

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Методические указания

по выполнению лабораторных и практических работ по дисциплине

СЕЙСМОРАЗВЕДКА

Направление подготовки/специальность

21.05.02 Прикладная геология

Направленность (профиль)/специализация

Геология месторождений нефти и газа

Ставрополь, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

<u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1</u> <u>Сущность сейсморазведки и ее место среди геолого-геофизических методов</u>	3
<u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2</u> <u>Физические основы сейсморазведки</u>	12
<u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3</u> <u>Сейсмические волны и их кинематические характеристики</u>	27
<u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4</u> <u>Метод преломленных волн</u>	38
<u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5</u> <u>Метод отраженных волн</u>	44
<u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6</u> <u>Методика сейсмических наблюдений</u>	58
<u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7</u> <u>Сейсморазведочная аппаратура и техника</u>	69
<u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8</u> <u>Проектирование сейсморазведочных работ</u>	86
<u>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1</u> <u>Организация сейсморазведочных работ</u>	94
<u>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2</u> <u>Системы сейсмических наблюдений и сейсморазведочная аппаратура МПВ</u>	98
<u>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3</u> <u>Системы наблюдений и аппаратура скважинной сейсморазведки</u>	111
<u>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4</u> <u>Системы сейсмических наблюдений и сейсморазведочная аппаратура МОГТ</u>	122
<u>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5</u> <u>Проектирование сейсморазведочных работ МОГТ-3Д</u>	130
<u>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6</u> <u>Проектирование сейсморазведочных работ МОГТ-3Д</u>	138
<u>ПРИЛОЖЕНИЕ 1</u> <u>Инструктаж по технике безопасности</u>	158

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Сущность сейсморазведки и ее место среди геолого-геофизических методов

Цель работы: ознакомиться с типовой схемой сеймостанции, методикой установки сейсмических приборов, и принципом работы источника сейсмических волн типа «падающий груз».

Теоретические основы

Сейсморазведка – геофизический метод геологоразведки, основанный на изучении распространения в земной коре упругих (сейсмических) волн, вызванных взрывом или ударом. Упругие волны, распространяясь во все стороны от источника в толще земной коры, попадают на границы раздела, изменяют свое направление и динамические свойства, при этом образуются новые волны.

На пути следования волн размещаются пункты приёма и регистрации сигналов – сейсмоприемники. Измеряя время распространения волн, и изучая характер колебаний, можно определить глубину залегания и форму тех геологических границ, на которых произошло преломление или отражение волны, а также судить о составе горных пород, через которые волна прошла на своем пути.

Пункты приёма, применяемые для регистрации волн, образуют расстановку. Расстановки имеют форму прямой линии (2D-сейсморазведка) или блока параллельных приёмных линий (3D-сейсморазведка). Графики записанных колебаний группируются в сейсмограммы и анализируются.

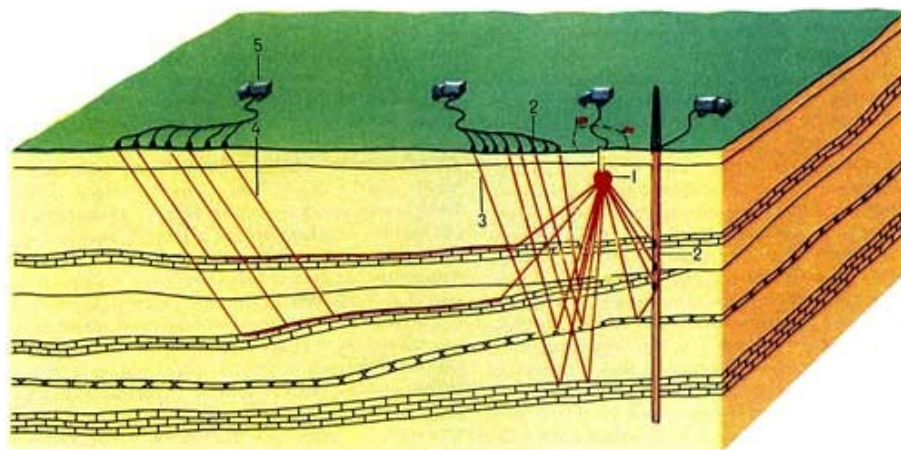


Рисунок 1.1 Упрощенная схема проведения наземных сейсморазведочных работ

1 — место взрыва; 2 — сейсмоприёмники; 3, 4 — отраженная волна; 5 — сеймостанция.

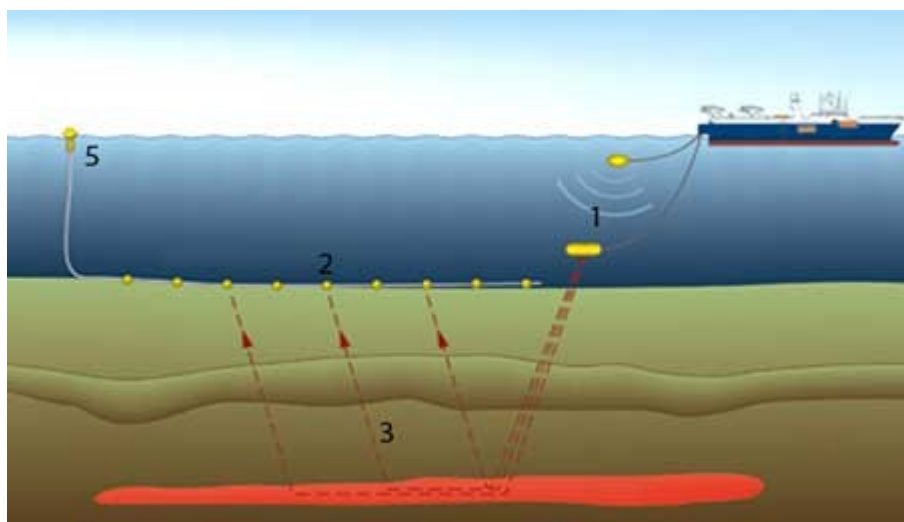


Рисунок 1.2 Упрощенная схема проведения морских сейсморазведочных работ

Сейсмические методы находят широкое применение при решении геологических задач и занимают ведущее место среди геофизических методов, применяемых при поисках месторождений нефти и природного газа, рудных месторождений и других полезных ископаемых, а также в инженерной геологии.

Сейсморазведка подразделяется:

— по стадии геологоразведочного процесса — региональная, поисковая и детальная;

— по решаемым задачам — глубинная, структурная (нефтегазовая) и инженерная;

— по условиям ведения работ — наземная, морская, скважинная.

— по размерности — 1D (в стволе скважины), 2D (с расстановкой пунктов возбуждения и приема вдоль линейного профиля) и 3D (с размещением пунктов приема по площади);

— по типу источника — взрывная, вибрационная и невзрывная импульсная.

Схема сейсмостанции Лаколлит:

Цифровая многоканальная инженерная сейсморазведочная станция имеет назначение производство сейсморазведочных работ методами МПВ, МОВ и ВСП на основе современных технических решений при:

- инженерно-геологических изысканиях
- микросейсморайонировании
- изучение ВЧР

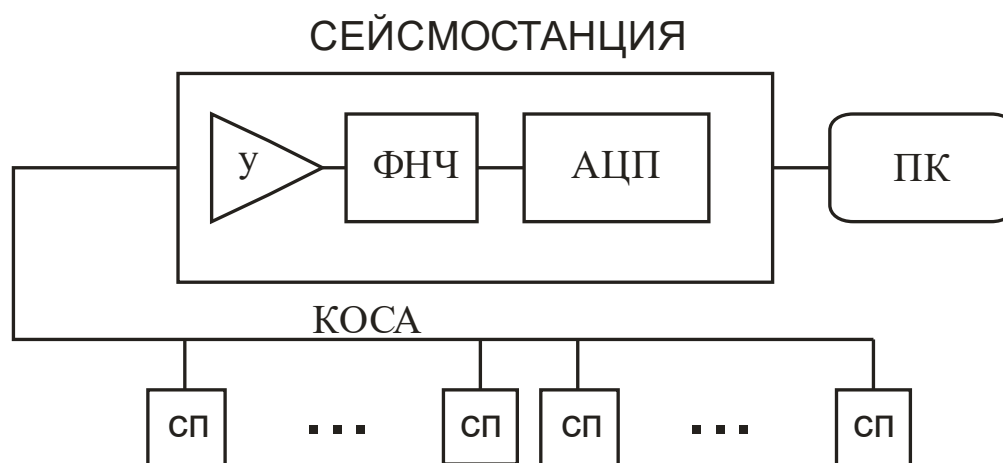


Рисунок 1.3 Упрощенная блок-схема узлов сейсморазведочной аппаратуры (Сейсмический канал)

СП – сейсмоприемник

У – усилитель

ФНЧ – Фильтр низких частот

АЦП – Аналого-цифровой преобразователь

ПК – Персональный компьютер.



Рисунок 1.4 Сейсмостанция Лакколит 24 М (снят с производства).

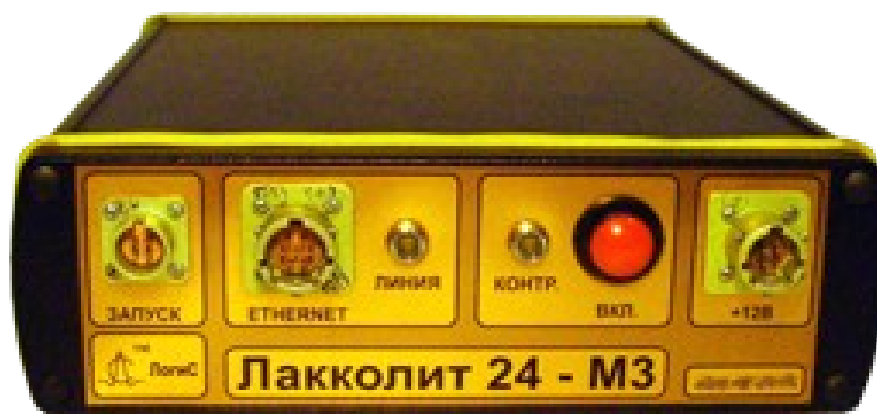


Рисунок 1.5 Сейсмостанция Лакколит 24 М3

Станция состоит из одного или нескольких электронных блоков “Лакколит Х-МЗ”.

Блок “Лакколит Х-МЗ” обеспечивает получение данных с 24-х сейсмических каналов и их предварительную обработку. Отображение результатов и дополнительная обработка данных в полевых условиях производится с помощью ноутбука с прикладным программным обеспечением или специализированного блока управления.



Рисунок 1.6 Блок-индикации сейсмостанции Лакколит

Обслуживание сейсмостанции производится одним оператором

Блок управления специализированный - прибор, предназначенный для управления сейсмостанцией “Лакколит Х-МЗ. Блок управления позволяет получать данные и проводить первичную обработку информации в жестких полевых условиях ($-30 \dots +50^{\circ}\text{C}$). Блок управления разработан на современной базе с применением цифровых сигнальных процессоров, что обеспечивает:

просмотр записываемой информации в реальном времени на всех 24-х каналах или поканально, спектральный анализ;

архивирование информации за 10 смен работы;

перезапись на компьютер для последующей обработки;

емкость flash-памяти 2 Гб;

встроенный GPS приемник для определения географических координат с внесением в заголовок SEG Y файлов;

низкое энергопотребление (6 Вт.);

цветной TFT дисплей 640x480, сенсорный;

малые габариты и вес;

Система отметки момента

В сейсмостанции реализовано 4 вида источника сигнала, по которому станция начинает запись данных. Он имеет следующие положения:

«Безусловный» – запись данных начинается сразу после нажатия кнопки «запуск» или «тестовый запуск» в группе «запись».

«По замыканию» – запись данных начинается при получении аппаратного синхросигнала после нажатия кнопки «запуск» или «тестовый запуск» в группе «запись». Аппаратный синхросигнал представляет собой замыкание контактов.

«По размыканию» – запись данных начинается при получении аппаратного синхросигнала после нажатия кнопки «запуск» или «тестовый запуск» в группе «запись». Аппаратный синхросигнал представляет собой размыкание контактов.

«По обнаружению» – запись данных начинается при обнаружении сигнала станции после нажатия кнопки «запуск» или «тестовый запуск» в группе «запись».

Получение ОМ по радиоканалу с использованием системы «СОМ»:

СОМ состоит из приемного блока, передающего блока, приемной антенны, передающей антенны. СОМ позволяет производить запуск станции

синхронно с источником сейсмоколебаний по радиоканалу с расстояния до 500 м. Не требуется разрешение на работу в органах ГКРЧ России.



Рисунок 1.7 Система отметки момента по радио каналу

Сейсмоприемник (геофон)

В настоящее время в сейсморазведке применяются, главным образом, сейсмоприемники, в которых для преобразования механической энергии пришедших упругих волн в электрическое напряжение используют либо инерционный принцип преобразования, либо пьезоэлектрический. Любой современный приемник сейсмических колебаний преобразует различные механические параметры, характеризующие колебания среды, в электрические сигналы.



Рисунок 1.8 Вертикальный сейсмоприёмник (слева) GS-20DX; Горизонтальный сейсмоприёмник (справа) GS-20DX.

Инструктаж по технике безопасности приведен в Приложении 1.

Порядок выполнения работы

- Установить сейсмическое оборудование в линию.

- Подготовить на линии ПВ (счистив дерн и утрамбовав площадку размером 0.3*0.3м), площадку для возбуждения продольной сейсмической волны.

- Произвести запись вызванных сейсмических колебаний.

- Порядок выполнения работ описать в рапорте оператора.

Подбирается место работ длиной 150м, с плавным перепадом альтитуды в пределах 0.5м.

Отмечаются на профиле позиции ПВ и первого ПП.

Вертикальные сейсмоприемники (для приема продольных волн) устанавливаются с шагом 2м.

Все ПП и ПВ устанавливаются на одной прямой, при этом отклонение по ПП не более ± 0.1 м. вдоль линии профиля для ПП и не более ± 0.3 м. вдоль линии профиля для ПВ, при этом ПВ смещаются в ортогональном направлении относительно линии профиля и не более ± 0.1 м вдоль.

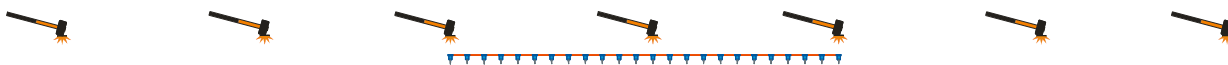


Рисунок 1.9 Схема положения ПП и ПВ

Подключить полевое оборудование и настроить сеймостанцию.

- Выполнить задание по лабораторной работе в коллективе из 5-6 студентов.

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его преподавателю.

Отчет должен иметь титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.

Отчет должен содержать:

- Название и цель работы.

- Абрис профиля;
- Схема расположения ПВ и ПП .
- Журнал оператора
- Выводы, вытекающие из результатов работы.

Контрольные вопросы

1. Как синхронизируется импульсный источник с регистрирующим комплексом?
2. Какой тип волн регистрируется вертикальными и горизонтальными сейсмоприемниками?
3. Если приемники выставить на расстоянии от источника 12 м по окружности, как будет выглядеть сейсмограмма?
4. Нарисуйте упрощенную блок-схему узлов регистрирующего комплекса (сейсмостанции).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Физические основы сейсморазведки

Цель работы: овладеть методикой выявления и прослеживания осей синфазности и их пикировки с целью построения графика зависимости времени прихода волны к ПП от удаления ПВ, и расчета кажущейся скорости.

Теоретические основы

Сейсмические волны относятся к классу акустических волн (то есть по диапазону частот попадают в интервал, воспринимаемый человеческим ухом) и могут распространяться в упругих и относительно изотропных средах. Волны объемные или пространственные. Два главных типа волн: продольные – колебания происходят вдоль линии распространения волны и поперечные – колебания частиц происходят поперек направления распространения волны.

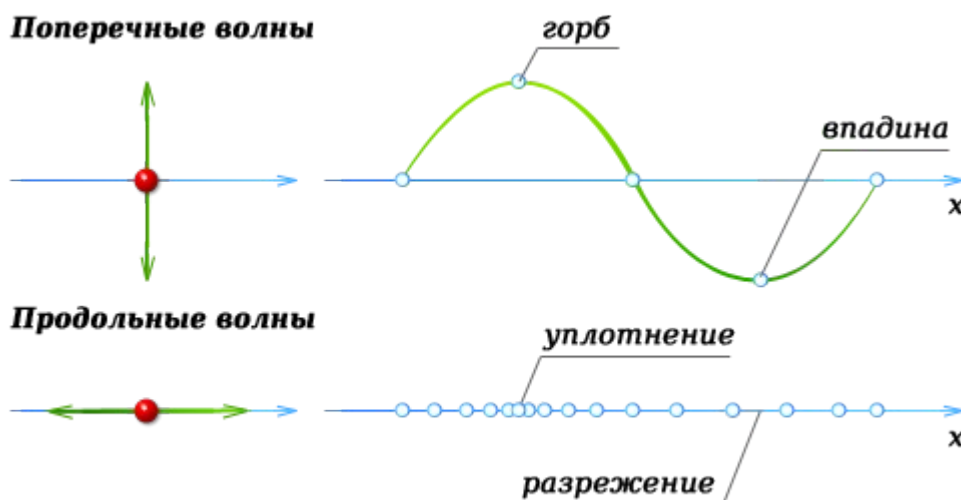


Рисунок 2.1 Процесс распространения продольных(P), и поперечных волн(S) в средах.

Продольные волны распространяются в твердых средах и в жидкостях, поперечные волны распространяются только в твердых средах.

В сейсморазведке геологическая среда характеризуется такими упругими константами, как модуль продольного растяжения (модуль Юнга), модуль поперечного сжатия (модуль Пуассона), а также скоростью распространения упругих колебаний, волновым сопротивлением, равным произведению

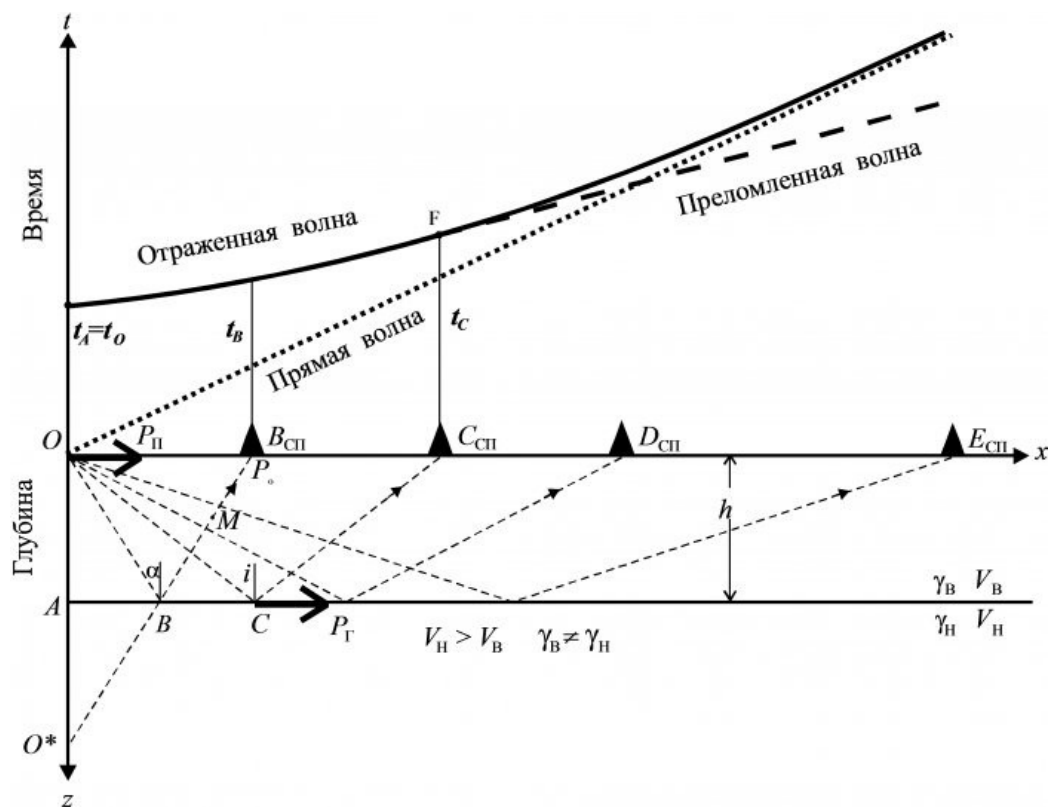


Рисунок 2.3 Фронты и годографы прямой, отраженной и преломленной волн для двухслойной среды

После возбуждения в верхней среде из точки возбуждения во все стороны будут распространяться сейсмические лучи (волны). Один из лучей (P_{II}) будет «бежать» вдоль земной поверхности со скоростью V_B и приходить в сейсмоприемники в моменты времени, пропорциональные расстоянию сейсмоприемников от пункта взрыва O (при этом, очевидно, коэффициент пропорциональности равен V_B). Годограф этой волны, называемый в сейсморазведке прямой волной, представляет собой прямую линию (рис. 3.).

Другие лучи станут последовательно достигать глубинной границы в точках $A, B, C, D, E, \dots$, и, отражаясь в них от границы, приходить в сейсмоприемники соответственно в точки $O, B_{СП}, C_{СП}, \dots$. Ниже будет показано, что время прихода отраженной волны в сейсмоприемники (t_O, t_B) увеличивается нелинейно, поэтому годограф будет криволинейным (рис. 2.3.).

Сейсмические лучи, падая на границу раздела сред, будут отражаться с постепенно возрастающим углом. Пусть в точке C угол отражения станет

равным критическому углу i , соответствующему соотношению $V_B/V_H = \sin i$. Тогда в точке С возникнет преломленная волна, луч P_g которой далее будет двигаться вдоль границы равномерно, как и прямая волна, но со скоростью $V_H > V_B$ (см. рис. 3.). При этом первая информация о преломленной волне зафиксируется сейсмоприемником в точке С и время ее прихода будет равно времени прихода в этой же точке отраженной волны (см. точку F). Но далее по профилю уже в сейсмоприемнике D и следующих за ним преломленная волна будет приходить раньше отраженной, так как скорость ее распространения V_H больше, чем скорость распространения отраженной волны V_B . Более того, начиная с некоторой точки, преломленная волна будет регистрироваться раньше и отраженной и прямой волны.

Образованная подобным образом преломленная волна в сейсморазведке называется головной. Граница, на которой она возникает, называется преломляющей.

Но в геологической среде помимо преломляющих границ могут существовать маломощные пласты с большей скоростью, чем во вмещающей среде. Такие пласты также могут создавать преломленные волны, но с существенно меньшей интенсивностью. Нередко трудно узнать, преломленная волна скользит вдоль преломляющей границы или вдоль пласта небольшой мощности. В этой ситуации скорость скользящей преломленной волны называют граничной скоростью и обозначают V_G .

Не все отражающие границы являются преломляющими и наоборот (у них разные условия образования). Прямые продольные волны, распространяющиеся вдоль земной поверхности, в сейсморазведке, как правило, не представляют практического интереса.

ГОДОГРАФ – график зависимости времени прихода сейсмической волны от координат точек наблюдения. Годографы сейсмических волн являются основными источниками информации в сейсморазведке. По ним могут быть определены тип волны (прямая, отраженная, преломленная, дифрагированная и

др.), закон изменения скорости с глубиной, глубина и форма отражающих и преломляющих поверхностей.

Работа выполняется на основе данных расположенных на прилагаемом DVD-ROM в папке Data_lab#2.

Инструктаж по технике безопасности приведен в Приложении 1.

Порядок выполнения работы

- Скопировать на компьютер программу Лакколит из директории Geosoft расположенной на диске DVD-ROM прилагаемом к методическим указаниям.
- Отобразить в программе Лакколит, Сейсмограммы.
- Подобрать параметры визуализации для корректного прослеживания фронта волны, зарегистрированного в первых вступлениях.
- Пикировать первые вступления и сохранить пикировки в текстовом документе.
- Построить годограф первых вступлений.
- Рассчитать скорость прихода волны (зарегистрированной в первых вступлениях) в каждом ПП.

Копируется программа Лакколит 5.1. расположенная на DVD-ROM прилагаемом к методическим указаниям.

Место расположения программы: DVD-ROM\ Geosoft\

Рекомендуемое место хранения программы X:\KVC\GeoLab\.

Директорию с данными необходимо скопировать в директорию X:\KVC\GeoLab\

Где X – имя диска удобный для хранения данных, дальше X будет заменен на D так как на этом диске расположена база данных у автора.

Загружается программа Лакколит 5.1. Lakkolit.exe

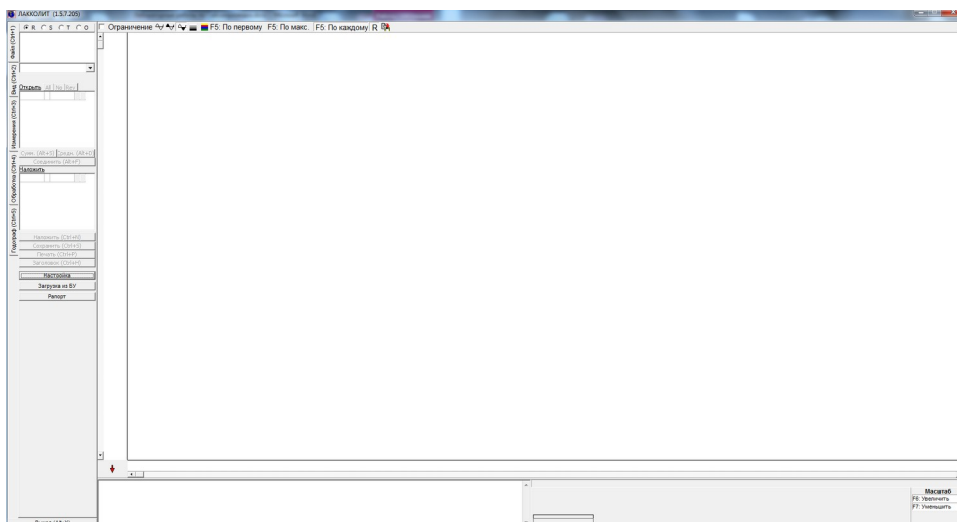


Рисунок 2.4 Общий вид программы Лакколит 5.1.

В левой части программы вертикально располагаются вкладки Файл, Вид, Измерения, Обработка, Годограф.

Необходимо прописать путь к базе данных зарегистрированных наблюдений:

Вкладка **Файл** → **Настройки**

Нажав кнопку Обзор: выбираем путь к базе данных расположения материала

(Путь для хранения «D:\KVC\Geolab\Data_lab#2»)

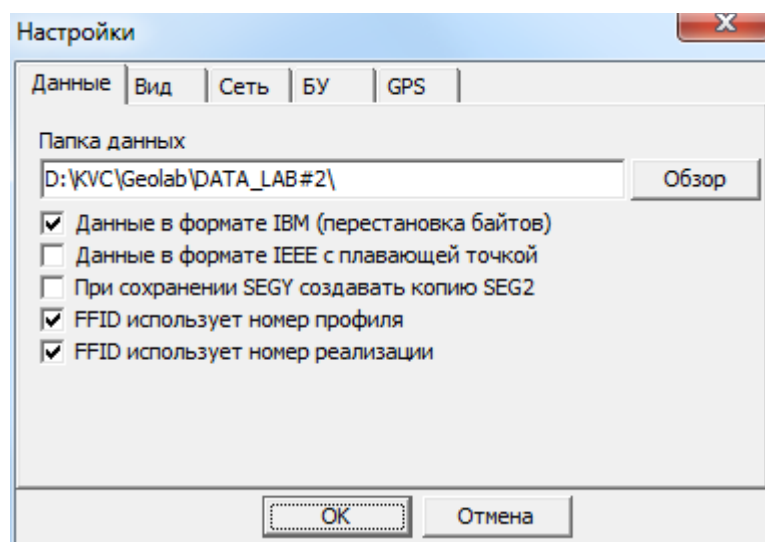


Рисунок 2.5. Настройка программы Лакколит 5.1.

При нажатой вкладке **Файл** в верхнем левом углу в окне отобразится название профиля PR0002, 2 в конце названия означает что регистрация данных происходила на профиле под названием 2.

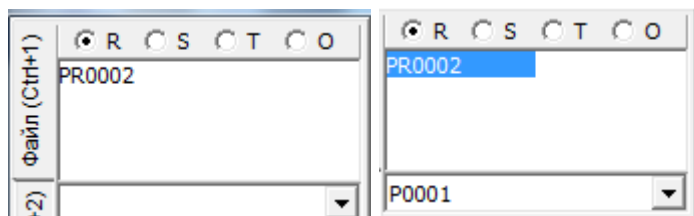


Рисунок 2.6. Выбор профиля для дальнейшей работы Лакколит 5.1.

Выбрав левой кнопкой (MB1) мыши, название профиля PR002, при этом оно выделится синим цветом и в раскрывающемся окне появиться название первой группы файлов относящихся к FFID (Field-Полевой, File-Файл, Identification-идентификатор, Data-данных, что значит уникальный номер записи данных) зарегистрированному на данном пункте возбуждения (ПВ).

Классификация названий

Хранящиеся данные в директории D:\KVC\Geolab\DATA_LAB#2\PR0002 представляют собой файлы в формате SEG-Y, имеющие названия PR****_P****_R****.sgy,

где * любое может принимать любое значение от 0 до 9.

PR**** означает номер профиля, под него отводится 4 знака, при этом номер профиля может принимать значение: от 1 до 9999 (от PR0001 до PR9999). Название выбирается в процессе съемки оператором.

P**** означает номер точки (Point), под него отводится 4 знака, при этом номер точки может принимать значения: от 1 до 9999 (от P0001 до P9999). Название выбирается в процессе съемки оператором, при этом, при запуске новой серии, номер автоматически изменится на 1.

В процессе заполнения рапорта оператора мы будем считать, что R**** означает номер FFID, так как в процессе обработки все файлы зарегистрированный серия, будут просуммированы в один и иметь конечное название PR****_P****RSUM.sgy

Сочетание номера профиля и номера точки(PR****_P****), называется номером серии.

R**** означает порядковый номер накопления в зарегистрированной серии. Под номер накопления, под него также отводится 4 знака, при этом номер может принимать значение от 1 до 9999 (от R0001 до R9999). номер автоматически изменится на 1 в процессе отработки серии.

Количество накоплений в одной серии выбирается оператором перед началом отработки на ПВ, в зависимости от шумовой обстановки. Серия обычно насчитывает от 4 до 24 накоплений.

В базе данных для лабораторной работы №2 хранится файл OBSERVER_LOG_Line_2.xls. Данный файл является рапортом оператора, который заполняется в процессе полевых работ.

Рапорт оператора, отработки профиля №2 при первом положении приемной расстановки (46-92).

Первый канал ПП лежит на расстоянии 46 м от начала профиля, последний на расстоянии 92м, шаг между ПП 2м. Отрабатываются ПВ от 0 до 138м от начала профиля. За начало профиля принят первый ПВ его дистанция 0м.

Имя файла	ПП	ПВ		Приб оры	Фильтр			Усиление	кол-во накоплений	Примечания
		X (м)	направ		ФНЧ	ФВЧ	РФ			
PR0002_P0001_RSUM.sgy	46-92	test		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0004_RSUM.sgy	46-92	0		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0002_RSUM.sgy	46-92	22		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0003_RSUM.sgy	46-92	46		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0005_RSUM.sgy	46-92	70		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0006_RSUM.sgy	46-92	92		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0007_RSUM.sgy	46-92	116		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0008_RSUM.sgy	46-92	138		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0021_RSUM.sgy	46-92	0	+	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0022_RSUM.sgy	46-92	0	-	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0019_RSUM.sgy	46-92	22	+	Y	500	-	-	100		

Имя файла	ПП	ПВ		Прибор	Фильтр			Усиление	кол-во накоплений	Примечания
		X (м)	направ		ФНЧ	ФВЧ	РФ			
PR0002_P0023_RSUM.sgy	92-138	46		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0024_RSUM.sgy	92-138	70		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0025_RSUM.sgy	92-138	92		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0026_RSUM.sgy	92-138	116		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0027_RSUM.sgy	92-138	138		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0028_RSUM.sgy	92-138	162		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0029_RSUM.sgy	92-138	184		Z	500	-	-	100		
PR0002_P0042_RSUM.sgy	92-138	46	+	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0043_RSUM.sgy	92-138	46	-	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0040_RSUM.sgy	92-138	70	+	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0041_RSUM.sgy	92-138	70	-	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0038_RSUM.sgy	92-138	92	+	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0039_RSUM.sgy	92-138	92	-	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0036_RSUM.sgy	92-138	116	+	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0037_RSUM.sgy	92-138	116	-	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0034_RSUM.sgy	92-138	138	+	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0035_RSUM.sgy	92-138	138	-	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0032_RSUM.sgy	92-138	162	+	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0034_RSUM.sgy	92-138	162	-	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0030_RSUM.sgy	92-138	184	+	Y	500	-	-	100		
PR0002_P0031_RSUM.sgy	92-138	184	+	Y	500	-	-	100		
Скважина на 20 канале ПП										
ПП-130										

Имя файла		Имя серии (FFID) под которым в БД будет храниться или уже храниться суммарная запись серии.
ПП		Приемная расстановка ПП, в метрах от начала профиля. (положение первого ПП - положение последнего ПП)
ПВ		Пункт возбуждения (ПВ).
	X (м)	В метрах от начала профиля.
	направ	Заполняется при работе с горизонтально направленными приемниками. (+) - если удар идет в сторону крышки сейсмоприемника, (-) - если удар идет в обратную сторону от крышки сейсмоприемника.
Приборы		
(x,y,z)	X	ПП расположен горизонтально в вдоль и ориентирован вдоль линии приема.
	Y	ПП расположен горизонтально в вдоль и ориентирован ортогонально линии приема.
	Z	ПП расположен вертикально.
Фильтр		
	ФНЧ	Фильтр Низкой Частоты
	ФВЧ	Фильтр Высокой Частоты
	РФ	Режекторный фильтр
Усиление		Усиление при приеме
кол-во накоплений		Кол-во накоплений в серии
Примечания		Дополнительная информация о преградах и помехах в момент отработки профиля

Рапорт оператора, отработки профиля №2 при втором положении приемной расстановки (92-138).

Контрольная скважина на канале 20, ПП 130м.



Рисунок 2.7. Схема отработки профиля.

Студент выбирает номер серии (линию (PR****) и точку(P****)) указанную в варианте.

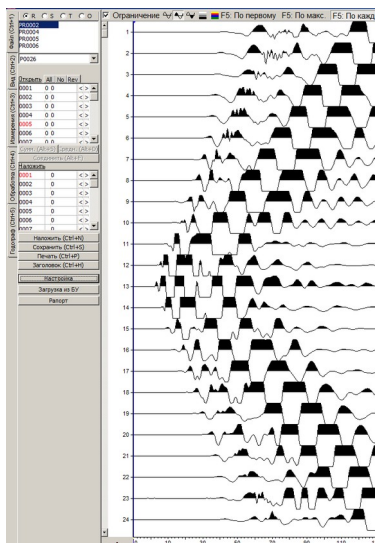
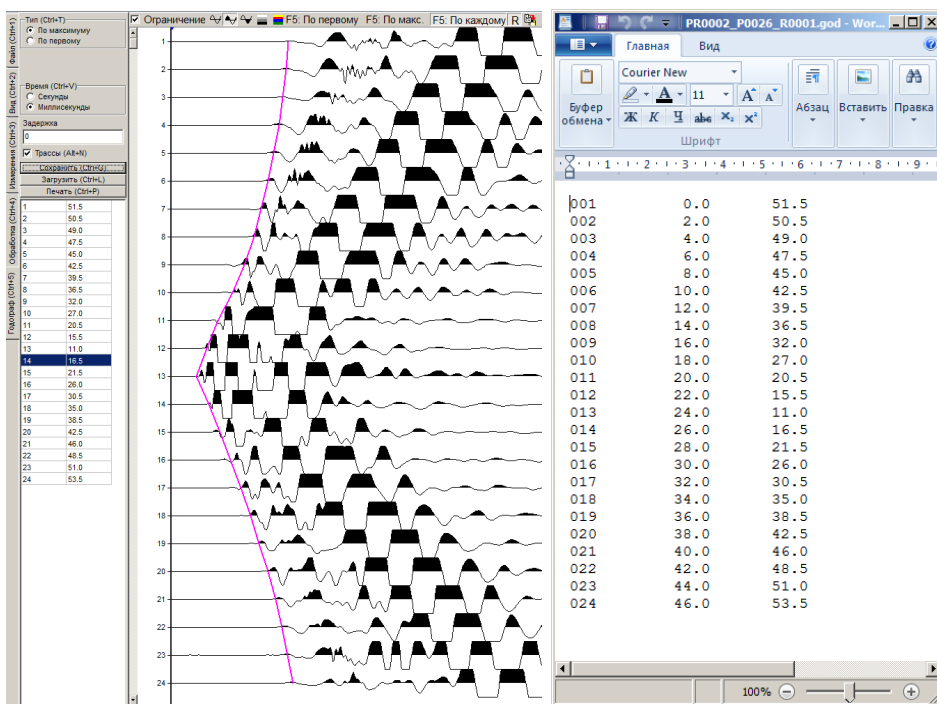


Рисунок 2.8. Отображение сейсмограммы в программе Лакколит 5.1.

На вкладке «ГОДОГФАФ» пикируем первые вступления фронта волны, при помощи MB1 и стрелок клавиатуры для точной установки пикировки. Сохраняем пикировки в текстовом файле.



(a)

(б)

Рисунок 2.9. Отображение сейсмограммы при включённой вкладке годограф(а).
текстовый документ с пикировками(б).

Текстовый документ с сохранёнными пикировками представляет собой три столбика описания ПП, в первом - номер канала (Chan), во втором -удаление положения каждого ПП от первого ПП(если реально первый ПП не совпадает с началом профиля то внести поправку в каждый ПП равную реальному положению первого ПП), третий время про пикированное на сейсмограмме.

Необходимо заполнить таблицу.

Chan	ПП	OFFSET	AOFFSET	t	Vk

Chan – номер канала в регистрирующем комплексе.

ПП- Пункты Приема (в метрах от начала профиля)

OFFSET – удаление ПП от ПВ в метрах.

AOFFSET – удаление ПП от ПВ в метрах абсолютных значениях.

t- время пикировки.

Vk - кажущаяся скорость

Пример выполнения задания

Chan	ПП	OFFSET	AOFFSET	t	Vk
1	46	24	24	51.5	1500
2	48	22	22	50.5	1500
3	50	20	20	49.0	1500
4	52	18	18	47.5	1500
5	54	16	16	45.0	727
6	56	14	14	42.5	727
7	58	12	12	39.5	727
8	60	10	10	36.5	727
9	62	8	8	32.0	392
10	64	6	6	27.0	392
11	66	4	4	20.5	392
12	68	2	2	15.5	392
13	70	0	0	11.0	392
14	72	-2	2	16.5	417
15	74	-4	4	21.5	417
16	76	-6	6	26.0	417
17	78	-8	8	30.5	417
18	80	-10	10	35.0	417
19	82	-12	12	38.5	545
20	84	-14	14	42.5	545
21	86	-16	16	46.0	545
22	88	-18	18	48.5	800
23	90	-20	20	51.0	800
24	92	-22	22	53.5	800

На основе табличных данных строится график зависимости времени прихода волн к ПП ,от ПВ, и во вспомогательной программе, или на миллиметровке, некоторые диапазоны точек аппроксимируется прямыми, по которым высчитывается кажущиеся скорости по формуле.

$$V_k = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

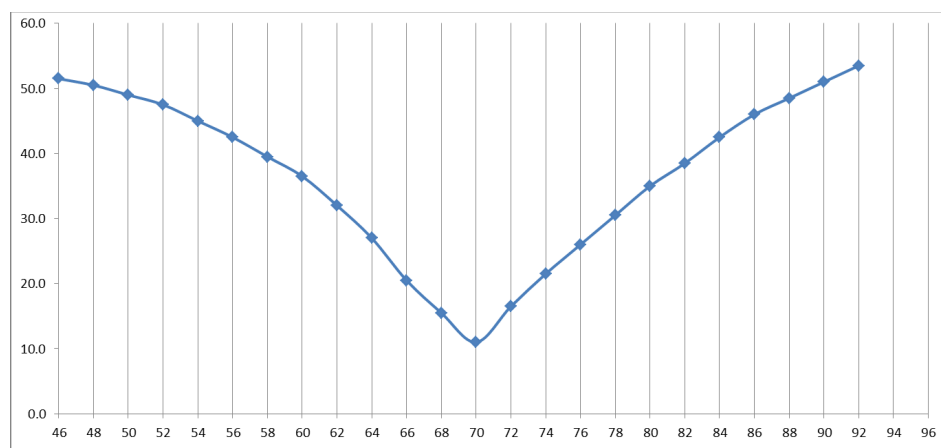


Рисунок 2.10 Пример построения годографа.

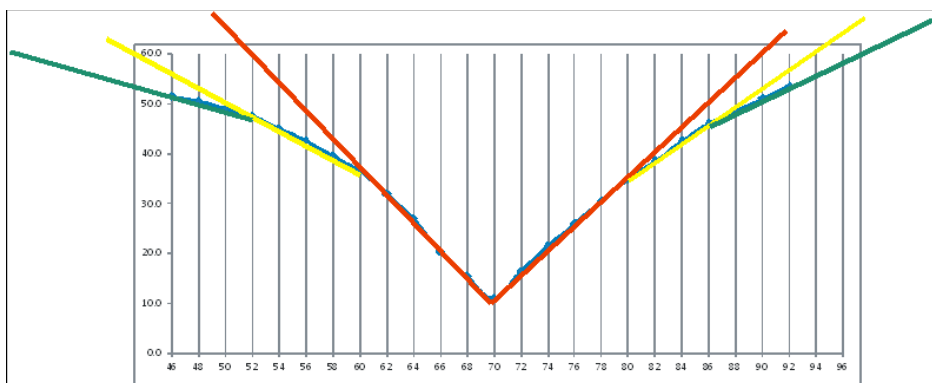


Рисунок 2.11 Пример аппроксимации годографа прямыми линиями.

Исходные данные

Имя файла	№ вариация	ФИО студента	Имя файла	№ вариация	ФИО студента
PR0002_P0004_RSUM.sgy	1		PR0002_P0023_RSUM.sgy	8	
PR0002_P0021_RSUM.sgy			PR0002_P0042_RSUM.sgy		
PR0002_P0022_RSUM.sgy			PR0002_P0043_RSUM.sgy		
PR0002_P0002_RSUM.sgy	2		PR0002_P0024_RSUM.sgy	9	
PR0002_P0019_RSUM.sgy			PR0002_P0040_RSUM.sgy		
PR0002_P0020_RSUM.sgy			PR0002_P0041_RSUM.sgy		
PR0002_P0003_RSUM.sgy	3		PR0002_P0025_RSUM.sgy	10	
PR0002_P0017_RSUM.sgy			PR0002_P0038_RSUM.sgy		
PR0002_P0018_RSUM.sgy			PR0002_P0039_RSUM.sgy		
PR0002_P0005_RSUM.sgy	4		PR0002_P0026_RSUM.sgy	11	
PR0002_P0015_RSUM.sgy			PR0002_P0036_RSUM.sgy		
PR0002_P0016_RSUM.sgy			PR0002_P0037_RSUM.sgy		
PR0002_P0006_RSUM.sgy	5		PR0002_P0027_RSUM.sgy	12	
PR0002_P0013_RSUM.sgy			PR0002_P0034_RSUM.sgy		
PR0002_P0014_RSUM.sgy			PR0002_P0035_RSUM.sgy		
PR0002_P0007_RSUM.sgy	6		PR0002_P0028_RSUM.sgy	13	
PR0002_P0011_RSUM.sgy			PR0002_P0032_RSUM.sgy		
PR0002_P0012_RSUM.sgy			PR0002_P0034_RSUM.sgy		
PR0002_P0008_RSUM.sgy	7		PR0002_P0029_RSUM.sgy	14	
PR0002_P0009_RSUM.sgy			PR0002_P0030_RSUM.sgy		
PR0002_P0010_RSUM.sgy			PR0002_P0031_RSUM.sgy		

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

- Название и цель работы.
- Схема расположения ПВ и ПП с выделенным ПВ по которому произведена работа.
- Журнал оператора с выделенным ПВ

- выводы, вытекающие из результатов работы.

Отчет должен иметь титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.

Контрольные вопросы

1. Что такое OFSSET и чем он отличается от AOFFSET?
2. Записать закон Снеллиуса.
3. Основное условие образования головной волны.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Сейсмические волны и их кинематические характеристики

Цель работы: Получить представление о физических процессах, влияющих на амплитуду отраженных и кратных волн, распространяющихся в реальных геологических средах

Теоретические основы

Большое значение при изучении геологического строения района работ имеет интенсивность отраженных волн, наблюдаемых на поверхности земли. Она зависит от ряда факторов и в первую очередь от условий распространения волн в среде. Главнейшими из них являются:

1. геометрическое расхождение энергии волны;
2. поглощение и рассеивание волн геологическими средами;
3. отражение и двойное преломление на границах раздела с различными акустическими свойствами.

1. Геометрическое расхождение энергии волны

Рассмотрим однородную среду, в которой расположен точечный источник сейсмической волны. Ограничим часть пространства лучами, образующими силовую трубку (рис. 1). Очевидно, что по мере удаления от источника на расстояния $r_1, r_2, \dots, r_i$ увеличивается площадь поперечного сечения силовой трубки $S_1 < S_2 < \dots < S_i$. Согласно закону сохранения энергии (E) внутри силовой трубки остается постоянной, а плотность энергии $j = E/S$ уменьшается по мере удаления от источника, таким образом, $j_1 > j_2 > \dots > j_i$.

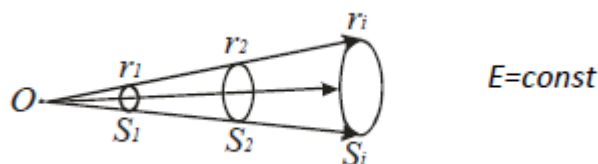


Рисунок 3.1 Силовая трубка, образованная силовыми линиями

O – точечный источник; $r_1, r_2, \dots, r_i$ – расстояния от точечного источника;

$S_1 < S_2 < \dots < S_i$ – площади сечения силовой трубки на расстоянии $r_1, r_2, \dots, r_i$

Отсюда следует, что плотность энергии, приходящаяся на единицу поперечного сечения силовой трубки, убывает пропорционально величине $1/r_i$. Из теории колебаний известно, что плотность энергии волны j пропорциональна ее амплитуде. Следовательно, в однородной упругой среде вследствие геометрического расхождения фронта прямой и отраженной волны их амплитуда убывает обратно пропорционально расстоянию, пройденному волной,

$$a_r = \frac{a_0}{r_i}, \quad (1)$$

где a_0 – амплитуда волны точечного источника;
 r_i – путь, пройденный волной.

2. Поглощение и рассеивание волн геологическими средами

При распространении сейсмических волн через горные породы часть упругой энергии колебаний, вследствие трения частиц среды, необратимо переходит в тепловую и другие виды энергии (электрическую, химическую и т. п.). Этот эффект называется поглощением упругой энергии волны. При наличии в среде литологических неоднородностей, инородных включений, флюида, насыщающего пласт (нефть, газ, вода), происходит частичное рассеивание волны, которое также приводит к уменьшению общей энергии сейсмической волны. Ослабление всех типов волн, вызываемое поглощением и рассеиванием, может быть охарактеризовано множителем $e^{-\delta r}$, где e – основание натурального логарифма, равное 2,72, r – длина пути, пройденного волной (м), δ – коэффициент поглощения ($1/м$). Величина коэффициента δ характеризует

поглощающие свойства пласта мощностью $1/m$, произведение δr – полный коэффициент поглощения геологической среды, в которой распространяется волна. Величина коэффициента δ в осадочных породах меняется от 10^{-2} до 10^{-6} ($1/m$) при изменении скорости в пределах 500-5000 м/с.

Сейсмическая волна в реальной геологической среде испытывает одновременно и поглощение, и рассеивание, и геометрическое расхождение. Поэтому общее убывание амплитуды волны подчиняется следующей зависимости:

$$a_i = a_0 \frac{e^{-\delta r}}{r} \quad (2)$$

Если волна проходит несколько слоев, каждый из которых имеет мощность h_i и характеризуется (коэффициентом поглощения δ_i), амплитуда a_i определяется по формуле:

$$a_i = a_0 \frac{e^{-\sum_{i=1}^n h_i \delta}}{\sum_{i=1}^n h_i}, \quad (3)$$

где n – число пластов, которые проходит волна.

3. Отражение и двойное прохождение

Интенсивность отраженных волн зависит от характера границы раздела, на которой они образовались. Если сейсмическая граница разделяет среды с резко различающимися скоростями V и волновыми сопротивлениями $\Omega = V \cdot \sigma$ (где σ – плотность горных пород), то возникающие на ней отраженные волны характеризуются значительной интенсивностью. Чем меньше различие волнового сопротивления на границе, тем слабее образующаяся на ней отраженная волна. Поэтому интенсивность полезных волн, прошедших приблизительно одинаковые расстояния, может заметно различаться.

Расчетная часть

Расчет коэффициентов отражения и двойного прохождения: уменьшение амплитуд волн при образовании отраженных и проходящих волн характеризуется коэффициентами отражения и прохождения (прозрачности) соответственно. При падении волны на i -ую отражающую границу коэффициент отражения A_i рассчитывается по формуле:

$$A_i = \frac{V_{i+1} \cdot \sigma_{i+1} - V_i \cdot \sigma_i}{V_i \cdot \sigma_i + V_{i+1} \cdot \sigma_{i+1}}, \quad (4)$$

где V_i и V_{i+1} – соответственно верхний и нижний пласты;

σ_i и σ_{i+1} соответственно плотности верхнего и нижнего пластов.

Коэффициент отражения может быть отрицательным, если скорость нижнего пласта больше скорости вышележащего пласта. Это свидетельствует о том, что волна отражается в противофазе.

$$B_{+i} = \frac{2V_i\sigma_i}{V_i\sigma_i + V_{i+1}\sigma_{i+1}}. \quad (5)$$

При падении снизу коэффициент прохождения B_{-i} равен:

$$B_{-i} = \frac{2V_{i+1}\sigma_{i+1}}{V_i\sigma_i + V_{i+1}\sigma_{i+1}}. \quad (6)$$

Коэффициент двойного прохождения представляет собой произведение коэффициентов прохождения волны через границу при нормальном падении сверху и снизу, т. к. любая волна, приходящая к дневной поверхности, любую границу проходит минимум дважды – при падении вниз и возвращении вверх.

При падении сверху на i -ую границу коэффициент прохождения B_{+i} равен:

Поскольку коэффициенты отражения A и прохождения B связаны соотношением:

$B = 1 + A$, а коэффициенты отражения при падении волны сверху и снизу на границу различаются только знаком, т. е.

$A_{+i} = A_{-i}$, то произведение коэффициентов прохождения вниз и вверх через границу (коэффициент двойного прохождения) равно:

$$C_i = B_{+i}B_{-i} = (1 + A_{+i})(1 + A_{-i}) = (1 + A_{+i})(1 - A_{+i}) = 1 - A_{+i}^2. \quad (7)$$

Коэффициенты отражения A и двойного прохождения C используются далее для расчета интенсивностей волн.

Расчет амплитуд отраженной и кратной волн

В общем случае для расчета амплитуд волн надо учитывать коэффициенты отражения и двойного прохождения на границах раздела, поглощение и рассеивание волн.

Амплитуды сигнала вычисляем, перемножая коэффициенты отражения A всех границ, от которых волна отражается (с учетом знаков коэффициента), и коэффициенты двойного прохождения C всех границ, через которые волна проходит. Для учета геометрического расхождения подсчитываем путь волны, суммируя мощности всех пластов, через которые волна проходит. Учитывая все сказанное, запишем выражение для амплитуды волны, зарегистрированной на пункте взрыва, которая отразилась от i -ой границы горизонтально-слоистой среды при распространении по вертикали (по нормальям к границе):

$$a_i = a_0 \frac{e^{-2 \sum_{i=1}^i h_i \delta_i}}{2 \sum_{i=1}^i h_i} (1 - A_1^2)(1 - A_2^2) \dots (1 - A_{i-1}^2) A_i, a_0 = 1 \text{ м}. \quad (8)$$

В формуле (8) индексы у коэффициентов отражения соответствуют временам отражающих границ (сверху вниз), а множители 2 появляются потому, что волна проходит дважды каждый слой (при распространении сверху вниз и снизу вверх).

На некоторых отражающих границах (при значительных коэффициентах отражения) могут возникать кратные отраженные волны, которые являются серьезными помехами при проведении сейсморазведочных исследований. Отражаясь несколько раз от одной или нескольких границ (чаще всего не больше чем от двух), кратные волны могут приходить к пунктам приема

одновременно с полезными волнами, отразившимися от более глубоких границ, или – на близких временах. В результате интерференции кратных и полезных волн затрудняется прослеживание последних, и интерпретация полевых материалов может оказаться неоднозначной или ошибочной.

Рассмотрим простую кратную отраженную волну. Коэффициент отражения от границы «земля-воздух» близок к 1 , т. к. волновое сопротивление воздуха ничтожно по сравнению с волновым сопротивлением горных пород. При каждом отражении от границы амплитуда кратной отраженной волны изменяется в A раз, между двумя отражениями она дважды проходит слой от границы до поверхности земли и обратно. Если кратнообразующей поверхностью является верхняя, то амплитуда полнократной отраженной волны рассмотренного типа, которая зарегистрирована на пункте взрыва при горизонтально -слоистом разрезе, т. е. при распространении волны по вертикали (нормали к границе), связана с параметрами зависимостью:

$$\alpha_{кр} = \alpha_0 \frac{e^{-2n\delta_1 h_1}}{2nh_1} A^n, \alpha_0 = 1 м, \quad (9)$$

где $\alpha_{кр}$ -амплитуда простой кратной отраженной волны, полученной на пункте взрыва при указанных особенностях разреза; n - кратность волны.

После расчета амплитуд всех волн определяют времена их пробега по вертикали (до границы и обратно) по формуле:

$$t_{0i} = \frac{2 \sum_{i=1}^i h_i}{V_{cp}}. \quad (10)$$

Средняя скорость вычисляется по формуле:

$$V_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_{ei}}, \quad (11)$$

где h_i – мощности пластов;

$\Delta t_{ei} = \frac{h_i}{V_i}$ – время пробега волны в i -том пласте.

По полученным результатам строят импульсную (синтетическую) сейсмограмму, для чего от выбранного начала отсчета времен откладывают время регистрации каждой волны, определяемой по формуле (10), и в полученных точках в выбранном масштабе строят отрезки длиной, равной амплитудам соответствующих волн, которые определяются по формуле (8) для однократных отраженных волн или по формуле (9) для простых кратных отраженных волн. Импульсная сейсмограмма представлена на рисунке 2.

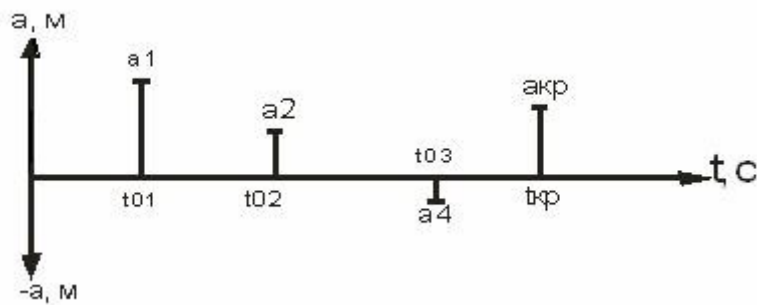


Рисунок 3.2. Импульсная сейсмограмма

Построение модели волнового поля

По результатам вычислений выбираются границы с наибольшим коэффициентом отражения и составляется упрощенная модель среды (модель волнового поля).

Используя суммарные мощности и времена пробега волны в пластах, строятся теоретические годографы ВСП. Вначале следует построить вертикальный годограф падающей волны, затем построить восходящие годографы волн, отраженных от всех границ модели. Далее все волны следует последовательно «отражать и преломлять» на границах, следя за тем, чтобы в пределах каждого пласта все падающие волны имели параллельные между собой годографы. Аналогично годографы восходящих волн также параллельны между собой и имеют наклон, равный наклону годографов падающих волн по абсолютной величине, но обратной по знаку.

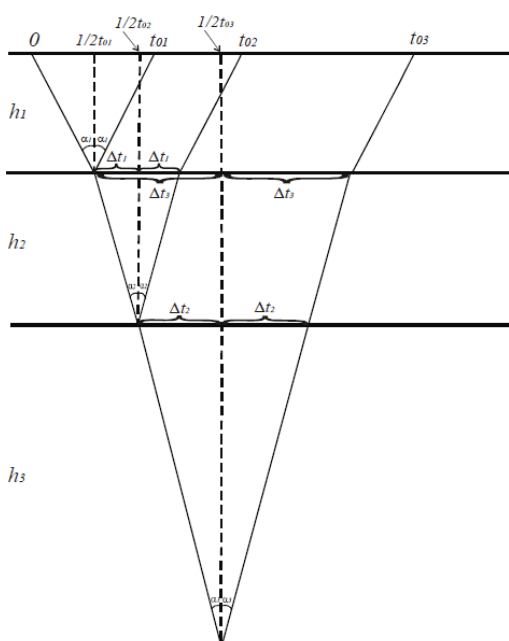


Рисунок 3.3 Модель волнового поля

В результате построений годографами падающих и восходящих волн должен быть заполнен весь треугольник на вертикальном годографе, образованный осью времен и годографами падающей и отраженной от нижней («целевой») границы волн (Рисунок 3.3).

Инструктаж по технике безопасности приведен в Приложении 1.

Порядок выполнения работы

Для каждой границы вычисляются коэффициенты отражения по формуле (4).

Определяются коэффициенты двойного прохождения волн для каждой промежуточной границы (кроме последней) по формуле (7).

По формуле (8) вычисляются амплитуды однократных отраженных волн на поверхности наблюдений (в пункте возбуждения). Амплитуда точечного источника $a_0 = 1$ м.

Определяются времена регистрации отраженных волн по формуле (10).

Определяется амплитуда кратной волны, регистрируемой на пункте взрыва по формуле (9);

$a_0 = 1$ м (волна задается преподавателем).

Определяется время регистрации кратной волны.

Все результаты вычислений заносятся в таблицу.

<i>№ пласта</i>	h_i	V_i	σ_i	δ_i	A_i	C_i	t_{0i}	a_i
	(м)	(м/с)	(г/см ³)	(1/м)			(с)	(м)

Исходные данные

№ вариант	$\delta_1=10^{-2}(1/м)$			$\delta_2=10^{-3}(1/м)$			$\delta_3=5 \cdot 10^{-3}(1/м)$				
	h_1	V_1	σ_1	h_2	V_2	σ_2	h_3	V_3	σ_3	V_4	σ_4
	(м)	(м/с)	(г/см ³)	(м)	(м/с)	(г/см ³)	(м)	(м/с)	(г/см ³)	(м/с)	(г/см ³)
1	310	1800	1.8	330	3500	2.2	840	4300	2.4	3400	2.3
2	410	2100	2.3	420	4100	2.4	900	4400	2.45	3500	2.35
3	370	2000	2.3	390	3800	2.45	770	4500	2.5	3700	2.6
4	340	1900	2	350	3600	2.3	870	4400	2.4	3600	2.35
5	360	2050	2.4	370	3900	2.5	800	4600	2.6	3800	2.55
6	350	2100	1.9	400	4000	2.2	750	4800	2.3	4000	2.25
7	330	1800	1.9	320	3600	2.3	780	4200	2.4	3400	2.35
8	370	2000	2.1	350	3700	2.3	740	4400	2.4	3900	2.25
9	360	1900	2	380	3900	2.35	700	4500	2.5	3600	2.3
10	380	2100	2.3	400	4100	2.4	800	4600	2.5	3500	2.2
11	320	1800	1.9	350	3800	2.2	850	4900	2.3	4000	2.4
12	380	2100	2.1	250	4000	2.3	750	4600	2.4	3900	2.5

13	35 0	2000	2	30 0	4200	2.4	70 0	4800	2.5	3800	2.45
14	34 0	1900	1.8	28 0	3900	2.1	80 0	4500	2.3	3700	2.2
15	36 0	2050	2	40 0	4100	2.2	85 0	5000	2.5	4000	2.45

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

- Название и цель работы.
- Заполненная таблица результатами вычисления.
- выводы, вытекающие из результатов работы.

Отчет должен иметь титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.

Контрольные вопросы

1. Что такое АРУ?
2. С чем связано геометрическое расхождение энергии волны?

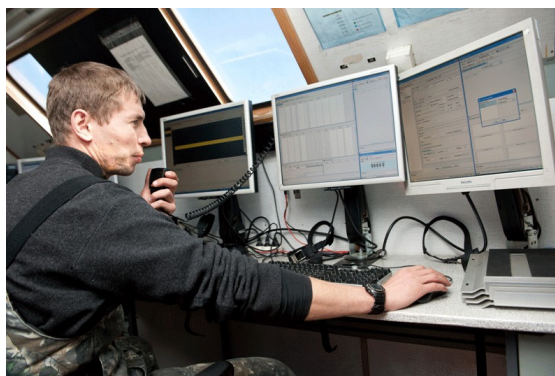
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Метод преломленных волн

Цель работы: получение навыков обработки данных микросейсмокаротажа. Микросейсмокаротаж (МСК) проводится с целью изучения верхней части разреза (ВЧР), которая состоит из зоны малых скоростей (ЗМС), подстилающих пород (ПП) до линии приведения, а иногда может включать и промежуточный слой, так называемую зону пониженных скоростей (ЗПС).

Теоретические основы

Изучение ЗМС проводится для определения оптимальной глубины заложения взрывчатого вещества, (т. к. глубина взрыва должна быть ниже подошвы ЗМС, т. е. $H_{взр} > H_{змс}$) для уменьшения потерь энергии волны ввиду того, что зона малых скоростей обладает интенсивными поглощающими свойствами; а также для расчета статических поправок при работах МОГТ.



При обратном МСК регистрация сейсмических волн осуществляется на поверхности земли, а возбуждение на разных глубинах скважины (с шагом определенным проектом работ или достаточным для необходимой точности изучения ВЧР). При прямом МСК регистрация сейсмических волн осуществляется в скважине на разных глубинах (с определенным проектом

шагом, или достаточным для необходимой точности изучения ВЧР), а возбуждение происходит на поверхности.

Для проведения МСК бурится скважина, забой которой на 20-100 м глубже подошвы ЗМС. В идеале если изучается ВЧР до линии приведения. Около устья скважины ставятся несколько (2-6) сейсмоприемников на расстояниях от 1 до 20 м от скважины, иногда по обе стороны от нее (по профилю). В скважину опускается зонд, на котором закреплены гирлянды электродетонаторов и производятся их поочередные взрывы на разных глубинах, начиная от забоя, через 2-6 м (рис. 1.а).

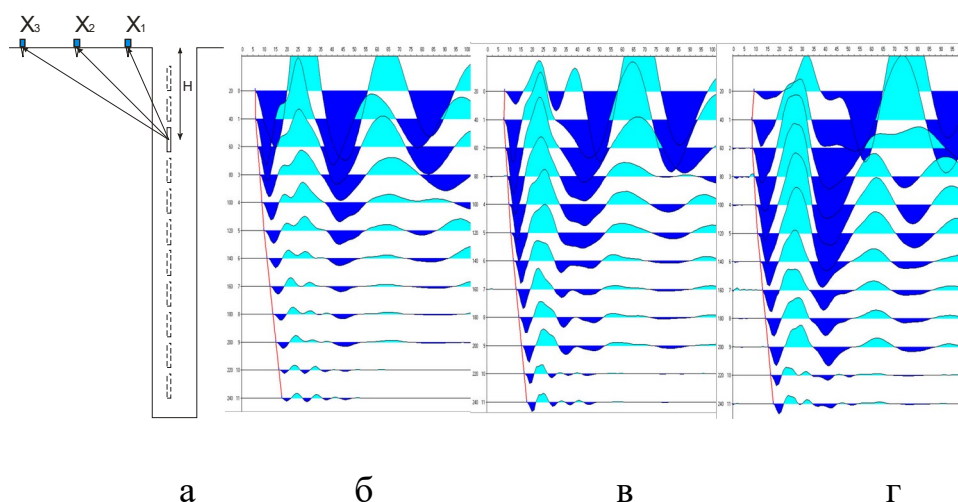


Рисунок 4.1 Микросейсмокаратаж: а) методика проведения; б) сейсмограмма на удалении 1м; в) сейсмограмма на удалении 3м; г) сейсмограмма на удалении 5м

С сейсмограммы МСК снимаются времена прихода волны к пункту приема (t_n время наблюденные), процедура называется пикировка первых вступлений.

Наблюденное время расположенных на расстояниях от скважины, приводится к вертикальному времени t_v по формуле:

$$t_v = t_n \cdot \cos(\alpha) = \frac{t_n \cdot H}{\sqrt{H^2 + \chi^2}} \quad (1)$$

Найденные вертикальные времена усредняются для одних и тех же глубин Н. Затем строится вертикальный годограф, который представлен отрезками прямых линий. По вертикальному годографу определяются пластовые скорости.

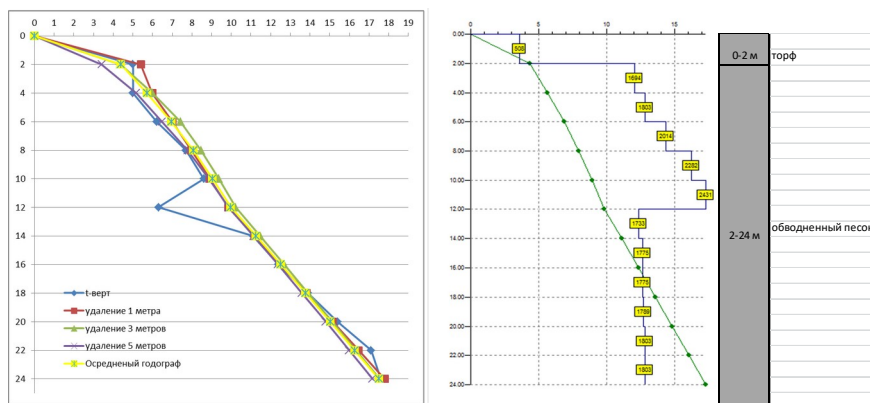


Рисунок 4.2 Вертикальный годограф

Границы пластов находятся по изломам вертикального годографа, а подошва ЗМС определяется по резкому возрастанию скорости в коренных породах:

$$V_{пл} = \frac{\Delta H}{\Delta t_e} \quad (2)$$

Инструктаж по технике безопасности приведен в Приложении 1.

Порядок выполнения работы

1. Находятся вертикальные времена по формуле (1).
2. Усредняются вертикальные времена для одних и тех же глубин Н.
3. Строится вертикальный годограф вертикальным времен.
4. Определяются мощности пластов (ЗМС, ЗПС) по изломам вертикального годографа.
5. Определяются пластовые скорости по формуле (2).
6. Результаты обработки заносятся в таблицу вычислений.

Таблица вычислений

ГЛУБИНА	X ₁ =1 м		X ₂ =3 м		X ₃ =5 м		тв,ср, (с)	Анализ скоростей	
	тн (с)	тв (с)	тн (с)	тв (с)	тн (с)	тв (с)		толщина	интервальная скорость
Н(м)									

Исходные данные

ГЛУБИНА	Вариант 1			Вариант 2			Вариант 3		
	тн (с)			тн (с)			тн (с)		
(м)	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	6.040	7.892	9.215	2.865	2.865	9.347	3.394	5.908	8.951
4	6.172	7.495	8.289	8.289	8.289	11.464	8.554	8.554	10.141
6	7.098	8.289	8.421	9.877	8.951	11.596	9.678	9.678	9.744
8	8.024	9.038	9.170	11.244	10.097	12.655	10.803	10.802	10.934
10	8.950	9.788	9.920	12.611	11.243	13.746	11.927	11.926	12.125
12	9.877	10.538	10.670	13.978	12.390	14.837	13.052	13.051	13.316
14	11.199	11.728	11.816	15.212	13.536	15.929	14.264	14.175	14.374
16	12.522	12.919	12.963	16.447	14.683	17.020	15.477	15.300	15.432
18	13.845	14.110	14.109	17.682	15.829	18.111	16.690	16.424	16.491
20	15.168	15.300	15.256	18.916	16.976	19.203	17.902	17.549	17.549
22	16.491	16.491	16.402	20.151	18.122	20.294	19.115	18.673	18.607
24	17.814	17.682	17.549	21.386	19.269	21.386	20.328	19.798	19.666

ГЛУБИНА	Вариант 4			Вариант 5			Вариант 6		
	тн (с)			тн (с)			тн (с)		
(м)	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	9.744	15.830	13.052	11.464	14.242	16.623	10.406	11.332	16.623
4	9.480	12.126	12.258	13.448	13.316	15.036	12.390	13.978	18.277
6	10.869	11.596	11.861	15.002	14.672	16.193	13.812	14.904	19.931
8	12.258	12.610	13.184	16.557	16.028	17.351	15.234	16.182	20.989
10	13.647	13.624	14.507	18.111	17.384	18.508	16.656	17.461	22.047
12	15.036	14.639	15.830	19.666	18.740	19.666	18.079	18.740	23.106
14	16.182	15.763	17.042	20.834	19.842	20.526	19.225	19.798	23.987
16	17.329	16.888	18.255	22.003	20.945	21.386	20.372	20.856	24.869
18	18.475	18.012	19.468	23.172	22.047	22.246	21.518	21.915	25.751
20	19.622	19.137	20.680	24.340	23.150	23.106	22.665	22.973	26.633
22	20.768	20.261	21.893	25.509	24.252	23.966	23.811	24.031	27.515
24	21.915	21.386	23.106	26.678	25.355	24.826	24.958	25.090	28.397

ГЛУБИНА	Вариант 7			Вариант 8			Вариант 9		
	тн (с)			тн (с)			тн (с)		
(м)	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	13.052	16.359	19.005	7.363	9.215	10.538	8.524	11.788	19.990
4	20.592	23.635	25.090	8.554	9.877	10.868	12.317	14.874	22.724
6	21.121	22.577	23.503	9.810	11.034	11.199	13.463	15.580	19.020
8	22.929	23.899	24.517	11.067	12.192	12.434	14.609	16.677	19.637
10	24.737	25.222	25.531	12.324	13.349	13.669	15.756	17.775	20.431
12	26.545	26.545	26.545	13.581	14.507	14.904	16.902	18.872	21.426
14	27.515	27.537	27.493	14.639	15.521	15.830	18.049	19.970	22.421
16	28.485	28.529	28.441	15.697	16.535	16.756	19.195	21.067	23.416
18	29.455	29.521	29.389	16.756	17.549	17.682	20.342	22.165	24.412
20	30.425	30.513	30.337	17.814	18.563	18.608	21.488	23.262	25.407
22	31.395	31.505	31.285	18.872	19.577	19.534	22.635	24.360	26.402
24	32.366	32.498	32.234	19.931	20.592	20.460	23.782	25.458	27.398

ГЛУБИНА	Вариант 10			Вариант 11			Вариант 12		
	tн (с)			tн (с)			tн (с)		
(м)	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5	X ₁ =1	X ₂ =3	X ₃ =5
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	7.290	8.524	10.641	11.259	16.227	14.507	4.453	7.628	8.818
4	6.055	6.584	8.524	10.818	14.345	12.758	5.670	7.628	9.347
6	7.157	7.660	9.229	11.788	14.257	13.287	6.887	7.892	9.215
8	8.259	8.736	9.935	12.758	14.610	13.816	8.104	8.994	10.170
10	9.362	9.812	10.641	13.959	15.690	14.786	9.321	10.096	11.125
12	10.464	10.888	11.699	15.161	16.770	15.756	10.538	11.199	12.081
14	11.567	11.964	12.757	16.362	17.851	16.727	11.750	12.323	13.036
16	12.669	13.040	13.815	17.564	18.931	17.923	12.963	13.448	13.992
18	13.771	14.116	14.874	18.766	20.011	19.119	14.176	14.572	14.947
20	14.874	15.192	15.932	19.967	21.092	20.316	15.388	15.697	15.903
22	15.976	16.268	16.990	21.169	22.172	21.512	16.601	16.821	16.858
24	17.079	17.344	18.049	22.371	23.253	22.709	17.814	17.946	17.814

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

- Название и цель работы.
- Заполненная таблица результатами вычисления.
- выводы, вытекающие из результатов работы.

Отчет должен иметь титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.

Контрольные вопросы

1. Основные задачи решаемые по методу МСК?
2. Что такое ЗМС?
3. Запишите формулу приведения наблюдаемого времени к вертикальному.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Метод отраженных волн

Цель работы: Ознакомление с методикой расчета эффективных скоростей ВЧР на основе обработки материалов МПВ.

Теоретические основы

Участки для определения параметров верхней части разреза выбирают в различных поверхностных условиях площади, так как существует зависимость мощности и строения ЗМС от состава пород, выходящих на дневную поверхность, от рельефа дневной поверхности, наличия болот и прочих условий. Длина профилей МПВ выбирается в зависимости от предполагаемой мощности ЗМС, чтобы обеспечить прослеживание преломленной волны на расстоянии не менее половины базы приема. Для расчета используют соотношение:

$$L \geq 4 h_{\text{ЗМС}} \sqrt{\frac{1 + \sin i}{1 - \sin i}}, \text{ или } L \geq 4 h_{\text{ЗМС}} \sqrt{\frac{V_{\text{к}} + V_{\text{з}}}{V_{\text{к}} - V_{\text{з}}}} \quad (1)$$

где L – длина базы приема;

$h_{\text{ЗМС}}$ – мощность ЗМС;

i – критический угол, при котором образуется преломленная (головная) волна. Величина $\sin i$ определяется как отношение скорости в ЗМС ($V_{\text{з}}$) к скорости в подстилающих породах ($V_{\text{к}}$).

Чаще всего длина базы составляет 200-220 м. Обычно при регистрации прямой и преломленной волны используются времена первых вступлений. Взрывы (поверхностные или из шурфов глубиной 0,5-1,5) производят на концах базы приема для получения системы встречных годографов. Сейсмоприемники располагают неравномерно, с интервалом 5 м вблизи пунктов взрыва (ПВ), чтобы уверенно проследить прямые волны, распространяющиеся в ЗМС, и с

интервалом 10 м на центральном участке базы, где регистрируются преломленные волны от подошвы ЗМС или ЗПС. При использовании 24-канальной сейсмической станции и длине базы приема 200 м пять приемников от ПВ₁ и ПВ₂ устанавливают через 5 м друг от друга, остальные через 10 м. При 26-канальной регистрации с шагом 5 м устанавливают по 7 приборов.

При изучении ЗМС обработка материалов производится способом встречных годографов (рис. 5.1). Наблюдаемые годографы прямой и преломленной волны усредняются отрезками прямых, причем годографы преломленных волн должны пересекать оси времен во взаимных точках $T_{взм}$.

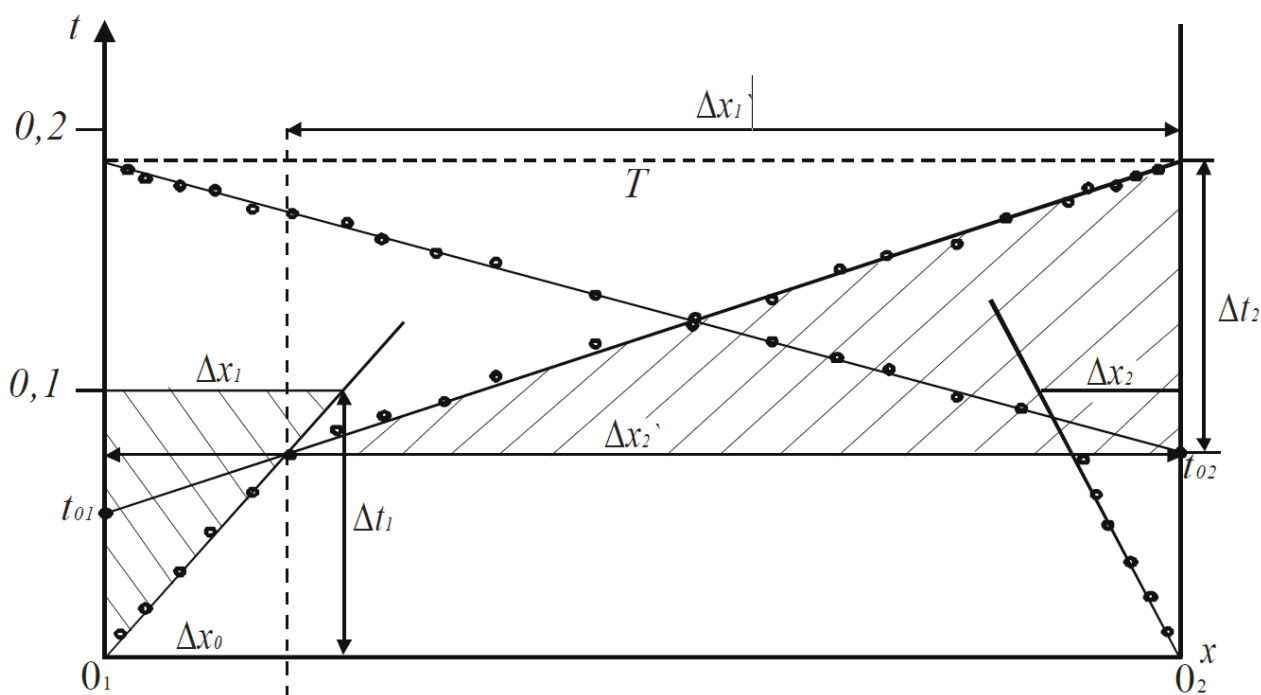


Рисунок 5.1 Система встречных годографов.

Порядок определения параметров разреза следующий:

По угловым коэффициентам годографов прямых волн определяются скорости в ЗМС:

$$V_{змс1} = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1}, \quad V_{змс2} = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2},$$

где Δt_1 и Δt_2 для простоты расчетов выбираются равными 0,1 с. Для дальнейших расчетов за $V_{змс}$ принимается среднее арифметическое значение:

$$V_{змс} = \frac{V_{змс1} + V_{змс2}}{2}.$$

По угловым коэффициентам годографов преломленных волн определяются скорости в подстилающей среде:

$$V_{m1} = \frac{\Delta x'_1}{\Delta t_1}, \quad V_{m2} = \frac{\Delta x'_2}{\Delta t_2},$$

где Δt_1 и Δt_2 для простоты расчетов выбираются также равными 0,1 с. Если скорости по годографам различаются, их нужно усреднить:

$$V_m = \frac{V_{m1} + V_{m2}}{2}.$$

По формуле $\sin i = \frac{V_{змс}}{V_m}$ определяется критический угол i .

По отрезкам t_{01} и t_{02} , отсекаемым продолжениями годографов преломленных волн на осях времен, проведенных из соответствующих пунктов взрыва, вычисляются значения эхо-глубин $h_{змс1}$ и $h_{змс2}$ до преломляющей границы:

$$h_{змс1} = \frac{V_{змс} t_{01}}{2 \cos i}, \quad h_{змс2} = \frac{V_{змс} t_{02}}{2 \cos i}.$$

Поскольку скорости $V_{змс}$ и V_{nn} постоянны, эхо-глубина пропорциональна

$$t_0 \text{ и } h = k t_0, \text{ где } k = \frac{V_{змс}}{2 \cos i}.$$

Бывает, что на годографах первых вступлений прослеживается не одна, а две ветви с пониженными скоростями, соответствующие ЗМС и ЗПС. В таких случаях пользуются одним из двух приемов обработки: либо рассчитывают трехслойную среду ($V_{змс}$, $V_{зпс}$, $V_{пп}$, $h_{змс}$, $h_{зпс}$), либо определяют общую мощность ЗМС и ЗПС и общую скорость в ней. В практике работ используют преимущественно второй прием. Как показывают вычисления, точность его для практических целей достаточна. Прием сводится к тому, что за скорость $V_{змс}$ принимается такое значение, которое соответствует угловому коэффициенту прямой, соединяющей начало координат (ПВ) с точкой излома годографа преломленной волны. Дальнейшая обработка данных производится по описанной выше схеме.

Инструктаж по технике безопасности приведен в Приложении 1.

Порядок выполнения работы

1. По данным из таблиц времен первых вступлений прямой и преломлённых волн, снятых с сейсмограмм МПВ. Строят годографы первых вступлений в масштабах: горизонтальном: в 1 см-2 м; вертикальном 1 см-0,01 с
2. При необходимости вводят поправки за момент взрыва.
3. Годографы усредняют отрезками прямых линий: исходящие из пунктов взрыва – годографы прямой волны, более пологие – годографы преломленной волны, которые должны быть увязаны во взаимных точках.
4. Годографы преломленной волны продолжают до пунктов взрыва, из которых они получены, и определяют t_{01} и t_{02} .
5. По угловым коэффициентам годографов прямой волны определяют $V_{змс1}$, $V_{змс2}$ и рассчитывают среднеарифметическое значение скорости в ЗМС.
6. По годографам преломленной волны определяют скорость в подстилающих породах $V_{пп1}$, $V_{пп2}$ и рассчитывают среднеарифметическое значение $V_{пп}$.

7. Вычисляют коэффициент пропорциональности (k) для пересчета t_{01} и t_{02} эхо-глубины $h_{змс1}$ и $h_{змс2}$.

8. Строят преломляющую границу ЗМС под годографами: из каждого ПВ проводят вниз дугу окружности радиуса, равного соответствующей эхо-глубине, проводят общую касательную к элементам окружностей.

Исходные данные

Вариант 1			Вариант 2			Вариант 3			Вариант 4		
положение пикета от начала профиля (м)		время регистрации первого вступления (с)	положение пикета от начала профиля (м)		время регистрации первого вступления (с)	положение пикета от начала профиля (м)		время регистрации первого вступления (с)	положение пикета от начала профиля (м)		время регистрации первого вступления (с)
<i>ПВ</i>	<i>ПП</i>	<i>t</i>	<i>ПВ</i>	<i>ПП</i>	<i>t</i>	<i>ПВ</i>	<i>ПП</i>	<i>t</i>	<i>ПВ</i>	<i>ПП</i>	<i>t</i>
60	60	8.79	84	84	8.79	108	108	10.20	132	132	9.94
60	62	19.63	84	86	21.39	108	110	20.05	132	134	16.22
60	64	30.47	84	88	30.76	108	112	29.91	132	136	25.64
60	66	37.79	84	90	40.14	108	114	39.76	132	138	35.05
60	68	45.12	84	92	47.17	108	116	45.65	132	140	44.73
60	70	50.35	84	94	54.20	108	118	51.53	132	142	49.75
60	72	55.58	84	96	58.65	108	120	57.42	132	144	54.78
60	74	60.81	84	98	63.10	108	122	63.30	132	146	59.90
60	76	66.04	84	100	67.56	108	124	67.93	132	148	64.61
60	78	71.27	84	102	72.01	108	126	72.55	132	150	68.80
60	80	76.51	84	104	76.46	108	128	77.17	132	152	72.46
60	82	81.74	84	106	77.69	108	130	78.28	132	154	76.38
60	84	82.64	84	108	78.75	108	132	79.40	132	156	77.58
60	86	83.55	84	110	79.80	108	134	80.52	132	158	78.78
60	88	84.45	84	112	80.86	108	136	81.63	132	160	79.98

60	90	85.36	84	114	81.91	108	138	82.75	132	162	81.18
60	92	86.26	84	116	82.97	108	140	83.87	132	164	82.38
60	94	87.17	84	118	84.02	108	142	84.99	132	166	83.58
60	96	88.08	84	120	85.08	108	144	86.10	132	168	84.78
60	98	88.98	84	122	86.13	108	146	87.22	132	170	85.98
60	100	89.89	84	124	87.19	108	148	88.34	132	172	87.19
60	102	90.79	84	126	88.24	108	150	89.72	132	174	88.39
60	104	91.70	84	128	89.30	108	152	90.74	132	176	89.59
60	106	92.60	84	130	90.35	108	154	91.56	132	178	90.79
60	108	93.51	84	132	91.40	108	156	92.41	132	180	91.99
84	60	83.20	108	84	78.94	132	108	82.53	156	132	73.91
84	62	79.39	108	86	77.93	132	110	79.52	156	134	72.72
84	64	75.58	108	88	73.48	132	112	76.51	156	136	69.15
84	66	71.78	108	90	69.02	132	114	73.51	156	138	65.53
84	68	67.97	108	92	64.57	132	116	68.27	156	140	61.91
84	70	64.16	108	94	60.12	132	118	63.04	156	142	58.29
84	72	57.20	108	96	55.66	132	120	57.81	156	144	54.41
84	74	50.24	108	98	49.36	132	122	52.58	156	146	49.79
84	76	43.29	108	100	43.07	132	124	47.35	156	148	45.17
84	78	36.33	108	102	34.57	132	126	42.12	156	150	40.55
84	80	27.69	108	104	26.07	132	128	32.96	156	152	33.83
84	82	19.04	108	106	17.58	132	130	23.80	156	154	21.92
84	84	8.79	108	108	10.20	132	132	9.94	156	156	10.00
84	86	21.39	108	110	20.05	132	134	16.22	156	158	21.61
84	88	30.76	108	112	29.91	132	136	25.64	156	160	33.22
84	90	40.14	108	114	39.76	132	138	35.05	156	162	39.76

84	92	47.17	108	116	45.65	132	140	44.73	156	164	45.86
84	94	54.20	108	118	51.53	132	142	49.75	156	166	51.97
84	96	58.65	108	120	57.42	132	144	54.78	156	168	58.07
84	98	63.10	108	122	63.30	132	146	59.90	156	170	62.26
84	100	67.56	108	124	67.93	132	148	64.61	156	172	66.44
84	102	72.01	108	126	72.55	132	150	68.80	156	174	70.63
84	104	76.46	108	128	77.17	132	152	72.46	156	176	74.55
84	106	77.69	108	130	78.28	132	154	76.38	156	178	75.76
84	108	78.75	108	132	79.40	132	156	77.58	156	180	76.97
108	60	91.11	132	84	98.91	156	108	88.15	180	132	86.06
108	62	90.10	132	86	97.69	156	110	86.97	180	134	85.28
108	64	89.08	132	88	96.48	156	112	85.78	180	136	84.49
108	66	88.07	132	90	95.26	156	114	84.59	180	138	83.71
108	68	87.06	132	92	94.05	156	116	83.41	180	140	82.92
108	70	86.04	132	94	92.83	156	118	82.22	180	142	81.85
108	72	85.03	132	96	91.62	156	120	81.03	180	144	80.79
108	74	84.01	132	98	90.40	156	122	79.84	180	146	79.72
108	76	83.00	132	100	89.19	156	124	78.66	180	148	78.65
108	78	81.98	132	102	87.97	156	126	77.47	180	150	77.58
108	80	80.97	132	104	86.75	156	128	76.28	180	152	76.51
108	82	79.96	132	106	85.54	156	130	75.10	180	154	75.45
108	84	78.94	132	108	82.53	156	132	73.91	180	156	74.38
108	86	77.93	132	110	79.52	156	134	72.72	180	158	73.31
108	88	73.48	132	112	76.51	156	136	69.15	180	160	72.24
108	90	69.02	132	114	73.51	156	138	65.53	180	162	71.17
108	92	64.57	132	116	68.27	156	140	61.91	180	164	70.11

108	94	60.12	132	118	63.04	156	142	58.29	180	166	65.33
108	96	55.66	132	120	57.81	156	144	54.41	180	168	60.56
108	98	49.36	132	122	52.58	156	146	49.79	180	170	55.78
108	100	43.07	132	124	47.35	156	148	45.17	180	172	51.01
108	102	34.57	132	126	42.12	156	150	40.55	180	174	43.16
108	104	26.07	132	128	32.96	156	152	33.83	180	176	35.84
108	106	17.58	132	130	23.80	156	154	21.92	180	178	22.92
108	108	10.20	132	132	9.94	156	156	10.00	180	180	10.00

Вариант 5			Вариант 6			Вариант 7			Вариант 8		
положени е пикета от начала профиля (м)	время регистрации первого вступления (с)		положени е пикета от начала профиля (м)	время регистрации первого вступления (с)		положени е пикета от начала профиля (м)	время регистрации первого вступления (с)		положени е пикета от начала профиля (м)	время регистрации первого вступления (с)	
<i>пв</i>	<i>пп</i>	<i>t</i>	<i>пв</i>	<i>пп</i>	<i>t</i>	<i>пв</i>	<i>пп</i>	<i>t</i>	<i>пв</i>	<i>пп</i>	<i>t</i>
15 6	15 6	10.00	36	36	0.00	60	60	0.00	84	84	0.00
15 6	15 8	21.61	36	38	28.90	60	62	22.31	84	86	23.88
15 6	16 0	33.22	36	40	41.68	60	64	43.36	84	88	40.84
15 6	16 2	39.76	36	42	54.46	60	66	57.02	84	90	57.39
15 6	16 4	45.86	36	44	67.23	60	68	70.69	84	92	73.94
15 6	16 6	51.97	36	46	80.01	60	70	84.36	84	94	90.48
15 6	16 8	58.07	36	48	92.79	60	72	98.02	84	96	100.35

15 6	17 0	62.26	36	50	105.56	60	74	107.76	84	98	110.21
15 6	17 2	66.44	36	52	114.36	60	76	117.50	84	10 0	120.08
15 6	17 4	70.63	36	54	123.16	60	78	127.24	84	10 2	129.94
15 6	17 6	74.55	36	56	131.95	60	80	136.98	84	10 4	139.81
15 6	17 8	75.76	36	58	140.75	60	82	146.72	84	10 6	149.67
15 6	18 0	76.97	36	60	149.55	60	84	156.46	84	10 8	159.54
15 6	18 2	78.17	36	62	158.34	60	86	165.36	84	11 0	169.40
15 6	18 4	79.38	36	64	167.14	60	88	174.26	84	11 2	179.27
15 6	18 6	80.59	36	66	175.94	60	90	183.16	84	11 4	189.13
15 6	18 8	81.80	36	68	184.73	60	92	192.06	84	11 6	193.39
15 6	19 0	83.00	36	70	193.53	60	94	200.97	84	11 8	197.65
15 6	19 2	84.21	36	72	202.33	60	96	207.98	84	12 0	201.91
15 6	19 4	85.42	36	74	206.83	60	98	212.29	84	12 2	206.17
15 6	19 6	86.63	36	76	211.33	60	10 0	216.60	84	12 4	210.43
15 6	19 8	87.83	36	78	215.84	60	10 2	220.91	84	12 6	214.69
15 6	20 0	89.04	36	80	220.34	60	10 4	225.22	84	12 8	218.94
15 6	20 2	90.25	36	82	224.84	60	10 6	229.53	84	13 0	223.20

18 0	15 6	74.38	36	84	229.35	60	10 8	233.83	84	13 2	227.46
18 0	15 8	73.31	60	36	149.55	84	60	145.78	10 8	84	157.72
18 0	16 0	72.24	60	38	141.06	84	62	138.24	10 8	86	148.92
18 0	16 2	71.17	60	40	132.58	84	64	130.70	10 8	88	140.12
18 0	16 4	70.11	60	42	124.10	84	66	123.16	10 8	90	131.32
18 0	16 6	65.33	60	44	115.62	84	68	115.62	10 8	92	122.53
18 0	16 8	60.56	60	46	107.13	84	70	104.31	10 8	94	109.24
18 0	17 0	55.78	60	48	98.65	84	72	93.00	10 8	96	95.96
18 0	17 2	51.01	60	50	86.29	84	74	81.69	10 8	98	82.67
18 0	17 4	43.16	60	52	73.94	84	76	70.37	10 8	10 0	69.39
18 0	17 6	35.84	60	54	61.58	84	78	55.92	10 8	10 2	56.10
18 0	17 8	22.92	60	56	41.05	84	80	41.47	10 8	10 4	42.82
18 0	18 0	10.00	60	58	20.53	84	82	27.02	10 8	10 6	29.53
18 0	18 2	22.17	60	60	0.00	84	84	0.00	10 8	10 8	0.00
18 0	18 4	34.34	60	62	22.31	84	86	23.88	10 8	11 0	27.02
18 0	18 6	41.18	60	64	43.36	84	88	40.84	10 8	11 2	40.00
18 0	18 8	48.02	60	66	57.02	84	90	57.39	10 8	11 4	52.99

18 0	19 0	54.86	60	68	70.69	84	92	73.94	10 8	11 6	65.98
18 0	19 2	61.70	60	70	84.36	84	94	90.48	10 8	11 8	78.96
18 0	19 4	68.27	60	72	98.02	84	96	100.35	10 8	12 0	91.95
18 0	19 6	71.87	60	74	107.76	84	98	110.21	10 8	12 2	104.93
18 0	19 8	75.47	60	76	117.50	84	10 0	120.08	10 8	12 4	114.48
18 0	20 0	79.06	60	78	127.24	84	10 2	129.94	10 8	12 6	124.04
18 0	20 2	82.66	60	80	136.98	84	10 4	139.81	10 8	12 8	133.59
20 4	15 6	93.10	60	82	146.72	84	10 6	149.67	10 8	13 0	143.14
20 4	15 8	92.09	60	84	156.46	84	10 8	159.54	10 8	13 2	152.69
20 4	16 0	91.08	84	36	216.78	10 8	60	229.29	13 2	84	236.26
20 4	16 2	90.08	84	38	213.01	10 8	62	224.66	13 2	86	231.86
20 4	16 4	89.07	84	40	208.61	10 8	64	220.04	13 2	88	227.46
20 4	16 6	88.06	84	42	204.21	10 8	66	215.41	13 2	90	223.06
20 4	16 8	87.06	84	44	199.81	10 8	68	210.78	13 2	92	218.66
20 4	17 0	86.05	84	46	195.42	10 8	70	206.15	13 2	94	212.29
20 4	17 2	85.04	84	48	191.02	10 8	72	201.53	13 2	96	205.92
20 4	17 4	84.03	84	50	183.48	10 8	74	196.90	13 2	98	199.54

20 4	17 6	83.03	84	52	175.94	10 8	76	192.27	13 2	10 0	193.17
20 4	17 8	82.02	84	54	168.40	10 8	78	184.11	13 2	10 2	186.80
20 4	18 0	81.01	84	56	160.86	10 8	80	175.31	13 2	10 4	180.43
20 4	18 2	80.01	84	58	153.32	10 8	82	166.51	13 2	10 6	174.05
20 4	18 4	79.00	84	60	145.78	10 8	84	157.72	13 2	10 8	163.72
20 4	18 6	75.40	84	62	138.24	10 8	86	148.92	13 2	11 0	153.39
20 4	18 8	71.81	84	64	130.70	10 8	88	140.12	13 2	11 2	143.05
20 4	19 0	68.21	84	66	123.16	10 8	90	131.32	13 2	11 4	132.72
20 4	19 2	64.61	84	68	115.62	10 8	92	122.53	13 2	11 6	122.39
20 4	19 4	56.94	84	70	104.31	10 8	94	109.24	13 2	11 8	112.06
20 4	19 6	49.27	84	72	93.00	10 8	96	95.96	13 2	12 0	101.72
20 4	19 8	41.59	84	74	81.69	10 8	98	82.67	13 2	12 2	91.39
20 4	20 0	25.80	84	76	70.37	10 8	10 0	69.39	13 2	12 4	81.06
20 4	20 2	10.00	84	78	55.92	10 8	10 2	56.10	13 2	12 6	65.77
			84	80	41.47	10 8	10 4	42.82	13 2	12 8	50.48
			84	82	27.02	10 8	10 6	29.53	13 2	13 0	35.19
			84	84	0.00	10 8	10 8	0.00	13 2	13 2	0.00

Вариант 9			Вариант 10		
положение пикета от начала профиля (м)		время регистрации первого вступления (с)	положение пикета от начала профиля (м)		время регистрации первого вступления (с)
<i>ПВ</i>	<i>ПП</i>	<i>t</i>	<i>ПВ</i>	<i>ПП</i>	<i>t</i>
108	108	0.00	252	252	0.00
108	110	27.02	252	254	15.33
108	112	40.00	252	256	30.66
108	114	52.99	252	258	45.99
108	116	65.98	252	260	61.33
108	118	78.96	252	262	76.66
108	120	91.95	252	264	85.99
108	122	104.93	252	266	95.32
108	124	114.48	252	268	104.64
108	126	124.04	252	270	113.97
108	128	133.59	252	272	123.30
108	130	143.14	252	274	132.63
108	132	152.69	252	276	141.96
108	134	161.17	252	278	151.29
108	136	169.65	252	280	160.62
108	138	178.14	252	282	169.94
108	140	186.62	252	284	179.27
108	142	195.10	252	286	188.60
108	144	203.58	252	288	198.24
108	146	208.49	252	290	203.10

108	148	213.39	252	292	207.96
108	150	218.29	252	294	212.83
108	152	223.19	252	296	217.69
108	154	228.09	252	298	222.55
108	156	232.99	252	300	227.42
132	108	163.72	252	302	232.28
132	110	153.39	252	304	236.28
132	112	143.05	252	306	238.50
132	114	132.72	252	308	240.72
132	116	122.39	276	252	154.57
132	118	112.06	276	254	146.28
132	120	101.72	276	256	137.98
132	122	91.39	276	258	129.69
132	124	81.06	276	260	121.40
132	126	65.77	276	262	113.10
132	128	50.48	276	264	100.85
132	130	35.19	276	266	88.60
132	132	0.00	276	268	74.14
132	134	31.42	276	270	59.69
132	136	54.67	276	272	45.24
132	138	66.13	276	274	21.99
132	140	77.60	276	276	0.00
132	142	89.07	276	278	19.79
132	144	100.54	276	280	39.59
132	146	109.71	276	282	52.60
132	148	118.88	276	284	65.62

132	150	128.06	276	286	78.63
132	152	137.23	276	288	91.65
132	154	146.40	276	290	104.66
132	156	155.58	276	292	117.68
156	108	225.13	276	294	130.70
156	110	220.35	276	296	139.30
156	112	215.58	276	298	147.91
156	114	210.80	276	300	156.52
156	116	206.03	300	252	251.34
156	118	201.25	300	254	246.69
156	120	196.47	300	256	242.04
156	122	191.70	300	258	237.39
156	124	183.64	300	260	232.74
156	126	175.57	300	262	228.09
156	128	167.51	300	264	218.62
156	130	159.44	300	266	209.14
156	132	151.38	300	268	199.67
156	134	143.32	300	270	190.20
156	136	135.25	300	272	180.72
156	138	127.19	300	274	171.25
156	140	119.13	300	276	161.78
156	142	111.06	300	278	152.30
156	144	103.00	300	280	142.83
156	146	94.93	300	282	133.35
156	148	78.81	300	284	123.88
156	150	62.68	300	286	114.41

156	152	46.55	300	288	104.93
156	154	26.00	300	290	89.60
156	156	0.00	300	292	74.27
			300	294	58.94
			300	296	43.61
			300	298	28.28
			300	300	0.00

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

- Название и цель работы.
- Выполненное задание представляется на защиту в виде построений, выполненных на миллиметровой бумаге в указанных масштабах.
- На листе А4 должны быть выписаны формулы и результаты расчетов, выводы, вытекающие из результатов работы.

Отчет должен иметь титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.

Контрольные вопросы

1. Назначение и основные модификации метода преломленных волн.
2. Способы возбуждения при регистрации, по методу преломленных волн.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Методика сейсмических наблюдений

Цель работы: приобретение навыков вычисления статических поправок, для коррекции влияния ВЧР на время прихода отраженных волн.

Теоретические основы

Резкие изменения рельефа дневной поверхности, а так же мощности зоны малых скоростей, приводит к искажению годографа отражённых волн на сейсмограммах и как следствие влияет на качество суммарных временных разрезов. Повысить качество сейсмических записей возможно только путем смещения положения начала записи каждой трассы, что реализуется введением специально рассчитанных компенсирующих временных сдвигов – *статических поправок*.

Поправки с положительным знаком сдвигают начало записи, как бы в прошлое, до начала записи, в область с нулевыми отчетами, тем самым увеличивая время прихода отраженных волн. Поправки с отрицательным знаком сдвигают начало записи в другое направление, тем самым уменьшая время прихода отраженных волн, а область нулевых значений появиться в конце записи реальных отчетов. На рисунке 1. представлено три положения одной трассы, слева на право: исходная, с введённой положительной статической поправкой, с введённой отрицательной статической поправкой.

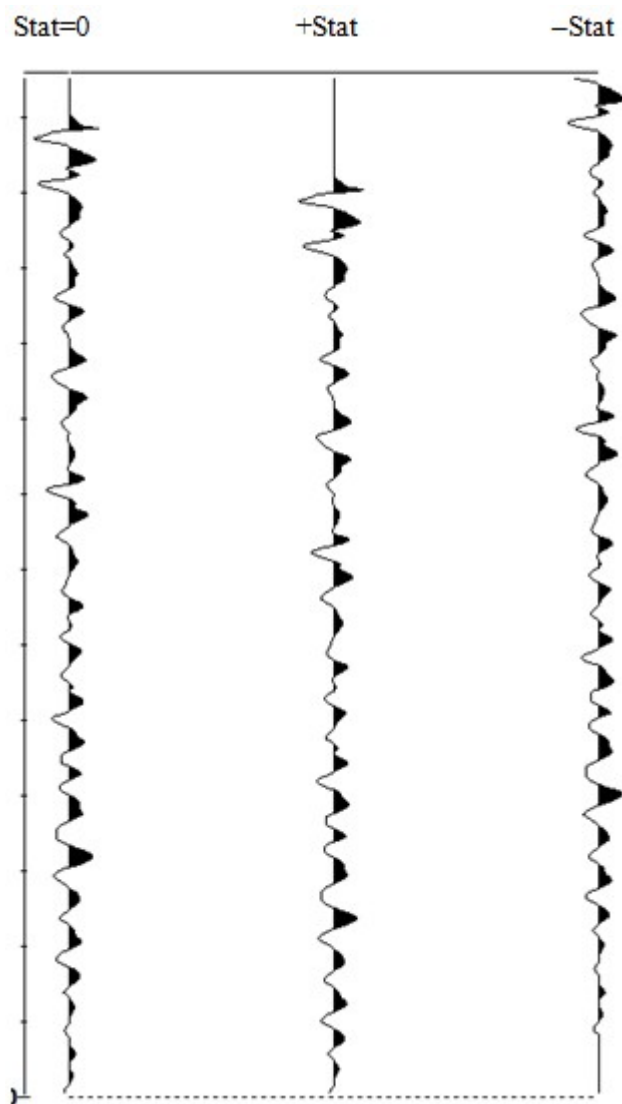


Рисунок 1.

При этом общая статическая поправка, вносимая в каждую «Трассу» определяется как сумма поправок за ПВ, ПП и ряд корректирующих поправок с учетом их знаков:

$$Stat = Stat_{Sou} + Stat_{Rec} + Stat_{cor1} + Stat_{cor2} \dots + Stat_{corn} \quad (1)$$

На первом этапе определяют и вводят так называемые предварительные (априорные) статические поправки, рассчитываемые как сумма поправок за ПВ и ПП.

$$Stat = Stat_{Sou} + Stat_{Rec} \quad (2)$$

На втором этапе проводят несколько итераций коррекций (уточнения) статических поправок и затем прибавляют к априорным статическим поправкам с учетом знака как показано в формуле (1), тем самым приближаются к истинным временам наблюдения отражений.

Перед расчетом априорных статических поправок выбирается единая горизонтальная плоскость в случае 3D, или линия в случае 2D, на которую математическим сносом будут установлены сейсмические позиции* источников и приемников, при этом в независимости от метода принято называть данную плоскость или линию «Линия приведения» или «Final Datum Elevation».

Принято считать, что падающие и отраженные волны в ЗМС, распространяются с небольшим отклонением от вертикали, поэтому линию приведения следует выбирать вблизи подошвы ЗМС, при взрывных работах рекомендуется располагать ее ниже забоя взрывной скважины, так как при этом погрешности определения поправок оказываются минимальными.

Для крупных регионов линия приведения выбирается на едином уровне, чтобы обеспечить взаимную сопоставимость структурных карт и глубинных разрезов, построенных по сейсмическим наблюдениям разных лет. Например, для Тимано-Печорской провинции линия приведения соответствует уровню +100 м, в отдельных случаях +50 м.

Вычисление статических поправок как априорных, так и корректирующих выполняется по стандартным алгоритмам на ВЦ. При вычислении априорных статических поправок принимается, 2 слойное реже 3 слойное модель строение ВЧР. В виду простаты реализации алгоритма расчета априорных статических поправок при двух слойной модели, в стандартном офисном Excel, данная лабораторная работа посвящена именно этому алгоритму.

Как описывалось ранее в формуле (2) априорная статическая поправка состоит из суммы двух поправок: за пункт возбуждения и пункт приема. Поправка за пункт возбуждения ($Stat_Sou$) - соответствует времени пробега волны от альтитуды положения источника до альтитуды линии приведения. Поправка за пункт приема ($Stat_Rec$) – соответствует времени пробега волны от приемника до линии приведения.

В данной работе мы используем исходные данные МОГТ-2D, при производстве которых возбуждение упругих волн производились в скважине. Глубина положения ВВ условно совпадает с границей ЗМС. При этом допускается, что заряд может находиться только выше линии приведения.

Для расчета поправки за пункт взрыва ***Stat_Sou*** для начала необходимо вычислить альтитуду заложения ВВ (альтитуда забоя взрывной скважины) Alt_{sou} которая вычисляется по формуле:

$$Alt_{sou} = Alt_{sps} - Depth \quad (3)$$

Где Alt_{sps} – альтитуда пикета возбуждения (альтитуда рельефа в точке возбуждения, для взрывного метода альтитуда устья скважины) храниться в файле Sps с 66 по 71 позицию.

Depth – глубина заложения ВВ храниться в файле Sps с 33 по 36 позицию.

При известной альтитуде заложения ВВ расстояние которое потребовалось прямой волне до линии приведения H_{sou} рассчитывается, по формуле:

$$H_{sou} = Alt_{FD} - Alt_{sou} \quad (4)$$

Alt_{FD} – альтитуда линии приведения (Final Datum Elevation)

Зная расстояние и используя скорость упругих волн в среде от альтитуды заложения ВВ до линии приведения V_{is} , которая была рассчитана на

предыдущей лабораторной работе настоящей методички, либо берется со значением 1800м/с, время затраченное прямой волной на данный путь и есть значение статической поправки за ПВ, рассчитывается по формуле:

$$Stat_{Sou} = \frac{H_{sou}}{V_{is}} \quad (5)$$

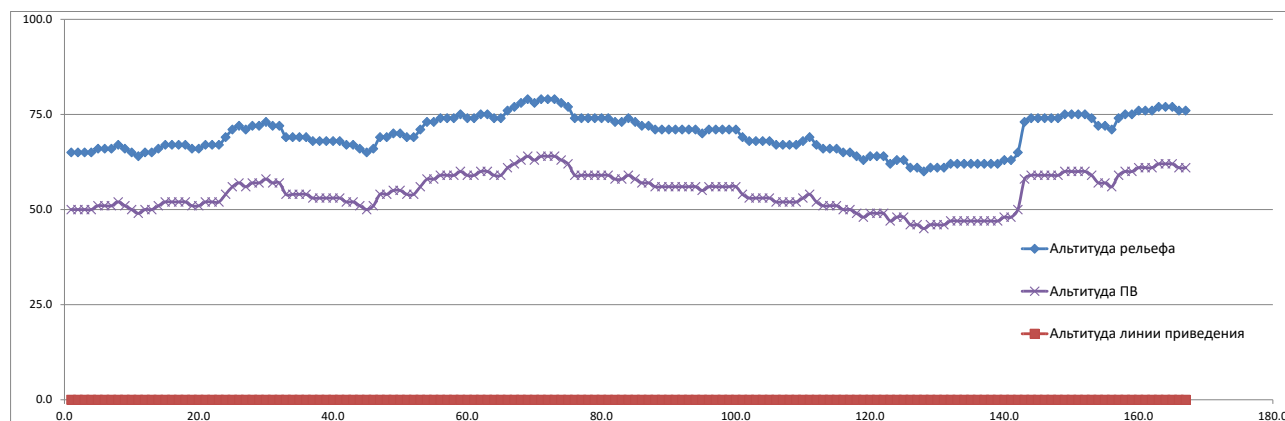


Рисунок .1 Двухслойная модель разреза ВЧР

Поправка за пункт приема выражается временем пробега отраженной волны, условно по вертикали от линии приведения до сейсмоприемника, если ВВ находится выше линии приведения, поправку за пункт приема можно рассчитать по формуле:

$$Stat_{Rec} = Stat_{Sou} - UT \quad (6)$$

Где UT – вертикальное время пробега прямой волны от ВВ к устью скважины, фиксируемое специальным сейсмоприемником (Т- вертикальное или ТВ) установленным взрывником на время подрыва заряда. Вертикальное время по сути, это время между командой на подрыв, оно совпадает с отметкой момента (ОМ), и временем регистрации прямой волны на устье скважины.

При этом общая статическая поправка, вносимая в каждую «Трассу» определяется как сумма поправок за ПВ и ПП с учетом их знаков как указано в формуле (2).

Если нет возможности использовать значение UT , или есть информация о строении ВЧР, то статическая поправка за ПП рассчитывается по формуле:

$$Stat_{Rec} = \frac{H_{nn}}{V_{nn}} + \frac{H_{змс}}{V_{змс}} \quad (7)$$

где H_{nn} и $H_{змс}$ – соответственно мощность подстилающих пород до линии приведения и мощность ЗМС;

V_{nn} и $V_{змс}$ – скорости распространения волны в подстилающих породах и в ЗМС. Как правило, пункты приема расположены над линией приведения, при расчете H_{nn} и $H_{змс}$ берутся с отрицательными знаками, а значит и поправка $Stat_{Rec}$ имеет отрицательный знак.

Второй типичный случай – возбуждение (используются невзрывные источники), и возбуждение и прием упругих волн осуществляются на поверхности земли. В этом случае поправки за пункт возбуждения и приема будут рассчитываться по одинаковым формулам, а общая суммарная статическая поправка равна:

$$Stat = \left(\frac{H_{nn(i)}}{V_{nn(i)}} + \frac{H_{змс(i)}}{V_{змс(i)}} \right) + \left(\frac{H_{nn(j)}}{V_{nn(j)}} + \frac{H_{змс(j)}}{V_{змс(j)}} \right) \quad (8)$$

в точках возбуждения (i) и приема (j)

Более сложным является последний, *третий* случай, когда разрез ВЧР представлен зоной малых скоростей, зоной промежуточных скоростей (ЗПС) и подстилающими породами до линии приведения (рис. 2).

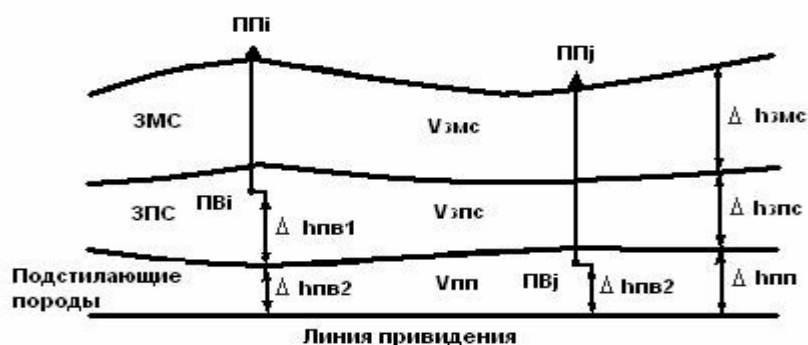


Рисунок 2. Трехслойный разрез ВЧР

Такая модель может быть построена только на основе данных изучения ВЧР методами МСК и МПВ по результатам которых получения значений априорных (предварительных) статических поправок необходимо знание нивелировочного разреза профиля наблюдений и значения скоростей распространения упругих волн в верхней части разреза.

Расчетные статические поправки всегда являются лишь приблизительной оценкой истинного значения поправки и отличаются от них присутствием погрешностей в используемых данных (высот, скоростей и мощностей слоев, слагающих ВЧР). Поэтому после ввода априорных поправок остается некоторый остаточный сдвиг $\Delta\theta_{ст}$, выявление и устранение которого является задачей второго этапа ввода статических поправок – этапа коррекции (уточнения) $\Delta t_{ст}$. Остаточный сдвиг обычно принято представлять суммой низкочастотной $\Delta\theta_{ст}'$ и высокочастотной $\Delta\theta_{ст}''$ компонент:

$$\Delta\theta_{ст} = \Delta\theta_{ст}' + \Delta\theta_{ст}'' .$$

Высокочастотная (случайная) составляющая погрешности имеет знакопеременный характер и может рассматриваться как результат влияния случайных погрешностей в исходных данных. Низкочастотная компонента является результатом недостаточно полных сведений о строении ВЧР. В процессе автоматизированной обработки применяется довольно много способов коррекции статических поправок. Они отличаются друг от друга степенью помехоустойчивости, трудоемкости, затратами машинного времени, областью применимости и др.

Библиотека статических поправок хранится в базе данных обрабатывающего комплекса. Информация позиций ПП и ПВ, такая как:

координаты XYZ;

номер линии и номер точки;

глубина заложения взрывчатого вещества (ВВ);

вертикальное время и т.д.

хранится в файлах в формате SPS.

Формат данных Shell Processing Support (SPS) (рис. 3.), был первоначально создан и использовался Shell Internationale Petroleum для передачи данных позиционирования и передачи геофизических данных от 3D судов в сейсмические центры обработки.

В 1993 SEG Технический комитет по стандартам, принял SPS в качестве стандартного формата для обмена геофизическими данными позиционирования.

Формат SPS представляет собой набор из трех файлов, называемых: файлом приемников с расширением *.rps; файлом источников с расширением *.sps; файлом шаблонов системы наблюдения с расширением *.xps, связывающие источник и приемник, в момент возбуждения. Они содержат сведения о ID источниках и приемниках связанных с конкретным ID возбуждения. Указывается для каждой точки возбуждения порядковый номер записи и соотношение между номерами каналов записи и пунктами приема.

(a) UKOOA Coordinate Column Definition

Parameter	Start Col	End Col	Math Op:	Op Value
Record Id	1	1		
Line	2	17		
Point/Station	18	25		
Point Index	26	26		
Point Depth	33	36		
Uphole Time	41	42		
Water Depth	43	46		
X - Easting	47	55		
Y - Northing	56	65		
Elev/Depth	66	71		
Date	72	74		
Time	75	80		

(b) UKOOA Relation Column Definition

Parameter	Start Col	End Col	Math Op:	Op Value
Record Id	1	1		
Field Taper	2	7		
FFID	8	11		
FFID Inc	12	12		
Source Line	14	29		
Point/Station	30	37		
Point Index	38	38		
From Chan	39	42		
To Chan	43	46		
Chan Inc	47	47		
Rcvr Line	48	63		
From Rcvr	64	71		
To Rcvr	72	79		
Rcvr Index	80	80		

(a)

(б)

Рисунок 6.4 Формат данных Shell Processing Support (SPS): а) библиотека данных позиционирования ПП и ПВ; б) библиотека шаблонов системы наблюдения;

Инструктаж по технике безопасности приведен в Приложении 1.

Порядок выполнения работы

Скопировать на компьютер данные из директории расположенной на диске DVD-ROM:\Geolab\DATA_LAB#6\ прилагаемом к методическим указаниям. Данные представляют собой файлы описания положения пунктов приема и пунктов возбуждения в формате SPS.

Таблицу заполнить данными из SPS файлов:

Открыть файл *****.sps** в программе Excel (рис. 4.а). Текст комментариев, удалить (рис. 4.б). Разбить «данные по столбцам» используя одноименную команду на вкладке «Данные» на панели инструментов. Согласно формату SPS, пример таблицы вычислений заполненной данными из SPS-файлов представлен на (рис. 5).

	A	B	C	D	E	F	G
55	H418Spare	;					
56	H419Spare	;					
57	H600Type,model,polarity	G1,geophone 1;					
58	H601Damp,coeff,natural freq.	;					
59	H602Nunits,len(X),width(Y)	;					
60	H603Unit spacing X,Y	;					
61	H604Spare	;					
62	H605Spare	;					
63	H606Spare	;					
64	H607Spare	;					
65	H608Spare	;					
66	H609Spare	;					
67	H700Type,model,polarity	E1,Explosive;					
68	H701Size,vert. stk fold	;					
69	H702Nunits,len(X),width(Y)	;					
70	H703Unit spacing X,Y	;					
71	H711Nom. shot depth,charge len.	;					
72	H712Nom. soil,drill method	;					
73	H713Weathering thickness	;					
74	H714Spare	;					
75	H715Spare	;					
76	S3	4591G1	15.0	9	435461.9	536548.4	86.3 1235959
77	S3	4601G1	15.0	9	435513.1	536548.8	85.0 1235959
78	S3	4611G1	15.0	9	435562.2	536549.0	84.3 1235959
79	S3	4621G1	15.0	18	435612.1	536549.3	83.1 1235959
80	S3	4631G1	15.0	8	435662.6	536549.6	81.4 1235959
81	S3	4641G1	15.0	9	435713.1	536549.9	81.9 1235959
82	S3	4651G1	15.0	9	435762.5	536550.2	83.8 1235959
83	S3	4661G1	15.0	9	435812.9	536550.5	85.0 1235959

(а)

метка страницы	Формулы	Данные	Рецензирование	Вид	Надстройки
Существующие подключения	Обновить все *	Подключения	Свойства	Сортировка	Фильтр
Подключения	Изменить связи	Подключения	Свойства	Сортировка и фильтр	Дополнительно

LAB_#6.xlsx	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	S3	4591G1	15.0	9	435461.9	536548.4	86.3	1235959
3	S3	4601G1	15.0	9	435513.1	536548.8	85.0	1235959
4	S3	4611G1	15.0	9	435562.2	536549.0	84.3	1235959
5	S3	4621G1	15.0	18	435612.1	536549.3	83.1	1235959
6	S3	4631G1	15.0	8	435662.6	536549.6	81.4	1235959
7	S3	4641G1	15.0	9	435713.1	536549.9	81.9	1235959
8	S3	4651G1	15.0	9	435762.5	536550.2	83.8	1235959
9	S3	4661G1	15.0	9	435812.9	536550.5	85.0	1235959
10	S3	4671G1	15.0	8	435863.6	536550.7	85.0	1235959
11	S3	4681G1	15.0	8	435912.2	536551.0	84.6	1235959
12	S3	4691G1	15.0	7	435962.8	536551.3	84.7	1235959
13	S3	4701G1	15.0	9	436012.1	536551.5	83.7	1235959
14	S3	4711G1	15.0	9	436063.6	536552.0	82.7	1235959

(б)

Рисунок 6.5 Пример библиотеки данных положения ПВ в формате SPS открытой в программе Excel: а) с заголовком описания библиотеки б) без заголовка.

Пример таблицы вычислений

Линия ПВ	ПВ	глубина заложения заряда	Вертика льное время	x	y	z	$\Delta t_{пв}$	Линия пп	пп	x	y	z	$\Delta t_{пп}$	$\Delta t_{ст}$

Построить нивелировочный разрез по данным описывающим положение пунктов приема (ПП), и пунктов возбуждения (ПВ). Рассчитать и нанести на него сведения о положении подошвы ЗМС приняв её положение как 10м от поверхности земли.

Выбирается линия приведения.

Вычисляются поправки за пункт взрыва и пункт приема.

Вычисляется суммарная статическая поправка.

Под нивелировочным разрезом ВЧР строятся графики поправок Δt_{nv} ,

Δt_{nn} и Δt_{cm} .

Построения выполняются в масштабе:

для нивелировочного разреза – в 1 см-10 м (вертикальный) и в 1 см-100 м (горизонтальный);

- для графиков поправок – в 1 см-0,01 с (вертикальный) и 1 см-100 м (горизонтальный).

Исходные данные

Данные для выполнения лабораторной работы хранятся в директории DVD-ROM:\Geolab\DATA_LAB#6\ и представляют собой файлы описания положения пунктов приема и пунктов возбуждения в формате SPS.

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его преподавателю.

Отчет должен содержать:

- Название и цель работы.
- Выполненное задание представляется на защиту в виде построений, выполненных на миллиметровой бумаге в указанных масштабах.
- На листах А4 должны быть выписаны формулы и результаты расчетов,

выводы, вытекающие из результатов работы.

Отчет должен иметь титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.

Контрольные вопросы

1. Что такое линия приведения?
2. Что такое ТВ (вертикальное время), и можно ли его использовать при расчете статических поправок, когда источник находится на поверхности.
3. Запишите формулу общей статической поправки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

Сейсморазведочная аппаратура и техника

Цель работы: ознакомление с методикой проведения и обработкой данных сейсмокаротажа.

Теоретические основы

Методика проведения сейсмокаротажа. Наблюдения в скважинах при сейсмокаротаже ведутся, как правило, по следующей технологии. В каротируемую скважину на забой опускается скважинный сеймоприемник в специальном корпусе или сейсмокаротажный зонд из шести сеймоприемников (рис. 9). Скважинный сеймоприемник (зонд) перемещается по стволу скважины (H) с шагом от 10 до 100 м (в зависимости от строения разреза и задач исследования). При каждом перемещении нижний сеймоприемник зонда становится на место верхнего. Возбуждение волн производится из одного или двух пунктов возбуждения (ПВ), расположенных во взрывных скважинах, глубина (h) которых превышает мощность ЗМС. Скважинный сеймоприемник регистрирует время первых вступлений прямой проходящей волны (t_n).

Использование нескольких ПВ имеет целью:

более обоснованно судить о скоростной неоднородности разреза;

избежать влияния на результаты определения скоростей кабельных и трубных волн, которые регистрируются в первых вступлениях на разных интервалах глубин, в зависимости от удаления ПВ.

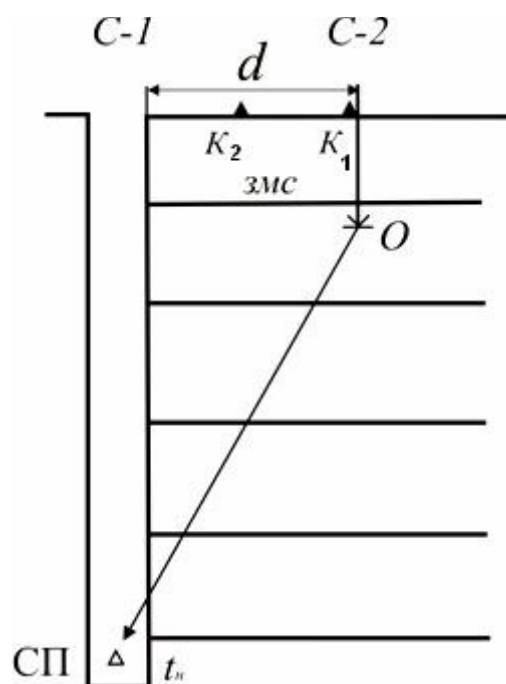


Рисунок 7.1 Методика проведения работ: СП – сейсмоприемник; O – источник; K_1 , K_2 – контрольные сейсмоприемники; $C-1$, $C-2$ – каротируемая и взрывная скважины; d – расстояние между взрывной и каротируемой скважинами

Ближний ПВ (основной) располагается на удалении (d) нескольких десятков метров от устья каротируемой скважины, а дальний – на 200-400 м от нее. Основные работы ведутся с ближнего пункта, а с дальнего выполняются записи для контроля через несколько стоянок сейсмоприемника или скважинного зонда. Если в первых вступлениях регистрируются волны-помехи, то переходят на регистрацию с дальнего ПВ, пока не будет пройден интервал первых вступлений трубных, кабельных или преломленных волн.

Контрольные сейсмоприемники, установленные на дневной поверхности, предназначены для исключения погрешностей, связанных с непостоянством условий возбуждения. Первый контрольный сейсмоприемник (K_1) расположен вблизи устья взрывной скважины и регистрирует время пробега волны вдоль ствола (t_{K1}). Второй (K_2) устанавливается между каротируемой и взрывной скважинами на таком удалении, чтобы небольшие изменения глубины взрыва не сказывались на величине времени пробега к нему прямой волны (t_{K2}).

Постоянство t_{k2} от взрыва к взрыву, т. о., объясняется только погрешностью отметки момента взрыва. На величину t_{k1} влияют глубина и момент взрыва.

Методика обработки данных сейсмокаротажа. В процессе обработки данных сейсмокаротажа условия первого взрыва принимают за исходные, а время t_{k1}^* и t_{k2}^* , соответствующие ему, считаются лишенными погрешности. Затем находят разности

$$\Delta t_{k1} = (t_{k1})_i - t_{k1}^* \text{ и } \Delta t_{k2} = (t_{k2})_i - t_{k2}^*, \quad (24)$$

где $(t_{k1})_i$, $(t_{k2})_i$ – времена прихода волны к контрольным сейсмоприемникам

при расположении скважинного зонда на глубине H_i ;

t_{k1}^* , t_{k2}^* – времена прихода волны к контрольным сейсмоприемникам при первом взрыве ($H = H_{\max}$).

Очевидно, что:

$$\Delta t_{k1} = \Delta t_h + \Delta t_m, \quad (25)$$

где Δt_h и Δt_m – поправки за глубину и момент взрыва, причем

$$\Delta t_m = \Delta t_{k2}.$$

Из выражения (25) следует:

$$\Delta t_h = \Delta t_{k1} - \Delta t_{k2}. \quad (26)$$

После определения поправок рассчитываются исправленные времена ($t_{исп}$), лишенные погрешностей за отметку момента и глубину взрыва:

$$t_{исп} = t_n + \Delta t_m - \Delta t_h. \quad (27)$$

Поправки Δt_h и Δt_m вводят со своими знаками.

По техническим условиям взрывные скважины располагают на некотором удалении (d) от устья каротируемой скважины. Поэтому при каротаже фиксируется время пробега по наклонным лучам. В связи с этим следующим этапом обработки является приведение исправленного времени к вертикали. При вычислении вертикальных времен предполагают, что скорости распространения волн одинаковы, а лучи прямолинейны.

Тогда:

$$t_{\epsilon} = t_{исп} \cdot \cos \alpha = t_{исп} \cdot \frac{H - h}{\sqrt{(H - h)^2 + d^2}}, \quad (28)$$

где α – угол между наклонным сейсмическим лучом и вертикалью; H – глубина погружения сейсмоприемника;

h – глубина взрывной скважины;

d – расстояние между каротируемой и взрывной скважинами.

По найденным вертикальным временам определяют среднюю скорость для каждой глубины H с шагом 50 или 100 м:

$$V_{cp} = \frac{H}{t_{\epsilon}}. \quad (29)$$

Далее строится график зависимости t_{ϵ} (H), который называется вертикальным годографом (рис. 10). Для определения пластовых скоростей вертикальный годограф усредняется ломаной линией таким образом, чтобы каждому ее отрезку соответствовало не менее 4-6 вертикальных времен. Точки излома вертикального годографа соответствуют границам пластов. Пластовая скорость определяется как отношение мощности пласта ΔH к приращению времени Δt_{ϵ} на соответствующем прямолинейном участке вертикального годографа:

$$V_{nl} = \frac{\Delta H}{\Delta t_g}. \quad (30)$$

Результаты обработки представляются на одном графике (рис. 10). Ось глубин направлена вертикально вниз, ось времен – вправо, а ось скоростей – влево. График скоростей представляет собой плавно меняющуюся зависимость, график пластовых скоростей – «ступенчатую» линию, изломы которой соответствуют границам пластов.

Данный прием обработки позволяет лишь грубо расчленить весь разрез на несколько крупных пластов и дает приближенное представление об истинном сейсмическом разрезе. Как правило, из поля зрения выпадают тонкие пласты и пропластки.

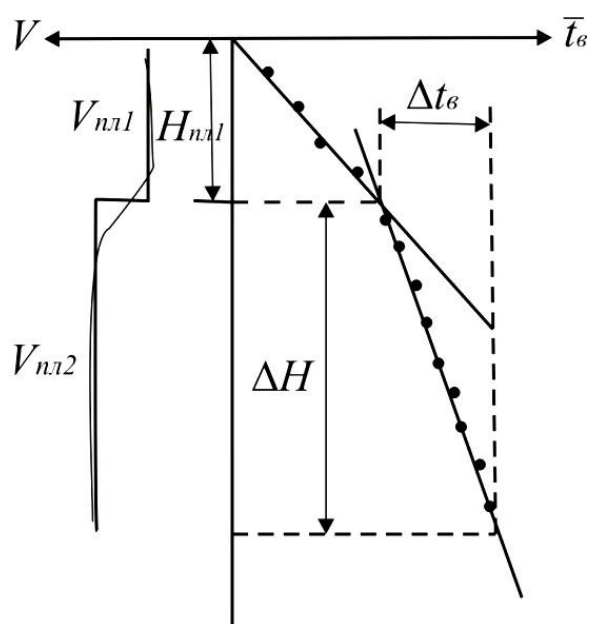


Рисунок 7.2 Результат обработки данных сейсмокаротажа

Инструктаж по технике безопасности приведен в Приложении 1.

Порядок выполнения работы

В соответствии с вариантом выбираются исходные данные из таблицы.

По формулам (24, 26) вычисляются поправки за момент взрыва Δt_m и глубину взрывной скважины Δt_h .

С учетом поправок по формуле (27) рассчитываются исправленные времена $t_{исп}$.

По формуле (28) вычисляются вертикальные времена t_v и строится вертикальный годограф $t_v = \dot{t}(H)$.

Рассчитываются средние скорости по формуле (29).

Вертикальный годограф усредняется ломаной линией.

Рассчитываются пластовые скорости по формуле (30).

Строятся графики средних и пластовых скоростей справа от вертикального годографа (рис. 10).

В процессе вычислений результаты заносятся в таблицу.

Таблица

t_0 , м	t_1 , м	t_2 , м	$t_{к1}$, м	$t_{к2}$, м	$\Delta t_{к1}$, м	$\Delta t_{к2}$, м	Δt_h , м	$t_{исп}$, м	v , м/с	$v_{ср}$, м/с

Исходные данные

Вариант 1

$d = 400$ м

№п/п	H , м	h , м	t_H , с	t_{K1} , с	t_{K2} , с
1	200	12	0,268	0,228	0,267
2	250	13	0,275	0,228	0,265
3	300	20	0,283	0,229	0,267
4	350	23	0,288	0,230	0,265
5	400	22	0,291	0,216	0,258
6	450	23	0,304	0,217	0,260
7	500	20	0,311	0,214	0,256
8	550	25	0,328	0,216	0,257
9	600	25	0,339	0,215	0,257
10	650	25	0,356	0,216	0,259
11	700	25	0,365	0,213	0,255
12	750	25	0,386	0,218	0,261
13	800	25	0,400	0,217	0,258
14	850	25	0,414	0,218	0,259
15	900	25	0,427	0,212	0,255
16	950	25	0,444	0,216	0,260
17	1000	25	0,465	0,221	0,264
18	1050	25	0,480	0,221	0,262

Вариант 2

$d = 400$ м

№	H	t_H	t_{K1}	t_{K2}
п/п	, м	h , м	с	с

1.	200	12	0,240	0,258	0,271
2.	250	12	0,246	0,259	0,271
3.	300	12	0,251	0,259	0,271
4.	350	12	0,265	0,263	0,274
5.	400	12	0,277	0,261	0,275
6.	450	12	0,287	0,261	0,273
7.	500	12	0,298	0,257	0,270
8.	550	12	0,312	0,258	0,272
9.	600	12	0,328	0,259	0,274
10.	650	12	0,344	0,259	0,272
11.	700	12	0,359	0,260	0,274
12.	750	12	0,373	0,257	0,271
13.	800	12	0,382	0,260	0,273
14.	900	12	0,428	0,261	0,275
15.	1000	12	0,459	0,259	0,273
16.	1100	17	0,484	0,259	0,274
17.	1200	25	0,507	0,262	0,277

Вариант 3

$d = 420 \text{ м}$

№ п/п	H , м	h , м	t_n , с	$t_{к1}$, с	$t_{к2}$, с
1.	50	25	0,265	0,190	0,231
2.	100	25	0,270	0,182	0,225
3.	200	23	0,279	0,184	0,225
4.	300	27	0,282	0,182	0,226
5.	400	27	0,295	0,180	0,223
6.	500	27	0,325	0,185	0,229
7.	550	27	0,336	0,184	0,226
8.	600	27	0,351	0,186	0,229
9.	700	27	0,381	0,189	0,231
10.	800	27	0,412	0,181	0,224
11.	900	27	0,445	0,183	0,225
12.	1000	27	0,478	0,184	0,227
13.	1100	27	0,511	0,181	0,225
14.	1200	27	0,546	0,183	0,225
15.	1250	27	0,565	0,186	0,227
16.	1300	27	0,577	0,187	0,228

Вариант 4

$d = 420 \text{ м}$

№п/п	H , м	h , м	t_n , с	$t_{к1}$, с	$t_{к2}$, с
1.	200	24	0,279	0,184	0,225
2.	300	28	0,282	0,182	0,226
3.	400	24	0,295	0,180	0,223

4.	500	28	0,325	0,185	0,229
5.	600	28	0,351	0,186	0,229
6.	700	28	0,381	0,189	0,231
7.	800	28	0,412	0,181	0,224
8.	900	28	0,445	0,183	0,225
9.	1000	28	0,478	0,184	0,227
10.	1100	27	0,511	0,181	0,225
11.	1200	27	0,545	0,183	0,225
12.	1250	27	0,565	0,186	0,227
13.	1300	26	0,577	0,187	0,228
14.	1350	28	0,592	0,181	0,223
15.	1400	28	0,610	0,185	0,228
16.	1425	28	0,613	0,182	0,223

Вариант 5

$d = 70 \text{ м}$

№п/п	$H, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$t_n, \text{ с}$	$t_{к1}, \text{ с}$	$t_{к2}, \text{ с}$
1.	50	24	0,059	0,028	0,060
2.	100	25	0,075	0,028	0,061
3.	200	26	0,115	0,029	0,060
4.	300	26	0,166	0,030	0,061
5.	400	28	0,211	0,029	0,060
6.	500	28	0,256	0,031	0,062
7.	550	28	0,274	0,029	0,060
8.	600	28	0,293	0,030	0,060
9.	700	28	0,326	0,031	0,060
10.	800	28	0,369	0,033	0,062
11.	900	28	0,410	0,030	0,061
12.	1000	28	0,447	0,033	0,063
13.	1100	28	0,481	0,029	0,060
14.	1200	28	0,520	0,030	0,061
15.	1300	28	0,556	0,033	0,062
16.	1400	28	0,586	0,030	0,060
17.	1425	28	0,599	0,031	0,060

Вариант 6

$d = 380 \text{ м}$

№п/п	$H, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$t_n, \text{ с}$	$t_{к1}, \text{ с}$	$t_{к2}, \text{ с}$
1.	200	12	0,263	0,223	0,262

2.	250	13	0,270	0,223	0,260
3.	300	20	0,278	0,224	0,262
4.	350	23	0,283	0,225	0,260
5.	400	22	0,286	0,211	0,253
6.	450	23	0,300	0,212	0,255
7.	500	20	0,306	0,209	0,251
8.	550	25	0,323	0,211	0,252
9.	600	25	0,334	0,210	0,252
10.	650	25	0,351	0,211	0,254
11.	700	25	0,360	0,208	0,250
12.	750	25	0,381	0,213	0,256
13.	800	25	0,395	0,212	0,253
14.	850	25	0,409	0,213	0,254
15.	900	25	0,422	0,207	0,250
16.	950	25	0,439	0,211	0,255
17.	1000	25	0,460	0,216	0,259

Вариант 7

$d = 320 \text{ м}$

№п/п	$H, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$t_H, \text{ с}$	$t_{K1}, \text{ с}$	$t_{K2}, \text{ с}$
1.	50	25	0,255	0,180	0,221
2.	100	25	0,260	0,172	0,215
3.	200	23	0,269	0,174	0,215
4.	300	27	0,272	0,172	0,216
5.	400	27	0,285	0,170	0,213
6.	500	27	0,315	0,175	0,219
7.	550	27	0,326	0,174	0,216
8.	600	27	0,341	0,176	0,219
9.	700	27	0,371	0,179	0,221
10.	800	27	0,402	0,171	0,214
11.	900	27	0,435	0,173	0,215
12.	1000	27	0,468	0,174	0,217
13.	1100	27	0,501	0,171	0,215
14.	1200	27	0,536	0,173	0,215
15.	1250	27	0,555	0,176	0,217
16.	1300	27	0,567	0,177	0,218

Вариант 8

$d = 400 \text{ м}$

№п/п	$H, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$t_H, \text{ с}$	$t_{K1}, \text{ с}$	$t_{K2}, \text{ с}$
1.	200	22	0,245	0,258	0,271
2.	250	22	0,251	0,259	0,271

3.	300	22	0,256	0,259	0,271
4.	350	22	0,270	0,263	0,274
5.	400	22	0,282	0,261	0,275
6.	450	22	0,292	0,261	0,273
7.	500	22	0,303	0,257	0,270
8.	550	22	0,317	0,258	0,272
9.	600	22	0,333	0,259	0,274
10.	650	22	0,349	0,259	0,272
11.	700	22	0,364	0,260	0,274
12.	750	22	0,378	0,257	0,271
13.	800	22	0,387	0,260	0,273
14.	900	22	0,433	0,261	0,275
15.	1000	22	0,464	0,259	0,273
16.	1100	27	0,489	0,259	0,274
17.	1200	30	0,512	0,262	0,277

Вариант 9

$d = 70 \text{ м}$

№п/п	$H, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$t_{н}, \text{ с}$	$t_{к1}, \text{ с}$	$t_{к2}, \text{ с}$
1.	150	25	0,091	0,024	0,058
2.	200	25	0,111	0,021	0,057
3.	250	25	0,129	0,021	0,055
4.	300	25	0,150	0,025	0,056
5.	350	25	0,173	0,027	0,059
6.	400	25	0,191	0,026	0,061
7.	450	25	0,209	0,025	0,059
8.	500	25	0,230	0,025	0,053
9.	550	25	0,248	0,022	0,058
10.	600	25	0,270	0,024	0,058
11.	700	25	0,312	0,030	0,061
12.	800	25	0,348	0,025	0,058
13.	900	25	0,385	0,029	0,060
14.	1000	25	0,419	0,024	0,057
15.	1100	25	0,446	0,022	0,058
16.	1200	25	0,474	0,025	0,058
17.	1300	25	0,504	0,025	0,056

Вариант 10

$$d = 80 \text{ м}$$

№п/п	H , м	h , м	$t_{из}$, с	$t_{к1}$, с	$t_{к2}$, с
1.	100	25	0,086	0,024	0,050
2.	200	25	0,111	0,021	0,044
3.	300	25	0,124	0,023	0,048
4.	400	25	0,150	0,025	0,052
5.	500	25	0,168	0,027	0,056
6.	600	25	0,180	0,026	0,054
7.	700	25	0,191	0,024	0,050
8.	800	25	0,204	0,025	0,052
9.	900	25	0,215	0,022	0,046
10.	1000	25	0,230	0,024	0,050
11.	1100	25	0,244	0,030	0,062
12.	1150	25	0,256	0,026	0,054
13.	1200	25	0,270	0,029	0,060
14.	1250	25	0,311	0,028	0,058
15.	1300	25	0,349	0,025	0,052
16.	1350	25	0,387	0,026	0,054
17.	1400	25	0,420	0,026	0,054

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его на защиту.

Отчет должен содержать:

- Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.

- Название и цель работы.

- Пояснительную записку с формулами и результатами расчетов.

- Выводы, вытекающие из результатов работы.

- Графические построения вертикального годографа, графики средних и пластовых скоростей выполнить в программах Excel и AutoCAD или подобных, либо на миллиметровой бумаге в указанных масштабах.

Контрольные вопросы

1. В чем отличие между методами МСК и сейсмокаротажа?
2. С какой целью устанавливаются контрольные приборы на поверхности?
3. Запишите формулу расчета исправленных времен.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

Проектирование сейсморазведочных работ

Цель работы: приобретение навыков вычисления эффективной скорости, по методу встречных годографов.

Теоретические основы

Для определения эффективной скорости этим способом используются встречные годографы отраженной волны. Скорость определяется по угловому коэффициенту разностного годографа:

$$\theta(x) = t_1(x) - t_2(x) \quad (1)$$

Здесь $t_1(x)$ прямой годограф для пункта возбуждения O_1 (1, рис. 10а):

$$t_1(x) = \frac{1}{v} \sqrt{x^2 + 4h_1^2 - 4h_1 x \sin \varphi} \quad (2)$$

$t_2(x)$ – встречный годограф (2, рис. 10а) для пункта возбуждения O_2 , отстоящего от пункта O_1 на расстоянии L , записанный в той же системе координат, что и прямой годограф:

$$t_2(x) = \frac{1}{v} \sqrt{(x-L)^2 + 4h_1^2 - 4h_1(x-L) \sin \varphi} \quad (3)$$

В этих выражениях годографов h_1 и h_2 – эхо-глубина границы под пунктами возбуждения, связанные между собой соотношением:

$$h_2 = h_1 - L \sin \varphi \quad (4)$$

(Во всех выражениях угол φ - угол наклона границы)

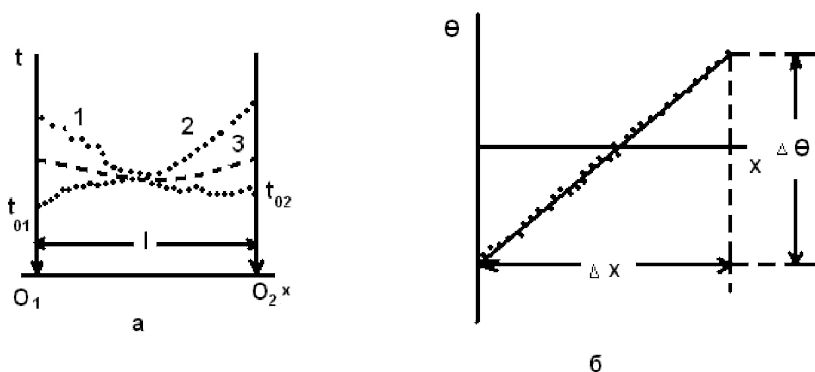


Рисунок 8.1 а – исходные встречные годографы с нанесенной линией средних арифметических времен $\tau(x)$; б – разностный годограф

На пунктах возбуждения времена равны: для прямого годографа

$$t_{01} = \frac{2h_1}{v}, \text{ для встречного годографа } t_{02} = \frac{2h_2}{v}$$

Разностный годограф можно описать уравнением

$$\theta(x) = \left(\frac{l}{V^2 \tau(x)} - \frac{(t_{01} - t_{02})^2}{2l \tau(x)} \right) x - \frac{l^2 (1 - 4 \sin \varphi)}{2 \tau(x)} \quad (5)$$

Здесь $\tau(x)$ – среднее арифметическое для прямого и встречного годографов

$$\tau(x) = \frac{t_1(x) + t_2(x)}{2} \quad (6)$$

На рис. 1а построены прямые (1) и встречные (2) годографы, разностный годограф (рис. 1б) и линия средних арифметических времен (3, рис. 1а) годографов для плоской границы раздела. Как видно из рис. 10, среднее арифметическое (рис. 10а) изменяется слабо (что справедливо для расстояния между ПВ меньшего, чем эхо-глубины границы). Поэтому приближенно можно считать, что

$$\tau(x) \approx \text{const} = \tau_{cp} = \frac{\tau_{min} + \tau_{max}}{2} \quad (7)$$

т. е. принять его за константу, равную среднему значению $\tau(x)$ на интервале наблюдения.

При таком подходе разностный годограф описывается уравнением прямой линии:

$$\theta(x) = k_{\theta} x + c \quad (8)$$

Угловой коэффициент этой линии равен:

$$k_{\theta} = \left(\frac{\Delta \theta}{\Delta x} \right) = \frac{l}{V^2 \tau_{cp}} - \frac{(t_{01} - t_{02})^2}{2l \tau_{cp}} \quad (9)$$

Из этого выражения можно вычислять эффективную скорость:

$$V = \sqrt{\frac{l}{\frac{\Delta \theta}{\Delta x} \tau_{cp} + \frac{(t_{01} - t_{02})^2}{2l}}} \quad (10)$$

Если угол наклона границы невелик, то $t_{01} \approx t_{02}$, и скорость определяется по упрощенной формуле

$$V = \sqrt{\frac{l \Delta x}{\tau_{cp} \Delta \theta}} \quad (11)$$

Практически процедура определения эффективной скорости сводится к построению по встречным годографам разностного годографа $\theta(x)$ и линии среднего арифметического $\tau(x)$, определению углового коэффициента по графику $\theta(x)$ и среднего значения по графику $\tau(x)$ и вычислению скорости по формуле (11).

Достоинством способа разностного годографа является практическое отсутствие влияния искажений времен из-за пересеченного рельефа и изменчивость зоны малых скоростей, а также его небольшая трудоемкость.

Инструктаж по технике безопасности приведен в Приложении 1.

Порядок выполнения работы

Для построения встречных годографов используются не усреднённые годографы отраженных волн в соответствии с вариантом.

По годографам определяются времена t_1 и t_2 для всех x и находятся их разности $\theta = t_1 - t_2$. Результаты записываются в таблицу.

x	t_1	t_2	θ

На миллиметровой бумаге строится график $\theta(x)$, который усредняется прямой линией (рис. 1б). График строится в тех же масштабах, что и годографы.

По полученной прямой линии определяют ее угловой коэффициент $\frac{\Delta\theta}{\Delta x}$, рекомендуется брать $\Delta x = l$.

На плоскости годографов строится линия $\tau(x)$, для чего на концах расстановки (на пунктах взрыва) находятся значения τ . Линию $\tau(x)$ (рис. 1а) проводят через найденные точки и точку пересечения годографов, посередине между последними.

Определяют τ как среднее арифметическое максимального и минимально-го значения τ которое находят по линии $\tau(x)$.

По формуле (11) определяют эффективную скорость, подставляя найденные значения $\Delta\theta, \Delta x, \tau$ и, если необходимо, $t_{01}, t_{02} ul$.

Исходные данные

Годографы отраженных волн

ПК	Вариант 1		Вариант 2	
	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$
6.25	0,534	0,612	0,623	0,687
6.50	0,535	0,607	0,624	0,685
7.00	0,538	0,599	0,625	0,680
7.50	0,541	0,590	0,627	0,671
8.00	0,545	0,582	0,629	0,664
8.50	0,550	0,575	0,633	0,659
9.00	0,556	0,567	0,638	0,653
9.50	0,563	0,560	0,644	0,647
10.00	0,570	0,553	0,649	0,643
10.50	0,578	0,547	0,655	0,639
11.00	0,586	0,542	0,660	0,635
11.50	0,594	0,538	0,669	0,631
12.00	0,605	0,535	0,678	0,628
12.50	0,612	0,532	0,687	0,625

ПК	Вариант 3		Вариант 4	
	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$
18,75	0,542	0,625	0,638	0,706
19,00	0,543	0,622	0,637	0,702
19,50	0,545	0,617	0,639	0,694
20,00	0,547	0,610	0,641	0,686

20,50	0,550	0,601	0,644	0,675
21,00	0,554	0,593	0,647	0,669
21,50	0,561	0,588	0,651	0,663
22,00	0,569	0,581	0,655	0,658
22,50	0,577	0,575	0,661	0,653
23,00	0,584	0,570	0,667	0,649
23,50	0,591	0,564	0,676	0,644
24,00	0,600	0,559	0,686	0,640
24,50	0,612	0,552	0,697	0,637
25,00	0,624	0,548	0,707	0,634
ПК	Вариант 5		Вариант 6	
	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$
30,50	0,540	0,632	0,624	0,704
31,00	0,543	0,626	0,629	0,692
31,50	0,547	0,620	0,631	0,690
32,00	0,552	0,611	0,634	0,685
32,50	0,556	0,604	0,639	0,678
33,00	0,562	0,596	0,643	0,672
33,50	0,568	0,588	0,648	0,665
34,00	0,575	0,581	0,653	0,660

34,50	0,581	0,571	0,658	0,654
35,00	0,587	0,565	0,664	0,649
35,50	0,596	0,559	0,669	0,643
36,00	0,603	0,553	0,676	0,639
36,50	0,611	0,548	0,683	0,633
37,00	0,621	0,543	0,692	0,628
37,50	0,630	0,540	0,702	0,624

ПК	Вариант 7		Вариант 8	
	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$
40.25	0,554	0,632	0,643	0,707
40.50	0,555	0,627	0,644	0,705
41.00	0,558	0,619	0,645	0,700
41.50	0,561	0,610	0,647	0,691
42.00	0,565	0,602	0,649	0,684
42.50	0,570	0,595	0,653	0,679
43.00	0,576	0,587	0,658	0,673
43.50	0,583	0,580	0,664	0,667
44.00	0,590	0,573	0,669	0,663
44.50	0,598	0,567	0,675	0,659
45.00	0,606	0,562	0,680	0,655
45.50	0,614	0,558	0,689	0,651
46.00	0,625	0,555	0,698	0,648
46.50	0,632	0,552	0,707	0,645
ПК	Вариант 9		Вариант 10	
	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$
48,75	0,642	0,725	0,738	0,806
49,00	0,643	0,722	0,737	0,802
49,50	0,645	0,717	0,739	0,794
50,00	0,647	0,710	0,741	0,786
50,50	0,650	0,701	0,744	0,775

51,00	0,654	0,693	0,747	0,769
51,50	0,661	0,688	0,751	0,763
52,00	0,669	0,681	0,755	0,758
52,50	0,677	0,675	0,761	0,753
53,00	0,684	0,670	0,767	0,749
53,50	0,691	0,664	0,776	0,744
54,00	0,700	0,659	0,786	0,740
54,50	0,712	0,652	0,797	0,737
55,00	0,724	0,648	0,807	0,734

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его на защиту.

Отчет должен содержать:

- Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.
- Название и цель работы.
- Пояснительную записку с формулами и результатами расчетов.
- Выводы, вытекающие из результатов работы.
- Графические построения выполненные в программе Excel или подобных, либо на миллиметровой бумаге в указанных масштабах.

Контрольные вопросы

1. К чему практически сводится процедура определения эффективной скорости, если угол наклона границы невелик?
2. Достоинство способа разностного годографа?

3. Напишите упрощенную формулу расчета эффективной скорости, если угол наклона границы невелик.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1 Организация сейсморазведочных работ

Цель работы: приобретение опыта вычисления кинематических поправок и получение представления об их использовании.

Теоретические основы

Кинематическая поправка вычисляется как разность между теоретическим временем прихода волны в данную точку и на пункт взрыва; граница принимается за горизонтальную:

$$\Delta t_k = t_x - t_0$$

где t_x – теоретическое время прихода волны в точку с абсциссой x ;

t_0 – время прихода волны на пункт взрыва;

Δt_k – кинематическая поправка.

Если эхо-глубина границы в несколько раз превосходит длину расстановки, то годограф отраженной волны можно аппроксимировать параболой, что равносильно приближенному извлечению корня в уравнении годографа. Тогда для горизонтальной границы и однородной покрывающей среды:

$$t_x = \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{v^2}} \approx t_0 + \frac{x^2}{2t_0 v^2}$$

откуда кинематическая поправка:

$$\Delta t_k = \frac{x^2}{2t_0 v^2} \quad (39)$$

где $t_0 = \frac{2h}{v}$

Кинематическая поправка вычитается из наблюдаемого времени t_n :

$$t_{исп} = t_n - \Delta t_k \approx t_0 \quad (40)$$

где $t_{исп}$ – исправленное время.

Исправленное время относится к середине расстояния между пунктом взрыва и пунктом приема (рис. 11а, точка N). При горизонтальной границе эта точка – проекция точки отражения M на линию наблюдений. Вычислять поправку по формуле (39) допустимо, если кажущийся угол наклона границы не превосходит $10-15^\circ$.

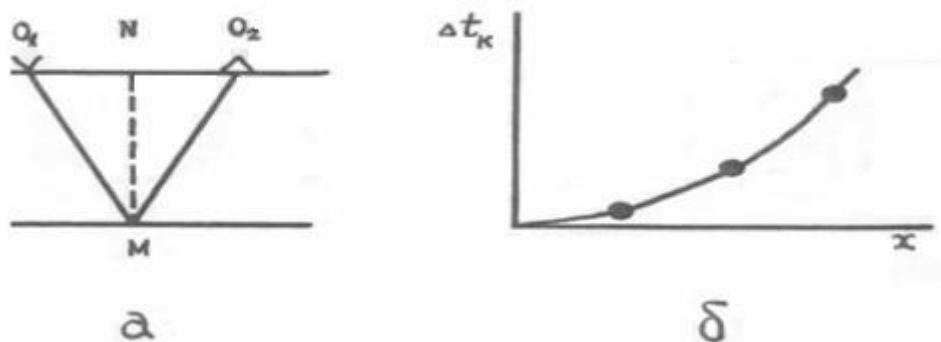
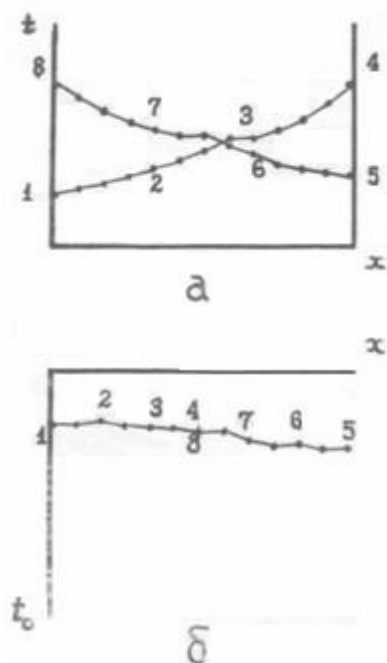


Рисунок 9.1 а– ход лучей падающей и отраженной волн; б– график изменения кинематической поправки



После введения кинематической поправки (40) исправленное время не зависит от x и является, практически, t_0 для точки N . По исправленным временам строят линию $t_0(x)$, которая в двое короче годографа. Линии $t_0(x)$, построенные по встречным годографам, составляют непрерывную последовательность точек. Если линию $t_0(x)$ построить в системе координат, у которой ось времен направлена вниз (рис. 11 б), то качественно она отразит поведение горизонта, т. е. станет подобна горизонту на временном разрезе. Построение линии $t_0(x)$ иллюстрируется рис. 9.2.

Рисунок 9.2

а– годографы отраженных волн;

б – линия $t_0(x)$

Инструктаж по технике безопасности приведен в Приложении 1.

Порядок выполнения работы

В работе используются результаты, полученные при выполнении лабораторной работы № 8 ($V_{эф}$)

1. По формуле (39) рассчитываются кинематические поправки для трех расстояний x которые указываются в таблице. Для расчетов используются усредненные значения t_0 (работа №8) и эффективная скорость.
2. По вычисленным кинематическим поправкам строится график зависимости $\Delta t_k(x)$ (рис. 9.2 б). На пункте взрыва кинематическая поправка равна нулю.

3. В наблюдаемые годографы вводятся кинематические поправки и рассчитывается $t_{исп}$ (40)

Строятся линии $t_0(x)$ для каждого годографа. Ось времен направляется вниз (рис. 9.2 б). Исправленные времена относятся к середине расстояния между пунктами взрыва и приема. Начало отсчета времен берется так же, как и при построении годографов в лабораторной работе № 8.

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его на защиту.

Отчет должен содержать:

- Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.

- Название и цель работы.

- Пояснительную записку с формулами и результатами расчетов.

график кинематических поправок, график линий $t_0(x)$.

- Выводы, вытекающие из результатов работы.

- Графические построения выполненные в программе AutoCAD или подобных, либо на миллиметровой бумаге в указанных масштабах.

Контрольные вопросы

1. Что такое кинематическая поправка?

2. Что такое линия t_0 ?

3. К чему относится исправленное время?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

Системы сейсмических наблюдений и сейсморазведочная аппаратура МПВ

Цель работы: ознакомление с основными типами сейсмоприемников. Изучение устройства, функциональной схемы и анализ основных характеристик сейсмоприемника индукционного типа.

Теоретические основы

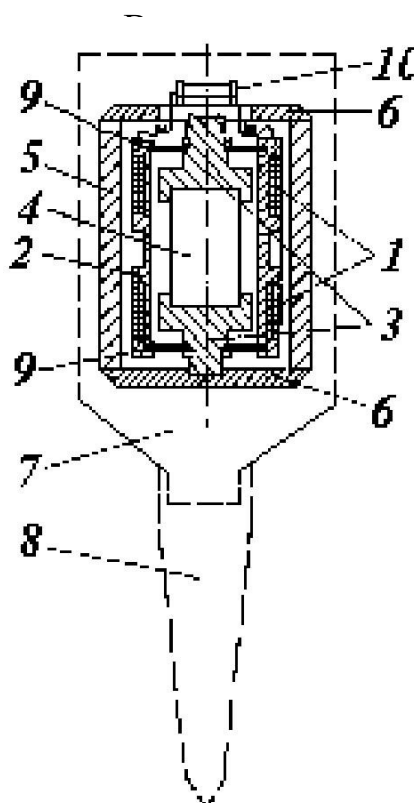
1.1. Назначение и типы сейсмоприемников. Достижение высокой результативности от применения сейсмической разведки в значительной мере зависит от качества возбуждения упругих колебаний и правильности их приема в полевых условиях. Ошибки, допущенные на этом этапе проведения полевых работ, практически не поддается каким либо исправлениям в процессе последующей обработки. При проведении сейсмической разведки прием сейсмических колебаний, возбужденных каким-либо источником, во всех случаях производится с помощью определенным образом размещенных на профиле (площади) исследований на поверхности земли специальных приемников колебаний - сейсмоприемников. В зарубежной литературе их принято называть геофонами.

Движения почвы (ее смещения), вызванные взрывом, принципиально могут быть записаны сейсмоприемником только в том случае, если внутри сейсмоприемника в точке наблюдения имеется некоторое тело, которое в движение почвы не участвует, или, по крайней мере, хотя бы частично изолировано от воздействия приходящих колебаний почвы. Роль такого тела в сейсморазведке всегда играет так называемая инертная масса, которая с корпусом сейсмоприемника связана при помощи упругих пружин.

При электрической записи сейсмических колебаний корпус и связанная с ним пружинами инертная масса становятся лишь первым звеном приемника – механической системой сейсмоприемника. Вторым элементом сейсмоприемника всегда является электрическая система

– электромеханический преобразователь, который осуществляет преобразование механических колебаний почвы и электрические сигналы. Эти обе системы, как правило, всегда конструктивно тесно связаны в единую систему. Любой современный приемник сейсмических колебаний преобразует различные механические параметры, характеризующие колебания среды, в электрические сигналы. Преобразуемыми механическими величинами колебательного процесса в среде могут быть величины смещения почвы, скорости, ускорения ее смещения, давление в жидкости и т. п.

В сейсмоприемниках, как правило, инертная масса имеет для своего перемещения одну степень свободы. Если направление возможного перемещения инертной массы при этом ориентировано по вертикали, то такие сейсмоприемники называются вертикальными. Сейсмоприемники такой конструкции предназначены для регистрации вертикальных компонент вектора смещения почвы, которые являются доминирующими при подходе продольных сейсмических волн. Если перемещение инертной массы разрешено по горизонтали, то такие сейсмоприемники называются горизонтальными. Эти сейсмоприемники предназначены для регистрации горизонтальных компонент волнового поля, которые доминируют у поперечных волн типа SH и SV, либо у близких к ним по свойствам обменным волнам.



в сейсморазведке применяют приемники двух типов, от друга принципом механико-электрического индукционные (электродинамические) и вые применяются в сухопутной сейсморазведке и егральных скважинных исследований. Вторые сейсморазведке и при проведении акустического

ские сейсмоприемники Работа приемников этого ипе электромагнитной индукции. Электродвижущая

сила в них возникает в результате движения двух (или одной) катушек 1 (рис. 2), смонтированных на общем тонкостенном алюминиевом цилиндрическом каркасе 2, в кольцевом воздушном зазоре между полюсными наконечниками 3 постоянного магнита 4 и цилиндрическим корпусом-магнитопроводом 5. Магнит и магнитопровод вместе с нижней и верхней крышек 6 образуют единую магнитную систему. Система жестко закрепляется в изолирующем пластмассовом корпусе 7. Корпус снабжен штыком 8, с помощью которого обеспечивается хороший контакт приемника с почвой. Катушки подвешиваются относительно магнитной системы с помощью двух фигурных пружин 9. Конструкция пружин и их размещение по разные стороны подвижной системы обеспечивает ее перемещение только по оси сейсмоприемника и определяет его максимальную чувствительность к смещениям почвы той же ориентировки.

Для регистрации продольных волн применяют приемники с вертикальным расположением оси максимальной чувствительности, а поперечных с горизонтальным. При подходе сейсмических волн к точке размещения приемника его корпус вместе с магнитной системой повторяют колебания почвы. Подвешенные на пружинах катушки в силу инерционности стремятся сохранить исходное положение. Витки катушки при этом пересекают силовые линии магнитного поля, что приводит к возникновению напряжения между выводами катушек. Величина напряжения пропорциональна скорости относительных перемещений катушек и корпуса. Намотка витков катушек выполнена в противоположных направлениях. При последовательном соединении обмоток это обеспечивает сложение ЭДС, обусловленных движением катушек, и вычитание ЭДС, вызванных электромагнитными наводками в катушках. Такие системы называют дифференциальными. При сейсморазведочных работах могут применяться и однокатушечные приемники, лишенные отмеченного достоинства.



Рисунок 10.1 Электродинамические сейсмоприемники: а – вертикальный; б – горизонтальный; трехкомпонентный

Пьезоэлектрические сейсмоприемники. В приемниках этого типа используется прямой пьезоэффект свойство некоторых кристаллов электрически поляризоваться при механических деформациях. Современный пьезоэлектрический элемент может быть изготовлен из титаната бария, специальной керамики ЦТС-4, окиси цинка и др. Элементу придают форму диска или цилиндра. В зависимости от формы и способа закрепления элемента в корпусе прибора он работает на сжатие или изгибе. Успешное применение пьезоприемников возможно лишь при хорошем контакте их со средой. Этим и объясняется их преимущественное применение в морской сейсморазведке.

Если в безграничной жидкой среде плотностью ρ распространяется волна (в жидкой среде распространяются только продольные волны) со скоростью v при скорости относительного перемещения частиц жидкости $\eta(t)$, то в ней возникает давление. Под действием давления пьезоэлемент деформируется и на его гранях возникают электрические заряды. Поскольку элемент представляет собой своеобразную емкость C , между гранями возникает разность потенциалов, пропорциональная приложенному давлению



Рисунок 10.2 Пьезоприемники: а – принципиальная схема; б - реагирующие на сжатие пьезокерамических цилиндров (ПДС-21); в - реагирующие на изгиб пьезокерамических пластин (ПДС-7).

Цифровые сейсμοприемники (акселерометры)

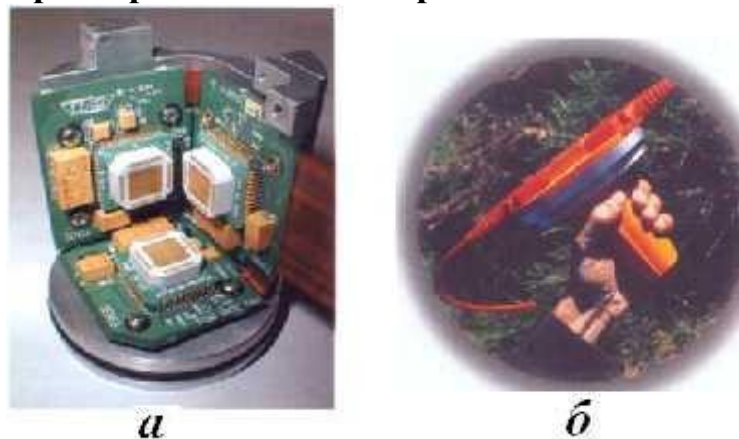
В последние годы компании INPUT/OUTPUT(США) и SERCEL(Франция) независимо друг от друга разработали и вышли на рынок геофизического оборудования с сейсμοприемниками нового поколения. При их создании впервые была применена технология МикроЭлектроМеханических Систем (МЕМС). Датчик сейсμοприемника – это микроэлектромеханическое устройство, созданное в техническом вакууме. Чувствительный элемент сейсμοприемника представляет собой тонкую керамическую подвижную пластину конденсатора размером около 1 см и весом менее 1г. В центре пластины имеется локальная инертная масса (грузик), которая смещается при приеме колебаний, вызывая изменения емкости конденсатора. Смещение составляет несколько нанометров. Такой преобразователь очень удобен для создания сейсμοприемников, реагирующих на ускорение смещения грунта. В приборах данного типа использован компенсационный принцип измерения. Для этого на конденсатор подается компенсирующее напряжение с частотой 128 кГц, удерживающее пластину в неподвижном состоянии. Величина этого напряжения пропорциональна модулю вектору смещения пластины (грузика). Управляющая цепь обратной связи и выходной каскад прибора представляют собой Специализированную Цифровую Интегральную Микросхему (ASIC). На выходе этой схемы АЦП вырабатывает 24 разрядный цифровой код, пропорциональный принимаемому сейсмическому сигналу, отражающему ускорение смещения грунта. Таким образом, еще на этапе приема колебаний на выходе сейсμοприемника получается цифровой сигнал. В целом конструкция чувствительного элемента (электромеханического преобразователя) такова, что выходной сигнал в цепи обратной связи пропорционален ускорению движения частиц почвы (корпус прибора). Поэтому приборы, изготовленные по

технологии MEMC+ASIC, принято еще называть акселерометрами (измерителями ускорений).

В целях расширения области применения приборы данного типа выпускаются в виде трехкомпонентных регистрирующих систем. Кроме того, на рисунке 10.3 Цифровой трехкомпонентный сейсмоприемник, изготовленный по технологии MEMC+ASIC фирмы SERCEL: а – вид внутреннего устройства; б – внешний вид.

В этих приборах по разности компенсирующих напряжений двух горизонтальных измерительных элементов системы приема автоматически и с высокой точностью (0.5 град) определяется их наклон.

Основные характеристики сейсмоприемника



Частота собственных колебаний. Выведенная из положения равновесия подвижная система (инертная масса) приемника после снятия нагрузки будет совершать свободные затухающие колебания. На выходе приемника им будут соответствовать электрические колебания:

$$u(t) = u_0 \cdot e^{-ht} \cdot \sin(2\pi ft + \phi) \quad (1)$$

где u_0 - амплитуда в момент снятия внешнего воздействия (при $t = 0$);
 h - коэффициент затухания; ϕ - фазовый сдвиг между электрическими и механическими колебаниями.

Частота затухающих колебаний определяется соотношением:

$$f = \sqrt{f_0^2 - (h/2\pi)^2}, \quad (2)$$

где $f_0 = \sqrt{K/M}/(2\pi)$ - частота собственных колебаний подвижной системы приемника;

M - её масса; K – коэффициент упругости пружин.

Собственные колебания искажают истинные колебания почвы и снижают разрешающую способность приемника. Для ее повышения необходимо сократить длительность собственных колебаний. Это достигается с помощью специальных приемов успокоения (затухания) подвижной системы приемника. В электродинамических приемниках используется электромагнитное затухание, обусловленное явлением самоиндукции и тепловыми потерями. Величина тока самоиндукции в катушках и тепловые потери определяются величиной сопротивления шунта, подключаемого параллельно выходу приемника.

Из анализа характеристик следует, что для обеспечения слабой зависимости чувствительности и фазового сдвига от частоты необходимо применять приемники, у которых частота собственных колебаний значительно ниже рабочего диапазона частот. В настоящее время при работах МОГТ используют сейсмоприемники с частотами 6-10 Гц.

Приемники без затухания в практике сейсмических работ не применяются, так как обеспечивают регистрацию сигналов только одной, определенной частоты и делают невозможным раздельный прием сейсмических импульсов.

Поэтому в состав сейсмического приемника вводится затухание – система, уменьшающая собственные колебания прибора. В числовой форме затухание выражается в виде

коэффициента h и параметра $b=h/2\pi f_0$

Гашение собственных колебаний осуществляется электромагнитной силой Ленца. Она представляет собой тормозящую силу, которая действует в магнитном поле на движущийся проводник с током. Достаточно замкнуть цепь катушки шунтирующим резистором R , чтобы в ней под действием э.д.с. индукции возник электрический ток. Тогда на движущуюся катушку будет действовать сила Ленца, пропорциональная силе тока.

В зависимости от параметра затухания выделяются:

$b = 0$ % приемники без затухания (резонансные)

$b < 100$ % недозатухенные приемники

$b = 100$ % приемники с критическим затуханием $b > 100$ % перезатухенные приемники.

Как правило, приемники настраиваются на оптимальное затухание, позволяющее принимать сейсмические импульсы с минимальным искажением в широкой полосе частот.

Известно, что сигнал на выходе сейсмоприемника отличается по амплитуде, фазе и частоте от входящего сигнала, т.е. приемник является фильтром сейсмических сигналов. Стандартным способом описания фильтрующего действия устройства является построение амплитудно-частотной и фазово-частотной характеристик – АЧХ и ФЧХ. Реакция сейсмоприемника на регистрируемые колебания определяется особенностями его амплитудной и фазовой частотных характеристик, а также характеристики направленности.

Амлитудно-частотной характеристикой приемника называется зависимость отношения между напряжением электрического сигнала на выходе приемника A_1 и амплитудой механического колебания на входе от частоты A_0 .

$$K_c(f) = \frac{A_1(f)}{A_0(f)} = \frac{\rho^2}{\sqrt{(1-\rho^2)^2 + 4b^2\rho^2}}, \quad (3)$$

где $\rho = f/f_0$

Фазово-частотной характеристикой приемника называется частотная зависимость фазового сдвига между электрическим импульсом на его выходе $\varphi_1(\omega)$ и колебаниями корпуса

приемника на входе $\varphi_0(\omega)$

$$\gamma_c(f) = \varphi_1(f) - \varphi_0(f) = \arctg \frac{-2b\rho}{1-\rho^2} \quad (4)$$

В полосу пропускания приемника попадают волны с частотами, для которых $AЧХ > 0,7$. Такие сигналы считаются принятыми без заметных искажений. В полосе подавления сейсмоприемника оказываются колебания, для которых $AЧХ < 0,7$. Опытные работы показали, что сейсмоприемники пропускает преимущественно те колебания, частота которых превышает его собственную частоту. Таким образом, он является фильтром верхних частот.

Способность сейсмоприемника избирательно воспринимать колебания с различной частотой используется для подавления низкочастотных волн помех.

Следует учесть, что для весьма миниатюрных пластин конденсатора их собственная резонансная частота механических колебаний, в отличии от частот электродинамических сейсмоприемников, достаточно высока и лежит в интервале 800 - 1000 Гц. Частотная характеристика электрического преобразователя может иметь достаточно крутой левый срез в области частот 0,1 - 3 Гц. Поэтому правильно подобранные константы обоих преобразователей

позволяют получить практически идеальную линейную частотную характеристику в весьма широком диапазоне частот (0,1 - 800 Гц.). Это же касается и фазово-частотной характеристики приборов. Таким образом, использованная технология MEMC+ASIC) позволила получить амплитудно-частотные и фазово-частотные характеристики сейсμοприемника принципиально нового качества.

Характеристика направленности зависимость чувствительности от направления смещения почвы при подходе волны. Для индукционных приемников рассмотренной конструкции характеристика направленности аналитически отображается простой формулой:

$$u = u_0 \cos \alpha,$$

где u_0 – модуль вектора смещения почвы; α – угол между вектором и осью приемника. Графически характеристика направленности индукционного приемника представляет две соприкасающиеся сферы с центрами на оси приемника.

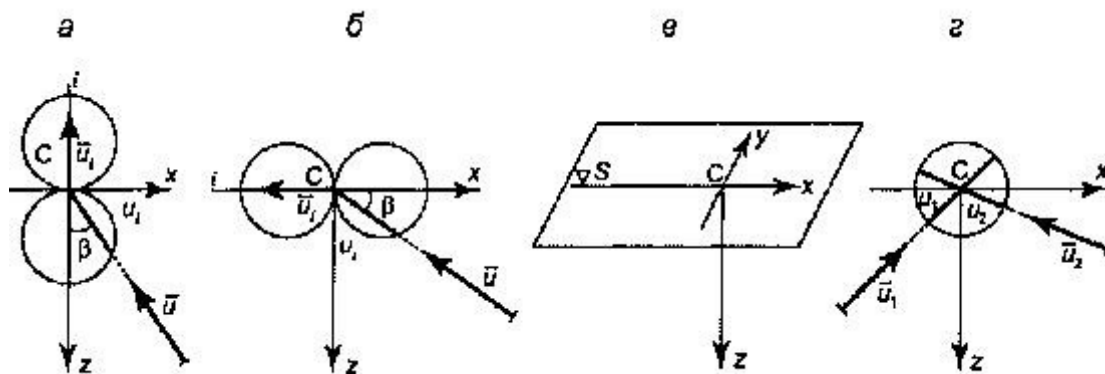


Рисунок 10.4 Характеристики направленности сейсμοприемников: а – инерционного вертикального; б – инерционного горизонтального; в – оси чувствительности трехкомпонентной вертикально-горизонтальной установки; г – пьезоэлектрического приемника давления.

Поскольку пьезоприемники реагируют на изменение давления, их чувствительность не зависит от направления смещения, т.е. характеристика

направленности представляет собой сферу с центром в точке приема (см. рис. 5,в).

Инструктаж по технике безопасности приведен в Приложении 1.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать АЧХ и ФЧХ в интервале 0-100Гц с шагом 1 Гц для параметра затухания $b = 25, 50, 70, 100$ и 200% , если собственная частота колебаний сейсмоприемника f_0 , Гц.

2. Полученные зависимости постройте на двух графиках и выберите параметр затухания, при котором характеристика приемника максимально соответствует идеальному фильтру верхних частот

3. Для каждой АЧХ определить рабочий диапазон частот

(где $0.7 \leq K_c \leq 1.2$).

4. Оцените степень подавления поверхностных волн Релея, преобладающая частота которых f_P , Гц.

Исходные данные

Вариант	f_0 , Гц	f_P , Гц	Вариант	f_0 , Гц	f_P , Гц
<i>1</i>	<i>10</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>22</i>	<i>18</i>
<i>2</i>	<i>12</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>24</i>	<i>20</i>
<i>3</i>	<i>14</i>	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>26</i>	<i>7</i>
<i>4</i>	<i>16</i>	<i>12</i>	<i>10</i>	<i>28</i>	<i>9</i>
<i>5</i>	<i>18</i>	<i>14</i>	<i>11</i>	<i>30</i>	<i>11</i>
<i>6</i>	<i>20</i>	<i>16</i>	<i>12</i>	<i>32</i>	<i>13</i>

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его на защиту.

Отчет должен содержать:

- Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.

- Название и цель работы.

- Пояснительную записку с формулами и результатами расчетов.

Графики АЧХ и ФЧХ в интервале 0-100Гц для параметра $b = 25, 50, 70, 100$ и 200 %.

Анализ полученных АЧХ и ФЧХ: рабочий диапазон, степень подавления поверхностных волн Релея.

- Выводы, вытекающие из результатов работы.

- Графические построения выполненные в программе AutoCAD или подобных, либо на миллиметровой бумаге в указанных масштабах.

Контрольные вопросы

1. Назначение сейсмоприемников.
2. Какой тип сейсмоприемника измеряет, скорости смещения почвы, ускорения ее смещения и давление в жидкости.
3. С какой целью намотка витков катушек электродинамического сейсмоприемника выполнена в противоположных направлениях.
4. С какой целью в состав сейсмического приемника вводится система затухание и что она собой представляет.
5. Какие волны преимущественно регистрируются вертикальными и горизонтальными сейсмоприемниками.
6. Что понимают под АЧХ и ФЧХ сейсмоприемника.
7. В чем заключается пьезоэффект и какие элементы им обладают.

8. Перечислите основные особенности (преимущества) акселерометром.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

Системы наблюдений и аппаратура скважинной сейсморазведки

Цель работы: освоение принципов дискретизации аналоговых сигналов.

Теоретические основы

Сигналы аналоговые и дискретные. Большинство геофизических наблюдений связано с измерением и анализом сигналов, которые выражают изменение некоторой измеряемой величины в функции расстояния или времени. Этой величиной может быть, например, напряженность гравитационного или магнитного поля Земли вдоль линии профиля,

проходящего над геологической структурой; или это может быть смещение земной поверхности в функции времени, связанное с прохождением сейсмических волн от произведенного поблизости взрыва (рис. 11.1). Анализ такого рода сигналов составляет основную цель обработки и интерпретации геофизических данных.

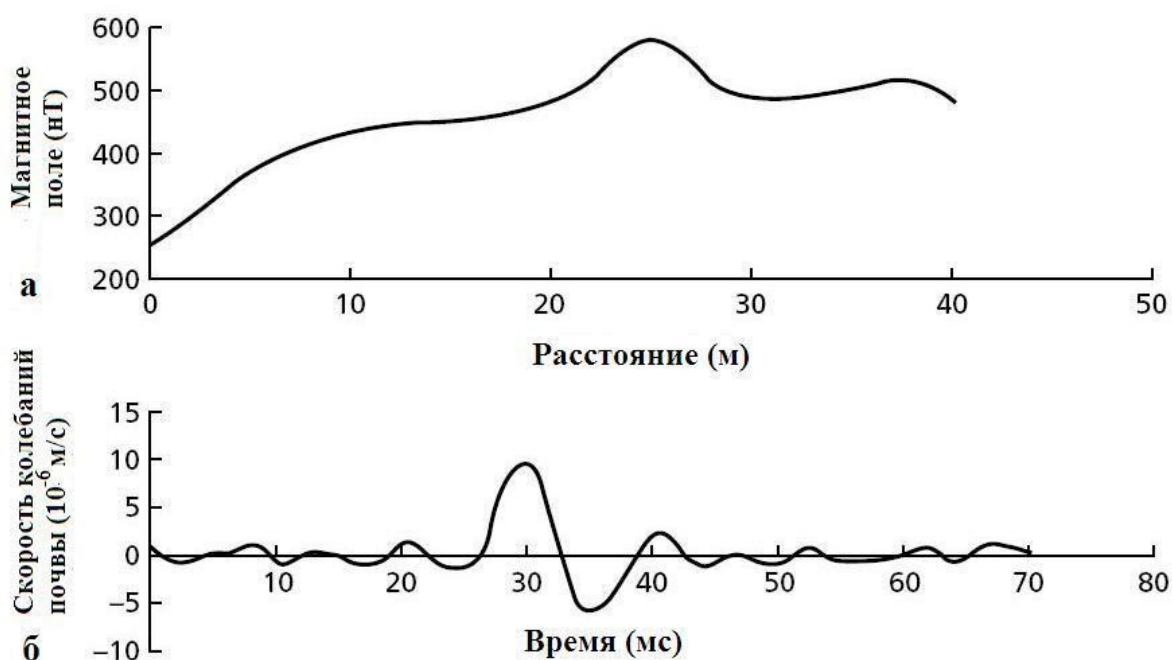


Рисунок 11.1 - Типичные графики: изменения магнитного поля вдоль профиля (а), вертикальной составляющей скорости колебаний грунта(б)

В настоящей работе сигналы считаются функциями времени, но все рассмотренные принципы обработки применимы равным образом и к функциям расстояний.

Представляющие геофизический интерес сигналы обычно являются непрерывными (аналоговыми) функциями времени или расстояния. Объем информации и в некоторых случаях сложность обработки, которой подвергаются сигналы, таковы, что обработка может быть эффективно и экономично выполнена только с помощью компьютеров. Поэтому данные требуется представить в цифровом виде для их ввода в компьютер независимо от того, в какой форме они были зарегистрированы первоначально.

Чтобы непрерывную гладкую функцию времени или расстояния представить в цифровом виде, нужно взять ее отсчеты с фиксированным интервалом времени и записать мгновенные значения функции в каждой точке отсчета. Таким образом, аналоговую функцию времени $f(t)$, показанную на рисунке 11.2,а, можно представить в цифровом виде как функцию $g(t)$,

показанную на рисунке 11.2,б, где непрерывная функция заменена набором дискретных значений, разделенных фиксированным интервалом времени .

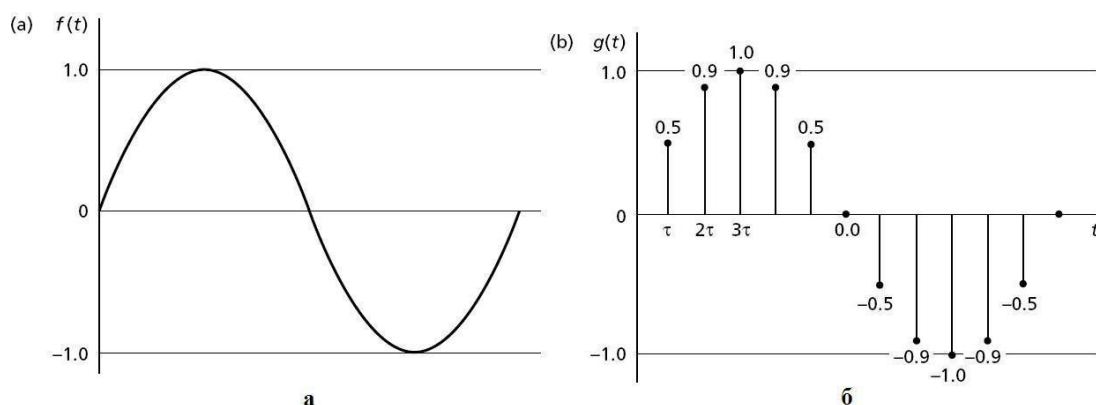


Рисунок 11.2 – Аналоговое представление синусоидальной функции (а); цифровое представление той же функции (б)

Дискретизирующая система характеризуется двумя основными параметрами – точностью взятия отсчетов (динамический диапазон) и частотой дискретизации.

Динамический диапазон определяется отношением наибольшей измеряемой амплитуды A_{max} к наименьшей измеряемой амплитуде A_{min} дискретизируемой функции. Чем больше динамический диапазон, тем более надежно изменения амплитуд аналогового колебания будут отображены в его цифровой записи. Динамический диапазон обычно выражают по шкале децибел (дБ), используемой для определения отношений электрических напряжений: отношение двух значений напряжения $P1$ и $P2$ задается как $10\lg(P1/P2)$ дБ.

Поскольку электрическое напряжение пропорционально квадрату амплитуды сигнала A , то $10\lg(P1/P2) = 10\lg(A1/A2)^2 = 20\lg(A1/A2)$. Таким образом, если, например, дискретизирующая система измеряет амплитуды в диапазоне от 1 до 1024 единиц, то динамический диапазон определяется как $20\lg(A_{max}/A_{min}) = 20\lg(1024) 60$ дБ.

В цифровых обрабатывающих системах и устройствах (в частности – компьютерах) для удобства манипулирования с числами дискретные отсчеты

выражаются в двоичной форме (т.е. их представляют в виде последовательности отсчетов, которые принимают значения либо 0, либо 1).

Каждый двоичный отсчет носит название бит, а последовательность битов, составляющих значение отсчета, называется словом. Динамический диапазон дискретизируемого колебания определяется числом битов в каждом слове.

Например, динамический диапазон в 60 дБ требует 10-битных слов, поскольку соответствующее отношение амплитуд $1024(=2^{10})$ выражается как 1 000 000 в

двоичной форме. Динамический диапазон в 84 дБ соответствует отношению амплитуд 2^{14} и, следовательно, требует взятия отсчетов с помощью 14-битных слов. Таким образом, увеличение числа битов в каждом слове в дискретизирующей системе повышает динамический диапазон дискретной функции.

На первый взгляд может показаться, что представление непрерывной функции в виде дискретных отсчетов неизбежно ведет к потере информации в дискретной функции, поскольку последняя определяется только дискретными значениями в ряде отдельных точек. В действительности существенной потери информации не происходит, если частота дискретизации по крайней мере вдвое выше, чем у самой высокочастотной компоненты, присутствующей в дискретизируемой функции.

Частота дискретизации – это число точек, в которых берутся отсчеты, в единице времени или на единице расстояния.

Например, если отсчеты берутся каждые $2 \text{ мс} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ с}$ (интервал дискретизации t), то частота дискретизации (f) составляет 500 отсчетов в секунду (или 500 Гц). Дискретизация, проводимая с такой скоростью, сохраняет все частоты в кодируемом сигнале вплоть до 250 Гц. Эта частота, соответствующая половине частоты дискретизации, называется частотой

Найквиста f_N , а частотный диапазон от нуля до f_N составляет интервал Найквиста. Имеем

$$f_N = 1/(2 \Delta t),$$

где t – интервал дискретизации.

Если в дискретизируемой функции присутствуют частоты выше частоты Найквиста, возникает существенная форма искажений, называемая наложением зеркальных частот, при которой более высокочастотные компоненты отображаются снова в интервал Найквиста. Рассмотрим пример, изображенный на рисунке 3.1, когда синусоидальная волна дискретизируется с различной частотой кодирования. В случае более высокой частоты дискретизации (рисунок 3.1,а) сигнал воспроизводится точно, а при более низком ее значении (рисунок 3.1,б) в нем появляется фиктивная частота, в пределах интервала Найквиста. Связь между частотами на входе и выходе дискретизирующей системы в случае частоты дискретизации 500 Гц показана на рисунке 3.1,в.

Очевидно, что входная частота, например 125 Гц сохраняется в выходном сигнале, а частота 625 Гц входного сигнала обращается в выходном сигнале в те же 125 Гц.

Что бы разрешить проблему наложения зеркальных частот, нужно либо выбирать частоту дискретизации по крайней мере вдвое выше самой высокой частоты, присутствующей в кодируемом сигнале, либо выполнить специальную фильтрацию зеркальных частот до дискретизации сигнала.

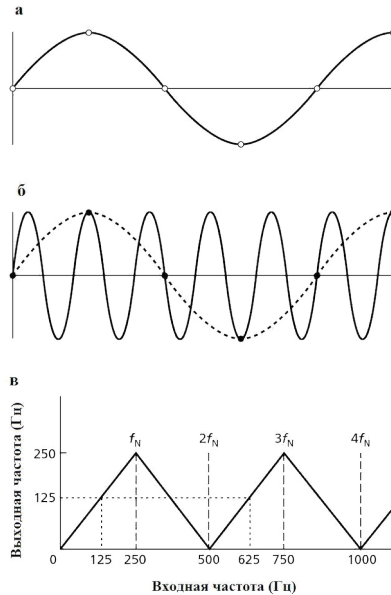


Рисунок 11.3 – Частота синусоидального сигнала меньше, чем частота Найквиста (а); частота синусоидального сигнала больше частоты Найквиста дает фиктивную частоту, порожденную эффектом зеркальных частот (б); соотношение между частотами на входе и выходе системы при частоте дискретизации 500 Гц (частота Найквиста $f_N=500$ Гц).

Инструктаж по технике безопасности приведен в Приложении 1.

Порядок выполнения работы

1. Для заданного графически варианта сигнала (в таблице EXL Date_Lab_12.xls) определить необходимый динамический диапазон дискретизации. В качестве наименьшей измеряемой амплитуды принять значение, равное вдвое меньшей величине, чем наименьшая разность значений функции в двух соседних экстремумах разного знака.
2. Определить по графику наименьший видимый период функции ($T_{\min}$) и по нему вычислить наименьшую видимую частоту ($f_{\min}=1/T_{\min}$).
3. Определить частоту Найквиста и соответствующий интервал дискретизации.
4. Выполнить графически дискретизацию функции с полученными параметрами t и f_N . (вынести на график точки мгновенных значений функции и представить результат в виде таблицы).

Указание. При выборе интервалов дискретизации по амплитуде и по времени следует иметь ввиду, что общепринятыми являются значения $5 \cdot 10^n$, 2

10^n и $1/10^n$ (... 500, 200, 100, 50, 20, 10, 5, 2, 1, 0.5, 0.2, 0.1, 0.05, 0.02, 0.01 ... и т.д.).

Пример выполнения задания. На рисунке 4.1 изображен график сигнала, который требуется дискретизировать.

1. Максимальная амплитуда (набольший размах) составляет около 1.5.

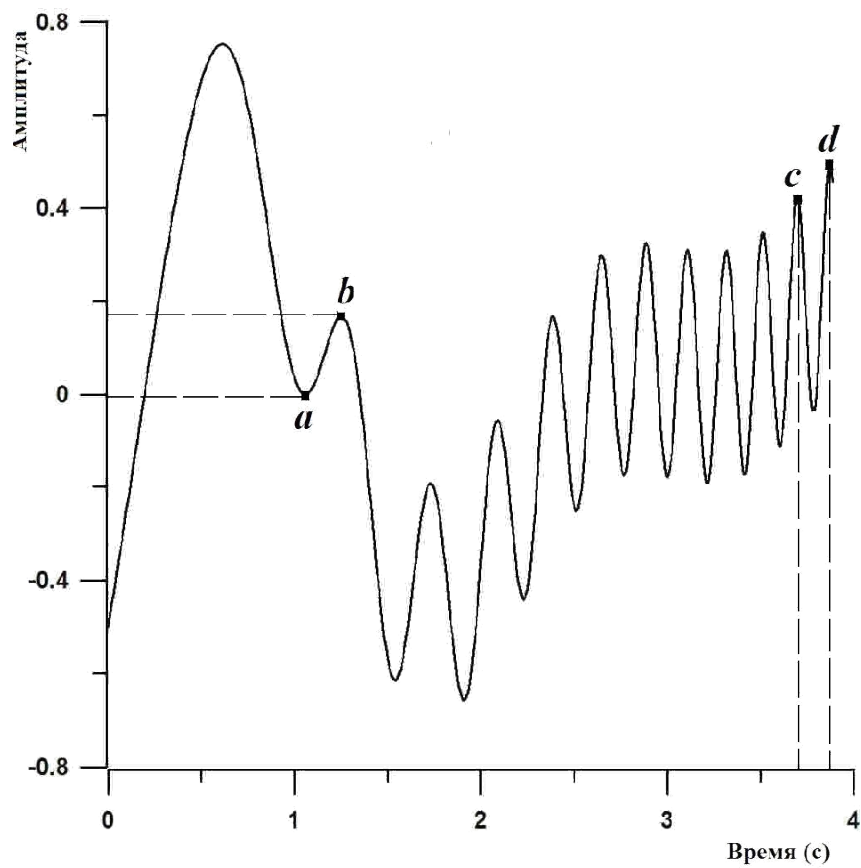
Наименьшая амплитуда может быть определена по точкам а и б, составляет около 0.18. С учетом общепринятых округленных значений и согласно требованию «наименьшая измеряемая амплитуда равна около половины разности значений функции в двух соседних экстремумах разного знака», получаем $A_{\max} = 2$, $A_{\min} = 0.05$. Динамический диапазон составляет $20\lg(2/0.05)$ 11 дБ.

2. Наименьший видимый период $T_{\min}$ можно определить по точкам с и d. Он составляет около 0.2 с. Соответствующая частота $f_{\min} = 1/0.2 = 5$ Гц.

3. Частота Найквиста составит 10 Гц. Шаг дискретизации по времени $t = 0.10$ с.

Результаты дискретизации сигнала	
время	амплитуда
0.00	-0.50
0.10	-0.25
0.20	0.00
0.30	0.25
0.40	0.50
0.50	0.65

0.60	0.75
0.70	0.70
0.80	0.50
0.90	0.25
1.00	0.05
1.10	0.00
1.20	0.15
1.30	0.15
1.40	-0.20
1.50	-0.55
1.60	-0.50
1.70	-0.20
1.80	-0.35
1.90	-0.65
2.00	-0.35
2.10	-0.05
2.20	-0.40
2.30	-0.20
2.40	0.15
2.50	-0.25
2.60	0.15
2.70	0.10
2.80	-0.10
2.90	0.30
3.00	-0.20
3.10	0.30
3.20	-0.15
3.30	0.30



3.40	-0.15
3.50	0.35
3.60	-0.10
3.70	0.40
3.80	0.00
3.90	0.40

Рисунок 11.4 – Исходный сигнал

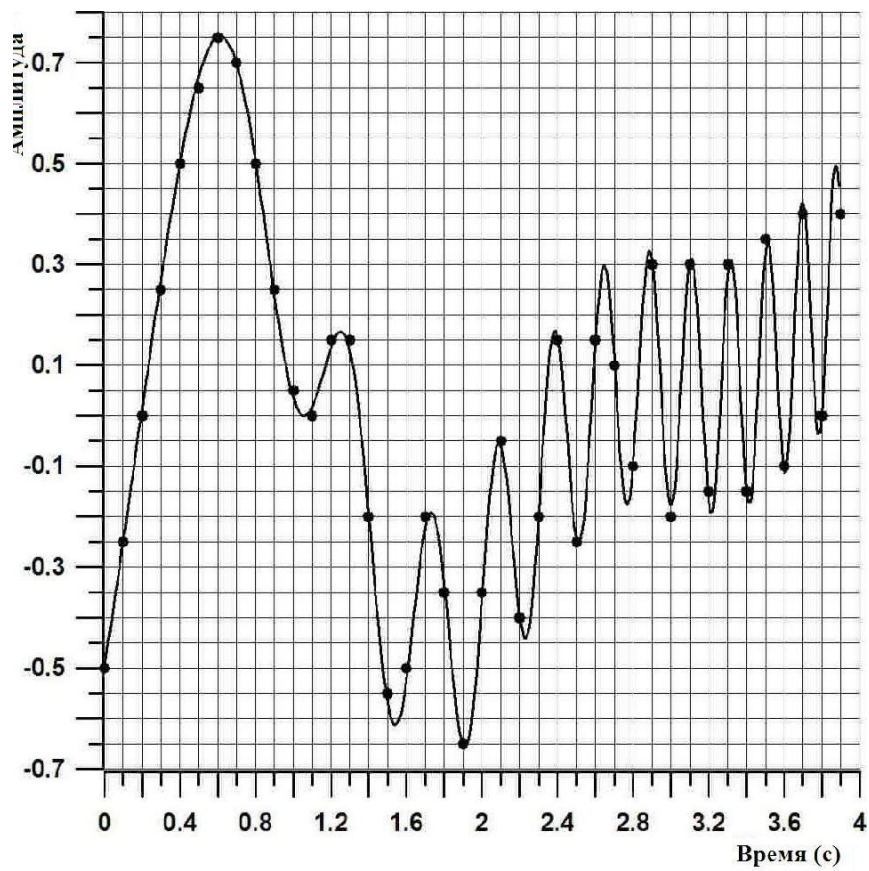


Рисунок 11.5 – Результаты дискретизации

4. Для выполнения дискретизации в графическом виде удобно разбить поле рисунка координатной сеткой с интервалами, равными Δt по амплитуде и t по времени (рис. 5.1). С исходного графика сняты мгновенные амплитуды для моментов времени, кратных $t = 0.05$ с, эти значения округлены в ближайшую сторону значения амплитуды, кратной 0.05, и отмечены точками. В таблице приведены результаты дискретизации в числовом виде.

Исходные данные

Данные для выполнения лабораторной работы расположены в файле Date_Lab_12.xls, путь к файлу

DVD-ROM:\KVC\Geolab\DATA_LAB#12\Date_Lab_12.xls.

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его на защиту.

Отчет должен содержать:

- Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.
- Название и цель работы.
- Пояснительную записку с формулами и результатами расчетов.
- Выводы, вытекающие из результатов работы.
- Графические построения выполненные в программе AutoCAD или подобных, либо на миллиметровой бумаге в указанных масштабах.

Контрольные вопросы

1. С какой целью необходимо измеряемые аналоговые сигналы подвергать дискретизации?
2. Что означает «представить аналоговую функцию в цифровом виде»?
3. Что определяет динамический диапазон?

4. В каких единицах измеряется динамический диапазон сигнала?

5. Соотношение максимальной и минимальной амплитуд сигнала

10 000; сколько бит должно содержаться в слове для записи такого сигнала?

6. Чем определяется частота дискретизации сигнала?

7. Частота дискретизации составляет 50 Гц; сигналы каких частот будут при этом сохранены без искажений?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

Системы сейсмических наблюдений и сейсморазведочная аппаратура МОГТ

Цель работы: изучение методики проведения и обработки данных простейших модификаций метода преломленных волн (МПВ) – метода первых вступлений – при изучении особенностей строения верхней части разреза (ВЧР).

Теоретические основы

Изучение ВЧР с помощью МПВ обычно выполняют при сейсмических исследованиях с источниками поверхностного типа.

Методика полевых работ предусматривает отработку коротких линейных сейсмозондирований длиной в одну расстановку сейсмоприемников с использованием простых встречных наблюдений.

Длина зондирования зависит от предполагаемой толщи ВЧР (зоны малых скоростей – ЗМС) и должна обеспечивать прослеживание в области первых вступлений преломленной волны от поверхности коренных пород, подстилающих ЗМС, и волн, освещающих особенности строения и параметры слоев, слагающих ЗМС (в простейшем случае – прямых волн). Обычно считают, что область прослеживания преломленной волны от подошвы ЗМС должна быть не менее области прослеживания прямой волны в случае однослойной однородной зоны. Исходя из этого, длина зондирования (база наблюдения) L может быть приближенно оценена по формуле:

$$L \geq 4h_3 \sqrt{\frac{V_K + V_3}{V_K - V_3}},$$

где h_3 – толщина зоны; V_3 и V_K – скорости волн соответственно в зоне и в подстилающих коренных породах.

Чаще всего длина зондирования не превышает первых сотен метров.

Пункты возбуждения (ПВ) располагают на концах расстановки в 5-20 м от крайних сейсмоприемников. При взрывном способе возбуждения заряды размещают в шурфах или скважинах (шпурах) глубиной 0.5-1.5 м.

Сейсмоприемники (пункты приема – ПП) внутри базы приема обычно располагают неравномерно: вблизи ПВ шаг наблюдений сокращают до 2-10 м, в средней же части базы зондирования он составляет 10-20 м. Делается это для уверенного прослеживания прямых волн, распространяющихся с меньшей скоростью и поэтому характеризующихся более крутым годографом. При относительно простом разрезе вдоль профиля расстояние между приемниками может быть постоянным.

При изучении ЗМС обработка обычно ведется в предположении, что преломляющая граница (подошва ЗМС) плоская, а скорости распространения волн в зоне VЗ и коренных породах VK в пределах базы приема постоянны. В случае однослойной однородной зоны порядок определения параметров разреза обычно таков (рассмотрим вместе с примером).

Инструктаж по технике безопасности приведен в Приложении 1.

Порядок выполнения работы

1. Исходными данными для выполнения работы являются сейсмограммы (их копии), соответствующие встречной системе наблюдений преломленных волн на общей базе приема. На сейсмограммах указаны номер варианта, пикеты источников и приемников, по которым могут быть определены дистанции наблюдений x (расстояния приемников от относящегося к ним пункта возбуждения). На рисунке 1 представлены примеры сейсмограмм. Из указанных параметров ясно, что длина участка зондирования 480 м, расстояние между пунктами приема (сейсмоприемниками) 20 м. При возбуждении колебаний в ПВ1 (который расположен в точке 0 м) регистрация выполнялась на интервале 20-480 м. При возбуждении колебаний в ПВ2 (который расположен в точке 480 м) регистрация выполнялась на интервале 460-0 м

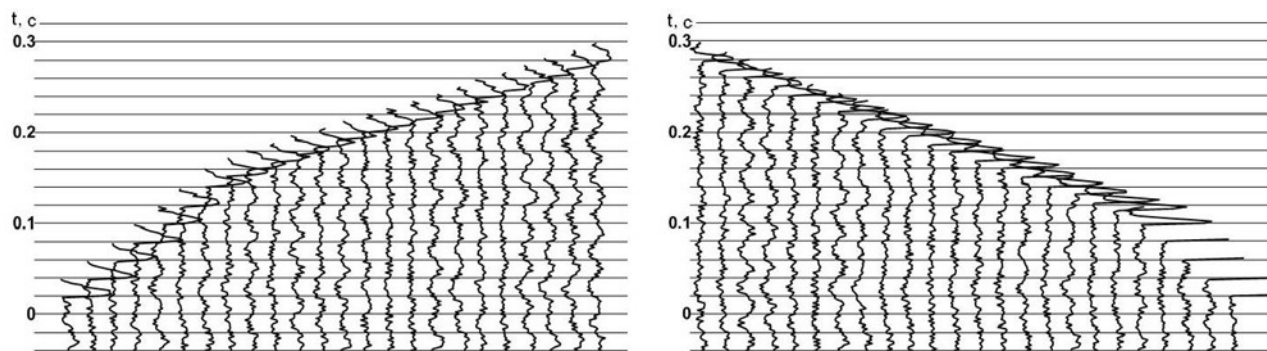


Рисунок 12.1 – Сейсмограммы прямого (а) и встречного (б) зондирования

2. На каждой трассе сейсмограмм отмечают моменты первых вступлений, которые проявляются резкими изменениями амплитуды трасс. На рисунке 2 на сейсмограммах отмечены эти моменты точками. В таблице приведены значения времен соответствующих первых вступлений с привязкой к точкам измерения.

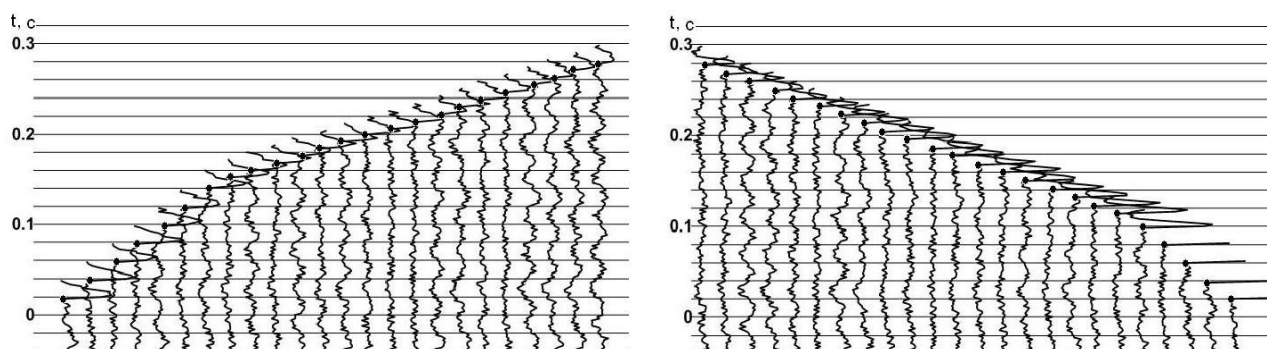


Рисунок 12.2 – Сейсмограммы зондирования с отмеченными моментами первых вступлений

3. На масштабную бумагу из таблицы выносят значения времен (рис. 12.3), получая прямой и встречный годографы. Наблюдаемые годографы усредняют отрезками прямых.

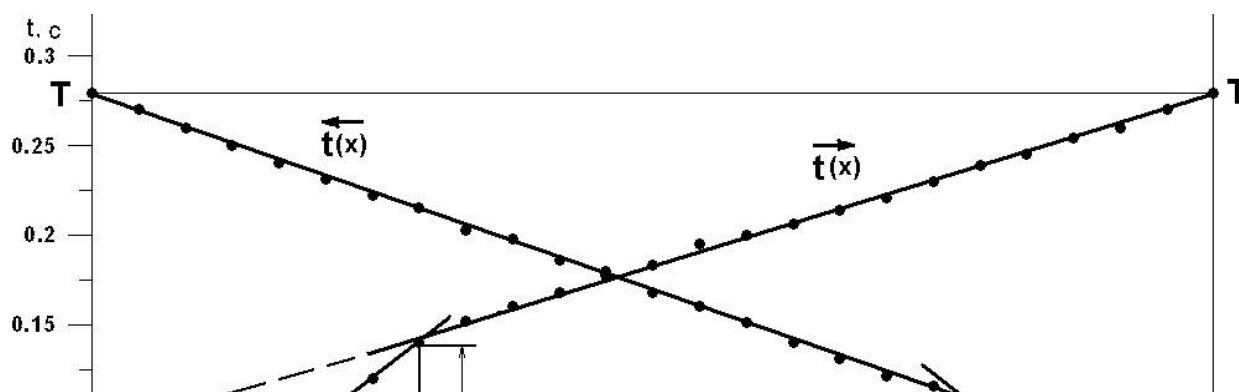


Рисунок 12.3 - Прямой и встречный годографы зондирования с примером определения кажущейся скорости в зоне малых скоростей методом треугольника

5. По наклону осредненных встречных годографов прямых волн определяют значения скорости в зоне $V_3 = \Delta x / \Delta t$. Получаем: $V_{31} = 945$ м/с, $V_{32} = 955$ м/с В дальнейших расчетах за скорость V_3 принимают среднее арифметическое из значений у обоих ПВ - $V_3 = 950$ м/с

6. По наклону осредненных встречных годографов преломленных волн определяют кажущуюся скорость V_B^* в направлении восстания подошвы ЗМС и V_{Π}^* в направлении падения. Получаем: $V_B^* = 2537$ м/с, $V_{\Pi}^* = 2182$ м/с. В направлении восстания она имеет большее значение.

7. Решая совместно известные соотношения

$$\begin{cases} V_B^* = V_3 / \sin(i - \varphi) \\ V_{\Pi}^* = V_3 / \sin(i + \varphi) \end{cases},$$

определяют критический угол i и угол φ наклона подошвы ЗМС на базе приема

(определение угла наклона не обязательно):

$$\begin{aligned} i &= \frac{1}{2} \left(\arcsin \frac{V_3}{V_{\Pi}^*} + \arcsin \frac{V_3}{V_B^*} \right) \\ \varphi &= \frac{1}{2} \left(\arcsin \frac{V_3}{V_{\Pi}^*} - \arcsin \frac{V_3}{V_B^*} \right) \end{aligned}$$

Получаем: $i=2^\circ$, $\varphi=24^\circ$.

Затем определяется граничная скорость (скорость в коренных породах)

$$V_K = V_3 / \sin \varphi, \quad V_K = 2334 \text{ м/с.}$$

8. Находят величины t_{01} и t_{02} как отрезки, отсекаемые продолжением осредненных годографов преломленных волн на осях времен, проведенных из соответствующих ПВ (см. рис. 3), и вычисляют значения глубин h_1 и h_2 по

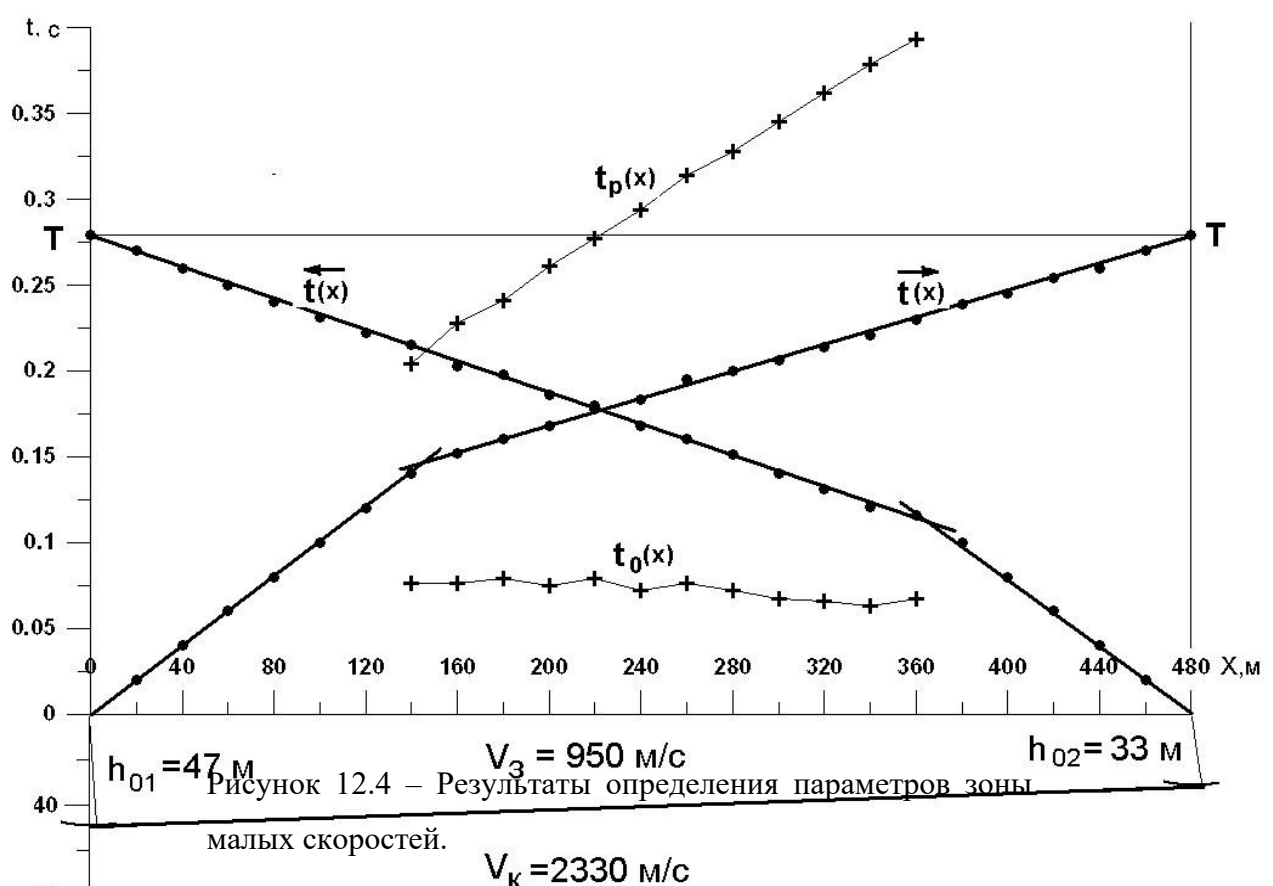
нормали к преломляющей границе:

По найденным параметрам строится разрез (проводится линия подошвы ЗМС и указываются скорости в зоне и в подстилающих ее породах) – рисунок 4.

$$h_1 = k \times t_{01} \quad \text{и} \quad h_2 = k \times t_{02},$$

$$k = \frac{V_3}{2 \cos i} = \frac{V_3 \times V_K}{2 \sqrt{V_K^2 - V_3^2}}.$$

Получаем $h_1=47$ м, $h_2=33$ м.



Если участок совместного прослеживания прямого $t(x)$ и встречного $t(x)$ годографов преломленной волны от подошвы ЗМС достаточно велик, то граничная скорость может быть вычислена детальнее по разностному годографу $t_P(x)$. В этом же интервале профиля могут быть получены дополнительные значения $t_0(x)$, а значит и данные о толщине ЗМС

Положения разностного годографа и линии $t_0(x)$ определяются соотношениями:

$$t_P(x) = \bar{t}(x) + [T - \bar{t}(x)] \text{ и } t_0(x) = \bar{t}(x) - [T - \bar{t}(x)].$$

Граничная скорость приближенно определяется как $V_K = 2V_P$, где V_P - кажущаяся скорость по разностному годографу.

Исходные данные

Таблица значений моментов первых вступлений

№пп	X, м	$t_p(x), c$	$t_a(x), c$
1	0	–	0.279
2	20	0.020	0.270
3	40	0.040	0.260
4	60	0.060	0.250
5	80	0.080	0.240
6	100	0.100	0.231
7	120	0.120	0.222
8	140	0.140	0.215
9	160	0.152	0.203
10	180	0.160	0.198
11	200	0.168	0.186
12	220	0.178	0.180

№пп	X, м	$t_p(x), c$	$t_a(x), c$
13	240	0.183	0.168
14	260	0.195	0.160
15	280	0.200	0.151
16	300	0.206	0.140
17	320	0.214	0.131
18	340	0.221	0.121
19	360	0.230	0.116
20	380	0.239	0.100
21	400	0.245	0.080
22	420	0.254	0.060
23	440	0.260	0.040
24	460	0.270	0.020
25	480	0.279	–

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его на защиту.

Отчет должен содержать:

- Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.
- Название и цель работы.
- Пояснительную записку с формулами и результатами расчетов.
- Выводы, вытекающие из результатов работы.

- Графические построения выполненные в программе Excel и AutoCAD или подобных, либо на миллиметровой бумаге в указанных масштабах.

Контрольные вопросы

1. Каким способом определяют по данным МПВ скорость в зоне малых скоростей? Пояснить рисунком.
2. Порядок определения параметров ЗМС способом встречных годографов (перечислить этапы).
3. Порядок определения разностного годографа и линии $t_0(x)$.
Пояснить рисунком.
4. Когда возможно и с какой целью строят разностный годограф и линию $t_0(x)$?
5. Как по годографам преломленных волн определить направление восстания подошвы ЗМС?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

Проектирование сейсморазведочных работ МОГТ-3Д

Цель работы: овладеть приемами построения поля времен и теоретических годографов сейсмических волн графоаналитическим способом.

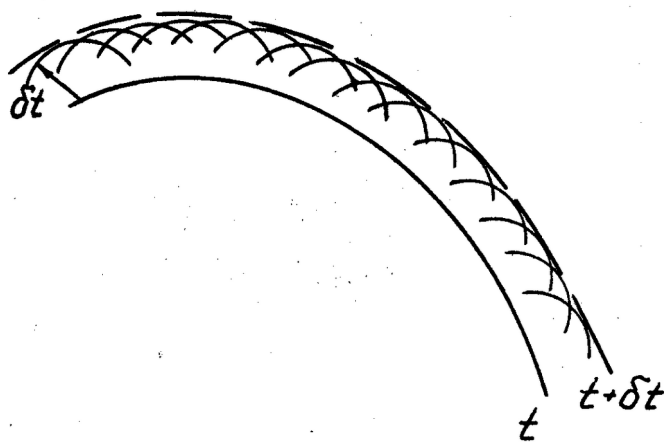
Теоретические основы

Если в некоторой точке упругой среды поместить источник упругих колебаний, то вызванная им волна распространяется во все стороны со скоростью, свойственной данной среде. Колебания частиц, при прохождении волны, происходят в каждый момент времени внутри некоторой области среды, ограниченной двумя поверхностями. Внешняя поверхность, отделяющая область среды, где существуют колебания, от области, где упругие колебания еще не наступили, называется **фронтом волны**. По мере распространения волны фронт ее занимает в последовательные моменты времени различные положения в среде. Следовательно, являясь функцией времени, фронт определяет время прихода волны в данную точку пространства. Область среды, в каждой точке которой определено время прихода волны, называется **полем времени**. Поле времени удобно представлять в виде семейства изохрон т.е. семейства поверхностей, с которыми совпадает фронт волны в фиксированные моменты времени. Каждая изохрона характеризуется определенным значением времени. Изображая семейство изохрон на чертеже, можно составить представление о времени пробега волны до различных точек рассматриваемой области среды, в том числе и до границы земля-воздух. График зависимости времени прихода волны определенного типа от координат X и Y точек наблюдения (поверхности земля-воздух), где эта волна зарегистрирована, называется **годографом** сейсмической волны. Зависимость вида $t(x, y)$ называется поверхностным годографом, а $t(x)$ - линейным. В практике сейсморазведки обычно используются линейные, продольные (т.е. проходящие через пункт возбуждения упругих волн) годографы.

Данная работа состоит в решении прямой задачи сейсморазведки - построении для заданного сейсмогеологического разреза поля времен и

линейных годографов прямой, отраженной и преломленной волн. Построение поля времен производится на основе принципов геометрической сейсмологии - Гюйгенса-Френеля и Ферма. Согласно принципу Гюйгенса каждую точку, лежащую на поверхности заданного фронта (t) следует рассматривать как самостоятельный элементарный источник колебаний. Если от этих источников построить семейство элементарных фронтов (δt), то их огибающая даст положение соседнего фронта в момент времени ($t + \delta t$) (рис. 1).

Принцип Ферма, или принцип наименьшего времени устанавливает важное свойство сейсмических лучей, согласно которому время пробега волны вдоль луча меньше времени ее пробега вдоль любого другого возможного пути. Следствием этого принципа является прямолинейность лучей в однородной среде и их ортогональность к фронту.



Рассмотрим случай, когда пространство представлено двумя средами 1 и 2, разделенными поверхностью Q и характеризующимися скоростями распространения упругих волн V_1 и V_2 соответственно.

Построение поля времени прямой волны. Допустим, что в момент времени $t = 0$ (рис.2) произошел взрыв. Во все стороны от пункта взрыва (ПВ) со скоростью V_1 начинает распространяться фронт прямой волны. Поле времени этой волны характеризуется семейством изохрон, представляющих собой сферы (в двумерном варианте окружности) с центром в точке O и радиусами $R_i = V_1 \cdot t_i$.

Построение поля времени отраженной и проходящей волн.

Когда прямая волна достигнет границы Q, за счет перераспределения энергии возникают две волны - проходящая и отраженная. Пусть изохрона t_k прямой волны (на рис.2 $t_k = 0,4$ с) первой пересечет границу раздела Q. Чтобы построить изохрону t_k отраженной волны воспользуемся принципом Гюйгенса. Для этого нужно построить ряд дополнительных изохрон с временем $t_{доп} < t_k$, также пересекающих границу (на рис. 2 $t_{доп} = 0.34, 0.36$ и 0.38). Точки пересечения дополнительных изохрон с границей можно рассматривать как самостоятельные источники колебаний, создающие элементарные фронты волн с радиусами

$$r = \delta t * V_1, \text{ где } \delta t = t_k - t_{доп} \quad (1)$$

Огибающая этих элементарных фронтов представляет изохрону t_k отраженной волны. Для построения изохроны отраженной волны t_{k+1} , считаем отдельные (произвольные) точки фронта волны t_k за элементарные источники и строим ряд дуг, радиус которых определяется формулой (1), но $\delta t = t_{k+1} - t_k$. Используя описанный принцип, можно построить необходимое семейство изохрон отраженной волны, которые представляют дуги окружностей с центром в точке O^* - мнимом источнике возбуждения (зеркальное отражение точки O в границе раздела) и радиусами $R_i = V_1 * t_i$.

Построение изохрон t_k и t_{k+1} проходящей волны производится также как и для отраженной волны, за исключением того, что в формуле (1) вместо

V_1 , надо использовать V_2 . Изохроны проходящей волны являются уже не окружностями, а более сложными кривыми. Построив, в соответствии с принципом Ферма, лучи отраженной и проходящей волн для какой - либо точки границы, можно убедиться в справедливости законов отражения и преломления

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{V_1}{V_2} \quad (2)$$

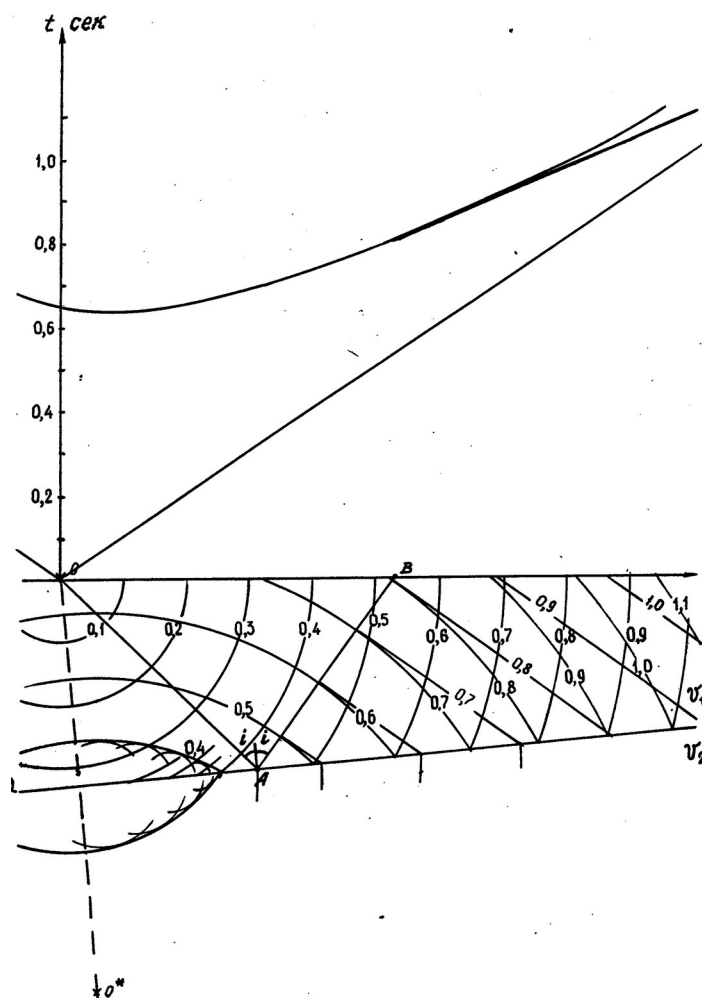


Рисунок 13.2. Поле времен и годографы прямой, проходящей, отраженной и преломленной волны

Построение поля времени преломленной (головной) волны. По мере возрастания времени фронт падающей волны образует с границей раздела все более возрастающий угол и в момент времени $t_{кр}$ (на рис. 2 $t_{кр} = 0.44с$) в некоторой точке А окажется, что $\sin \alpha = \frac{V_1}{V_2}$ ($\beta = 90^\circ$, $\sin \beta = 1$). Угол падения $\alpha = i$, при котором угол преломления $\beta = 90^\circ$, называется критическим углом или углом полного внутреннего отражения. В точке А и правее ее фронт проходящей волны окажется перпендикулярным к границе раздела. Так как проходящая волна распространяется со скоростью V_2 , которая в данном случае больше скорости падающей волны V_1 , то правее точки А фронты этих волн оторвутся друг от друга и проходящая волна обгонит прямую. Скользя вдоль

границы раздела, проходящая волна вызовет колебания частиц в 1 среде, поэтому в последней возникает преломленная или головная волна. Чтобы построить изохрону $t_{кр+1}$ преломленной волны нужно из точек пересечения дополнительных изохрон проходящей волны $t_{кр+1} > t > t_{кр}$ с границей раздела, как из центров, провести ряд элементарных окружностей радиусом $r = \delta t * V_1$ где $\delta t = t_{кр} - t$. Огибающая этих окружностей даст положение фронта преломленной волны в момент $t_{кр+1}$. Изохроны преломленной волны - прямые, параллельные друг другу линии, ограниченные отраженным в точке А лучом. Точка В - начальная точка выхода преломленной волны на поверхность.

Построение годографов. Как отмечалось выше, годограф - график зависимости времени регистрации волны в зависимости от координат точек наблюдения. В любой точке X_i , совпадающей с точкой выхода на поверхность изохроны t_i , время регистрации волны совпадает со временем изохроны. Следовательно, для построения годографа любой волны по точкам $X_1, X_2, \dots, X_n$ выхода на поверхность изохрон $t_1, t_2, \dots, t_n$ находят на плоскости $X_{от}$ соответствующие точки $t(x)$. Соединив полученное семейство точек, получим годограф волны.

Инструктаж по технике безопасности приведен в Приложении 1.

Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя параметры геологической модели (V_1, V_2, h и φ - угол наклона границы).
2. Построить поле времен прямой, отраженной, проходящей и головной волн.
3. Построить годографы указанных выше волн.
4. Построения производить в масштабе для X и h 1:10000, для t - 1 см = 0.1 с, Основные изохроны строить через 0.1 с, дополнительные - через 0.02 с.

Исходные данные

Таблица значений скоростных характеристик двухслойной среды.

1	$V_1=1000 \text{ м/с } V_2=2000 \text{ м/с } h=500 \text{ м } \varphi=3^0$
2	$V_1=1500 \text{ м/с } V_2=3000 \text{ м/с } h=750 \text{ м } \varphi=3^0$
3	$V_1=1000 \text{ м/с } V_2=2500 \text{ м/с } h=500 \text{ м } \varphi=3^0$
4	$V_1=1500 \text{ м/с } V_2=3000 \text{ м/с } h=750 \text{ м } \varphi=3^0$
5	$V_1=2000 \text{ м/с } V_2=4000 \text{ м/с } h=1000 \text{ м } \varphi=3^0$
6	$V_1=2000 \text{ м/с } V_2=3000 \text{ м/с } h=1000 \text{ м } \varphi=3^0$
7	$V_1=2500 \text{ м/с } V_2=5000 \text{ м/с } h=1250 \text{ м } \varphi=3^0$
8	$V_1=2500 \text{ м/с } V_2=4000 \text{ м/с } h=1250 \text{ м } \varphi=3^0$
9	$V_1=3000 \text{ м/с } V_2=5000 \text{ м/с } h=1500 \text{ м } \varphi=3^0$
10	$V_1=3000 \text{ м/с } V_2=6000 \text{ м/с } h=1500 \text{ м } \varphi=3^0$
11	$V_1=1000 \text{ м/с } V_2=2000 \text{ м/с } h=500 \text{ м } \varphi=-3^0$
12	$V_1=1500 \text{ м/с } V_2=3000 \text{ м/с } h=750 \text{ м } \varphi=-3^0$
13	$V_1=1000 \text{ м/с } V_2=2500 \text{ м/с } h=500 \text{ м } \varphi=-3^0$
14	$V_1=1500 \text{ м/с } V_2=3000 \text{ м/с } h=750 \text{ м } \varphi=-3^0$
15	$V_1=2000 \text{ м/с } V_2=4000 \text{ м/с } h=1000 \text{ м } \varphi=-3^0$
16	$V_1=2000 \text{ м/с } V_2=3000 \text{ м/с } h=1000 \text{ м } \varphi=-3^0$
17	$V_1=2500 \text{ м/с } V_2=5000 \text{ м/с } h=1250 \text{ м } \varphi=-3^0$
18	$V_1=2500 \text{ м/с } V_2=4000 \text{ м/с } h=1250 \text{ м } \varphi=-3^0$
19	$V_1=3000 \text{ м/с } V_2=5000 \text{ м/с } h=1500 \text{ м } \varphi=-3^0$
20	$V_1=3000 \text{ м/с } V_2=6000 \text{ м/с } h=1500 \text{ м } \varphi=-3^0$
21	$V_1=1000 \text{ м/с } V_2=2000 \text{ м/с } h=500 \text{ м } \varphi=5^0$
22	$V_1=1500 \text{ м/с } V_2=3000 \text{ м/с } h=750 \text{ м } \varphi=5^0$
23	$V_1=1000 \text{ м/с } V_2=2500 \text{ м/с } h=500 \text{ м } \varphi=5^0$
24	$V_1=1500 \text{ м/с } V_2=3000 \text{ м/с } h=750 \text{ м } \varphi=5^0$

25	$V_1=2000 \text{ м/с}$ $V_2=4000 \text{ м/с}$ $h=1000 \text{ м}$ $\varphi=5^\circ$
26	$V_1=2000 \text{ м/с}$ $V_2=3000 \text{ м/с}$ $h=1000 \text{ м}$ $\varphi=5^\circ$
27	$V_1=2500 \text{ м/с}$ $V_2=5000 \text{ м/с}$ $h=1250 \text{ м}$ $\varphi=5^\circ$
28	$V_1=2500 \text{ м/с}$ $V_2=4000 \text{ м/с}$ $h=1250 \text{ м}$ $\varphi=5^\circ$
29	$V_1=3000 \text{ м/с}$ $V_2=5000 \text{ м/с}$ $h=1500 \text{ м}$ $\varphi=5^\circ$
30	$V_1=3000 \text{ м/с}$ $V_2=6000 \text{ м/с}$ $h=1500 \text{ м}$ $\varphi=5^\circ$
31	$V_1=1000 \text{ м/с}$ $V_2=2000 \text{ м/с}$ $h=500 \text{ м}$ $\varphi=-5^\circ$
32	$V_1=1500 \text{ м/с}$ $V_2=3000 \text{ м/с}$ $h=750 \text{ м}$ $\varphi=-5^\circ$
33	$V_1=1000 \text{ м/с}$ $V_2=2500 \text{ м/с}$ $h=500 \text{ м}$ $\varphi=-5^\circ$
34	$V_1=1500 \text{ м/с}$ $V_2=3000 \text{ м/с}$ $h=750 \text{ м}$ $\varphi=-5^\circ$
35	$V_1=2000 \text{ м/с}$ $V_2=4000 \text{ м/с}$ $h=1000 \text{ м}$ $\varphi=-5^\circ$
36	$V_1=2000 \text{ м/с}$ $V_2=3000 \text{ м/с}$ $h=1000 \text{ м}$ $\varphi=-5^\circ$
37	$V_1=2500 \text{ м/с}$ $V_2=5000 \text{ м/с}$ $h=1250 \text{ м}$ $\varphi=-5^\circ$
38	$V_1=2500 \text{ м/с}$ $V_2=4000 \text{ м/с}$ $h=1250 \text{ м}$ $\varphi=-5^\circ$
39	$V_1=3000 \text{ м/с}$ $V_2=5000 \text{ м/с}$ $h=1500 \text{ м}$ $\varphi=-5^\circ$
40	$V_1=3000 \text{ м/с}$ $V_2=6000 \text{ м/с}$ $h=1500 \text{ м}$ $\varphi=-5^\circ$

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его на защиту.

Отчет должен содержать:

- Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.
- Название и цель работы.

- Пояснительную записку с кратким описанием теоретических основ, формулами и результатами расчетов. Выводы, вытекающие из результатов работы.

- Графические построения поля времен и годографов, выполненные в программе Excel и AutoCAD или подобных, либо на миллиметровой бумаге в указанных масштабах.

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются принципы Гюйгенса и Ферма?
2. Как распространяются прямая, отраженная, проходящая и головная волны ?
3. Почему головная волна начинает регистрироваться только на некотором удалении от пункта возбуждения? От чего зависит это удаление?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

Проектирование сейсморазведочных работ МОГТ-3Д

Цель работы: Познакомится с основными задачами частотной фильтрации в сейсморазведке.

Формируемые компетенции или их части ОПК-10

Теоретические основы

Частотной фильтрацией называется процедура изменения спектра сейсмической волны с целью подавления мешающих колебаний и улучшения временной разрешенности полезного сигнала. В сейсморазведке фильтрация применяется на этапе регистрации сигнала и при обработке записанных данных.

Фильтрация реализуется на аппаратурном и вычислительном уровне. В первом случае сигнал пропускается через устройство, а во втором – обрабатывается математической процедурой. В любом случае фильтр однозначно задается временной $h(t)$ или частотной характеристикой $H(f)$. Действие фильтра описывается операцией свертки во временной области и умножением в частотной (рис 1). Если к сигналу применяется последовательная комбинация фильтров, то характеристика системы равна произведению характеристик отдельных фильтров.

Фильтры называются по области частот, которые пропускаются при фильтрации без существенных искажений. Фильтры верхних частот (ФВЧ) пропускают колебания с частотой, превышающей граничную частоту фильтра. Фильтры нижних частот (ФНЧ) пропускают частоты ниже определенного предела. Полосовые фильтры (ПФ) пропускают колебания в заданном диапазоне частот. Режекторные фильтры (РФ) пропускают все частоты вне заданного, очень узкого диапазона.

При записи сейсмических колебаний сигнал последовательно пропускается через несколько устройств-фильтров, которые объединяются под названием “ регистрирующий канал”. Как правило, регистрирующий канал состоит из сейсмоприемника, усилителя, аналогового фильтра и АЦП.

Правильный выбор параметров фильтров на этапе регистрации позволяет подавить мешающие колебания и существенно увеличить динамический диапазон записи.

Фильтры регистрирующего канала относятся к классу физически-реализуемых и работают в режиме реального времени. При этом фильтру в каждый момент времени доступны значения сигнала, полученные в этот момент или до этого. Такие фильтры неизбежно искажают фазовую характеристику сигнала.

При обработке данных все значения сигнала уже записаны, что дает возможность реализовывать любые виды фильтрации. К ним в первую очередь относятся оптимальные фильтры – обнаружения, воспроизведения и обратные, а также уже указанные, но с нулевой фазовой характеристикой. В процессе обработки сигнала фильтрация применяется для улучшения отношения сигнал/помеха, исправления формы сигнала, обнаружения импульсов небольшой амплитуды на фоне значительных помех, а также для повышения временной разрешенности сейсмической записи.

Рисунок 1 Фильтрация сигналов во временной и частотной областях

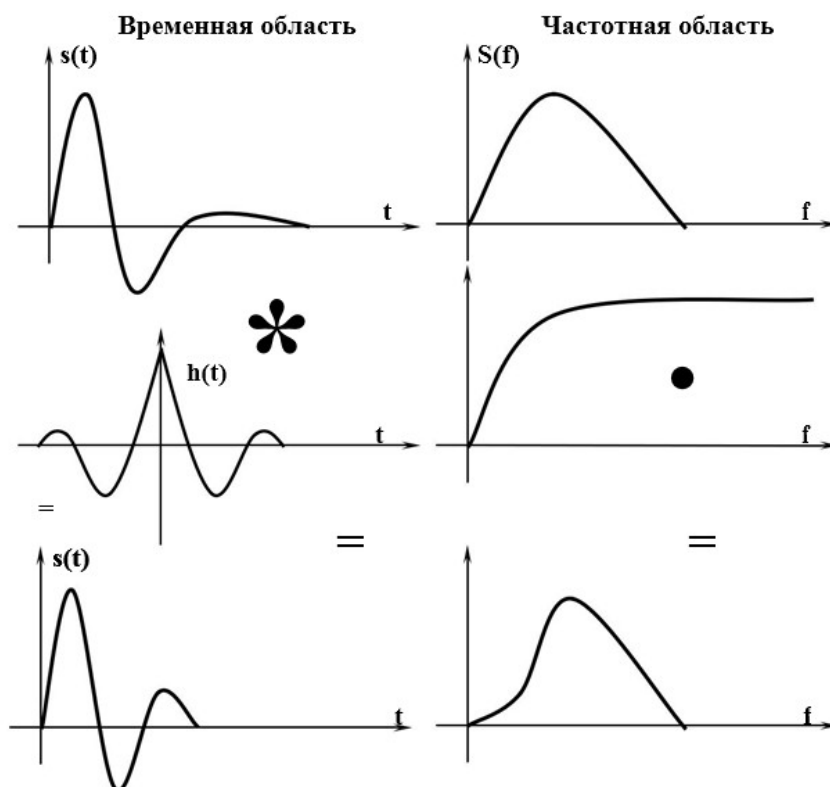


Рисунок 14.1 Фильтрация сигналов во временной и частотной области.

Инструктаж по технике безопасности приведен в Приложении 1.

Порядок выполнения работы

Амплитудно-частотные спектры сигнала S и помехи N с максимальными значениями A_S и A_N . Сигнал и помеха последовательно проходят через фильтр сейсмоприемника, аналоговый фильтр на входе сейсмической станции и оптимальный (винеровский) фильтр воспроизведения. Их амплитудно-частотные характеристики обозначены как H_C, H_3 и H_B .

Для полезной волны и помехи рассчитать и изобразить эффект их прохождения через сейсмический приемник, аналоговой фильтр записи и цифровой фильтр Колмогорова – Винера.

Таблица 1 Масштабы построения

Величина	Масштаб	Величина	Масштаб
f	1 см – 10 Гц	t	1 см – 20 мс
S, N	1 см – 0,2	s, n	$A_N = 1$

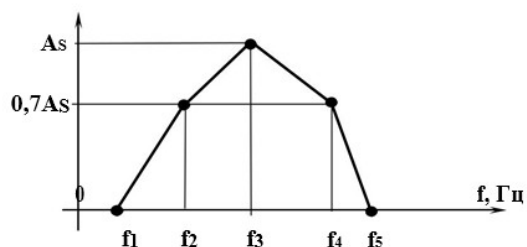
--	--	--	--

1. Постройте спектры сигнала и помехи

Постройте по данным варианта заданий спектры сигнала и помехи.

Спектры задаются пятью точками: в точках f_1 и f_5 – нулевое значение спектра, в точках f_2 и f_4 – 0,7 от максимума, в точке f_3 – максимум (рис 2).

Рисунок 2 Пример построения спектра сигнала



С шагом Δf , равным 5 Гц, найдите значения спектров сигнала и помехи и занесите их в таблицу 2 (рис 3).

Рисунок 3 Определение дискретных значений спектров

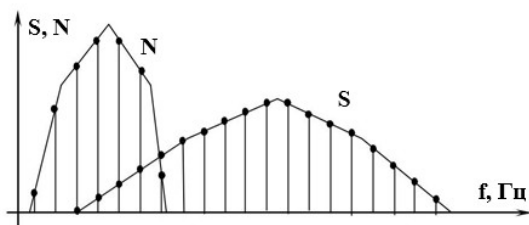


Таблица 2 Определение дискретных значений спектров

k	$k\Delta f$	S	N
1	5		
2	10		
3	15		
...	...	...	...

2. Постройте импульсы сигнала и помехи s, n на оси времени t

Импульсы сигнала и помехи представляет собой один период синусоиды T_s, T_n с амплитудами a_s, a_n . Видимый период T определяется по преобладающей частоте f , соответствующей максимуму спектра.

$$T_s = \frac{1}{f(S = \max)}; T_n = \frac{1}{f(N = \max)}$$

Амплитуды сигнала и помехи рассчитываются по дискретным значениям спектров

$S(k\Delta f), N(kf)$:

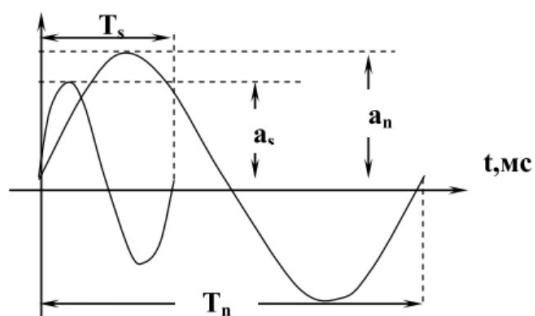
$$a_s = \sqrt{\sum_{k=1}^m S^2(k\Delta f)}; a_n = \sqrt{\sum_{k=1}^m N^2(k\Delta f)}$$

$k\Delta f$ – дискретные значения частоты,
 m – число ненулевых значений спектра.

Постройте на одной оси времени импульсы сигнала и помехи (рис 4).
Оцените отношение сигнал/помеха до фильтрации на канале регистрации и

обработки: $K = \frac{a_s}{a_n}$

Рисунок 4 Импульсы сигнала и помехи



3. Постройте частотную характеристику регистрирующего канала

H_P

Регистрирующий канал состоит из сейсмоприемника H_C и фильтра записи H_3 . Частотные характеристики этих преобразователей соответствуют ФВЧ и действуют на сигнал и помеху последовательно. Следовательно, их частотные характеристики перемножаются:

$$H_P(k\Delta f) = H_C(k\Delta f) * H_3(k\Delta f)$$

Рисунок 5 Определение частотной характеристики регистрирующего канала H_P , как произведения характеристик сейсмоприемника H_C и фильтра записи H_3

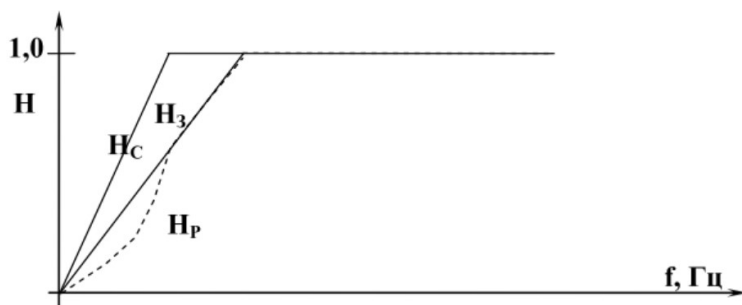
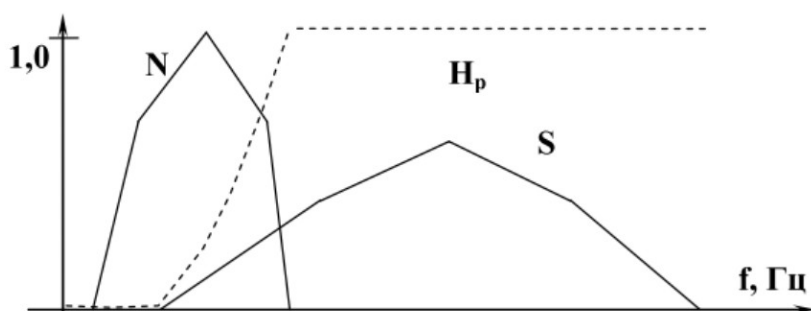


Рисунок 6 Вычисленная частотная характеристика регистрирующего канала и спектры волн до фильтрации



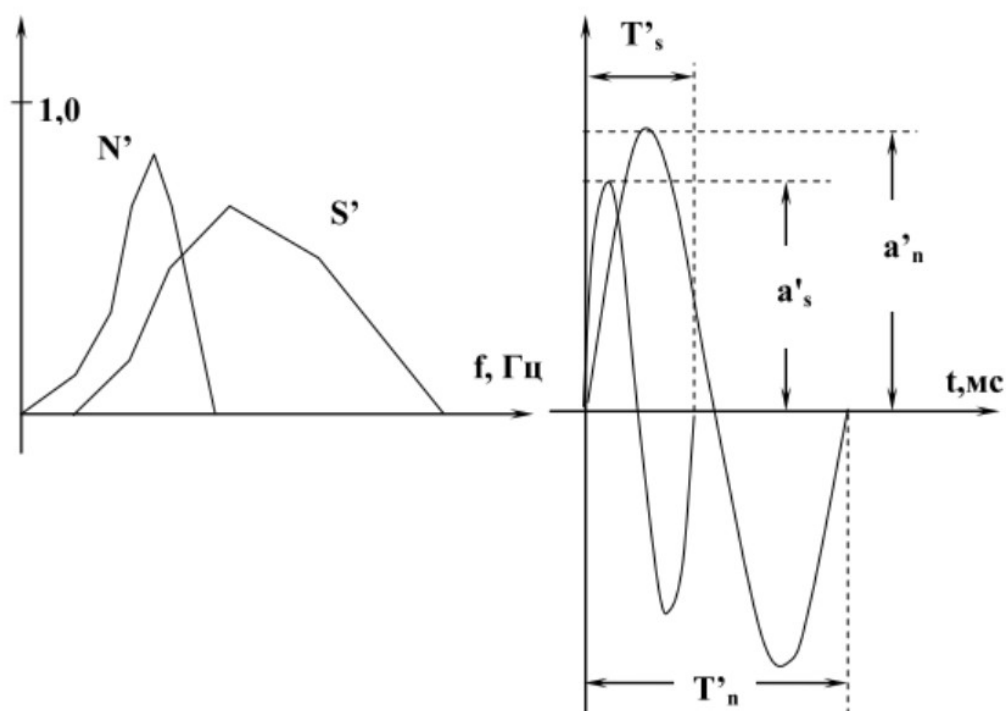
4. Постройте спектры и временные аналоги профильтрованных волн

волн

Фильтрация в частотной области – это умножение спектров сигнала и помехи на спектр оператора фильтра – частотную характеристику регистрирующего канала H_P :

$$S'(k\Delta f) = S(k\Delta f) * H_P(k\Delta f); N'(k\Delta f) = N(k\Delta f) * H_P(k\Delta f);$$

Рисунок 7 Спектры отфильтрованных сигналов и их аналоги во временной области



Амплитуда и частота временных аналогов спектров S' и N' определяются по формулам пункта 2. Эффективность фильтрации K_p оценивается по отношению сигнал/помеха до и после фильтрации:

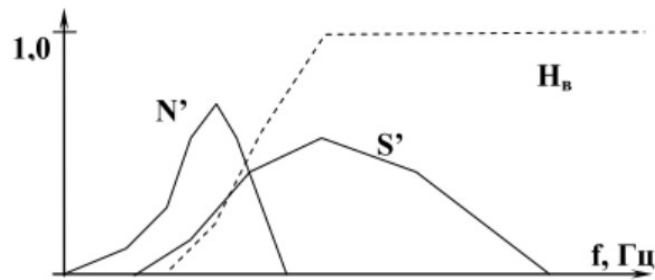
$$K_p = \frac{a'_s}{a'_n} / K$$

5. Постройте частотную характеристику винеровского фильтра H_B

данной работе для цифровой фильтрации используются согласованный оптимальный фильтр воспроизведения. Характеристика винеровского фильтра рассчитывается по дискретным значениям спектров сигнала и помехи, профильтрованных в регистрирующем канале S' и N' :

$$H_B = \frac{S'^2(k\Delta f)}{S'^2(k\Delta f) + N'^2(k\Delta f)}$$

Рисунок 8 Частотная характеристика оптимального винеровского фильтра

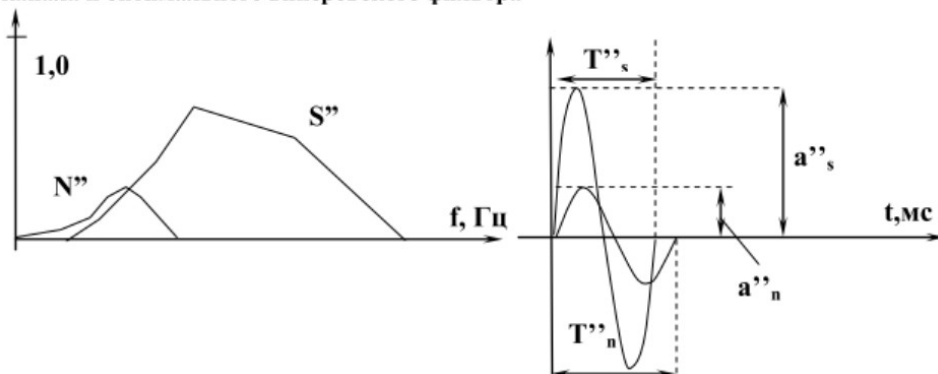


6. Постройте спектры волн после применения винеровского фильтра

Фильтрация в частотной области и расчет временных аналогов производится по формулам пунктов 3 и 5.

$$S'' = S' (k\Delta f) * H_B(k\Delta f) ; N'' = N'(k\Delta f) * H_B(k\Delta f) ;$$

Рисунок 9 Сигнал и помеха после применения фильтра регистрирующего канала и оптимального винеровского фильтра



Эффективность применения оптимального фильтра K_B оценивается по

$$K_B = \frac{a''_s}{a''_n} / K_p$$

выражению:

Эффективность всей обработки K_Σ оценивается сравнением первоначального отношения сигнал/помеха к отношению после всех

$$K_{\Sigma} = \frac{a''_s}{a''_n} / K$$

описываемых процедур:

Исходные данные

Варианты заданий

№ вар.	S - спектр сигнала						N - спектр помехи						f _c	f ₃
	A _s	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄	f ₅	A _N	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄	f ₅		
1	0,3	5	22	33	55	75	0,9	0	3	10	20	30	20	20
2	0,4	5	25	40	60	80	1,1	2	5	16	24	35	30	30
3	0,4	10	20	35	55	90	1,2	0	5	20	25	35	30	25
4	0,3	10	25	45	60	90	1,0	0	2	14	25	40	20	25
5	0,5	5	20	32	45	70	1,1	3	10	15	23	35	20	30
6	0,3	5	20	35	60	85	1,2	0	5	18	25	40	20	25
7	0,5	8	24	38	65	90	1,1	3	8	20	30	40	10	20
8	0,4	5	15	35	65	85	1,0	0	5	20	25	35	20	30
9	0,5	5	24	36	50	70	0,9	0	5	15	30	40	30	30
10	0,3	10	25	40	65	90	1,1	0	2	18	25	45	30	40
11	0,4	8	22	42	60	80	1,2	1	10	14	30	40	20	30
12	0,5	10	20	33	50	75	1,1	2	5	16	27	30	10	20

Оформление лабораторной работы

Каждый студент, выполнивший лабораторную работу, должен оформить отчет и предоставить его на защиту.

Отчет должен содержать:

- Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы и даты выполнения работы.
- Название и цель работы.
- Пояснительную записку с формулами и результатами расчетов.

- Выводы, вытекающие из результатов работы.
- Графические построения выполненные в программе AutoCAD или подобных, либо на миллиметровой бумаге в указанных масштабах.

Контрольные вопросы

1. Что такое фильтрация? Задачи, решаемые фильтрацией.
2. Виды фильтров.
3. Понятие частотной характеристики фильтра.
4. Фильтрация в частотной и временной области.
5. Расчет оптимального фильтра воспроизведения в частотной области.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ИНСТРУКТАЖ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

К выполнению практических работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж по охране труда при работе в компьютерном классе для обучающихся согласно инструкции ИОТ-УИ-274-13, утвержденной ректором СКФУ.

1. Общие требования охраны труда

1.1. К самостоятельной работе с ПЭВМ допускаются обучающиеся после прохождения ими инструктажа на рабочем месте, обучения безопасным методам работ и проверки знаний по охране труда.

1.2. Обучающиеся обязаны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, установленные в университете, требования инструкций по охране труда:

по оказанию доврачебной медицинской помощи пострадавшим ИОТ- МЦ -08-13;

по пожарной безопасности в СКФУ ИОТ-УКБ-Об-13;

для операторов и пользователей ПЭВМ, работников, занятых эксплуатацией ПЭВМ и видео дисплейных терминалов ИОТ-УИ-05-13.

1.3. Запрещается употреблять во время учебно-воспитательного процесса алкогольные напитки, а также приходить на занятия в состоянии алкогольного, наркотического или иного опьянения.

Курить запрещено в компьютерных классах, учебных корпусах и студенческих общежитиях.

Курить разрешается на территории университета только в специально оборудованных местах.

1.4. При работе с ПЭВМ рекомендуется организация перерывов на 10 - 15 мин. через каждые 45 - 60 мин. работы.

1.5. При работе на ПЭВМ могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы:

Физические:

- повышенные уровни электромагнитного, рентгеновского, ультрафиолетового, инфракрасного излучения;
- повышенный уровень статического электричества;
- повышенные уровни запыленности воздуха рабочей зоны;
- уровень положительных и отрицательных аэронов в воздухе рабочей зоны;
- неравномерность распределения яркости в поле зрения;
- повышенная яркость светового изображения;
- повышенный уровень пульсации светового потока;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- повышенный или пониженный уровень освещенности;
- повышенный уровень прямой и отраженной блескости;
- повышенный уровень ослепленности;
- повышенные энергетические потоки света;
- несоответствие параметров микроклимата нормам.

Химические:

- повышенное содержание в воздухе рабочей зоны двуокиси углерода, озона, аммиака, фенола, формальдегида и полихлорированных бифенилов.

Психофизиологические:

- напряжение зрения и внимания; интеллектуальные и эмоциональные нагрузки;
- длительные статические нагрузки;
- монотонность труда; большой объем информации обрабатываемой в единицу времени;
- нерациональная организация рабочего места.

Биологические:

- повышенное содержание в воздухе рабочей зоны микроорганизмов.

1.6. Запрещается находиться в компьютерном классе в верхней одежде, а также принимать пищу.

1.7. Обучающийся должен знать месторасположение первичных средств пожаротушения и уметь ими пользоваться.

1.8. Обучающийся должен знать местонахождения медицинской аптечки, правильно пользоваться медикаментами и уметь оказать доврачебную медицинскую помощь пострадавшим.

1.9. При несчастном случае на производстве обучающийся обязан:

- устранить травмирующий фактор (если это возможно);
- оказать первую медицинскую помощь пострадавшему;
- при необходимости вызвать скорую медицинскую помощь или организовать доставку пострадавшего в медицинское учреждение;
- немедленно сообщить о случившемся администратору, преподавателю, заведующему кафедрой;
- сохранить до начала расследования несчастного случая обстановку, какой она была на момент происшествия, если это не угрожает жизни и здоровью окружающих и не приведет к аварии или возникновению иных чрезвычайных обстоятельств, а в случае невозможности ее сохранения - зарисовать сложившуюся обстановку (составить схемы, провести фотографирование или видеосъемку).

1.10. При работе с ПЭВМ обучающиеся должны соблюдать правила личной гигиены.

1.11. Работа в компьютерном классе разрешается исключительно в присутствии преподавателя или технического персонала компьютерного класса.

1.12. Запрещается присутствие в помещении компьютерного класса посторонних лиц.

1.13. По всем вопросам, связанным с работой вычислительной техники следует обращаться к техническому персоналу компьютерного класса.

2. Требования охраны труда перед началом работ

2.1. Перед началом работы пользователь ПЭВМ обязан:

- осмотреть и привести в порядок рабочее место, освободив его от посторонних предметов;
- убедиться в достаточности освещенности, отсутствии отражений на экране, отсутствии встречного светового потока;
- проверить комплектность компьютера;
- проверить правильность установки стола, стула, положения оборудования, угла наклона экрана, положения клавиатуры.

2.2. При подключении компьютера необходимо соблюдать следующую последовательность включения оборудования:

- включить блок питания или источник бесперебойного питания (если есть);
- включить периферийные устройства (принтер, монитор, сканер и др.);
- включить питание системного блока или иного оборудования.

2.3. Запрещается приступать к работе при:

- нарушении целостности корпуса компьютера, монитора, клавиатуры, мыши;
- обнаружении неисправности оборудования;
- отсутствии защитного заземления устройств ПЭВМ;
- отсутствии огнетушителя и аптечки первой помощи в компьютерном классе;
- нарушении гигиенических норм размещения мониторов.

3. Требования охраны труда во время работы

3.1. Во время работы на ПЭВМ обучающийся обязан:

- аккуратно обращаться с клавиатурой;
- держать открытыми все вентиляционные отверстия устройств;

- соблюдать расстояние от глаз до экрана в пределах 60-80 см;
- следить, чтобы кабель (шнур) ПЭВМ был защищен от случайного повреждения и соприкосновения с горячими и сырыми поверхностями.

3.2. Пользователю ПЭВМ во время работы запрещается:

- дотрагиваться до экрана монитора и вращать монитор;
- работать с ПЭВМ при снятом корпусе;
- во избежание внутреннего перегрева и выхода ПЭВМ из строя закрывать во время работы вентиляционные отверстия посторонними предметами или чехлами;
- оставлять включенный ПЭВМ без присмотра;
- самостоятельно вскрывать корпус монитора, системного блока;
- самостоятельно разбирать монитор, системный блок, клавиатуру, мышь;
- самостоятельно переключать силовые питающие кабели проводов связи с периферийными устройствами на задней крышке корпуса системного блока и монитора;
- отключать штепсельные разъемы;
- подключать в цепь нулевого провода предохранители;
- заземлять компьютер на батарею парового или водяного отопления;
- переключать разъёмы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- производить отключение питания во время выполнения активной задачи;
- оказывать механические усилия (наступать ногами, дергать)' силовые питающие кабели и за провода связи с периферийными устройствами;
- ударять сильно по клавишам клавиатуры;
- работать грязными руками;
- касаться одновременно экрана монитора и клавиатуры (возможен разряд повышенного электростатического потенциала);

- прикасаться к задней панели системного блока (возможно поражение электрическим током);
- допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, клавиатуры;
- загромождать верхние панели устройств бумагами и посторонними предметами; подвергать монитор воздействию прямых солнечных лучей или других источников тепла;
- устанавливать системный блок на полу непосредственно у ног пользователя ПЭВМ, в зоне повышенной влажности и повышенного содержания пыли;
- передвигать столы с оборудованием, переставлять оборудование на столах.

3.3. Необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

- не прикасаться одновременно к металлическим частям ПЭВМ и устройствам, имеющим естественное заземление (радиаторы отопления, водопроводный кран и т.д.).
- во избежание повреждения соединительного провода клавиатуры работать с клавиатурой только на столе.
- при размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2.0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1.2 м.

3.4. Помещение для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение.

3.5. Рабочие столы рекомендуется размещать таким образом, чтобы видео дисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам и естественный свет падал преимущественно слева.

3.6. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

3.7. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана.

3.8 Должен быть обеспечен свободный доступ к сетевому выключателю ПК и розетке.

3.9. Рабочие места с ПЭВМ не должны размещаться вблизи силовых кабелей, технологического оборудования.

3.10. Необходимо систематически проветривать помещение с ПЭВМ - во время перерывов с обязательным выходом из него обучающихся.

3.11. По всем вопросам, связанным с неисправностями в вычислительной технике следует обращаться к преподавателю или техническому персоналу компьютерного класса.

4. Требования охраны труда в аварийных ситуациях

4.1. Пользователь ПЭВМ обязан немедленно отключить электропитание:

- во всех случаях обнаружения обрыва проводов питания, неисправности заземления, элементов электрооборудования, запаха гари и т. п.)
- при возникновении «дрожания» изображения (рябь, покачивание, подергивание);
- при обнаружении человека, попавшего под напряжение, (немедленно) освободить его от действия тока, оказать до прибытия врача потерпевшему первую медицинскую помощь;
- при повреждении штепсельного соединения кабеля (шнура) или его защитной трубки;
- в случае внезапного прекращения подачи электроэнергии;
- при появлении не характерного для работы ПЭВМ шума;
- при появлении дыма или запаха, характерного для горячей изоляции.

4.2. При возгорании оборудования отключить питание и принять меры к тушению очага пожара имеющимися первичными средствами пожаротушения в соответствии с инструкцией по пожарной безопасности.

4.3. При любой аварии или аварийной ситуации, которая может привести к аварии или несчастному случаю, обучающийся обязан сообщить преподавателю или техническому персоналу компьютерного класса.

5. Требования охраны труда по окончании работ

5.1. Закрыть активные задачи.

5.2. Убедиться, что в дисковом нет дискеты или диска.

5.3. Провести завершение работы.

5.4. Выключить периферийные устройства и монитор.

5.5. Отключить питание системного блока.

5.6. Выполнить упражнение для глаз, шеи, спины в течении 1-2 минут.

5.7. Привести в порядок рабочее место.

5.8. О всех замеченных неполадках сообщить преподавателю или техническому персоналу компьютерного класса.

5.9. По окончании работы сдать свое рабочее место с ПЭВМ преподавателю или техническому персоналу компьютерного класса.

Создание нового проекта RadExPro и загрузка данных

Обработка данных в программе RadExPro происходит в рамках обрабатываемых проектов. Проект

представляет собой базу данных, содержащую исходные сейсмические данные, промежуточные и

окончательные результаты обработки, а также все потоки обработки и их параметры, таблицы

скоростей, пикировки горизонтов и другую вспомогательную информацию. Каждый проект и все

принадлежащие к нему файлы хранятся в отдельной папке на жестком диске. Перед тем как

приступать к обработке сейсмических данных в RadExPro, данные нужно загрузить в проект.

Ниже, в пунктах 1-7 мы описываем по шагам как создать новый проект RadExPro.

Дальше, в пунктах 8-14 рассказывается, как загрузить в созданный проект сейсмические данные.

Создание нового проекта

1. Запустите RadExPro. В предыдущих версиях ОС Windows доступ к программе можно

получить через меню Start (Пуск), All programs (Все программы) /DECO Geophysical, в ОС Windows 8

требуется перейти на экран Start (Пуск)/All applications (Все приложения)/DECO Geophysical.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Боганик, Г. Н. Сейсморазведка : учебник для вузов / Боганик Г. Н., Гурвич И. И.; Рос. гос. геологоразв. ун-т. Ассоц. научно-техн. и делового сотр. по геофиз. иссл. и работам в скважинах. - Тверь: АИС, 2006. - 744 с.: ил. - Гриф: Доп. МО для спец. "Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых". - Предм. указ.: с. 711- 729. - Библиогр.: с. 730-733. - 1000 экз. - ISBN 1810-5599.

Дополнительная литература:

1. Бондарев В. И., Сейсморазведка / - Екатеринбург.: ИРА УТК, 2007. - 704 с.
2. В.К. Хмелевской. Геофизические методы исследования земной коры. Кн.1: Методы прикладной и скважинной геофизики. Учебник. – Дубна: Международный университет природы, общества и человека «Дубна». –1997, 276с., с ил.
3. В.К. Хмелевской. Геофизические методы исследования земной коры. Кн.2: Региональная, разведочная, инженерная и экологическая геофизика. Учебное пособие. – Дубна: Международный университет природы, общества и человека «Дубна». –1999, 184с., с ил.

Интернет-ресурсы:

1. <http://www.geophone.com/> - Сайт компании Sensor;
2. <http://www.iongeo.com/russia/> - Сайт компании ION;
3. <http://www.sercel.com/> - Сайт компании SERSEL;
4. <http://www.ymg.ru/> - Сайт ГНЦ «Южморгеология».

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
СЕЙСМОРАЗВЕДКА**

Специальность
Специализация

21.05.02 Прикладная геология
Геология месторождений нефти и газа

Содержание

ВВЕДЕНИЕ		
1	Общая характеристика самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины	
2	План-график выполнения самостоятельной работы	
3	Методические рекомендации по изучению теоретического материала	
4	Методические рекомендации по организации работы с литературой	
5	Критерии оценивания компетенций	

ВВЕДЕНИЕ

Современные стандарты подготовки специалистов предусматривают значительный объем внеаудиторной работы. Освоение программы курса предполагает получение, как теоретических знаний, так и формирование навыков практической работы. Поэтому самостоятельная работа в рамках курса ориентирована как на теоретический, так и на практический аспект.

Самостоятельная работа студентов – это выполнение теоретических и практических заданий студентами по усвоению изучаемой дисциплины «Сейсморазведка».

Дидактические цели самостоятельных занятий:

- формирование профессиональных умений;
- формирование умений и навыков самостоятельного умственного труда;
- мотивирование регулярной целенаправленной работы по освоению специальности;
- развитие самостоятельности мышления;
- формирование убежденности, волевых черт характера, способности к самоорганизации;
- овладение технологическим учебным инструментом.

Самостоятельная работа включает те разделы курса, которые не получили достаточного освещения на лекциях по причине ограниченности лекционного времени и большого объема изучаемого материала.

Методическое обеспечение самостоятельной работы дисциплине состоит из:

- 1) Определения учебных вопросов, которые студенты должны изучить самостоятельно;
- 2) Подбора необходимой учебной литературы, обязательной для проработки и изучения;
- 3) Поиска дополнительной научной литературы, к которой студенты могут обращаться по желанию, если у них возникает интерес в данной теме;
- 4) Определения контрольных вопросы, позволяющих студентам самостоятельно проверить качество полученных знаний;
- 5) Организации консультаций преподавателя со студентами для разъяснения вопросов, вызвавших у студентов затруднения при самостоятельном освоении учебного материала.

Самостоятельная работа студента – это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;
- освоение собственной информации и ее логическая переработка;
- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля

1 Общая характеристика самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Сейсморазведка»

Цель дисциплины: формирование ОПК-7.

Задачи дисциплины:

- Формирование знаний физических и геологических основ сейсморазведки, представлений о способах решения прямой и обратной задач сейсморазведки, методах и модификациях сейсморазведки;
- Формирование знаний об устройстве и принципах работы сейсморазведочной аппаратуры;
- Формирование навыков использования современной сейсморазведочной аппаратуры при проведении сейсморазведочных работ;
- Формирование навыков планирования, проектирования, организации и проведения 1D, 2D, 3D и 4D сейсморазведки.

Дисциплина Б1.О.34 «Сейсморазведка» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений. Ее освоение происходит в 6,7 семестре.

Основными видами самостоятельной учебной деятельности студентов являются:

- 1) предварительная подготовка к аудиторным занятиям, в том числе и к тем, на которых будет изучаться новый, незнакомый материал.
- 2) своевременная доработка конспектов лекций;
- 3) подбор, изучение, анализ и при необходимости – конспектирование рекомендованных источников по учебным дисциплинам;
- 4) выяснение наиболее сложных, непонятных вопросов и их уточнение во время консультаций;
- 5) подготовка к контрольным занятиям и экзамену;
- 6) систематическое изучение периодической печати, научных монографий, поиск и анализ дополнительной информации по учебным дисциплинам.

Виды самостоятельной работы по дисциплине «Сейсморазведка» могут быть разделены на основные (аудиторные) и дополнительные (внеаудиторные).

Основные виды самостоятельной работы выполняются в обязательном порядке с последующим контролем результатов преподавателем, который проводит практические занятия в студенческой группе.

Дополнительные (внеаудиторные) виды самостоятельной работы выполняются по заданию преподавателя без его непосредственного участия.

Дополнительные виды самостоятельной работы по дисциплине «Сейсморазведка» рекомендуются тем студентам, которые наиболее заинтересованы в изучении этой дисциплины.

К основным (обязательным) видам самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Сейсморазведка» относится:

- а) самостоятельное изучение теоретического материала;
- б) подготовка к лабораторным работам
- в) подготовка к практическим занятиям
- г) подготовка к экзамену.

2 План-график самостоятельной работы студентов по дисциплине «Сейсморазведка»

Виды и содержание самостоятельной работы; формы их контроля

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Объем часов
Подготовка к лекциям	Конспект	Устный опрос	15
Подготовка к лабораторным работам	Отчет о выполненных	Защита отчетов	15

	работах		
Подготовка к практическим занятиям	Отчет по презентациям	Защита отчетов	12
Итого за 6,7 семестр			42

3 Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельное изучение теоретического материала по дисциплине «Сейсморазведка» предусмотрено на всём протяжении курса. Такая работа сопровождает лекционные, практические и лабораторные занятия, промежуточный и итоговый контроль, и в то же время является отдельным видом самостоятельной работы студента.

Источниками для самостоятельного изучения теоретического курса по дисциплине «Сейсморазведка» выступают:

- учебники по предмету;
- курсы лекций по предмету;
- учебные пособия по отдельным темам;
- научные статьи в периодической геологической печати и рекомендованных сборниках;
- научные монографии.

В ходе лекций раскрываются основные вопросы в рамках рассматриваемых тем, делаются акценты на наиболее сложные и интересные положения изучаемого материала, которые должны быть приняты студентами во внимание. Материалы лекций являются основой для подготовки студентов к практическим занятиям.

Работа с конспектом лекций

Просмотрите конспект сразу после занятий. Отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.

Каждую неделю отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам и тестам. Умение студентов быстро и правильно подобрать литературу, необходимую для выполнения учебных заданий и научной работы, является залогом успешного обучения. Самостоятельный подбор литературы осуществляется при подготовке к семинарским, лабораторным занятиям, при написании курсовых работ, научных рефератов.

Выполнение СРС на занятиях с проверкой результатов преподавателем позволяет студентам усваивать изучаемый материал более глубоко, меняется отношение к лекциям, так как без понимания теории предмета, без хорошего конспекта трудно рассчитывать на успех в решении заданий. Это улучшает посещаемость как практических, так и лекционных занятий.

При подготовке к лекциям-беседам тема сообщается студентам заранее. Участники дискуссии делятся на группы по 8 человек, в течение 10—15 мин подготавливают свой вариант решения проблемы. Следующим этапом дискуссии является выступление представителей от каждой группы из 8 человек и защиты своего варианта решения. В конце общего обсуждения ведущий подводит итоги дискуссии, дает оценку совместно найденного варианта решения.

4 Методические рекомендации по организации работы с литературой

Изучение и анализ литературных источников является обязательным видом самостоятельной работы студентов. Изучение литературы по избранной теме имеет своей задачей проследить характер постановки и решения определенной проблемы различными авторами, аргументацию их выводов и обобщений, провести анализ и систематизировать

полученный материал на основе собственного осмысления с целью выяснения современного состояния вопроса.

Проработка отобранного материала обязательно должна идти с одновременным ведением записей прочитанного и своих замечаний. Запись может иметь как форму конспекта, так и выписок, а также картотеку положений, тезисов, идей, методик, что в дальнейшем облегчит классификацию и систематизацию полученного материала. Такого рода записи являются лучшим способом накопления и первичной обработки материала, одной из обязательных форм организации умственного труда.

Планом удобно пользоваться при подготовке к устному выступлению по выбранной теме. Каждый пункт плана должен раскрывать одну из сторон избранной темы, а весь план должен охватывать ее целиком.

Тезисы предполагают сжатое изложение основных положений текста в форме утверждения или отрицания. Они являются более совершенной формой записей и представляют основу для дискуссии. К тому же их легко запомнить.

Аннотация – краткое изложение содержания – дает общее представление о работе.

Резюме кратко характеризует выводы, главные итоги источника.

Конспект является наиболее распространенной формой ведения записей. Основную ткань конспекта составляют тезисы, дополненные доказательствами и рассуждениями. Конспект может быть текстуальным, свободным или тематическим. Текстуальный представляет собой цитатник с сохранением логики работы и структуры текста. Свободный конспект основан на изложении материала в том порядке, который более удобен автору. В этом смысле конспект представляет собирание воедино мыслей, разбросанных по всей книге. Тематический конспект может быть составлен по нескольким источникам, где за основу берется тема, интерпретируемая по-разному.

Экономии времени дает использование при записях различного рода сокращений, аббревиатуры и т.д. многие используют для регистрации исследуемых тем систему карточек. Преимущество карточек в том, что тема там излагается очень сжато, и они очень удобны в использовании, т.к. их можно разложить на столе, перегруппировать и без труда найти искомую тему.

5 Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические компетенции сформированы, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал курса, умеет увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе дополнительный материал, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. Если студент может охарактеризовать связь геоморфологии с геологией, физической географией, геодезией, астрономией, умеет представлять динамику геотектонических процессов, формирующих геологическое строение основных структурно-тектонических элементов земной коры; умеет выбирать наиболее оптимальные направления поисково-разведочных работ на нефть и газ для повышения их эффективности; владеет навыками сравнительного анализа геологического строения и нефтегазоносности провинций и областей различного типа для практической деятельности специалиста.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу

излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Если студент знает закономерные связи рельефа поверхности и геологического строения регионов; типы четвертичных образований и их размещения на площади; умеет читать геологические карты, выполнять графические документы горно-геологического содержания в различных видах проекций; владеет способностью анализировать и обобщать фондовые геологические.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические компетенции в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных задач выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Если студент обладает знаниями особенностей геологического строения крупных регионов России; типов рельефа; умеет собирать и обрабатывать фондовую и опубликованную геологическую информацию; владеет методами графического изображения горно-геологической информации, терминологической базой дисциплины – системой понятий и определений, образующих фундаментальную научную основу дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному. Если он знает содержание и задачи дисциплины, обладает умением графически отображать залежи с помощью карт и профильных разрезов по скважинам, владеет способностью обобщать и анализировать полученные данные.

Описание шкалы оценивания

Промежуточная аттестация в форме экзамена предусматривает проведение обязательной экзаменационной процедуры и оценивается 40 баллами из 100. Минимальное количество баллов, необходимое для допуска к экзамену, составляет 33 балла. Положительный ответ студента на экзамене оценивается рейтинговыми баллами в диапазоне от 20 до 40 ($20 \leq S_{\text{экз}} \leq 40$), оценка **меньше 20** баллов считается неудовлетворительной.

Шкала соответствия рейтингового балла экзамена 5-балльной системе

Рейтинговый балл по дисциплине	Оценка по 5-балльной системе
35 – 40	Отлично
28 – 34	Хорошо
20 – 27	Удовлетворительно

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
*Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования*

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Сейсморазведка»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению курсового проекта**

Ставрополь, 2026

Методические указания посвящены вопросам организации курсового проектирования по дисциплине «Сейсморазведка»

Подробно изложены требования к содержанию и оформлению текстовой и графической частей курсового проекта, определены критерии оценки.

Составитель: Л.С. Мкртчян

Рецензент: А.-Г.Г. Керимов

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Цели и задачи курсового проектирования.....	4
2.	Формулировка задания.....	5
3.	Содержание и объем курсового проекта.....	6
4.	Типовая структура курсового проекта.....	7
5.	Содержание основных разделов расчетно-пояснительной записки.	8
6.	Оформление курсового проекта.....	1
		2
7.	Рекомендации по организации работ. Примерный календарный план выполнения курсового проекта.....	1
		4
8.	Защита курсовых проектов.....	1
		4
9.	Критерии оценки курсовых проектов.....	1
		5
10.	Список рекомендуемой литературы.....	1
		6

Курсовой проект (КП) по дисциплине «Сейсморазведка» выполняется после прохождения учебных геологической, геолого-съёмочной и геофизической практик параллельно с изучением соответствующей дисциплины и является важнейшим связующим звеном в цепи: теоретическое обучение – производственные практики – дипломное проектирование.

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовой проект по дисциплине «Сейсморазведка» ставит своей целью:

- систематизацию, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по специальности и применение этих знаний при решении конкретных научных, технических и производственных задач;
- развитие навыков самостоятельной работы, работы со специальной литературой, проведения исследований и экспериментов, использования компьютерных средств, при решении поставленных в курсовом проекте задач и анализе полученных результатов;
- выявление подготовленности студента к самостоятельной работе в условиях современного производства;
- развитие навыков самостоятельной работы по проектированию сейсморазведочных работ;
- закрепление знаний по геофизической аппаратуре при проведении сейсмических исследований;
- углубленное изучение методики сейсморазведочных работ;
- совершенствование навыков графического оформления результатов проектирования, расчетов и экспериментов;
- изучение специальных вопросов в области первичной обработки и контроля качества полевого материала;

Курсовой проект является самостоятельной творческой работой студента. За принятые в курсовом проекте решения и за правильность всех данных отвечает студент – автор курсового проекта.

2 ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ

Курсовой проект выполняется на основании фондовых геологических и геофизических материалов, отражающих особенности геологического строения конкретной площади.

Темы КП:

1. Проект сейсморазведочных работ МОГТ-3Д на Озек-Суатском месторождении Ставропольского края с целью детального изучения геологического строения выявленных объектов;
2. Проект сейсморазведочных работ МОГТ-3Д с целью выделения нефтегазоперспективных объектов на Восточно-Безводненском месторождении Ставропольского края;
3. Проект сейсморазведочных работ МОГТ-3Д с целью разведки Журавского месторождения Ставропольского края;
4. Проект сейсморазведочных работ МОГТ-3Д с целью выделения нефтегазоперспективных объектов на Землянском участке Оренбургской области;
5. Проект сейсморазведочных работ МОГТ-3Д с целью выделения нефтегазоперспективных объектов на Поварницком участке Республики Коми;
6. Проект сейсморазведочных работ МОГТ-3Д с целью выявления и прослеживания тектонических нарушений на Астраханском газоконденсатном месторождении;
7. Проект сейсморазведочных работ МОГТ-3Д на Каменно-Балковском месторождении Ставропольского края с целью детального изучения геологического строения выявленных объектов;

8. Проект сейсморазведочных работ МОГТ-3Д с целью поисков и оценки месторождений полезных ископаемых на Сунженском участке Республики Ингушетия;

9. Проект сейсморазведочных работ МОГТ-3Д с целью поисков и оценки месторождений углеводородного сырья на Марьинском участке Ставропольского края;

10. Ставропольского края Проект сейсморазведочных работ МОГТ-3Д на Величаевско-Колодезном месторождении Ставропольского края с целью детального изучения геологического строения выявленных объектов;

11. Проект сейсморазведочных работ МОГТ-3Д на Тромьеганском участке ХМАО с целью детализации структуры выявленных объектов;

12. Проект сейсморазведочных работ МОГТ-3Д с целью уточнения структуры выявленных объектов на Густореченском участке ХМАО – Югры;

13. Проект сейсморазведочных работ МОГТ-3Д на Мегионском месторождении нефти ХМАО - Югры с целью детального изучения геологического строения выявленных объектов.

3 СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Тематика курсовых проектов, как правило, выбирается с привязкой к участкам, на которых ведется разработка месторождений нефти и газа и доразведка запасов углеводородов (УВ). Темы курсовых проектов рассматриваются на заседании кафедры нефтегазовой геофизики, при необходимости корректируются и предлагаются студентам геофизической специальности.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графического материала. Расчетно-пояснительная записка должна в четкой форме раскрывать творческий замысел автора, содержать описание принятых

методов исследований, расчетов и сами расчеты в рамках проведенных экспериментов, их анализ и выводы по ним. Расчетно-пояснительная записка выполняется по типовой схеме, структура которой приводится ниже. В случае необходимости руководитель проекта по согласованию с кафедрой может ее изменить путем введения дополнительных разделов без изменения типовой структуры проекта.

4 ТИПОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

- Титульный лист;
- Задание на курсовой проект;
- Содержание;
- Основная часть;
- Список иллюстраций;
- Список графических приложений.

В основную часть курсового проекта входят:

4.1 ВВЕДЕНИЕ

4.2 ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

- Географо-экономическая характеристика района работ;
- Геолого-геофизическая изученность;
- Геолого-геофизическая характеристика разреза;
- Тектоника;
- Нефтегазоносность;
- Геологические задачи проектируемых работ.

4.3 СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

- Характеристика участка работ;
- Физико-геологические предпосылки постановки геофизических работ;
- Обоснование выбранного метода для решения геологических задач.

4.4 ПРОЕКТНЫЙ РАЗДЕЛ

- Методика и техника полевых сейсморазведочных работ МОГТ-3Д:

- Система наблюдения и сеть профилей;
- Источники сейсмических колебаний;
- Приемники сейсмических колебаний;
- Сейсморегистрирующая аппаратура;
- Дополнительное оборудование;
- Методика проведения полевых работ;

– Вспомогательные работы:

- Топогеодезические работы;
- Организация радиосвязи в партии.

– Первичная полевая обработка и оценка качества сейсморазведочных данных.

4.5 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

4.6 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.

5 СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Содержание

Указываются все разделы проекта с постраничной разметкой, приводится перечень графических приложений расчетно-пояснительной записки, а также перечень демонстрационных графических приложений.

Введение

Во введении описывается актуальность рассматриваемой методики сейсморазведочных работ, формулируются цель и задачи курсового проектирования.

Геологический раздел

Геологическая часть курсового проекта включает 6 подразделов и дает наиболее общие представления о геологической и геофизической изученности,

литолого-стратиграфических, тектонических особенностях площади (региона) проектируемых работ и ее (его) нефтегазоносности.

– Географо-экономическая характеристика

Характеризуется рельеф, речная сеть, барометрические условия, штормовая обстановка экватории, климат, растительный и животный мир, населенные пункты, проходимость площади. Подробно описываются средства связи и пути сообщения с базой, ее обустроенность, экономические объекты района, наличие лесных массивов и с/х угодий, способы доставки грузов, водоснабжение, обеспечение необходимым оборудованием.

Объем раздела 2 – 3 стр. к разделу прилагается карта (схема) района работ.

– Геолого-геофизическая изученность

По видам работ (геологическая съемка, сейсморазведка, гравиразведка, электроразведка, магниторазведка, бурение, ГИС и др.) в хронологическом порядке по стоящим задачам и итогам их выполнения приводятся результаты исследований. Отмечается сопоставление данных геофизики и бурения с результатами научно-исследовательских работ. Оценивается эффективность и недостатки проведенных исследований. В заключении необходимо сделать вывод: степень изученности, основные нерешенные проблемы, что предполагается решить в результате проведения проектируемых работ.

Объем раздела 3 – 5 стр.

– Геолого-геофизическая характеристика разреза

В традиционной форме, по международным и местным стратиграфическим единицам (группа, система, отдел, ярус, свита, горизонт и др.) дается геолого-геофизическая характеристика разреза площади (района) проектируемых работ.

Снизу-вверх (от более древних к молодым) приводятся типы и характер чередования горных пород, их структурные и текстурные особенности, принадлежность пород к основным литотипам, содержание в них отдельных минеральных компонент. Указываются пределы изменения мощностей пластов,

литологическая выдержанность или причины литологической замещенности. Приводится литолого-стратиграфический разрез участка работ.

Объем раздела 4 – 5 стр.

– *Тектоника*

На основе общепринятой (производственной или по литературным источникам) схемы тектонического районирования приводятся с обязательной ссылкой на авторов структурно-тектонические особенности строения площади или района работ (приуроченность к крупным структурным элементам, наличие глубинных разломов, системы разрывных нарушений). Кратко дается анализ перерывов и несогласий в разрезе осадочного чехла. Производится описание тектонических этажей или комплексов, дается их детальная характеристика (условия залегания, соотношение структурных планов, типы и размеры складчатых структур и разрывов).

Раздел иллюстрируется схемой тектонического районирования, структурными картами, геологическими разрезами, объем раздела 3 – 4 стр.

– *Нефтегазоносность*

На основе тесной взаимосвязи со схемой тектонического районирования приводится описание всего иерархического ряда нефтегазогеологического районирования (провинция – НГП, область – НГО, район – ЗНГН, месторождение, залежь).

Далее необходимо осветить этажную нефтегазогеологическую зональность, стратиграфическую приуроченность этажей или комплексов.

Раздел сопровождается схемой нефтегазогеологического районирования.

Объем раздела 3 – 4 стр.

– *Геологические, задачи проектируемых работ*

Раздел является обобщающим по всей геологической части, тесно с ней связан и включает краткие выводы о степени геолого-геофизической изученности, геологического строения площади проектируемых работ и сопредельных территорий. На основании этого четко определяются нерешенные

вопросы и намечаются главные, восполняющие, опережающие и сопутствующие геологические и технические задачи, которые будут решены в результате проектируемых сейсморазведочных работ.

Объем раздела 1 – 2 стр.

Специальный раздел

Специальная часть курсового проекта носит аналитический характер и должна содержать описание участка работ, анализ физико-геологических предпосылок постановки сейсморазведочных работ, обоснование предлагаемой методики сейсморазведочных работ для решения поставленных геологических задач.

Для снижения степени неоднозначности решения геологической задачи особое внимание необходимо уделить возможности комплексной интерпретации геологических, геофизических материалов, данных бурения и результатов анализа керна. Объем раздела 5 – 10 стр.

Проектный раздел

Проектная часть имеет целью подробное описание методики и техники полевых сейсморазведочных работ МОГТ-3Д с использованием материалов, полученных при проектировании системы сейсмических наблюдений с помощью специализированного ПО, а также видов и содержания вспомогательных работ, графа первичной полевой обработки и оценки качества сейсморазведочных данных и применяемого для этого современного ПО.

Объем раздела 15 – 20 стр.

Заключение

В заключении необходимо осветить основные выводы, полученные в ходе выполнения курсового проекта.

6 ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Пояснительная записка к проекту должна быть написана разборчивым почерком чернилами одного цвета или напечатана на листах бумаги формата А4 (210 x 297).

Оформление записки должно производиться в соответствии с ГОСТ 2.105-95, соблюдая следующие размеры полей: левое – 30 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм, правое – 15 мм.

Текст записки делят на разделы («Геологический раздел», «Специальный раздел», и т. п.), подразделы (вопросы раздела: «Тектоника», «Методика работ» и т.п.), пункты (дробные части вопросов) в соответствии с ГОСТ 2.105-95.

Заголовки разделов пишут (печатают) симметрично тексту прописными буквами. Заголовки подразделов печатают с абзаца (отступ 1,25) строчными буквами (кроме первой прописной). Переносы слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Каждый раздел начинается с новой страницы.

Слова, написанные на отдельной строке прописными буквами («СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ»), служат заголовками соответствующих разделов, но не нумеруются.

Между заголовками текста должно быть расстояние 15–20мм. Подчеркивать заголовки разделов, подразделов и пунктов не допускается.

Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах записки и обозначаться арабскими цифрами без точки в конце. Подразделы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела, разделенными точкой (например, 2.4).

Таблицы, схемы, графики и другие иллюстрации при необходимости представляют на листах формата А4. Иллюстрации располагаются на отдельных страницах проекта в порядке общей нумерации. Листы формата более А4 помещаются в конце пояснительной записки в порядке их упоминания в тексте. Иллюстрации могут быть представлены в тексте после указания ссылок на них.

Для всех видов иллюстрации (фотографий, схем, графиков) принято название «рисунок» (Рисунок 1.1 – Обзорная карта (схема) района работ). Рисунки нумеруются последовательно в пределах раздела (главы), за исключением иллюстраций, приведенных в приложении. Иллюстрации должны быть выполнены на ЭВМ с помощью графических редакторов либо вручную тушью или фломастером черного цвета. Таблицы нумеруются последовательно в пределах раздела.

Распечатки ЭВМ должны соответствовать формату А4 и включаются в общую нумерацию страниц.

Страницы нумеруются арабскими цифрами в правом нижнем углу, на титульном листе номер не ставят, но его включают в общую нумерацию страниц.

Формулы нумеруются последовательно в пределах раздела, номер указывается в правой стороне листа в круглых скобках, например, (3.4) – четвертая формула раздела три.

Все применяемые в проекте единицы измерения должны соответствовать международной системе единиц СИ (ГОСТ 8.417-2002). Применяемая в проекте терминология сокращения слов и словосочетаний должна отвечать ГОСТ 7.11-78, ГОСТ 7.12-93.

Приводя какие-либо положения, заимствованные из какого-либо документа (источника), необходимо делать ссылку на этот документ. Ссылки на литературу указываются в квадратных скобках по тексту (начиная с [1]). Нумерацию документов и расположение их следует производить в порядке появления ссылки на них в тексте записки. Список использованных источников оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.

Содержание включает наименование всех разделов, подразделов и пунктов (если они имеют наименования) с указанием номеров страниц, на которых размещается начало материала разделов (подразделов, пунктов).

7 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ. ПРИМЕРНЫЙ КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Тема курсового проекта выдаётся студентам не позднее второй недели от начала семестра. Дата выдачи фиксируется в задании на курсовой проект.

Время, отводимое на написание курсового проекта 6-12 недель. В течение этого времени студент при необходимости консультируется с руководителем проекта.

Полностью оформленный курсовой проект, подписанный студентом, представляется руководителю на проверку не позднее 12-й недели. При одобрении пояснительной записки и чертежей к ней руководитель подписывает их к защите. Защита проводится не позднее 14-й недели.

8 ЗАЩИТА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Дата защиты курсовых проектов назначается заранее.

Защита курсовых проектов происходит публично на открытом заседании комиссии, состоящей из трёх членов, в следующей последовательности:

- председатель комиссии представляет комиссии и присутствующим студента, название темы курсового проекта;
- доклад студента (не более 5-7 мин), в котором необходимо осветить задачи проекта, актуальность темы, обосновать эффективность предлагаемой технологии сейсморазведочных работ на основе спроектированной системы наблюдений, выбранной аппаратуры и ПО.
- ответы студента на вопросы комиссии.

При ответе на вопросы студенту разрешается пользоваться пояснительной запиской, если вопрос касается деталей, конкретных данных.

9 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

При защите курсовых проектов оцениваются следующие положения.

- Соответствие объёма выполненного проекта заданию и доля самостоятельной работы студента над проектом.

- Полнота раскрытия темы КП в докладе.

- Качество оформления пояснительной записки и графических приложений.

- Ответы на вопросы членов комиссии.

Курсовой проект оценивается на **«отлично»**, если:

- объём выполненного проекта полностью соответствует заданию, высока доля самостоятельной работы студента;

- доклад студента полностью отражает содержание КП;

- оформление пояснительной записки и графических приложений выполнено на высоком уровне в соответствии с требованиями;

- на все вопросы членов комиссии даны исчерпывающе полные и правильные ответы.

Курсовой проект оценивается на **«хорошо»**, если:

- объём выполненного проекта полностью соответствует заданию, имеются элементы самостоятельной работы;

- в докладе или в оформлении пояснительной записки или графических приложений имеются незначительные погрешности или неточности;

- на отдельные вопросы членов комиссии даны неполные правильные ответы.

Курсовой проект оценивается на **«удовлетворительно»**, если:

- объём выполненного проекта не полностью соответствует заданию, отсутствуют элементы самостоятельной работы;

- содержание курсового проекта не полностью раскрыто в докладе;

- низкое качество оформления пояснительной записки и графических приложений;

- на большинство вопросов членов комиссии не дано правильных ответов.

Защита курсового проекта может быть оценена **«неудовлетворительно»** в случаях:

- содержание проекта в докладе не раскрыто;

– на большинство вопросов членов комиссии не дано правильных ответов.

Курсовой проект **не допускается к защите**, если:

- объём выполненного проекта не соответствует заданию, отсутствуют обязательные разделы КР;
- оформление пояснительной записки и графических приложений не соответствует требованиям.

10 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

10.1 Список основной литературы

1. Бондарев В. И. Основы сейсморазведки. Учебное пособие для вузов. Екатеринбург: Издательство УГГТА 2007 г.
2. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка: Издательство АИС, Тверь, 2006 г., 744 с.

10.2 Список дополнительной литературы

1. Потапов О. А. Технология полевых сейсморазведочных работ. - М.: Недра, 1987. - 309 с.
2. Ермаков А.П., Ли В.О., Гриневский А.С. Сейсморазведка. Пособие по сейсморазведочной практике. Часть 1. Наземная сейсморазведка. М., 2014 г.
3. Сейсморазведка. Справочник геофизика. Под ред. Гурвича И.И., Номоконова В.П. Недра, Москва, 1981 г., 464 с.
4. Летавин А. И. Тектоника и нефтегазоносность Северного Кавказа / А. И. Летавин, В. Е. Орел, С. М. Чернышев [и др.]. – Москва: Наука, 1987. – 94 с.
5. Опытнo-методические работы по геологическому изучению недр Ставрополья на основе совершенствования машинной обработки и интерпретации ГИС. Отчет по теме 17/91, Ставрополь, 1991, 109 с.

6. Гайнанов В.Г. Практикум по обработке данных сейсморазведки МОВ-ОГТ. Руководство к практическим занятиям по курсу «Сейсморазведка». М.: Изд-во МГУ, 2016.
7. <https://rfgf.ru> – сайт Российского федерального геологического фонда (Росгеолфонд).
8. www.vsegei.ru – сайт Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ).
9. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
10. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.
11. ГОСТ 7.11-78. Система информационно-библиографической документации. Сокращение слов и словосочетаний на иностранных европейских языках в библиографическом описании произведений печати.
12. ГОСТ 7.12-93. Систематический стандарт по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись сокращений слов на русском языке. Общие требования и правила.