в поле значений отсчетов сейсмических сигналов в массиве Amp . Объём визуализируемого материала определяется пространственно-временным окном, задаваемым в текстовых полях «№ начальной трассы», «№ конечной трассы», «Начальное время», «Конечное время». Информация в поле визуализации $List1$ организуется в виде таблицы из 10 колонок, каждая соответствует одной из трасс окна, число выводимых значений определяется временным интервалом окна и шагом дискретизации. Если в окне присутствует больше 10-ти трасс – организуется постраничная визуализация.

Второй программный блок запускается кнопкой «Суммирование» и выполняет направленное суммирование сигналов в окне, задаваемом в тех же текстовых полях, что и в блоке контроля. Направление суммирования задаётся в текстовом поле «Направление суммирования» в виде временного смещения сигналов на соседних трассах окна в миллисекундах на трассу. Результатом суммирования является суммарный сигнал, записываемый в виде значений переменной $WR4(i)$, где i – номер суммарного отсчета, и среднеквадратического значения амплитуды суммарного сигнала.

Раздел 4 «Отладка программы SEG_Y_NS_6». В серии программ SEG_Y_NS, версии от 1 до 4 включительно местоположение исходной ОСГ задавалось именем директории и именем файла. Их конкатенация формировала полный адрес файла ОСГ. В версиях 5 и 6 использован браузер Windows.

Для демонстрации постраничной визуализации в программе был задан короткий временной интервал (50 мс). На первой странице выведены значения отсчётов 1 ÷ 10 трасс, на второй – 11 ÷ 13. Неровная форма колонок обусловлена тем, что в Visual Basic при визуализации не резервируется позиция под знак числа.

Для тестирования работы режима направленного суммирования использована осреднённая сейсмограмма, полученная в результате суммирования 1-const пяти соседних сейсмограмм профиля Pr06 тест-системы Ухта, отнесённая к FFID = 2268.

Таким образом, можно констатировать, что программа SEG_Y_NS_6 в её настоящем состоянии позволяет:

- выбрать обрабатываемый файл формата SEG-Y, используя браузер операционной системы Windows;
- выбрать из заголовков файла и сейсмотрасс параметры, характеризующие сейсмическую запись;
- сформировать Block-файл, доступный обработке средствами Visual Basic;
- контролировать содержимое Block-файл, визуализируя отсчёты сейсмотрасс на экране дисплея;
- выполнить суммирование по задаваемому направлению в задаваемом пространственно-временном окне (в пределах Block-файла).

В процессе отладки программы SEG_Y_NS_6 было установлено, что в настоящем её состоянии построение графика суммарного сигнала является весьма трудоёмкой процедурой, требующей привлечения специфического программного обеспечения (захват изображения на экране и преобразование

его в текстовую форму). Необходима доработка программы, заключающаяся в создании блока записи массива суммарного сигнала в текстовый файл.

В заключение следует отметить, что необходимо проведение исследований по разработке методики использования программы SEG_Y_NS_6 для оценки отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа и обкатка самой программы в сочетании с технологией её использования на тестовом и полевом материале.

Заключение. Подводя итоги, стоит отметить, что при подготовке данной выпускной квалификационной работы были, выполнены следующие задачи:

- сформулирована концепция определения отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа с использованием полевых сейсмограмм;
- рассмотрена структура сейсмограммы формата SEG-Y и разработан алгоритм выборки сейсмической и вспомогательной информации для анализа интенсивности отраженных волн и определения отношения S/N отраженных волн и волн-помех поверхностного типа;
- при разработке алгоритма оценки затухания волн-помех поверхностного типа, как функции удаления источник-приёмник возникли сложности, связанные с интерференционным характером регистрируемого волнового поля, для преодоления которых необходима разработка теоретического и программно-алгоритмического аппарата статистического ослабления влияния интерференционных явлений;
- на настоящий момент для получения приближенных оценок затухания принято предположение о линейном характере изменения интенсивности волн по l-координате;
- разработана блок-схема серии программ SEG_Y_NS определения отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа на основе анализа сейсмограмм формата SEG-Y;
- разработана и технически отлажена программа SEG_Y_NS_6;

– намечены мероприятия по совершенствованию программ вида SEG_Y_NS;

необходимо проведение исследований по разработке методики использования программы SEG_Y_NS_6 для оценки отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа и обкатка самой программы в сочетании с технологией её использования на тестовом и полевом материале.