

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**«Оценка отношения сигнал/помеха в зонах интерференции
отраженных волн и волн-помех поверхностного типа»**

(АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ)

Студента 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 геология
геологического факультетета
Кубаева Руслана Дарханулы

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 2016

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основой поисков нефтегазовых месторождений являются результативные материалы сейсморазведочных работ методом отраженных волн (МОВ). При их проведении повсеместно используется групповой прием и очень часто – групповое возбуждение упругих колебаний. Каждая из таких групп образует интерференционную систему (ИС), а их совместное использование формирует сложную ИС (Сл ИС). Несмотря на широкое использование в практике работ МОВ интерференционных систем, в технической документации, освещающей их постановку и их результаты, повсеместно отсутствует обоснование выбора их параметров и анализ эффективности их применения. Причиной этого является отсутствие данных о параметрах регистрируемого волнового поля (до появления способа ОСТ и, особенно, цифровой обработки сейсморазведочной информации проводились специальные работы.)

На кафедре геофизики Саратовского университета ведутся научно-исследовательские работы по развитию теории ИС, разработке методики и программно-алгоритмического аппарата анализа свойств сложных ИС и оценке их эффективности, в последнем направлении я принимал участие.

Цель выпускной квалификационной работы – разработка программно-методического аппарата приближенного определения интенсивности однократно отраженных волн для получения отношения S/N в зонах их интерференции с волнами-помехами поверхностного типа, используемого при оценке эффективности сложных интерференционных систем.

Для её достижения необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть методики оценки эффективности ИС;
- рассмотреть методику и алгоритм оценки интенсивности однократно отраженных волн;
- разработать программу расчета интенсивности однократно отраженных волн;

- опробовать программно-методическое обеспечения на тестовом материале.

В качестве тестового материала были использованы сейсмограммы профиля 03 тест-системы Ухта, которая используется на кафедре геофизики Саратовского университета при проведении лабораторных работ по курсу "Комплексы программ обработки геофизических данных". Профили тест-системы были отработаны ОАО ТНГрупп в 2006 году в Тимано-Печорской нефтегазодобывающей провинции и переданы кафедре для использования в учебном процессе.

Структура в данной выпускной квалификационной работе:

- Основы энергетической теории интерференционных систем
- Методика определения интенсивности однократно отраженных волн и отношения сигнал/помеха
- Разработка программы оценки интенсивности однократно отраженных волн

1 Основы энергетической теории интерференционных систем.

1.1 Основные понятия.

Теория интерференционных систем описывает интерференции сейсмических волн при распространении их в среде или интерференцию сигналов, порожденных ими. Ввиду того, что реальные среды и определяемые ими волновые поля очень сложны, теория рассматривает поле идеально-регулярных волн.

Под идеально-регулярными волнами понимаются плоские волны, распространяющиеся в бесконечном полупространстве без затухания.

Под интерференционной системой будем понимать систему, суммирующую некоторую совокупность сигналов, поступающую на ее входы.

Под *базой* интерференционной системы по некоторому направлению α на плоскости наблюдения (D_α) как показано на рисунке 1, понимают расстояние

между максимально удаленными друг от друга проекциями входов интерференционной системы на это направление.

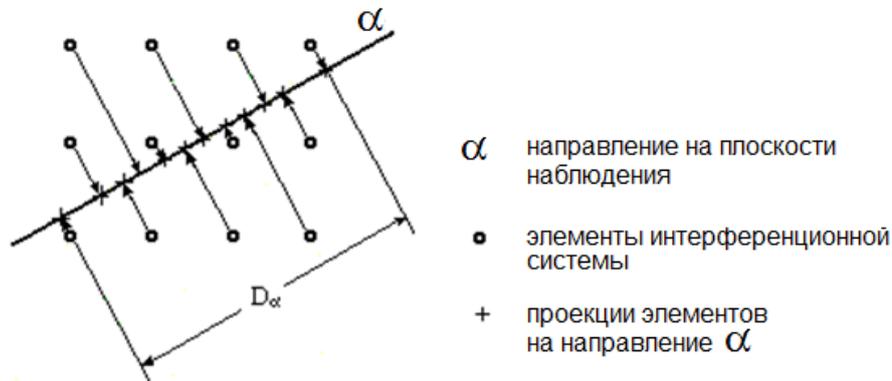


Рисунок 1 База интерференционной системы по направлению α

1.2 Основы энергетической теории интерференционных систем.

В основу теории ИС положено рассмотрение линейных (одномерных) интерференционных систем, так как на практике они используются наиболее часто. Предполагается, что в исследуемой среде распространяются идеально регулярные волнам – плоская волна распространяющаяся без затухания. Сигналы, порожденные такой волной в разных точка пространства, будут отличаться только параметром времени.

В дискретной интерференционной системе, характеризующейся количеством n входов и μ_i чувствительностью, сигнал на выходе записывается:

$$f_{\text{вых}}(t) = \sum_{i=1}^n \mu_i f(t + \Delta t_i) \quad (1)$$

где $f(t)$ – сигнал в точке с координатами $x=0, y=0$, а Δt_i – запаздывание сигнала в точке с координатами x_i, y_i по отношению к началу координат.

Тогда энергия сигнала можно записать как:

$$E_{\text{вых}} = \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{i=1}^n \mu_i f(t + \Delta t_i) dt \quad (2)$$

1.3 Коэффициент направленного действия.

В интерференционных системах, где входы обладают чувствительностью μ_i и находятся в разных точках плоскости наблюдения, степень ослабления волны определяется коэффициентом направленного действия. Коэффициент направленного действия – целевая функция в энергетической теории интерференционных систем, которая в пространственной частотной области описывает свойства таких систем:

$$КНД = \frac{E_{\text{вых}i,j}}{E_{\text{вых}i,j}^{\text{max}}} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \left[\sum_{i=1}^n \mu_i f(t + \Delta t_i) \right]^2 dt}{\left[\sum_{i=1}^n \mu_i \right]^2 \int_{-\infty}^{\infty} f^2(t) dt} \quad (3)$$

Здесь $E_{\text{вых}i,j}$ – энергия сигнала i -той волны на выходе j -той ИС, $E_{\text{вых}i,j}^{\text{max}}$ – максимально возможная энергия сигнала i -той волны на выходе j -той ИС (максимальная энергия наблюдается, если относительные запаздывания волны на всех элементах равны нулю, например – входы собраны в одну точку).

Для вычисления КНД необходимо задать выражение $f(t)$ в явной форме. В работе [1] для этого использован нуль-фазовый импульс Пузырёва:

$$f(t) = e^{-k^2 t^2} \sin \omega(t + \psi) = e^{-k^2 T^2 (t/T)^2} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{\psi}{T} \right) \quad (4)$$

здесь где k – коэффициент затухания огибающей экспоненты, ω – круговая частота гармонической заполняющей, ψ – фазовый сдвиг.

Подставляя выражение (4) в (5) получим выражение КНД в явной форме:

$$КНД \approx \frac{1}{\left[\sum_{i=1}^n \mu_i \right]^2} \left[\sum_{i=1}^n \mu_i^2 + 2 \sum_{\substack{\ell=1, r=\ell+1 \\ \ell \neq r}}^{(n-1), n} e^{-\frac{k^2 T^2}{2} \left(\frac{\Delta t}{T} \right)^2 (\ell-r)^2} \times \cos 2\pi \left(\frac{\Delta t \ell - \Delta t r}{T} \right) \right] \quad (5)$$

Для частного случая однородной системы:

$$КНД \approx \frac{1}{n^2} \left[n + 2 \sum_{\substack{\ell=1, r=\ell+1 \\ \ell \neq r}}^{(n-1), n} e^{-\frac{k^2 T^2}{2} \left(\frac{\Delta t}{T} \right)^2 (\ell-r)^2} \times \cos 2\pi \frac{\Delta t}{T} (\ell-r) \right] \quad (6)$$

Из выражений (3) и (6) видно, что для расчета КНД интерференционной системы, имеющей n элементов необходимо знать параметры сигнала (k, T) , чувствительности элементов ИС и относительные запаздывания сигнала рассматриваемой волны на элементах ИС $(\mu_i, \Delta t_i)$. Две последние характеристики отображают главную структуру интерференции и называются амплитудно-временным аналогом (АВА) интерференционной системы.

1.4 Методика анализа сложных интерференционных систем.

Сложные интерференционные системы (Сл ИС) формируются при совместном использовании группирования источников и приемников. Их свойства практически не исследовались в классической теории интерференционных систем.

В процессе исследований свойств Сл ИС, проводимых на кафедре геофизики в развитие продуктивной идеи АВА для описания интерференционных процессов было предложено использовать амплитудно-геометрический аналог, описывающий ИС (АГА), где каждый элемент интерференционной системы характеризуется значением его относительного удаления (dx) и чувствительностью (интенсивностью излучения) μ . В отличие от АВА, где значение запаздывания сигнала зависит от характеристик волнового поля (конкретно – от кажущейся скорости регулярной волны), АГА инвариантен по отношению к характеристикам поля и легко пересчитывается в АВА.

Рассматривая интерференционные системы как системы линейные и опираясь на присущий им принцип суперпозиции и вытекающий из него принцип взаимности, с помощью АГА можно построить корректный алгоритм оценки свойств сложных интерференционных систем. Суть его состоит в замене нескольких одновременно действующих ИС одной, эквивалентной им .

На рисунке 2 показаны равномерные однородные группы приемников (5 элементов) и источников (4 элемента) упругих колебаний.

2 Методика определения интенсивности однократно отраженных волн и отношения сигнал/помеха

Исследования, в которых я принимал непосредственное участие, были направлены на создание методики и программно-алгоритмического обеспечения для получения приближенных значений характеристик сейсмического волнового поля, необходимых для оценки эффективности ИС, без проведения полевых опытных работ и привлечения скважинных данных.



Рисунок 2 Сложная интерференционная система.
Формирование эквивалентной интерференционной системы.

Алгоритм определения приближенных значений коэффициентов отражения/преломления сводился к следующему:

- по полевым материалам определялась одномерная скоростная модель $V_{эф i}(t_{0 i})$;
- эта модель по формуле Урупова-Дикса пересчитывалась в приближенные значения $V_{инт i}(t_{0 i})$;
- рассматривая $V_{инт}(t_0)$ как аналоги пластовых скоростей, на основании корреляционной зависимости $\rho_{пласт}(V_{пласт})$ определялись приближенные значения $\rho_{инт i}(t_{0 i})$;
- по найденным значениям $(\rho_{инт}, V_{инт})$ рассчитывались приближенные значения коэффициентов отражения/преломления на всех границах.

– Амплитуда однократно отраженной волны от i -той границы рассчитывалась с учетом геометрического расхождения в соответствии с выражением:

$$A_i = R_i \cdot \left(\prod_{j=1}^{i-1} T_j^2 \right) / (V_{эф i} \cdot t_{0 i}), \quad (7)$$

где R_i – коэффициент отражения/преломления на i -той границе,
 T_j – коэффициент преломления на j -той промежуточной границе ($1 \leq j \leq i$).

Неупругое поглощение энергии сейсмических волн на данном этапе исследований не учитывалось.

Таким образом, используя вышеописанный алгоритм можно приближенно рассчитать амплитуды однократно отраженных волн, регистрируемых на дневной поверхности. Значения амплитуд будут выражены в долях амплитуды начального импульса, условно принимаемой за единицу.

3 Разработка программы оценки интенсивности однократно отраженных волн.

Для выполнения расчетов была разработана программа SN_otr_pov_3, написанная на современном языке программирования Visual Basic. Моё участие в её разработке заключалось в опробовании всех промежуточных версий и обкатке на полевом материале версии, признанной рабочей.

3.1 Особенности, структура и рабочее окно программы SN_otr_pov_3.

Назначением программы SN_otr_pov_3 является расчет отношения амплитуд однократно отраженных волн и волн-помех в зонах их интерференции. В данной рабочей версии программы предполагается квазигоризонтальное залегание отражающих границ и нормальное падение волны на границы (изменение коэффициента отражения в зависимости от удаления источник-приёмник не учитывается).

Текст программы (Приложение А к бакалаврской работе) из-за большого объёма в автореферате приведен быть не может. Рабочее окно показано на рисунках 3 и 4. Правую часть его занимает текстовое поле, где визуализируются

сообщения программы, исходные данные и результаты счета. В левой части окна размещены блоки ввода исходных данных и блок управления из пяти 5-командных кнопок, запускающих соответствующие программные модули.

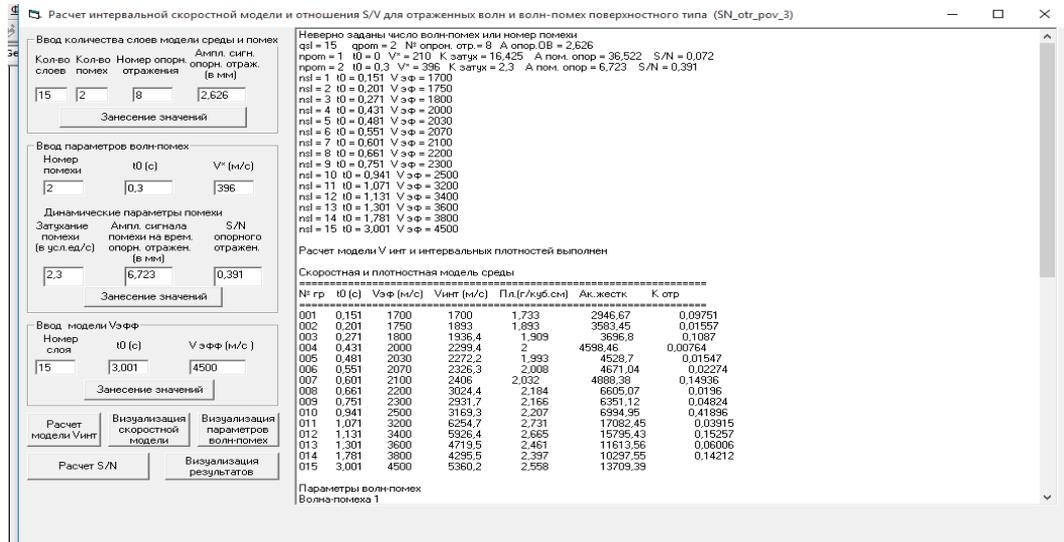


Рисунок 3 Рабочее окно программы SN_otr_pov_3. Результаты расчета модели $V_{\text{инт}}$ и коэффициентов отражения

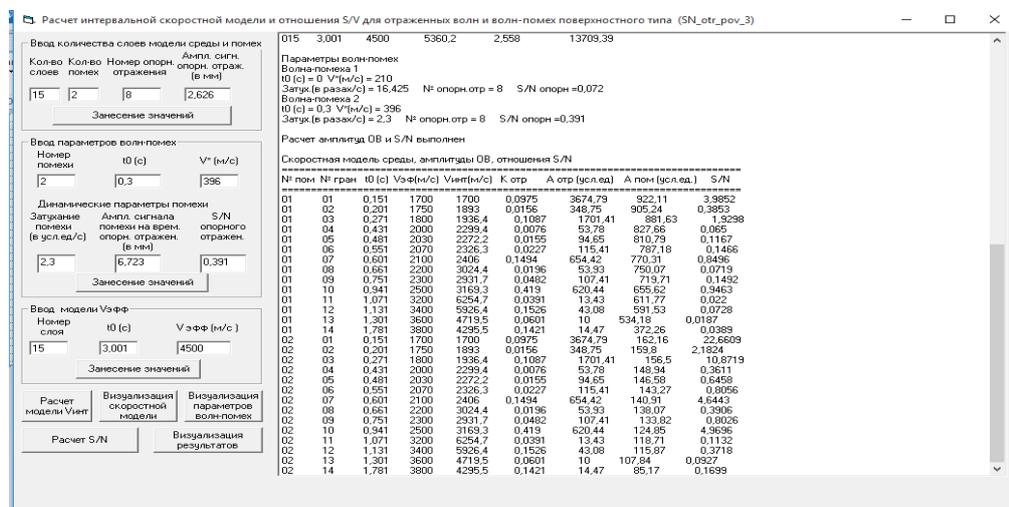


Рисунок 4 Рабочее окно программы SN_otr_pov_3. Результаты расчета отношения S/N (опорная граница – 8)

Управление счетным процессом осуществляется с помощью виртуальных кнопок, расположенных в нижней части левой панели. Каждая из кнопок вызывает соответствующую подпрограмму и по её завершении возвращает программу в режим ожидания, в котором возможна редакция и коррекция любых исходных данных. Две из них выводят на экран дисплея таблицы исходных данных (скоростную модель, параметры волн-помех).

При разработке подпрограмм визуализации возникла трудность с организацией печати таблиц. В имеющемся на кафедре варианте транслятора Visual Basic неверно работает режим форматированного вывода числовой информации на экран дисплея, чем и объясняется "неприличный" вид визуализируемых таблиц. Устранить этот дефект можно только заменой дефектного экземпляра транслятора, что пока оказалось невозможным.

3.2 Опробование программы на полевом материале

Первая обкатка программы была выполнена на полевом материале, имеющемся в распоряжении кафедры геофизики. Были использованы сейсмограммы профиля 03 тест-системы Ухта, которая используется на кафедре геофизики Саратовского университета при проведении лабораторных работ по курсу "Комплексы программ обработки геофизических данных".

Исходные данные для программы SN_otr_pov_3 включают в себя сведения о параметрах поля волн-помех и одномерную скоростную модель на уровне $V_{эф}(t_0)$. Параметры помех определялись по сейсмограммам ОПВ (методика их определения изложена в бакалаврской работе Косырихина К.С.). Скоростная характеристика разреза определялась путем сканирования $V_{огт} = \text{const}(t_0)$.

Анализ отношений S/N показывает, что примененное группирование источников и приёмников упругих колебаний не обеспечили даже удовлетворительного ослабления волн-помех. Для 1-ой помехи отношения S/N колеблются в пределах $0,016 \div 0,33$. Для второй волны-помехи только на уровне первого отражения отношение сигнал/помеха приближается к 2 (1,89), на уровне остальных отражений оно колеблется в пределах $0,076 \div 0,18$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как следует из всего, изложенного выше, при подготовке данной работы было сделано:

- рассмотрены основы энергетической теории ИС как аппарата оценки эффективности ИС;
- рассмотрены методика и алгоритм выполнения зондирований с целью оценки интенсивности однократно отраженных волн;
- разработана программа SN_otr_pov_3, реализующая расчет интенсивности однократно отраженных волн, и методика её использования;
- разработанное в процессе подготовки данной работы программно-методическое обеспечение опробовано на полевом материале.

Таким образом, можно констатировать, что поставленная цель достигнута. Однако выполненные исследования следует рассматривать только как начальный этап. При их продолжении в плане совершенствования программно-алгоритмического обеспечения нужно:

- разработать методику и алгоритм учета неупругого поглощения сейсмических волн;
- разработать методику и алгоритм учета изменения коэффициентов отражения/преломления как функции удаления источник-приёмник

И безусловно, вне всяких исследований необходимо заменить на кафедре геофизики транслятор VisualBasic

