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

Кафедра геофизики

« Разработка программно-алгоритмического обеспечения для оценки отношения сигнал/помеха в зонах интерференции однократно отраженных волн и волн-помех поверхностного типа с целью определения эффективности полевых интерференционных систем»

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т М А Г И С Т Е Р С К О Й Р А Б О Т Ы

Студента 2 курса 261 группы очной формы обучения
геологического факультета
направление 05.04.01 «Геология»
профиль «Геофизика при поисках нефтегазовых месторождений»
Сквознякова Ильи Олеговича

Научный руководитель
к.г.-м.н.,доцент _____ Е.Н. Волкова
подпись, дата

Зав. кафедрой
к.г.-м.н., доцент _____ Е.Н. Волкова
подпись, дата

Саратов 2020

Введение. Актуальность работы. На кафедре геофизики Саратовского университета в течение ряда лет ведутся инициативные научно-исследовательские работы (НИР) по развитию теории ИС, разработке методики и программно-алгоритмического аппарата анализа свойств сложных ИС и оценке их эффективности, в последнем направлении я принимал участие и полученные мной материалы положены в основу работы.

Цель выпускной квалификационной работы – разработка алгоритмов и программ определения изменения интенсивности волн-помех поверхностного типа и определение отношения S/N в зонах их интерференции с однократно отраженными волнами**.** Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- анализ отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа как основа оценки эффективности полевых ИС;
- определение технологической последовательности определения отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа с использованием полевых сейсмограмм;
- разработка программного обеспечения;
- опробование разработанной технологии и программно-алгоритмического обеспечения на полевом материале.

Материал для написания данной работы получен во время прохождения практики на кафедре геофизики СГУ

Описание структуры ВКР. Данная работа включает в себя титульный лист, содержание, введение, 4 главы: 1 Применение полевых интерференционных систем при проведении сейсморазведочных работ методом отраженных волн и оценка их эффективности; 2 Определение технологической последовательности определения отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа с использованием полевых

сейсмограмм; 3 Разработка блока программ определения характеристик волн-помех поверхностного типа; 4 Опробование разработанного программно-алгоритмического обеспечения на полевом материале; заключение, список использованных источников, 9 рисунков, 4 таблицы, 2 приложения. Объем работы составляет 54 страницы.

Формулировка научной значимости работы. Данная работа носила исследовательский характер и её цель можно считать достигнутой, поскольку показано, что материалы производственных сейсмических работ МОВ могут быть использованы для оценки эффективности полевых ИС.

Основное содержание работы. 1 Применение полевых интерференционных систем при проведении сейсморазведочных работ методом отраженных волн и оценка их эффективности. В основу оценки эффективности ИС в рассматриваемых исследованиях положена энергетическая теория, где целевой функцией является коэффициент направленного действия (КНД), представляющий собой отношение энергии сигнала некоторой волны на выходе интерференционной системы к максимально возможной энергии выходного сигнала той же волны в той же системе: $\text{КНД} = \frac{E_{\text{вых}}}{E_{\text{вых}}^{max}}$

В предположении, что сигналы сейсмических волн описываются нульфазовым импульсом Пузырева, получено явное выражение КНД, зависящее от параметров ИС (число элементов, распределение элементов на базе ИС, распределение чувствительности) и параметров волны (кажущаяся скорость волны, видимая частота (видимый период), длительность импульса (в долях видимого периода)). Характеристики волн предполагается использование полевых сейсмограмм.

2 Определение технологической последовательности определения отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа с использованием полевых сейсмограмм. Как извест-

но, поле упругих колебаний, регистрируемое при проведении сейсморазведочных работ МОВ, представляет собой суперпозицию большого числа волн различной природы, т.е. изначально носит интерференционный характер. Для повышения надёжности определения характеристик каких-либо конкретных волн необходимо выделить их в общей интерференционной картине. Поэтому используемый полевой материал требует предварительной подготовки.

Прежде всего, из всей совокупности полевых сейсмограмм, полученных на профиле выбирается группа сейсмограмм ОПВ, на которых уверенно прослеживаются все выделяемые волны-помехи поверхностного типа и хотя бы одно опорное отражение. Для ослабления фона случайных волн и усиления регулярной компоненты в каком-либо комплексе обрабатывающих программ (в нашем случае – RadExPro Plus) выполняется их суммирование *l*-const с вводом статических поправок. В результате формируется суммарная сейсмограмма ОПВ, далее называемая исходной.

Исходная сейсмограмма визуализируется, на ней выделяются области уверенного прослеживания сигналов волн-помех и определяются их пространственно-временные координаты. Коррелируется доминирующая фаза сигнала волны-помехи, строится её годограф, по которому определяется значение кажущейся скорости. На начальном этапе исследований (2015-16 г.г.) по визуализированной сейсмограмме определялись и параметры сигнала – видимый период (T*), длительность импульса (в долях T*), среднеквадратическая амплитуда сигнала (в мм). Результаты, полученные на этом этапе, представлены в работах.

На втором этапе (2017-18 г.г.) использовались отсчеты сейсмических сигналов, зарегистрированные на трассах цифровых сейсмограмм. Для их извлечения использовалась общедоступная программа просмотра цифровых сейсмограмм SeiSee. Преобразование текстовых файлов в численные данные и их последующая обработка выполнялись в табличном процессоре Excel.

Для определения отношения S/N использовалась упомянутая выше программа SN_отр_пов_3. В результате была доказана возможность и эффективность такого подхода, но рекомендовать его к широкому использованию было невозможно из-за высокой трудоёмкости и низкой технологичности. Для преодоления этих недостатков требовалась разработка специализированного программно-алгоритмического обеспечения – программ ряда SEG_Y_NS и ряда SN_OP.

Общей особенностью программ ряда SEG_Y_NS, вплоть до версии SEG_Y_NS_6, является то, что в них предполагается линейное изменение интенсивности волн-помех поверхностного типа по *l*-координате(удаление источник-приёмник, офсет). Однако, как следует из теории волновых процессов, фронт поверхностной волны является цилиндрическим с радиусом *l*. Плотность энергии упругих колебаний с увеличением *l* изменяется обратно пропорционально *l*-координате, а закономерность изменения амплитуды колебаний, соответственно, определяется отношением $1/\sqrt{l}$ и является гиперболической функцией.

Было найдено приближенное решение, которое было использовано при разработке программ SEG_Y_NS_7 и SN_OP_5

В программе SEG_Y_NS_7 реализованы следующие функции:

- выборка файла HD PC, где расположена исходная сейсмограмма формата SEG-Y;
- чтение и обработка исходной сейсмограммы в заданном диапазоне удалений источник-приёмник (*l*-координат, офсета) и формирование обрабатываемого массива данных (Block-файл);
- потрассовый контроль значений амплитуд сейсмического сигнала в сформированном Block-файле в заданном временном окне;
- формирование окна анализа в заданном интервале времён и *l*-координат (база анализа) и выполнение в нём следующих действий:

– запись значений амплитуд суммарного сигнала в файл данных на HD PC для последующего построения графика в табличном процессоре Exel;
– очистка текстового поля.

Расчет значений $a_{\text{Н}}(l)$ в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа и вычисление значений $a_{\text{кор}}$ (l) выполняются в программе SN_OP_5, которая будет рассмотрена далее.

3 Разработка блока программ определения характеристик волн-помех поверхностного типа. Для получения значений интенсивности отраженных волн можно воспользоваться уже разработанным программно-алгоритмическим аппаратом решения прямой динамической задачи сейсморазведки. Однако достоверные оценки могут быть получены лишь при наличии большого объёма априорной информации**.** В практике при решении прямой динамической задачи используются различные упрощения. Алгоритм решения прямой динамической задачи с учетом допущений был реализован в серии программ определения отношения S/N с общим названием SN_OP. Скоростная модель $V_{\text{эф}}(t_0)$ формировалась при обработке полевого материала. Программа SN_OP_5 является завершающей в технологической цепочке приближенного определения отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа.

Функция формирования скоростной модели $V_{\text{эф}}(t_0)$, необходимой для расчёта отношения S/N, реализовывалась в программах ряда SN_OP, вплоть до третьей версии, и была наиболее трудоёмка в работе. Предварительная запись модели на жесткий диск компьютера существенно упрощало использование программы SN_OP_5.

Программа FormV_mod_1 предназначена для формирования в памяти PC, записи на жесткий диск (HD) компьютера и редактирования скоростных моделей $V_{\text{эфф}}(t_0)$.

4 Опробование разработанного программно-алгоритмического обеспечения на полевом материале. В качестве объекта исследований использовались материалы профиля Pr06 тест-системы Ухта. В качестве объектов анализа были выбраны две помехи – П1 и П2 и опорное отражение, окна анализа которых представлены в таблице 1 и показаны цветом на рисунке 1. В той же таблице приведены значения параметров t_0 и V* (для волн-помех), определённые в работе.

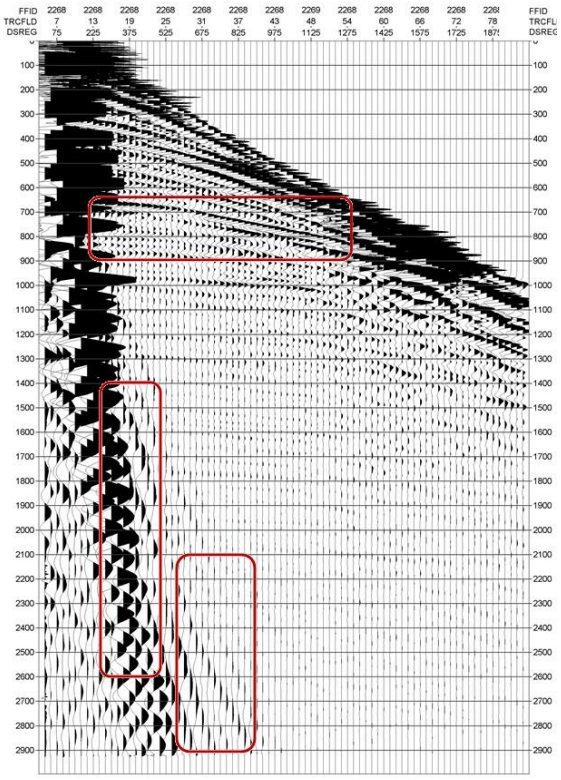

Рисунок 1 - Суммарная сейсмограмма по профилю Pr06, используемая для анализа характеристик волнового поля

Таблица 1 - Окна анализа характеристик волн-помех на профиле Pr06

Параметр окна	Волна	
	П1	П2
Интервал удалений (м)	250 ÷ 400	575 ÷ 825
$l_{цб}$ (м)	325	700
Интервал времен (с)	1.4 ÷ 2.58	2.1 ÷ 2.93
t_0 (с)	0,75	0,999
V* (м/с)	254	454

На основании визуального анализа исходной сейсмограммы в работе оптимальными направлениями суммирования были приняты NS = 98 мс/трасса – для волны П1 и NS = 56 мс/трасса – для волны П2. При опробовании программы SEG_Y_NS_7 сканирование выполнялось для обеих волн-помех и представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость среднеквадратической амплитуды суммарного сигнала от направления суммирования для волны-помехи П1 (программа SEG_Y_NS_7)

Направление суммирования NS (мс/трасса)	V* (мс)	Временной интервал суммарного сигнала		Параметры аппроксимирующей гиперболы		Среднеквадратическая амплитуда суммарного сигнала (условн. единиц)
		t_{min} (мс)	t_{max} (мс)	mH	cH	
Волна-помеха П						
96	260	1888	2262	3340,64	– 5,257	5,048
98	255	1894	2256	3415,878	– 5,482	5,078
100	250	1900	2250	3459,109	– 5,634	4,995
Волна-помеха П2						
50	500	2450	2740	488,945	– 0,2094	0,3852
52	481	2460	2730	442,583	– 0,1425	0,3939
54	463	2470	2720	312,583	– 0,2142	0,3775
56	446	2480	2710	162,702	– 0,2065	0,3476
58	431	2490	2700	73,8397	– 0,3182	0,3150

На рисунках 2 и 3 представлены графики импульсов суммарных сигналов волны П1 из работы и полученные при суммировании в программе SEG_Y_NS_7.

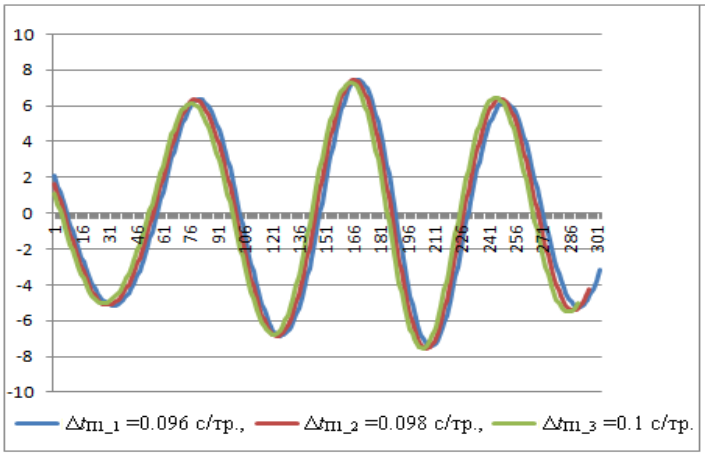

Рисунок 2 – Профиль Pr06, волна-помеха П1, работа.
Форма импульса суммарного сигнала при направлениях
суммирования 96, 98, 100 мс/трасса

Рисунок 3 – Профиль Pr06, волна-помеха П1, программа SEG_Y_NS_7.
Форма импульса суммарного сигнала при направлении
суммирования 98мс/трасса

Нетрудно видеть, что график на рисунке 3 является фрагментом графика рисунка 2, вплоть до значений амплитуд в экстремальных фазах. Это свидетельствует о том, что временной интервал обработки на рисунке 2 был существенно шире, чем на рисунке 3

График суммарного сигнала волны-помехи П2, заимствованный из работы, представлен на рисунке 4. Он получен при суммировании по направлению NS =56 мс/трасса. Аналогичный график, полученный при суммировании но направлению NS= 52 мс/трасса в программе SEG_Y_NS_7, показан на рисунке 5.

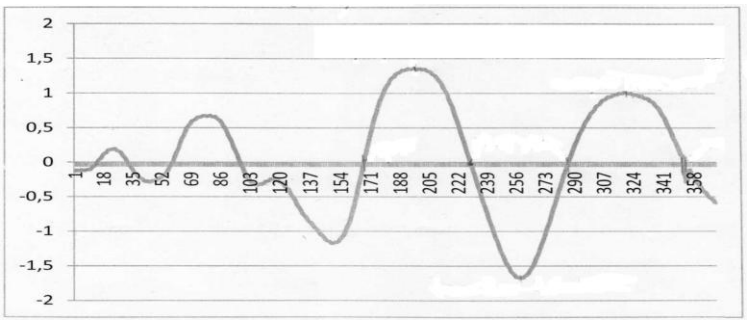

Рисунок 4 – Профиль Pr06, волна-помеха П2, работа.

Форма импульса суммарного сигнала при направлениях суммирования 56 мс/трасса

Рисунок 5 – Профиль Pr06, волна-помеха П2, программа SEG_Y_NS_7.

Форма импульса суммарного сигнала при направлении суммирования 98мс/трасса

Графики суммарных сигналов волны-помехи П2 сопоставляются плохо. Причина, по-видимому, в различии оптимальных направлений суммирования. В описываемых исследованиях критерием оптимальности является максимум среднеквадратической амплитуды суммарного сигнала, тогда как в работе для этой цели использовался регрессионный анализ. Из этого следует, что обозначилась проблема выбора алгоритма определения оптимального направления суммирования, требующая своего разрешения.

Протокол работы программы SN_OP_5 представлен на рисунке 6, из его рассмотрения можно сделать следующие выводы.

- Все блоки программы SN_OP_5 работают в соответствии с заложенными в них алгоритмами.
- Программа SN_OP_5 более удобно в работе, чем программа SN_отр_пов_3, использованная в работе, в частности на экран дисплея выдаются сообщения об актуальности зон интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа.
- Значения амплитуд сигналов, визуализируемые в программах SN_отр_пов_3 и SN_OP_5 существенно различны, хотя исходные дан-

ные, используемые в расчётах одинаковы. Причина этого в настоящее время не установлена, связана, по-видимому, различным масштабированием в обеих программах. По этой же причине значения отношения S/N в программе SN_OP_5 могут выходить за пределы разрядной сетки при визуализации.

– В программе SN_OP_5 использован неудачное обозначение неактуальности отношения S/N («0000.00000»), которое может быть интерпретировано как выход за пределы разрядной сетки малых значений этого отношения. Целесообразно заменить его обозначением «9999.99999», которое в реальных условиях не может быть принято за истинную величину.

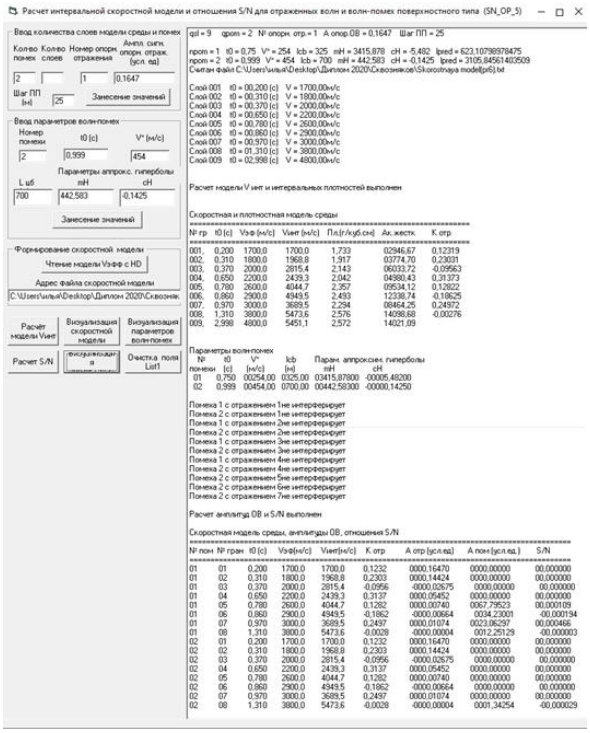

Рисунок 6 – Профиль Pr06. Протокол работы программы SN_OP_5

Заключение. Подводя итоги сделанной работе можно констатировать, что:

– рассмотрена проблема оценки эффективности полевых интерференционных систем, ключевым моментом которой является получение данных о значениях отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа;

– определен подход к решению этой проблемы с учетом тенденций в методике проведения полевых работ МОВ, заключающийся в использо-

вании для оценки искомых характеристик волнового поля полевых сейсмограмм, получаемых при проведении производственных работ;

- определена технологическая последовательность определения отношения S/N в зонах интерференции отраженных волн и волн-помех поверхностного типа, ориентированная на использование полевых сейсмограмм;
- разработано программное обеспечение (SN_OP_5, FormV_mod);
- проведено опробование разработанной технологии и программно-алгоритмического обеспечения на полевом материале, в результате которого выявлены проблемы требующие решения:
  - ~ выбор алгоритма определения оптимального направления суммирования;
  - ~ рассмотрение проблемы визуализации результатов;
  - ~ улучшение сервиса программного обеспечения.

Данная работа носила исследовательский характер и её цель можно считать достигнутой, поскольку показано, что материалы производственных сейсмических работ МОВ могут быть использованы для оценки эффективности полевых ИС.