

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

С.И.МИХЕЕВ

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА ПО СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

Учебное пособие для студентов обучающихся
по направлению подготовки 05.03.01 «Геология»

Издательство «Научная Книга»

2019

Михеев С.И.

Учебная практика по сейсморазведке: Учебное пособие / Изд-во «Научная книга». - Саратов, 2019, - 42 с.

ISBN 978-5-9758-1705-1

В пособии приводятся материалы, необходимые для прохождения учебной практики по сейсморазведке. Приведены, в частности, сведения об организации практики, теоретических основах метода преломленных волн (МПВ), используемой аппаратуре и оборудовании, методике полевых наблюдений. Описан граф обработки и интерпретации наблюдаемых данных, требования к оформлению отчетной документации.

Предназначено для студентов геологического факультета СГУ.

Рекомендовано к изданию кафедрой геофизики Саратовского государственного университета.

ISBN 978-5-9758-1705-1



ISBN 978-5-9758-1705-1

© С.И.Михеев, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИКИ	5
2. ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН	6
3. АППАРАТУРА И ОБОРУДОВАНИЕ	16
4. МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ	29
5. ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПОЛЕВЫХ ДАННЫХ	33
6. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА	39
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	42

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И. П. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие составлено применительно к программе учебной геофизической практики для студентов геологической специальности Саратовского госуниверситета. В нем изложены общие сведения об организации учебной практики, физико-геологические основы МПВ, методике полевых наблюдений, используемых аппаратуре и оборудовании, обработке и интерпретации наблюденных данных, требования к содержанию и оформлению отчета по практике.

При составлении учебного пособия использован многолетний опыт автора по проведению учебной геофизической практики, учтены возможности имеющегося на кафедре геофизики технического обеспечения.

По мнению автора, пособие может оказаться также полезным для геофизиков, проводящих полевые малоглубинные сейсмических наблюдения методом преломленных волн (МПВ).

Автор будет благодарен за замечания, которые могут возникнуть при ознакомлении с настоящим учебным пособием. Их следует направлять на кафедру геофизики Саратовского госуниверситета.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИКИ

При прохождении учебной практики по сейсморазведке учебные группы разбиваются на бригады по 3 – 5 человек, в каждой из которых избирается бригадир. Он распределяет обязанности студентов в бригаде во время полевых и камеральных работ, организует проведение полевых экспериментов и камеральные работы.

Во время прохождения практики студенты должны иметь при себе линейку, шариковую ручку, простой карандаш средней твердости, разлинованную в клеточку тетрадь, калькулятор либо ноутбук.

Практика проводится в три этапа: ознакомительный, полевой и камеральный.

На ознакомительном этапе студенты знакомятся с физико-геологическими основами МПВ, методикой и аппаратурном обеспечении полевых наблюдений, требованиями техники безопасности при проведении полевых геофизических работ, методикой обработки и интерпретации наблюденных данных. Прохождение инструктажа по технике безопасности подтверждается собственноручными подписями студентов в журнале.

Полевой этап заключается в проведении полевых наблюдения МПВ. Эти наблюдения выполняются в окрестности г. Саратова вблизи поселка Зональный либо поселка Мирный (конкретное место уточняется преподавателем). До места проведения полевых наблюдений студенты добираются самостоятельно. Полевые эксперименты проводятся каждой из сформированных бригад. Для избежания организационных проблем бригады прибывают на место отработки зондирований МПВ согласно предварительно составленному и согласованному со студентами графику.

На камеральном этапе происходит обработка и интерпретация полученных в поле материалов, оформление и сдача каждой бригадой отчета о результатах учебной практики.

Зачет по учебной практике ставится с учетом оценки преподавателем содержания и оформления отчета, результатов устного собеседования с членами каждой из бригад.

2. ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН

Сейсмическая разведка включает в себя комплекс методов исследований геологического строения земной коры, основанных на изучении особенностей распространения в ней упругих волн. Вызванные взрывом или другим способом упругие волны, распространяясь от источника колебаний претерпевают процессы отражения, преломления и рассеяния. Это приводит к тому, что часть сейсмической энергии возвращается к поверхности Земли, где вызывает сравнительно слабые колебания. Данные колебания регистрируются специальной аппаратурой. Полученные записи подвергаются обработке с применением вычислительной техники. Анализируя полученные после обработки результаты специалист-геофизик может определить глубину залегания, форму и свойства слоев, на поверхности которых произошло отражение или преломление упругих волн.

Сейсмические методы широко используются при решении задач региональной геологии, поисках и разведке различных полезных ископаемых, выполнении инженерно-геологических изысканий. Глубина исследования меняется в широких пределах.

Используемые в сейсморазведке сейсмические волны представляют собой механические колебательные движения, распространяющиеся в виде деформаций, то есть изменения взаимного положения частиц среды. В теории сейсмических волн среда обычно считается упругой. Это означает, что после прохождения волны частицы среды возвращаются в исходное равновесное состояние.

Сейсмические волны разделяются на поверхностные и объемные. Возникновение и распространение поверхностных волн обусловлено существованием границы раздела упругих свойств земля — воздух. Объемные волны могут возникать безотносительно к наличию или отсутствию границ в среде. Объёмными волнами называются потому, что по

мере своего распространения они захватывают все новые объёмы геологического пространства. Причём в любой момент времени в среде можно выделить три области: первая, примыкающая к источнику, где колебания уже произошли и затухли; вторая, где они происходят в данный момент; третья – куда они еще не дошли. Поверхности, разделяющие эти области, называются фронтами волн. Линия, нормальная к фронту сейсмической волны называется сейсмическим лучом.

Объёмные волны могут быть продольными (P) и поперечными (S). Для первых направление смещений частиц совпадает с направлением распространения волны. Для объёмных волн S типа смещения частиц происходят перпендикулярно к направлению распространения волны.

Реальные среды являются поглощающими, т.е. часть энергии волны необратимо переходит в другие её виды, например, в тепловую. Этот необратимый переход части энергии волны в другие виды по мере распространения волн называют поглощением. Поглощение представляет собой частотно – избирательный процесс. Более высокие частоты затухают быстрее. Таким образом, земля работает как фильтр нижних частот. Амплитуда убывает с расстоянием по экспоненциальному закону:

$$A = A_0 e^{-\alpha_n l}, \quad (2.1)$$

где l расстояние в метрах пройденное волной; α – коэффициент поглощения. Обычно $\alpha = \delta f$, где f – частота, δ - коэффициент пропорциональности.

Реальные среды являются не только поглощающими, но и слоистыми. Причем на границах раздела слоев, сложенных различными по скорости распространения в них волн породами, эти волны испытывают преломление и отражение.

В сейсморазведке специалист имеет дело с различными волнами - поверхностными, отражёнными, преломленными, рефрагированными, дифрагированными. Усложняя представление о строении среды, этот

перечень можно продолжать. Например, в многослойных средах распространяются кратные отражённые волны. Кратными называются такие волны, которые испытывают не один, а несколько актов отражения от одной и той же отражающей границы. В нашем случае при прохождении учебной практики реализуется метод преломленных волн. В этой связи основное внимание далее будет уделено условиям образования именно таких волн. Рассмотрение и анализ соответствующих вопросов будет делаться на основе принципов геометрической сейсмологии. Отметим, что более корректной является волновая теория распространения сейсмических волн, но, она является значительно более сложной и менее наглядной. Поэтому при решении практических задач применяется относительно редко.

Процесс распространения сейсмических волн в упругих средах подчиняется ряду важных для теории и практики принципам (постулатам). Согласно *принципу Ферма*, время движения волны по лучу минимально. На основе этого принципа можно определить форму сейсмических лучей. Так, в однородной изотропной среде, где скорость постоянна ($V=const$) сейсмические лучи представлены прямыми линиями. В неоднородных средах, упругие свойства которых зависят от координат пространства, форма сейсмического луча усложняется. *Принцип Ферма* позволяет определить траекторию таких лучей на основе решения задачи на определение минимума времени пробега волны между двумя точками.

В соответствии с другим принципом - *принципом Гюйгенса* любая точка, взятая на поверхности соответствующей фронту волны, является элементарным источником колебаний. *Принцип Гюйгенса* используется, в частности, для определения положения фронтов волн для разных моментов времени. Пусть фронт волны в некоторый момент времени $t=t_1$ представлен линией l (рис.2.1). Согласно этому принципу, форма фронта волны 2 в момент времени $t_2 = t_1 + \Delta t$ будет представлять собой огибающую к элементарным фронтам волн радиуса $\Delta r = \Delta t V$. Через V здесь обозначена

скорость распространения волны. На обсуждаемом принципе основана группа способов решения прямых и обратных задач сейсморазведки, условно называемая методом полей времен, который широко применяется для интерпретации волновых полей.

Важным принципом геометрической сейсмологии является принцип суперпозиции, согласно которому при наложении (интерференции) нескольких упругих волн их распространение можно изучать по отдельности для каждой волны, пренебрегая влиянием волн друг на друга.

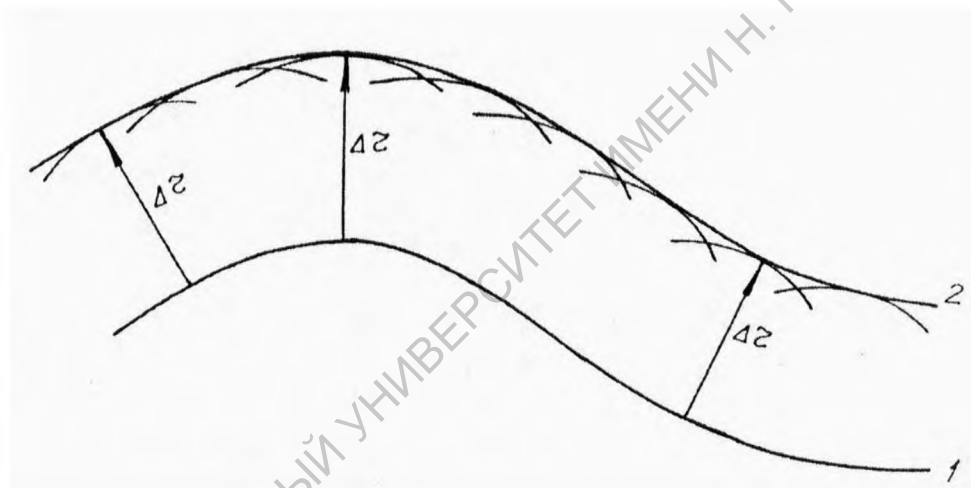


Рис. 2.1. Схема построения фронта волны на основе принципа Гюйгенса

Рассмотрим наиболее простой случай наличия в среде одной границы раздела. В такой модели среды энергия каждой падающей на границу волны распределяется между четырьмя вторичными волнами – двумя отраженными (монотипной и обменной) и двумя преломленными, проходящими дальше в следующие слои (также, монотипной и обменной). Монотипной называется волна, не меняющая своего типа (P или S), а обменной – напротив, меняющей свой тип при встрече с границей раздела (PS или SP). Пример, иллюстрирующий эту ситуацию, показан на рис.2.2.

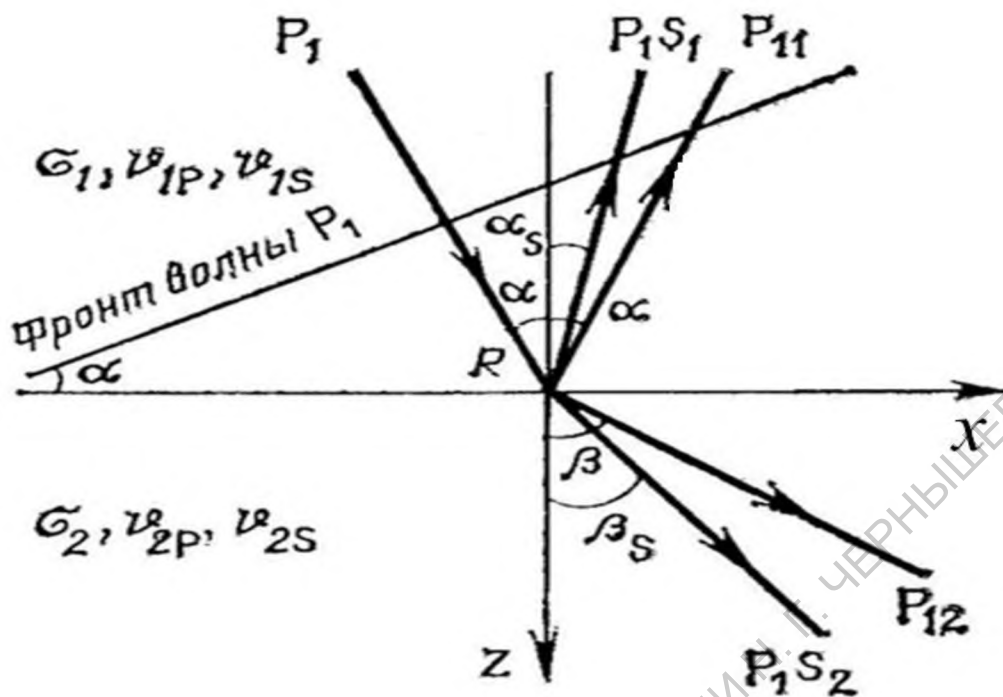


Рис. 2.2. Отражение, прохождение и преломление сейсмических волн на границе раздела

На приведенном рисунке 2.2 V обозначает скорость волн, σ - плотность пород. Сами волны представлены отдельными лучами. При этом углы отсчитываются от нормали к границе. В качестве падающей волны здесь показана продольная в виде луча P_1 . Индекс 1 означает, что она распространяется в верхнем полупространстве (пласт 1), индекс 2 - в нижнем (пласт 2). Здесь же в верхнем полупространстве показаны два отраженных луча - монотипный P_{11} и обменный P_1S_1 , а в нижнем два преломленных (проходящих) P_{12} (монотипный) и P_1S_2 (обменный). Углы падения, отражения и преломления разных волн различаются между собой.

Соотношение, устанавливающее связь между углами падения, отражения, преломления и скоростями распространяющихся волн, называется законом Снеллиуса и записывается в виде

$$\frac{\sin P_1}{V_{P_1}} = \frac{\sin P_{11}}{V_{P_1}} = \frac{\sin P_1S_1}{V_{S_1}} = \frac{\sin P_{12}}{V_{P_2}} = \frac{\sin P_1S_2}{V_{S_2}} = \frac{1}{V^*} \quad (2.2)$$

V^* в формуле (2.2) обозначена так называемая кажущаяся скорость. Из этой формулы следует, что угол отражения монотипной волны равен углу падения. В то же время угол отражения обменной волны P_1S_1 меньше угла падения, поскольку $V_s < V_p$. Отметим, что при нормальном падении, то есть когда луч падающей волны перпендикулярен границе раздела ($\alpha=0$) обменные волны не возникают.

При $\beta = 90^\circ$ луч преломленной волны начнет «скользить» вдоль границы и происходит так называемое полное внутреннее отражение. Соответствующий угол падения волны i называется критическим. Он может быть вычислен по формуле

$$i = \arcsin (V1 / V2). \quad (2.3)$$

Именно при таком угле падения на границу образуется используемая в МПВ преломленная волна. При достижении критического угла преломленная волна перестаёт быть проходящей – она распространяется в прилегающем к границе слое, двигаясь на поперёк, а вдоль напластования пород со скоростью, называемой граничной (обозначается V_{gp}).

Судя по формуле (2.3), очевидным условием существования преломляющих границ и, соответственно условием применения метода преломленных волн является рост скоростей с глубиной. Для рассматриваемого на рис. 2.2 случая двухслойной среды должно выполняться $V2 > V1$.

Одно из современных направлений развития сейсмического метода называется динамической интерпретацией. При такой интерпретации анализируются амплитуды волн и по ним прогнозируются состав и свойства горных пород. Оценить амплитуды отраженной волны или преломленной волн в долях амплитуды падающей волны можно используя коэффициенты отражения и прохождения соответственно. Так, коэффициентами отражения

называют отношения амплитуд $\frac{A_{p_{11}}}{A_{p_1}}$ и $\frac{A_{p_1 S_1}}{A_{p_1}}$. Теоретически доказано, что

при нормальном падении, коэффициент отражения $\frac{A_{p_{11}}}{A_{p_1}}$ равен

$$K_{omp} = \frac{V_{p_1} \sigma_1 - V_{p_2} \sigma_2}{V_{p_1} \sigma_1 + V_{p_2} \sigma_2} \quad (2.4)$$

Произведение скорости на плотность $V\sigma$ называют акустической жесткостью (акустическим импедансом), или волновым сопротивлением. Границы раздела с резкими различиями $V\sigma$ называются резкими (акустически жесткими), от них возникают наиболее сильные отражения. При малоуглубинных исследованиях МПВ, которые проводятся на учебной практике, основное внимание уделяется первой резкой границе, называемой кровлей коренных пород. Она соответствует поверхности водоносного горизонта или линзы водоносных пород.

Для каждой из регистрируемых, в том числе, преломленной волны можно построить годограф. Под годографом понимается зависимость времени прихода волны к пункту приема от удаления источник-приемник.

Рассмотрим далее лучевую схему, иллюстрирующую образование и графическое представление годографа преломленной волны.

Пусть имеется двухслойная среда с однородными слоями (рис. 2.3). Скорость в верхнем слое обозначим через $V1$, во втором – через $V2$. Обозначим границу раздела как R , возбуждение сейсмических колебаний происходит в точке O . В такой случае, фронт волны будет полусферой с центром в точке O . При положении луча отвечающему критическому углу i , произойдет полное внутреннее отражение и на поверхности P будет регистрироваться преломленная волна с годографом 2.

Восходящие лучи преломленной волны имеют один и тот же угол выхода сейсмической радиации на поверхность, т.е. $\alpha = \text{const}$.

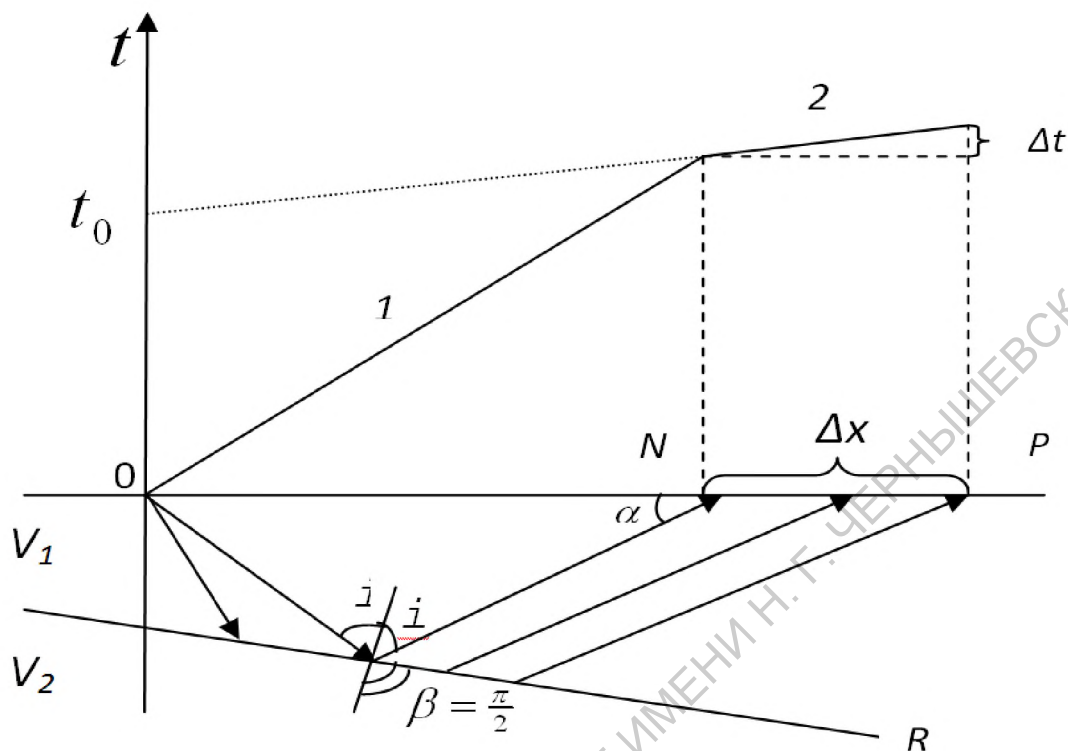


Рис. 2.3 Лучевая схема, иллюстрирующая образование преломленной волны
 1- годограф прямой волны, 2 - годограф преломленной волны; N – начальная точка головной волны; ON – интервал, где головная волна отсутствует (мёртвая зона)

Кажущаяся скорость V^* на поверхности, соответствующая скорости распространения фронта сейсмической волны вычисляется как:

$$V^* = \Delta x / \Delta t. \quad (2.5)$$

Годограф преломленной волны можно записать следующим образом

$$t = t_0 + x / V^*, \quad (2.6)$$

где t_0 – время на пункте возбуждения. Через h обозначена глубина залегания границы раздела на пункте возбуждения упругих колебаний. Отметим, что h определяется по нормали к границе (эхо-глубина). В случае горизонтального залегания границы t_0 равно $2h / V_1$.

Годограф прямой волны, распространяющейся «напрямую» от источника к приемнику.

$$t = \frac{x}{V_1}. \quad (2.7)$$

На практике вводят в рассмотрение и используют при интерпретации параметр t_0 . Численно он равен длине отрезка, отсекаемого годографом преломленной волны на оси времени t . Легко показать, что она может быть вычислена по формуле

$$t_0 = \frac{2h \cos i}{V_1}. \quad (2.8)$$

Здесь h - глубина залегания границы раздела на пункте возбуждения. Из (2.8) следует, что может быть вычислена как

$$h = \frac{V_1 t_0}{2 \cos i}. \quad (2.9)$$

Годограф преломленной волны в случае горизонтального залегания преломляющей границы имеет вид:

$$t = \frac{2h}{V_1} \cos i + \frac{x}{V_1} \sin i. \quad (2.10)$$

При наклонном залегании границы раздела в формуле годографа преломленной волны содержится также угол ее наклона φ .

$$t = \frac{2h}{V_1} \cos i + \frac{x}{V_1} \sin(i \pm \varphi), \quad (2.11)$$

где знаки «+» либо «-» перед φ соответствуют случаю направления системы наблюдения в сторону падения либо восстания границы соответственно.

Обратим внимание на несколько важных для интерпретации обстоятельств:

- кажущиеся скорости преломленной волны по восстанию и падению границы раздела различаются, являются завышенными или заниженными по сравнению со скоростью в нижележащем слое;

- судя по уравнению (2.11), при нахождении пункта возбуждения в пределах расстановки сейсмоприемников линейный продольной годограф преломленной волны при разном направлении системы наблюдений представляет собой две прямолинейные ветви, которые будучи продолженными до пересечения с осью времени t пересекутся в одной точке t_0 ;

- преломленные волны начинают регистрироваться на некотором удалении от пункта возбуждения. Область их отсутствия (мертвая зона) в сторону восстания преломляющей границы меньше, чем в сторону падения. Точка выхода преломленной волны обычно обозначается x_n ;

- преломленная волна на удалении $x > x_n$ от пункта возбуждения всегда приходит раньше отраженной и прямой волн и поэтому она надежно регистрируется в области первых вступлений.

Если скорость упругих волн в среде непрерывно возрастает с глубиной, то возникают так называемые рефрагированные волны. Механизмы образования рефрагированных и преломленных волн имеют много общего. С увеличением скорости с глубиной критический угол падения увеличивается в результате чего рефрагированные волны распространяются по дугообразным лучам и их годографы криволинейны.

3. АППАРАТУРА И ОБОРУДОВАНИЕ

Для производства полевых экспериментов использовалась телеметрическая сейморазведочная система ТЭЛЛС-1 (производство ООО «Велко», г. Москва). Она предназначена для проведения глубинных и малоглубинных сейсмических исследований с записью регистрируемой информации в компьютер типа Notebook в формате SEG-Y. Основная область применения - проведение инженерных исследований с целью изучения строения Земли до глубин 1,5 км.

Функционально система ТЭЛЛС-1 состоит из 24 полевых модулей (ПМ), адаптера линии связи (А) и компьютера (К) (рис. 3.1).

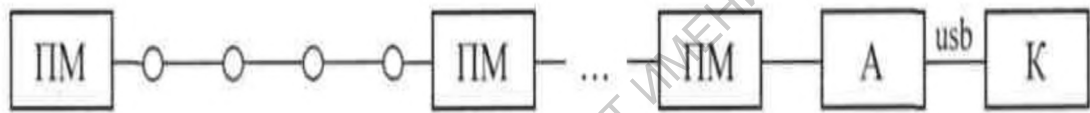


Рис. 3.1. Функциональная схема системы ТЭЛЛС-1

К каждому кабелю (и, соответственно, ПМ) может быть присоединено по 4 сейсмоприемника или группы сейсмоприемников (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Полевой модуль «ТЭЛЛС-1» с присоединенными сейсмоприемниками

При полевых наблюдениях в нашем случае использовались вертикальные сейсмоприемники GS-20DX индукционного типа (рис. 3.3). Они преобразуют механические колебания в электрические, которые и записываются сеймостанцией. Отметим, что вертикальные сейсмоприемники регистрируют преимущественно приходящие снизу продольные волны

Индукционный сейсмоприемник (рис. 3.4) состоит из корпуса (1), к которому прикреплен постоянный магнит (2) изнутри и инертные массы в виде катушки (3), подвешанной на пружине (4). Установленный на грунт сейсмоприемник испытывает совместно с ним колебания. При этом катушка вследствие действия сил инерции смещается относительно корпуса, из-за чего изменяется пронизывающий ее магнитный поток и возникает ЭДС индукции.

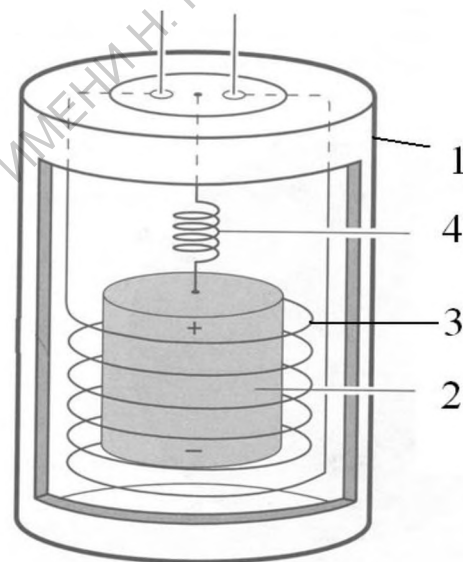


Рис. 3.3. Сейсмоприемник GS-20DX

Рис. 3.4. Устройство индукционного сейсмоприемника

Для установки в грунт к корпусу сейсмоприемника привинчивается специальный штырь-концентратор.

Соединенные между собой телеметрическими кабелями модули ПМ образуют телеметрическую косу. В зависимости от решаемых задач длина телеметрического кабеля может составлять от 4 до 255 м. Количество присоединенных ПМ определяется требуемой канальностью полевой расстановки (в нашем случае - 6 шт., что обеспечивает формирование 24-х канальной расстановки).

Адаптер (А) осуществляет контроль и управление полевыми модулями в соответствии с командами, поступающими с компьютера (К).

Важно отметить, что в системе ТЭЛЛС-1 электрический сигнал, поступивший от сейсмоприёмников, переводится в цифровой вид непосредственно в полевых модулях и затем уже передается на сейсмостанцию в оцифрованном виде. Это обеспечивает значительные преимущества телеметрических систем по сравнению с ранее применявшимися линейными. В последних слабый сигнал передается в аналоговом виде по проводам на очень значительные расстояния и осложняется многочисленными, например, ветровыми помехами.

По своим параметрам система ТЭЛЛС-1 находится на современном техническом уровне и имеет широкие функциональные возможности. Она характеризуется следующими конструктивными и эксплуатационными особенностями:

- телеметрическая установка параметров: коэффициента усиления периода квантования, времени регистрации;
- накопление сейсмического сигнала в полевом модуле;
- визуализация информации во время регистрации;
- телеметрический контроль работоспособности комплекса;
- синхронизация работы сейсмокомплекса и источника возбуждения сейсмических колебаний по радиоканалу;
- управляющая программа работает на платформе WindowsTM PC, что обеспечивает простоту обучения и использование стандартного интерфейса.

Основные технические характеристики системы:

- количество каналов – 96;
- коэффициент взаимных влияний между измерительными каналами не более 110-160 дБ;
- уровень собственных шумов измерительного канала в полосе частот от 0 до 102 Гц не более 0,15 мкВ;
- возможные периоды квантования сейсмического сигнала - 8,4,2,1,0.5 и 0.25 мс;

- диапазон рабочих температур от -40 до +60°C.

Система ТЭЛЛС-1 работает следующим образом. Сигналы, поступающие от сейсмоприемников после команды синхронизации, поступают на вход предварительных усилителей, с устанавливаемыми оператором коэффициентами усиления 1, 4, 16, 64 или 256. После этого сигналы поступают на аналого-цифровой преобразователь и оцифровываются, а затем записываются в оперативную память компьютера и далее на винчестер в формате SEG-Y.

При регистрации применяется система синхронизации работы сейсмостанции и источника по радиоканалу типа SGB-SB (рис. 3.5). Она позволяет начать запись сейсмического процесса сразу в момент возбуждения упругих колебаний. Функцию датчика, устанавливаемого в пункте расположения источника и подающего сигнал о срабатывании источника, в нашем случае выполняет обычный сейсмоприемник GS-20DX.



Рис. 3.5. Система синхронизации сейсмостанции по радиоканалу

Работой системой ТЭЛЛС-1 управляет специальная программа «Tells».

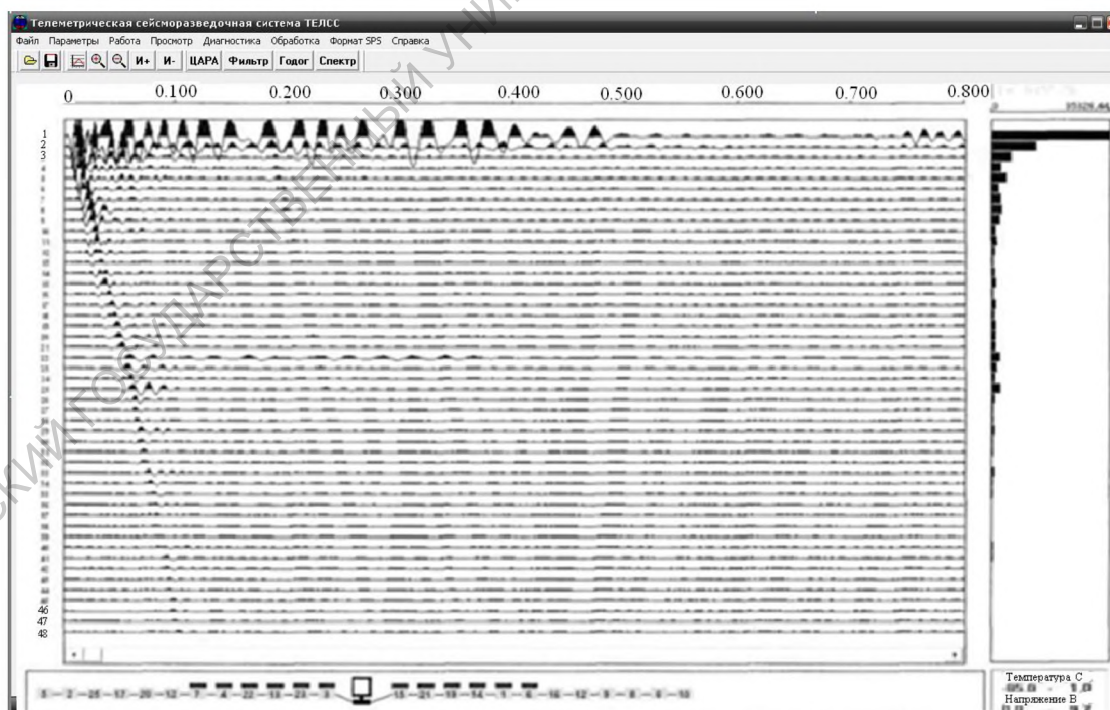
Она обеспечивает выполнение следующих операций:

- диалог с оператором;
- установку состояния модулей (режимы усиления, временной дискретизации, длительности регистрации, работы или самотестирования);

- прием и графическое отображение цифровой информации от активных модулей в рабочем режиме и от всех модулей в диагностическом, регистрацию с накоплением и одновременным графическим отображением принимаемой информации;
- формирование и запись сейсмических трасс в формате «SEG-Y» на жесткий диск;
- тестирование системы с сохранением файла диагностики;
- вывод графического отображения на принтер.

Интерфейс пользователя программы «Telss» (Рис. 3.6) состоит из полосы главного меню, функциональной панели, экрана визуализации с полосой прокрутки, окна гистограмм, информационной панели состояния линий регистрации, информационной панели текущего состояния модулей.

Рис. 3.6. Интерфейс пользователя программы «Telss»



Полоса главного меню (Рис. 3.7) состоит из 7-ми разделов (**Файл**, **Параметры**, **Работа**, **Просмотр**, **Диагностика**, **Формат SPS**, **Справка**).

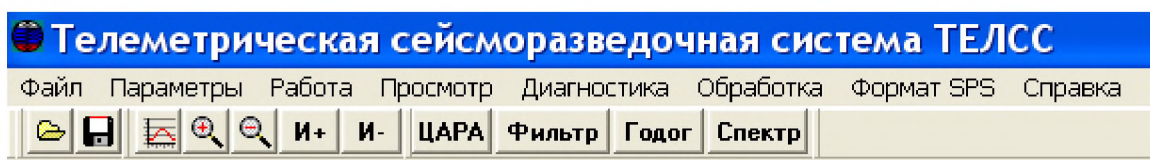


Рис. 3.7. Полоса главного меню.

Разделы меню **Файл** позволяют открыть ранее созданный файл, сохранить зарегистрированный сигнал в файл с любым именем в формате SEG-Y, отредактировать и сохранить, создать, сохранить и распечатать рапорт оператора (рис. 3.8), вывести на принтер графическое отображение сигнала, выйти из программы.

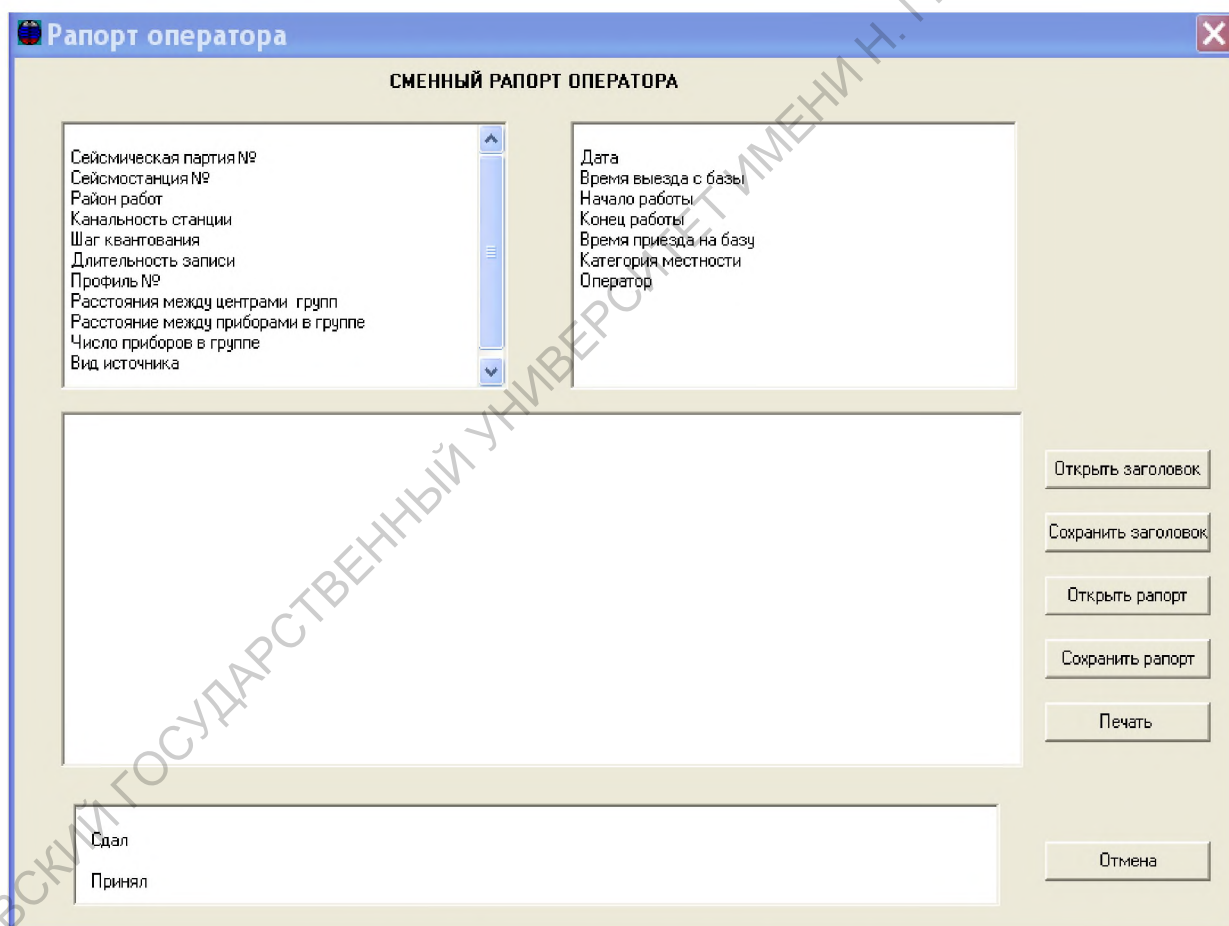


Рис. 3.8. Сменный рапорт оператора

Разделы меню **Параметры** позволяют задавать параметры регистрации, расстановки, дают возможность выбирать методику наблюдений (Таблица 3.1).

Таблица 3.1. Раздел меню **Параметры**.

Команда меню	Пояснение команды
Параметры Регистрации...	Установка коэффициентов усиления, времени дискретизации, количества отсчетов, номеров профилей, числа записей на 1 пикете, количества накоплений, синхронизации (внутренней и внешней), методики регистрации (обычная методика) и методика ОГТ).
Параметры Наблюдения...	Задаются имена линий возбуждения и приема, номера пикетов линий возбуждения и приема.

В разделе меню **Параметры / Регистрации** можно задать коэффициенты усиления (1, 4, 16, 64, 256) для каждого модуля, количество отсчетов (1024, 2048, 4096), время дискретизации в миллисекундах (0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4), количество накоплений (от 1 до 256), количество записей (файлов) на 1 пикете, а также установить внешнюю или внутреннюю синхронизацию.

В разделе меню **Параметры / Наблюдения** можно задавать число линий приема, имена линий приема и возбуждения, номера пунктов возбуждения и приема, начальный номер активных каналов, число активных каналов, направление перемещения.

Разделы меню **Работа** позволяют производить идентификацию модулей и регистрировать сигналы (Таблица 3.2). Окно параметров регистрации приведено на рис. 3.9.

Регистрацию можно закончить при любом количестве накоплений, нажав на клавишу Esc. При этом файл не запишется и, если необходимо сохранить информацию, следует зайти в раздел меню **Файл** и выбрать - **Сохранить** (имя файла задается произвольное).

Таблица 3.2. Раздел меню **Работа**.

Команда меню	Пояснение команды
Работа Идентификация	Идентификация модулей.

Работа Регистрация	Регистрация данных с сохранением в файл.
Работа Перезапись	Повторная регистрация данных с сохранением в предыдущий файл.
Работа Повтор	Регистрация данных с сохранением в файл.

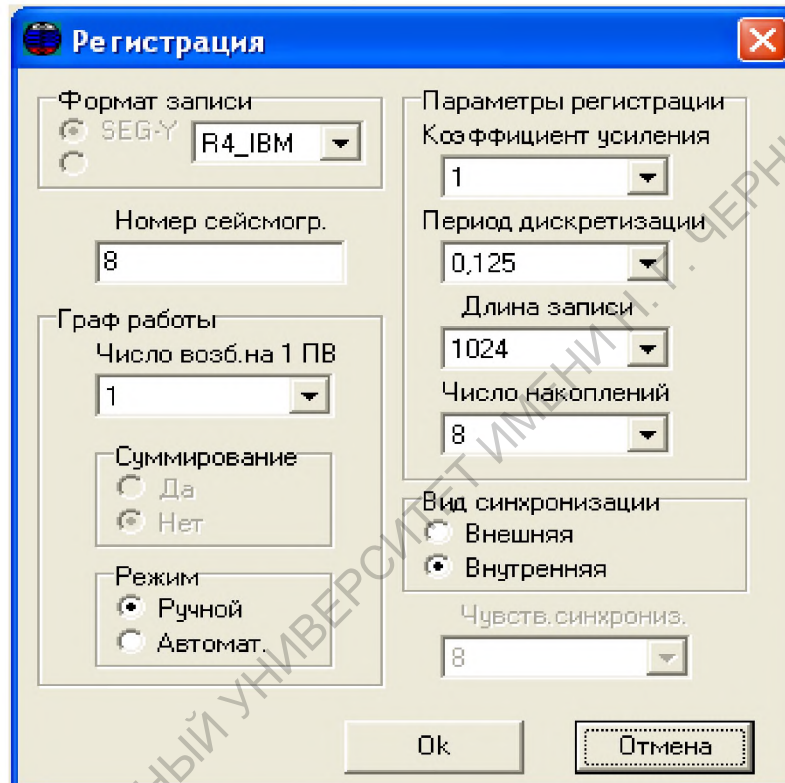


Рис. 3.9. Окно параметров регистрации.

Разделы меню **Просмотр** позволяют выбрать каналы для вывода на экран, вид графического представления информации, подобрать усиление, визуализировать амплитудный спектр сигнала, ограничить его амплитуду, просмотреть файл диагностики.

Разделы меню **Диагностика** (Таблица 3.3) позволяют при помощи различных тестов проверить работоспособность системы и сейсмоприемников, а также записать полученные результаты в файл диагностики. Пример визуализации результатов тестирования приведен на рис. 3.10.

Таблица 3.3. Раздел меню **Диагностика**

Команда меню	Пояснение команды
Диагностика Тест станции Полный тест	Выполняется полный тест станции. Если измеренные параметры превышают допустимые значения, то они выделяются красным цветом.
Диагностика Тест станции Шум	Измерение собственных шумов каналов.
Диагностика Тест станции Коэффициент нелинейных искажений	Регистрация при коммутации входов каналов на синусоидальный сигнал частотой 31,25 Гц и измерение коэффициента нелинейных искажений
Диагностика Тест станции Амплитудная неидентичность	Регистрация при коммутации входов каналов на синусоидальный сигнал частотой 31,25 Гц и измерение амплитудной неидентичности.
Диагностика Тест станции Фазовая неидентичность	Регистрация при коммутации входов каналов на синусоидальный сигнал частотой 31,25 Гц и измерение фазовой неидентичности.
Диагностика Тест станции Взаимное влияние четные / нечетные	Регистрация при коммутации входов четных каналов на синусоидальный сигнал частотой 31,25 Гц и измерение взаимных влияний на нечетных.
Диагностика Тест станции Взаимное влияние нечетные / четные	Регистрация при коммутации входов нечетных каналов на синусоидальный сигнал частотой 31,25 Гц и измерение взаимных влияний на четных.
Диагностика Тест косы Шум	Измерение шумов на открытых каналах.
Диагностика Тест косы Коэффициент нелинейных искажений	Измерение коэффициента нелинейных искажений на открытых каналах
Диагностика Тест косы Контроль сейсмоприемников	Проверка положения сейсмоприемников.

Диагностика Сопротивление	Тест косы	Измерение сопротивлений сейсмоприемников.
Диагностика Микросейсм		Просмотр микросейсма.
Диагностика Тест модулей		Измерение напряжения и температуры модулей.

Канал	Шум [мкВ]	КНИ [%]	Ампл.неид. [%]	Фаз.неид. [мкс]	Взаим.вл. [дБ]
1	0,09	0,002	-0,06	-	-127,30
2	0,08	0,003	-0,15	-0,03	-127,43
3	0,08	0,003	-0,13	0,01	-124,14
4	0,08	0,003	0,13	0,26	-127,39
5	0,08	0,003	-0,20	0,30	-125,76
6	0,08	0,003	-0,31	0,25	-128,23
7	0,08	0,002	0,00	16,71	-135,04
8	0,08	0,003	0,04	16,66	-125,17
9	0,08	0,003	-0,21	16,70	-122,36
10	0,08	0,003	-0,15	16,68	-126,95
11	0,07	0,003	0,18	16,72	-124,42
12	0,08	0,003	-0,59	16,59	-123,37
13	0,09	0,003	0,08	-1,42	-129,85
14	0,08	0,004	-0,15	-1,42	-126,96
15	0,08	0,003	-0,15	-1,44	-120,93
16	0,08	0,004	0,25	-1,45	-129,74
17	0,08	0,003	0,15	-1,49	-135,83
18	0,08	0,003	-0,16	-1,48	-122,02
19	0,09	0,003	-0,01	-10,51	-124,41
20	0,08	0,003	-0,31	-10,55	-118,37
21	0,08	0,003	0,20	-10,56	-118,28
22	0,08	0,003	-0,43	-10,49	-125,69
23	0,08	0,003	-0,34	-10,56	-130,63
24	0,08	0,003	-0,05	-10,53	-127,69

Рис. 3.10. Окно результатов тестирования

Разделы меню **Обработка** позволяет произвести фильтрацию сигналов и просмотреть результаты, произвести суммирование трасс, их инвертирование. Пример задания параметров частотной фильтрации оказан на рис. 3.11. Примеры заданий на суммирование трасс, их инвертирование и редактирование можно видеть на рис. 3.12, 3.13 и 3.14 соответственно.

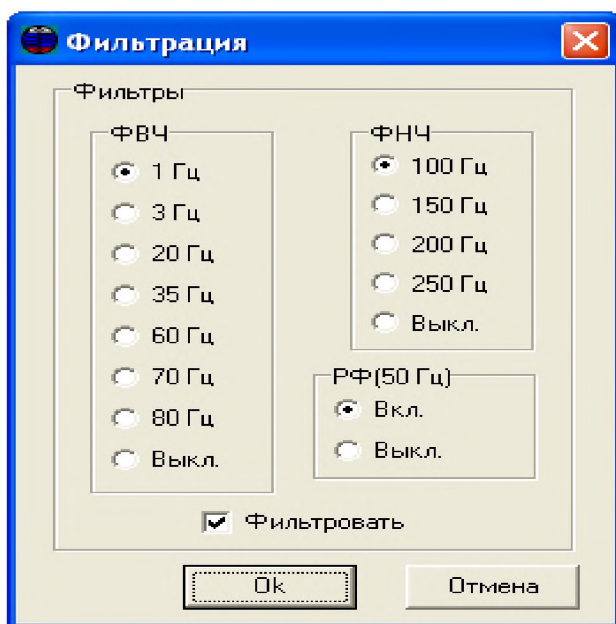


Рис. 3.11. Окно фильтрации

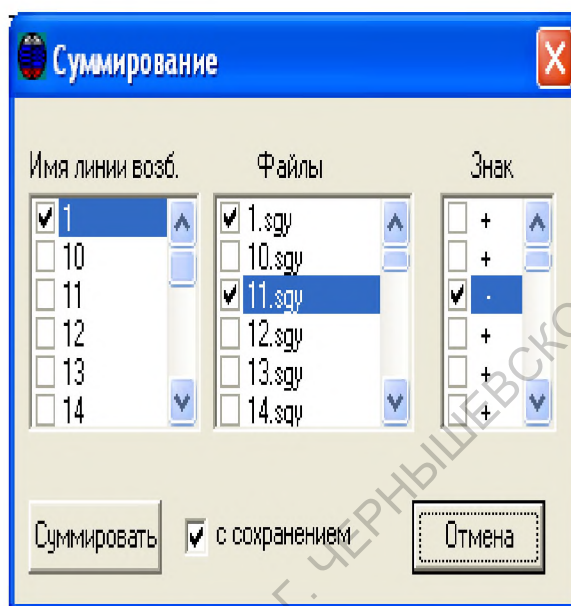


Рис. 3.12. Окно суммирования

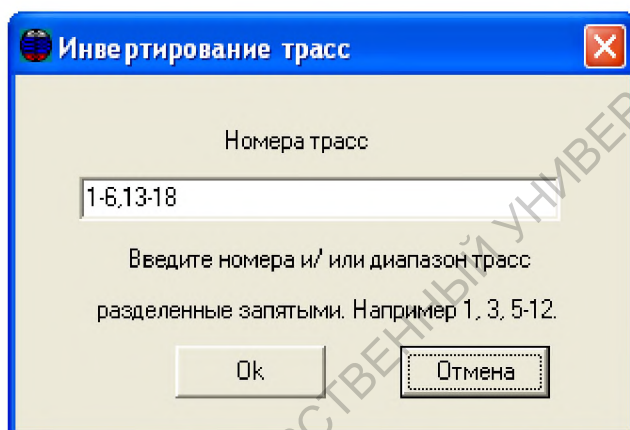


Рис. 3.13. Окно инвертирования трасс

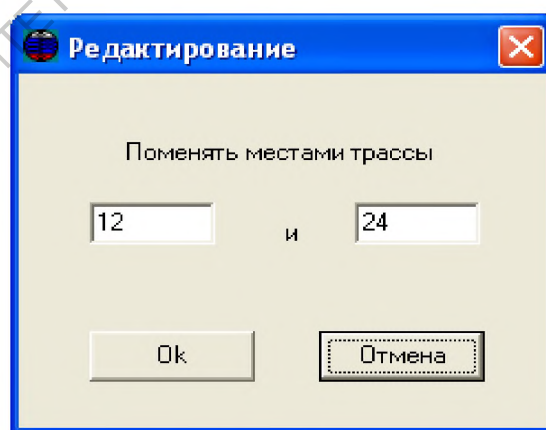


Рис. 3.14. Окно редактирования трасс

Разделы меню **Формат SPS** обеспечивают возможность описать и сохранить в файле геометрию наблюдений (положение источников и приемников).

В разделах меню **Справка** содержатся данные о станции, ее параметрах, о работе программы и контактные телефоны.

Функциональная панель программы (рис. 3.15) состоит из быстрых кнопок и двух информационных строковых экранов.

Быстрые кнопки используются для ускоренной работы с программой и приводятся в действие с помощью манипулятора «мышь».



Рис. 3.15. Функциональная панель программы «Telss»

Быстрые кнопки;

1. Загрузка ранее сохраненного файла в формате SEG-Y- клавиша (F2);
2. Сохранение зарегистрированного сигнала в файл в формате SEG-Y -клавиша (F3);
3. Изменение формата вывода сигнала на экран - клавиша (F);
4. Увеличение амплитуды сигнала, выведенного на экран - клавиша (+);
5. Уменьшение амплитуды сигнала, выведенного на экран - клавиша (-);
6. Включение автоматической регулировки амплитуд для просмотра сигнала;
7. Увеличение коэффициента интерполяции сигнала, выведенного на экран;
8. Уменьшение коэффициента интерполяции сигнала, выведенного на экран;
9. Просмотр спектров зарегистрированных сигналов;
10. Вывод окна для редактирования трасс.

Информационные строковые экраны:

Информационные строковые экраны используются для вывода информации.

11. Вывод имени файла, информация из которого в данный момент визуализирован на экране;
12. Вывод информации о параметрах регистрации: коэффициенты усиления, количество отсчетов, период дискретизации, число

накоплений.

Окно гистограмм

В правой части экрана располагается окно гистограмм значений среднеквадратичного отклонения в микровольтах или единицах АЦП, шкалы диапазона их значений и строковый экран, в котором при щелчке мышью на столбик, отображается величина сигнала, соответствующая выбранному каналу.

Информационная панель состояния линий регистрации

В нижней части экрана располагается панель состояния линий регистрации, на которой схематично отображаются все модули, которые ответили борту при команде идентификации. Красным маркером помечаются активные каналы. При выборе на гистограмме канала соответствующий модуль на панели состояний линий регистрации окрашивается в желтый цвет и появляется текстовая информация о местоположении этого канала. Примеры вариантов подключения модулей представлены на рис. 3.16.

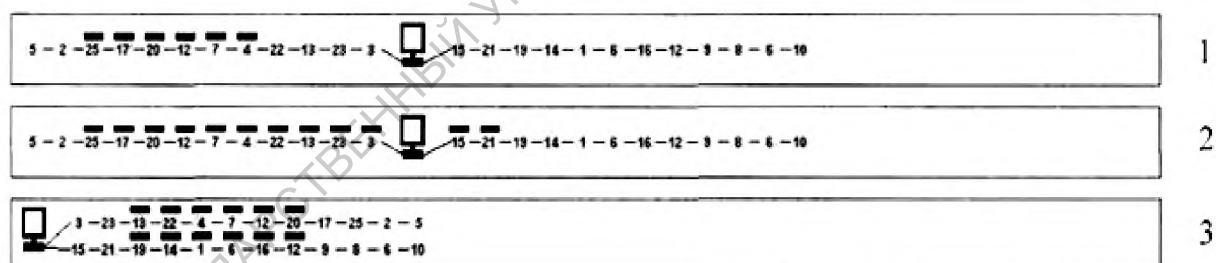


Рис. 3.16. Варианты состояний линии

4. МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Выбор методики и параметров полевых систем наблюдений определяется решаемой геологической задачей. На учебной практике ставится задача проследить относительно неглубоко залегающую границу – подошву зоны малых скоростей (уровень грунтовых вод). Выбор МПВ для решения поставленной геологической задачи определяется тем, что подошва зоны малых скоростей является резкой преломляющей границей.

В общем случае полевая система наблюдений, в том числе и для МПВ, состоит из совокупности единичных сейсмических наблюдений. Каждое из них подразумевает инициирование упругих волн на пункте возбуждения (ПВ) и процесс их регистрации на некоторой базе приёма. Последняя представляет из себя совокупность пунктов приёма (ПП), в которых расставлены сейсмоприемники.

Длина базы приёма L для линейной эквидистантной расстановки сейсмоприёмников:

$$L = (n - 1)\Delta x. \quad (4.1)$$

Здесь n – количество пунктов приема; Δx - расстояние между соседними пунктами приема.

При проведении сейсмических наблюдений в нашем случае применяется линейная продольная система наблюдений (источник и приемники располагались на одной линии), $n = 24$, $\Delta x = 5$ м, $L = 115$ м.

Полевые эксперименты проводятся в следующей последовательности:

- разбивка прямолинейного профиля;
- размотка телеметрической косы, присоединение к ней полевых модулей;
- расстановка групп сейсмоприемников с интервалом через 5 м и присоединение их к полевым модулям;
- монтаж телеметрической системы (адаптера линии связи и компьютера), присоединение к ней телеметрической косы;
- подготовка аккумулятора питания телеметрической системы (в нашем случае используется обычный автомобильный аккумулятор) и проверка

разъемов для подключения линий связи, источника питания на отсутствие механических повреждений и загрязнений;

- подключение аккумулятора;
- запуск управляющей программы «Telss»;
- диагностика телеметрической системы;
- возбуждение упругих колебаний и запись сейсмических сигналов на жесткий диск ноутбука;
- перезапись зарегистрированных колебаний на флэш-карту.

Диагностика телеметрической системы выполняется в соответствии с Табл. 3.3. По результатам диагностики необходимо убедиться в том, что параметры сейсмических каналов соответствуют значениям, указанных в паспорте. Шум канала измеряется при максимальном коэффициенте усиления, при этом входом канала является сопротивление, эквивалентное сопротивлению сейсмоприемника. Для определения коэффициента нелинейных искажений, амплитудной и фазовой неидентичности, а также взаимного влияния между сейсмическими каналами в станцию встроены специальный генератор.

При контроле сейсмической косы определяются следующие параметры: количество подключенных сейсмоприемников на один канал, коэффициент нелинейных искажений, а также сопротивления сейсмоприемников. В первом случае на косу подается синусоидальный сигнал, а во втором сигнал прямоугольной формы.

Для возбуждения упругих колебаний используется ударный источник, расположенный на крайних 1-м и 24-м каналах (фланговая система наблюдений). Это обеспечивает получение системы встречных годографов на изолированном участке – сейсмическое зондирование.

С целью повышения отношения сигнал/помеха осуществляется 8-ми кратное накопление возбуждений. Удары кувалды наносятся в вертикальном направлении по специальной подложке (толстый лист свинца), что обеспечивает повышение сейсмического эффекта. Прием сейсмических

колебаний осуществляется точечными группами из трех вертикальных последовательно соединенных сейсмоприёмников GS-20DX. В результате записывается и затем изучается продольная волна.

Регистрация волнового поля проводится описанной в разделе 3 телеметрической сейсмостанцией ТЭЛЛС-1 на открытом канале (без применения фильтров на входе).

Полевые наблюдения выполняются каждой из бригад. Записанная на флэш-карту сейсмическая информация забирается для обработки в стационарных условиях.

Примеры прямой и обратной сейсмограмм, полученных в поле при возбуждении упругих колебаний на 1-м и 24-м каналах соответственно, приведены на рис. 4.1 и рис. 4.2.

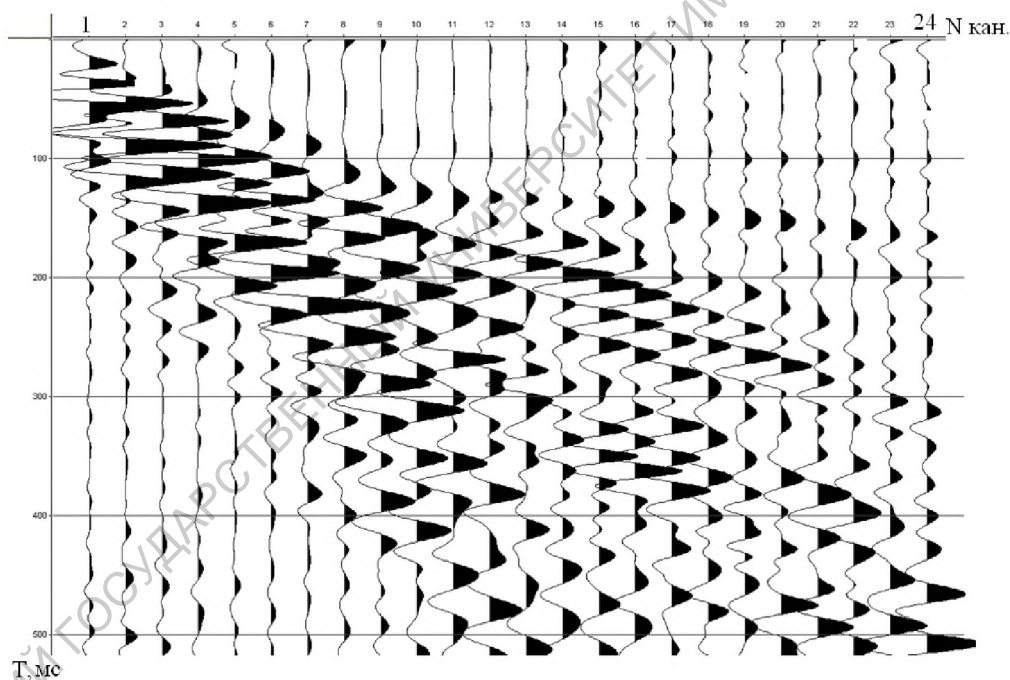


Рис. 4.1. Сейсмограмма, полученная при возбуждении сейсмических колебаний на 1-м канале

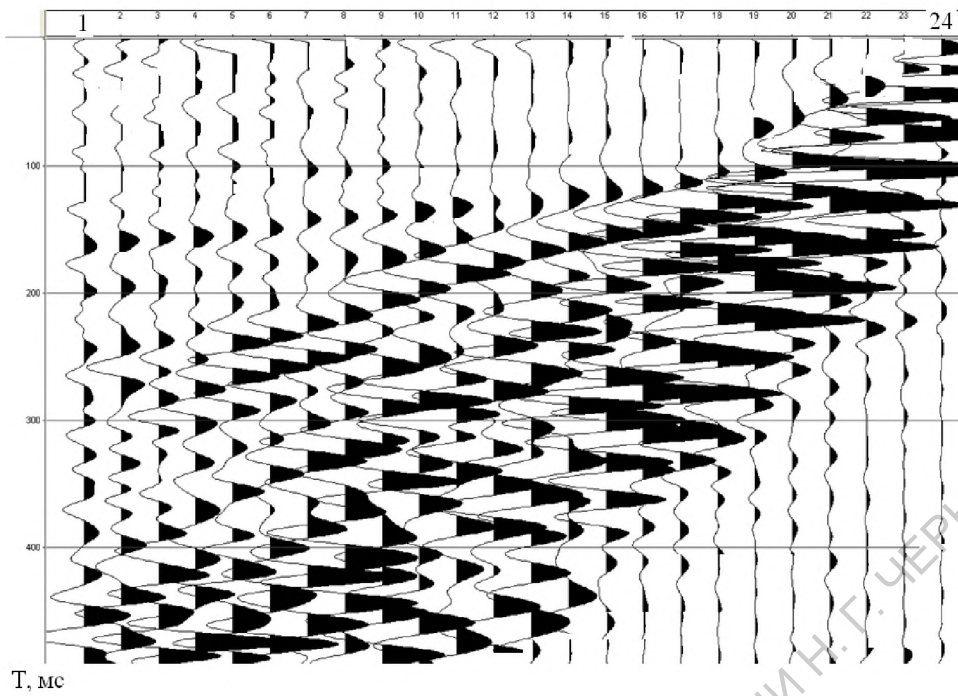


Рис. 4.2. Сейсмограмма, полученная при возбуждении сейсмических колебаний на 24-ом канале

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

5. ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПОЛЕВЫХ ДАННЫХ

Полученные в поле материалы обрабатываются и интерпретируются в четыре этапа:

- 1) Корреляция регистрирующихся в первых вступлениях волн.
- 2) Построение годографов прямой и преломленной волн.
- 3) Вычисление скоростей волн в породах над и под преломляющей границей.
- 4) Построение глубинного разреза.

На первом этапе осуществляется корреляция прямой и преломленной волн, под которой понимается их отождествление и прослеживание на сейсмограммах. Далее определяют времена вступления указанных волн. В процессе прослеживания сейсмических горизонтов используют совокупность кинематических и динамических сейсмических признаков (атрибутов):

- плавность изменения времени регистрации прихода волны – волны, как правило, имеют плавные, достаточно протяженные и подобные по форме оси синфазности с близкими кажущимися скоростями. В рассматриваемом случае корреляции прямых и преломленных волн их легко идентифицировать так как для первых оси синфазности характеризуются значительно большими углами наклона;
- стабильность формы – на близких трассах сохраняются основные особенности формы сейсмических импульсов;
- амплитудная выраженность – волна отделена от предыдущих и последующих колебаний некоторым промежутком со сравнительно малоамплитудными колебаниями. Отметим, что в нашем случае этот признак играет особенно большую роль, так как коррелируются волны, выходящие в первые вступления. Действительно, в идеальном варианте вступлению первых волн предшествуют интервалы записи без прослеживания сейсмических колебаний либо с малоамплитудными случайными колебаниями - микросейсмами. Это значительно облегчает

идентификацию импульсов первых волн, хорошо прослеживающихся от трассы к трассе.

Корреляция прямой и преломленной волн в нашем случае осуществляется вручную на бумажных выводах полевых сейсмограмм. Вывод информации на бумажный носитель выполняется с помощью свободно распространяемой программы SeiSee, разработанной в российской компании ОАО «Дальморнефтегеофизика» (ДМНГ). Результаты корреляции показываются на выводах сейсмограмм в виде нанесенных простым карандашом линий.

После выполнения корреляции волн определяются времена их вступления для прямой (t_{np}) и встречной ($t_{обр}$) расстановок. Снятые с сейсмограмм времена заносятся в таблицу (таб. 5.1). Обратим внимание, что как $T_{вз}$ в данной таблице обозначено взаимное время, которое должно быть одинаковым для прямой и встречной расстановок.

Таблица 5.1.

Времена прихода первых волн

№ кан	ПК, м	t_{np} , с	$t_{обр}$, с
1	0	0	$T_{вз}$
2	5		
.....			
23	110		
24	115	$T_{вз}$	0

Далее по данным таблицы 5.1 выполняются графические построения годографов прямой и преломленной волн. При этом используются масштабы: горизонтальный 1см – 5м, вертикальный 1см- 0.005с. Системы годографов для прямой и встречной расстановок строятся в единой системе координат. Пример построений приведен на рис. 5.1. На нем как ПК_{нач. инт.} и ПК_{кон. инт.} обозначены начальный и конечный пикеты интервала одновременного

прослеживания преломленной волны на сейсмограммах прямой и встречной расстановок.

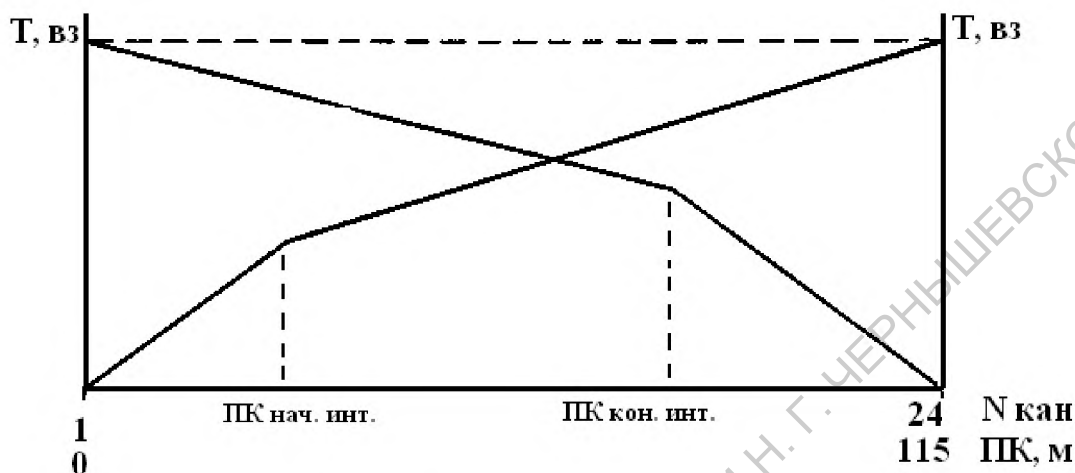


Рис. 5.1. Пример годографов первых волн

При обработке применяется хорошо зарекомендовавший себя в практике способ встречных годографов. Пусть имеются два Γ_1 и Γ_2 встречных годографа преломленной волны, которые получены из двух точек возбуждения O_1 и O_2 , находящихся на концах расстановки сейсмоприемников (рис. 5.2).

Имея два встречных годографа преломленной волны, можно построить разностный годограф:

$$\theta(x) = t_1(x) - t_2(x) + T, \quad (5.1)$$

где $t_1(x)$ и $t_2(x)$ – время прихода преломленной волны в некоторую точку с координатой x по первому и второму годографу; T – время во взаимных точках, т.е. время прихода волны из O_1 в O_2 или из O_2 в O_1 (рис. 5.2).

Легко видеть, что путь головной волны из пункта возбуждения O_1 в точку O_2 и наоборот, из пункта взрыва O_2 в точку O_1 одинаков, а значит время T для встречных годографов одинаково.

Взяв производную от уравнения разностного годографа, получим

$$d\theta/dx = dt_1/dx - dt_2/dx. \quad (5.2)$$

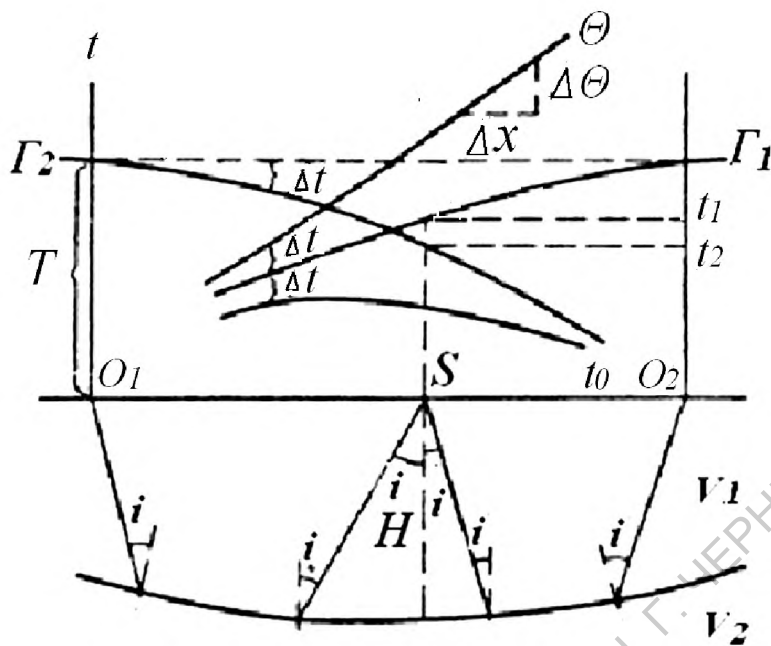


Рис. 5.2. К определению граничной скорости с помощью разностного годографа и построению преломляющей границы способом to .

Здесь $d\Theta/dx$ - угловой коэффициент разностного годографа (в нашем случае оценивается по конечным приращениям $\Delta\Theta$ и Δx), равный величине, обратной скорости.

Можно показать

$$\Delta\Theta/\Delta x = 2\cos\varphi/V_2. \quad (5.3)$$

Таким образом, граничная скорость V_2 может быть определена по наклону разностного годографа

$$V_2 = 2\cos\varphi \Delta x / \Delta\Theta. \quad (5.4)$$

При углах наклона границы, меньших $10-15^\circ$ граничная скорость вычисляется следующим образом

$$V_2 = 2 \frac{\Delta x}{\Delta\Theta}. \quad (5.5)$$

В нашем случае для вычисления скорости во втором слое используем именно эту формулу.

Скорость упругих волн в перекрывающем преломляющую границу (верхнем) слое может быть оценена по точкам пересечения годографов прямой и головных преломленных волн:

$$V_l = X_{mn} / t_{mn}, \quad (5.6)$$

где X_{mn} и t_{mn} – координаты точек пересечения прямых и головных преломленных волн. Определение таких координат обычно не представляет сложностей, так как в точках пересечения годографов (точке вступления головной волны) значительно изменяется угол наклона годографа первых вступлений волн (кажущаяся скорость V^*).

Для обеспечения большей точности результаты, полученные при возбуждении на 1-м и 24-м каналах, усредняют:

$$\bar{V}_1 = (V_1^1 + V_1^{24}) / 2. \quad (5.7)$$

При построении глубинного разреза для определения глубины залегания преломляющей границы использовался один из наиболее простых и, одновременно, точных методов – метод нулевого времени. Суть этого метода заключается в следующем. Для любой точки S , где имеются два встречных годографа (рис. 5.2), можно найти некоторую функцию: $t_0 = t_1 + t_2 - T$, которая равна значению времени на пункте источника возбуждения

$$t_0 = \frac{2H \cos i}{V_1}. \quad (5.8)$$

Отсюда глубина залегания преломляющей границы

$$H = \frac{V_1 t_0}{2 \cos i}. \quad (5.9)$$

Косинус критического угла i вычисляется по формуле:

$$\cos i = \sqrt{1 - (V_1 / V_T)}. \quad (5.10)$$

Значения вычисленных на пикетах приема значений времен t_0 , а также глубины залегания преломляющей границы H сводятся в таблицу 5.2.

Результаты вычисления глубины залегания преломляющей границы представляются также в графическом виде. Построенный глубинный разрез необходимо кратко описать.

Таблица 5.2.

Результаты вычисления t_0 и глубины H залегания преломляющей границы

Пикет, м	t_0 , с	H , м
ПК _{нач. инт.}		
.....		
ПК _{кон. инт.}		

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

6. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Текст отчета набирается на персональном компьютере и распечатывается на страницах формата А4. Допускается написание отчета шариковой ручкой на развернутых листах клетчатой тетради. Отчет должен содержать:

1. Титульный лист.
2. Лист «Содержание».
3. Введение.
4. Основную часть, включающая 3 раздела:
 - физические и геологические основы метода преломленных волн;
 - методика полевых наблюдений и аппаратура;
 - методика обработки и интерпретации данных МПВ;
 - результаты обработки и интерпретации полевых сейсмозаписей.
5. Заключение.
6. Список источников.

К отчету прикладываются результаты выполненных на миллиметровке графических построений.

Титульный лист отчета оформляется по приведенному в текстовом приложении образцу, подписывается руководителем (после проверки отчета и устной беседы с каждым из студентов).

Во Введении указывается:

- цель практики (ознакомление с физико-геологическими основами МПВ, организацией и технологией полевых сейсморазведочных работ, методикой обработки и интерпретации данных МПВ, современным сейсморазведочным оборудованием);
- сроки практики;
- место прохождения практики (например, в районе посёлка Зональный Саратовской области);

- содержание практики (отработка зондирований МПВ, обработка и интерпретация полевых материалов);

- состав бригады;

- распределение разделов при написании отчёта. Здесь перечисляются номера или названия разделов, против каждого из них ставится подпись автора (авторов). Допускается написание разделов несколькими авторами.

Основная часть помимо текста должна содержать иллюстрации, которые помещаются в текст, или на отдельных листах. Иллюстрации делаются на компьютере или простым карандашом, нумеруются. При этом допускается «сквозная» нумерация или нумерация по разделам. В последнем случае перед порядковым номером рисунка в тексте раздела должен стоять номер раздела (например, рис. 3.1, рис. 4.2 и т.д.).

Графические приложения чертятся простым карандашом, либо оформляются на компьютере, нумеруются и размещаются в конце отчета. В общей сложности отчет должен содержать 5 графических приложений:

- полевая сейсмограмма, полученная при возбуждении упругих колебаний на 1 - м канале с нанесенной корреляцией прямой и преломленной волн;
- полевая сейсмограмма, полученная при возбуждении упругих колебаний на 24-ом канале с нанесенной корреляцией прямой и преломленной волн;
- система встречных годографов в единой системе координат;
- глубинный разрез.

При построении годографов прямой и преломленной волн используются масштабы: горизонтальный 1 см – 5 м, вертикальный 1 см – 5 мс. Построение глубинного разреза выполняется в масштабах: горизонтальный 4 см – 5 м, вертикальный 1 см – 5 м.

Подготовленный отчет вместе с графическими приложениями помещается в папку-скоросшиватель.

Образец оформления титульного листа
отчета.

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

Кафедра геофизики

ОТЧЕТ

По учебной геофизической практике
(сейсморазведка)

Состав бригады:

Иванов И.И.,
Петров П.П.,
.....,
Сидоров С.С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарев В.И. Сейсморазведка. Учебник для ВУЗ-ов. - Екатеринбург, 2007. - 697с.
2. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка. М.: «Недра», 1980. – 272с.
3. Козырев В.С., Жуков А.П., Коротков И.П., Жуков А.А., Шнеерсон М.Б. Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке. Современные технологии. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 227с.
4. Метод преломленных волн / А.М.Епинатьева, Г.М.Голошубин, А.Л.Литвин и др. – М.: Недра, 1990. – 297с.
5. Сейсморазведка: Справочник геофизика. В двух книгах / Под ред. В.П. Номоконова. – М., Недра, 1990.
6. Сейсморазведочная система ТЕЛСС. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. - М.: ООО «Велко», 2007. – 6с
7. Телеметрическая сейсморазведочная система ТЕЛСС. Руководство оператора. - М.: ООО «Велко», 2007. – 17с.
8. Телеметрическая сейсморазведочная система ТЕЛСС. Паспорт. - М.: ООО «Велко», 2007. - 4с

Михеев С.И. Учебная практика по сейсморазведке: **Учебное пособие.** -
Саратов: Научная книга, 2019. - 42 с.

Подписано к печати 20.01.2019. Формат 60x84 1/16

Тираж 100. Зак. 122.

Отпечатано в типографии НВНИИГГ.

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО