ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ
РСФСР ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
Госстрой РСФСР

# ИНСТРУКЦИЯ

## ПО ПРИМЕНЕНИЮ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА.

РСН 45-77
Госстрой РСФСР

МОСКВА—1977

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ
РСФСР ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
Госстрой РСФСР

# И Н С Т Р У К Ц И Я

## по применению сейсморазведки в инженерных изысканиях для строительства

РСН-45-77

Госстрой РСФСР

Утверждена
Постановлением Государственного Комитета Совета Министров РСФСР по делам строительства
25 февраля 1977 г. № 16

Москва - 1977

"Инструкция по применению сейсморазведки в инженерных изысканиях для строительства" разработана нормативно-методологическим отделом объединения "Стройизыскания" Госстроя РСФСР.

Составители: Н.П.Курандин, В.А.Шемшурин, В.И.Бондарев, Г.Н.Назаров, И.Г.Миндель.

Центральный трест инженерно-строительных изысканий

Отдел подсобных производств
Зак.268 Тир. 1000 экз. Цена 60 коп.

# ПРЕДИСЛОВИЕ

"Инструкция по применению сейсморазведки в инженерных изысканиях для строительства" регламентирует требования, предъявляемые к инженерной сейсморазведке, включая проектирование и организацию работ, полевые наблюдения, их обработку, отчетность, указания по контролю и проверке качества работ, а также требования к методам инженерной сейсморазведки при применении их с другими геофизическими и геологическими методами исследований грунтов.

В Инструкции учтены новые теоретические разработки и конструкции новейших приборов и аппаратуры, созданные за последние годы.

Настоящая Инструкция разработана на основе "Инструкции по сейсморазведке" Министерства геологии СССР, изд. 1973 г. При ее составлении использованы материалы Свердловского горного института им. В.В.Вахрушева (СГИ) (В.И.Бондарев, В.Б.Писецкий, В.Н.Агеев и др.), Московского инженерно-строительного института им. В.В.Куйбышева (МИСИ) (Г.Н.Назаров), Производственного и научно-исследовательского института по инженерным изысканиям в строительстве (ПНИИИС) (И.Г.Миндель, Ю.Д.Зыков, Ю.И.Баулин и др.), Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова (МГУ) (Ф.М.Ляховицкий, В.Н.Никитин и др.), Центрального треста инженерно-строительных изысканий (ЦТИСИЗ) (В.А.Шемшурин, Н.П.Курандин), Всесоюзного научно-исследовательского института транспортного строительства (ЦНИИС) (Ю.В.Горшенин) и ряда других организаций и авторов.

При окончательной редакции текста Инструкции учтены замечания и предложения, сделанные рядом ор-

ганизаций: трестами инженерно-строительных изысканий объединения "Стройизыскания" Госстроя РСФСР - АмурТИСИЗ, ВоронежТИСИЗ, ВерхнекамТИСИЗ, ВостсибТИСИЗ, ЗапуралТИСИЗ, ЗапсибТИСИЗ,ПриморТИСИЗ, РостовдонТИСИЗ, ТомскТИСИЗ, ЮжуралТИСИЗ, Югозап ТИСИЗ, Уральским отделением института "Теплоэлектропроект", ЦНИИСом, ПНИИИСом, МГУ,Бел - ГИИЗом, Гипроводхозом и др.

Приложения к Инструкции содержат справочные материалы, необходимые при проведении и оформлении результатов инженерной сейсморазведки. При подборе материалов учтен опыт работы трестов инженерно-строительных изысканий.

| Государственный Комитет Совета Министров РСФСР по делам строительства (Госстрой РСФСР) | Республиканские строительные нормы<br>Инструкция по применению сейсморазведки в инженерных изысканиях для строительства | РСН-45-77<br>Госстрой РСФСР |
|---|---|---|

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая Инструкция распространяется на проведение сейсморазведочных работ при инженерно-геологических изысканиях для жилищно-гражданского, сельскохозяйственного и промышленного строительства.

1.2. Инженерная сейсмическая разведка (инженерная сейсморазведка) - это совокупность модификаций сейсмических методов, основанных на выявлении особенностей распространения упругих волн для изучения геологического строения и физико-механических свойств грунтов на площадях (участках) всех видов строительства, на всех стадиях производства инженерно-геологических работ.

В инженерной сейсморазведке используются в основном преломленные (рефрагированные) продольные и поперечные, реже обменные, поверхностные и проходящие волны. Основным методом инженерной сейсморазведки является метод преломленных волн.

| Внесена производственным объединением "Стройизыскания" | Утверждена Госстроем РСФСР 25 февраля 1977 г. | Срок введения 1 марта 1977 г. |
|---|---|---|

Сейсморазведочные работы выполняются с использованием серийных многоканальных сейсмостанций с прямой осциллографической записью на фотобумагу, реже магнитную пленку, или с портативными одно-двухканальными сейсмическими установками с визуальной или фотографической регистрацией времени прихода полезных волн, либо по данным специального пересчетного устройства.

1.3. В инженерной сейсморазведке выделяются четыре основных вида работ:

1) изучение геологического строения массива горных пород и гидрогеологических условий с целью определения мощности и элементов залегания горных пород различного литологического состава, глубины залегания УГВ, оконтуривания оползневых участков, зон многолетней мерзлоты и таликов, тектонических зон и т.д.;

2) оценка физико-механических свойств грунтов в естественном залегании с определением по сейсморазведочным данным модуля упругости Юнга E, коэффициента Пуассона $\mu$, динамического модуля сдвига $G$ модуля деформации $E_{деф}$, удельного сцепления $C$ и т.д.;

3) инструментальная оценка сейсмичности отдельных участков территории или строительных площадок в сейсмически активных районах страны при сейсмическом микрорайонировании для определения волновых сопротивлений (акустической или сейсмической жесткости) пород, степени сцементированности тектонических нарушений дизъюнктивного характера, степени их "залеченности" и т.п.;

4) контроль за состоянием геотехнических условий грунтов в процессе строительства и эксплуатации инженерных сооружений с целью изучения состояния грунтов под бетонным покрытием дорог, аэродромов, облицовкой каналов, дюкеров, туннелей, мостов и т.д.

1.4. Инструкцией регламентируются следующие виды сейсморазведочных исследований:

сейсмозондирование;

сейсмическое профилирование;

сейсмический каротаж скважин;

вертикальное сейсмическое профилирование скважин;

сейсмопросвечивание.

1.5. Инженерная сейсморазведка входит в состав общего комплекса инженерно-геологических изысканий для строительства. Выбор рационального комплекса геологических и геофизических методов является одним из важнейших вопросов производства, определяющих геолого-экономическую эффективность выполняемых работ.

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

2.1. Эффективность проведения полевых сейсморазведочных работ зависит от правильной постановки задачи исследования, подбора исполнителей, четкого разграничения их функций, сбора всех необходимых сведений по предшествующим геолого-геофизическим работам, соответствующей подготовки аппаратуры, оборудования и материалов.

2.2. Исходным документом для постановки любых видов изыскательских работ, включая геофизические, является техническое задание заказчика. Методы проведения и объемы геофизических работ устанавливаются в соответствии с техническим заданием и обосновываются изыскательской организацией в программе изысканий.

2.3. Техническое задание на изыскания, в том числе методами инженерной сейсморазведки, составляется с учетом стадии проектирования и требований СНиП. Задание должно содержать комплекс исходных

данных, необходимых для составления программы работ.

2.4. Программы инженерных изысканий, предусматривающие проведение работ сейсмическими методами, составляются для каждого метода и в целом для комплекса геофизических работ. Они являются частью общих программ инженерно-геологических изысканий или в ряде случаев могут иметь самостоятельное значение.

В программе изысканий методами инженерной сейсморазведки должны быть предусмотрены сроки проведения подготовительных, полевых и камеральных работ.

2.5. При составлении программы на производство сейсморазведочных работ должны быть учтены экономические и природные условия района (участка) изысканий под строительство, в частности наличие неблагоприятных физико-геологических условий, различных мешающих факторов и т.п.

2.6. Программа работ должна включать следующие разделы:

а) цель и задача работ;

б) методика работ, в которой приводятся сведения о способах (методах) измерения скоростей распространения продольных, поперечных и (при необходимости) поверхностных волн, системах наблюдений, сети наблюдений, параметрических (сейсмокаротаж) и контрольных измерениях, возможных отклонениях профилей и точек наблюдений от проектируемого их расположения; указания о намечаемых способах борьбы с помехами, о необходимой точности полевых измерений и требуемых мерах по технике безопасности, включая охрану зоны работ, сведения о топографической привязке профилей и точек наблюдения, указания о необходимости закрепления и привязке аномальных участков, а также о необходимости проведения контрольных инженерно-геологических работ (бурении, шурфовании и т.п.);

в) методика обработки и интерпретации результатов, включая способы исключения погрешностей, вносимых местными условиями;

г) ожидаемые результаты;

д) состав исполнителей и перечень необходимой аппаратуры, оборудования и материалов, обеспечивающих проведение работ в данной местности в условиях возможных помех;

е) кроме перечисленных разделов, в программе работ должны быть указаны возможные допустимые изменения в методике работ в зависимости от местных условий и получаемых результатов, не требующие для проведения исследований соответствующей санкции вышестоящей организации. Изменения в программу работ вносятся непосредственно начальником партии (отряда, группы) с обязательным извещением вышестоящей организации. Программой предусматривается построение предварительных геосейсмических разрезов по фондовым данным с использованием палеточного материала [24,33].

Примечание. Выполнение небольших по объему физических работ, намечаемых под отдельные здания и сооружения, допускается проводить по сокращенным техническим заданиям взамен программы.

2.7. При применении комплекса сейсморазведочных методов должны быть сформулированы частные задачи, решаемые каждым методом в отдельности, и очередность их решения. В программе работ должно быть дано обоснование густоты и расположения сети профилей, систем наблюдений, оптимальных условий возбуждения и приема полезных волн.

2.8. Программа работ согласовывается с заказчиком и утверждается руководством изыскательской организации; в процессе изысканий в случае необходимости допускается уточнение программы. Программа работ является основным документом при проведении сейсморазведочных работ.

2.9. На основании программы в соответствии с требованиями СЦПиР (часть I, М., Стройиздат, 1967 г.)

составляется смета на производство сейсморазведочных работ с учетом поправочных коэффициентов, а по видам работ, не отраженным в Сборнике цен, - прямым расчетом по форме 3-П или по аналогии.

Смета, как и программа работ, должна быть согласована с заказчиком.

2.10. Сейсморазведочные работы выполняются партиями (группами, отрядами, бригадами), являющимися самостоятельными производственными единицами или входящими в состав комплексных экспедиций. В зависимости от характера работ партии (группы) могут быть одноотрядными или многоотрядными.

Состав партии (группы, отряда, бригады) при проведении сейсморазведочных работ определяется действующими ЕНВ и включает при работе с многоканальными станциями и передвижным пунктом удара от восьми до девяти человек: начальник партии (отряда) - один; инженер-оператор - один; старший техник-оператор - один; электрорадиомеханик У1 разряда - один; рабочие - от четырех до шести человек в зависимости от категории трудности (местности). При производстве работ со взрывом (две или более бригады взрывников) в состав партии (отряда) включается старший техник, количество рабочих увеличивается на два человека на каждую бригаду.

При работе с одно- или двухканальными установками бригада состоит из четырех человек: один инженер-оператор, один техник-вычислитель и двое рабочих.

Начальнику группы (бригады, отряда) при самостоятельных работах группы должны быть предоставлены права начальника партии с возложением на него необходимой части обязанностей начальника партии.

2.11. Начальник партии (группы, бригады и отряда) несет ответственность за ее работу с момента начала организации работ до ликвидации полевых работ, составления и сдачи отчета.

Начальник партии (группы, отряда, бригады) обес-

печивает правильное методическое решение поставленных задач в соответствии с программой работ и требованиями действующих нормативно-методических документов, осуществляет контроль за качеством работ и правильным заполнением технической документации, соблюдением правил техники безопасности и охраны труда, за своевременной обработкой результатов.

Начальник партии имеет право в случае необходимости вносить изменения в утвержденную программу работ с немедленным извещением об этом вышестоящей организации и получением ее согласия на вносимые изменения.

Начальник партии обеспечивает партию (группу, отряд, бригаду) необходимыми нормативно-методическими документами (по применяемым методам), организует получение и проверку необходимой аппаратуры и оборудования, а также полевых журналов и бланков, обучение исполнителей работе с новой аппаратурой, организацию топографической привязки точек наблюдений и профилей. Начальник партии (группы, отряда, бригады) ведет дневник работ партии (приложение 1, форма № 1).

2.12. Обеспечение партии аппаратурой, оборудованием и транспортом определяется утвержденной программой в соответствии с характером работ и их объемом, включая соответствующие запасные части и материалы.

При получении со склада аппаратуры, оборудования и материалов начальник партии (группы, отряда, бригады) проверяет их техническое состояние.

Аппаратура, получаемая со склада, должна быть отрегулирована, испытана, иметь паспорта установленной формы, а также заводские инструкции. Комплектность аппаратуры должна соответствовать паспортным данным.

2.13. Хранение, перевозка и эксплуатация аппа-

ратуры, проводов, источников питания и другого оборудования должна производиться в соответствии с заводскими инструкциями и общими правилами. С момента получения аппаратуры и оборудования со склада до их сдачи на склад ответственность за их использование и сохранность несет начальник партии (группы, отряда, бригады).

2.14. При полевых работах вся ответственность за их организацию, правильное проведение измерений, оформление результатов и меры по технике безопасности возлагается на начальника группы (отряда,бригады) и оператора, которым должен являться инженер-геофизик или старший техник-геофизик.

2.15. Оператор одно- или двухканальных сейсмических установок руководит установкой аппаратуры, разматыванием проводов, разметкой пунктов удара (взрыва) или мест установки сейсмоприемников;проверяет и настраивает аппарагуру, подготавливает пункт удара (взрыва), проверяет моментную линию, дает команду для производства удара (взрыва) или серии ударов (взрывов), регистрирует времена прихода колебаний (фотографирование или визуальный отсчет).

2.16. Техник-вычислитель ведет запись в журнале полевых наблюдений (приложение 1), строит годограф первых вступлений или фаз и сообщает результаты оператору. Наблюдает за правильностью расстановки сейсмоприемников или пунктов удара (взрыва), за готовностью к измерениям и за отсутствием посторонних лиц в пределах зоны работ.

2.17. Оператор должен начинать наблюдения только после сообщения рабочих о готовности к измерениям.

2.18. Рабочие перемешают сейсмоприемники и устанавливают их на новом месте или перемещают ударное устройство и подготавливают место удара.

Рабочие охраны обеспечивают отсутствие посторонних лиц в пределах зоны работ.

2.19. Ежедневно после окончания полевых изме-

рений журнал подписывают оператор и вычислитель. На малых объектах проверяет данные и подписывает журнал начальник партии (группы, отряда, бригады) ежедневно, а на объектах с продолжительностью работ один месяц и более - не реже одного раза в неделю.

2.20. Ежедневно проводится обработка полученных данных и составляется схематический геосейсмический разрез (или план). На основании этих разрезов корректируется направление дальнейших работ, сгущается или разрежается сеть наблюдений, меняется система наблюдений, меняется расстояние между сейсмоприемниками или между сейсмоприемником и пунктом удара, изменяется ориентировка профилей и т.п.

Без проведения указанной первичной обработки полевых материалов выполнение сейсморазведочных работ допускается в особо сложных условиях (на охраняемых объектах, в условиях повышенной опасности, при необходимости останавливать движение транспорта или работу промышленных объектов и т.п.).

2.21. При работах с многоканальными сейсмостанциями инженер-оператор руководит установкой сейсмической станции, разматыванием проводов, присоединением линий связи, подготовкой места для установки сейсмоприемников, проверяет и настраивает аппаратуру, приготавливает фотореактивы, регистрирует сейсмические колебания, отвечает за фотообработку лент, составляет рапорт оператора, подстраивает аппаратуру после записи сейсмограмм, подготавливает ее к последующему приему, руководит всеми операциями, выполняемыми старшим техником-геофизиком, а при работе со взрывами - старшим техником-взрывником.

Старший техник-оператор участвует в расстановке и подключении к косам сейсмоприемников, участвует в фотообработке лент, подстройке аппаратуры, проверяет при необходимости состояние скважин пос-

ле взрыва, под руководством инженера-оператора ведет подготовку к последующим измерениям, переезду на следующий пункт наблюдения, руководит смоткой проводов, сбором сейсмоприемников, участвует в организации транспортирования аппаратуры, оборудования, проводов и личного состава сейсмического отряда (бригады) на следующий пункт наблюдения.

Старший техник-взрывник руководит разгрузкой оборудования и аппаратуры с автовзрывпункта и установкой оборудования взрывпункта (ударной установки); подготавливает заряд ВВ, производит по команде инженера-оператора взрыв (удар), ликвидирует пункт взрыва(удара).

Рабочие на сейсморазведочных работах участвуют во всех подготовительных и заключительных операциях по подготовке к производству сейсмических наблюдений, ликвидации последствий взрыва, погрузке и разгрузке сейсмической аппаратуры и взрывпункта (ударной установки) под руководством ИТР бригады (отряда).

2.22. После составления и согласования программы, сметы и графика работ, а также подписания договора, на место должен выехать представитель партии (отряда, группы), которому поручается организация базы и установление связи с местными органами власти (и представителями заказчика на местах), получение разрешения на проведение работ и наем рабочих охраны (а также местного транспорта, если отсутствует специальная самоходная станция).

Бригаду рабочих в ряде случаев целесообразнее иметь постоянной, выезжающей на место совместно с ИТР, поскольку для обучения и тренировки бригады требуется значительное время, в течение которого производительность бригады не достигает требуемой нормы.

Ликвидация работ осуществляется после окончания исследований, первичной обработки полученных

данных и приемки результатов работ на месте. Ликвидация работ включает расчет и увольнение местных рабочих, отправку оборудования и полевой бригады ИТР и рабочих, ликвидацию базы, расчеты с местной транспортной организацией, а также извещение местных органов власти о прекращении работ. Затраты на эти работы определяются в соответствии с СЦПиР.

2.23. Все вопросы по технике безопасности и охране труда должны решаться в соответствии с положениями и требованиями "Инструкции по безопасному ведению работ при инженерно-строительных изысканиях", вып. 9. "Геофизические работы", изд. ЦТИСИЗ,1975г., а также "Правил безопасности при геологоразведочных работах", изд. "Недра", 1972.

## 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

### Возбуждение колебаний

3.1. Способы возбуждения колебаний выбираются в соответствии с задачами и методикой работ с учетом их геологической и экономической эффективности.

В инженерной сейсморазведке основным способом возбуждения упругих колебаний является ударный. Ударные воздействия на грунт осуществляются с помощью ручного тампера (кувалды с контактным прерывателем), переносного копра или передвижного пункта удара (ППУ), смонтированного на шасси автомашины или трактора.

В исключительных случаях могут применяться также взрывы взрывчатых веществ (ВВ) или газообразной смеси, порохового заряда, электрический разряд в жидкости и т.п.

3.2. Способы возбуждения колебаний должны обеспечивать получение четких записей полезных волн, регистрация которых необходима для решения поставленных инженерно-геологических задач. Продолжитель -

ность и интенсивность полезной части сейсмической записи должны обеспечивать уверенное выделение прослеживаемых типов волн. Должно отсутствовать на рабочих фильтрациях видимое наложение помех на записи полезных волн.

Для определения наилучших условий возбуждения упругих колебаний проводятся опытные работы. В связи с этим допускаются обоснованные отклонения от установленных программой работ стандартных расстояний между пунктом удара и сейсмоприемниками.

3.3. В инженерной сейсморазведке взрывной способ возбуждения упругих колебаний по организационно-техническим и экономическим причинам может применяться только при обосновании его необходимости.

3.4. Ручной тампер массой от 5 до 12 кг должен иметь максимально возможную и удобную для нанесения удара площадь ударной части. На рыхлых грунтах необходимо использовать деревянные или металлические подставки с площадью, превышающей площадь ударной части тампера в 2-3 раза.

Глубина исследования при таком способе возбуждения упругих колебаний обычно составляет 10-20 м, а в благоприятных условиях может достигать 20-40 м.

3.5. В качестве легкой переносной ударной установки используют разборную треногу (копер) с ручной лебедкой для подъема груза массой 100-150 кг. Груз изготавливается из отдельных дисков массой 15-20 кг каждый или в форме полого металлического цилиндра емкостью 20-50 $дм^3$, наполняемого грунтом на месте производства работ.

Возбуждение колебаний с помощью копра обеспечивает глубину исследований (многоканальными станциями) в средних условиях 20-40 м.

3.6. Для увеличения (в средних условиях до 40-80 м) глубины исследований грунтов необходимо применять передвижной пункт удара (ППУ).

Известны самые разнообразные конструкции ППУ

с массой поднимаемого груза до 300–500 кг, высотой подъема до 5 м и, как правило, с маятниковым устройством для нанесения горизонтального удара. ПГУ монтируется на автомашине высокой проходимости или тракторе, реже на прицепе.

3.7. Поперечные волны возбуждаются обычно горизонтально направленным ударом с помощью устройства маятникового типа или ручного тампера.

Реже применяются направленные взрывы. В зависимости от решаемых задач, условий возбуждения и приема упругих колебаний удар наносится либо по вертикальной стенке горной выработки (шурф, закопушка) глубиной 0,7–0,8 м, либо по специальному устройству, обеспечивающему передачу грунтам сдвигового импульса, например, закапываемому в стенку шурфа бревну длиной 1,2–1,6 м, диаметром 10–15 см, с поперечными насечками на 0,25–0,3 его толщины и т.п.

3.8. В процессе полевых наблюдений на профиле следует стремиться поддерживать постоянство условий возбуждения. Это обеспечит сопоставимость сейсмограмм на соседних стоянках по форме записи.

3.9. Отметка момента удара (взрыва) при работе с многоканальными сейсмостанциями или момента запуска схем малоканальных сейсмостанций должна обеспечивать точность отсчета времени с погрешностью не более $\pm 2\,\delta_t$, где $\delta_t$ – точность снимаемых отсчетов.

3.10. Использование копров и передвижных пунктов удара (ППУ) различных конструкций допускается только в строгом соответствии с временными инструкциями по их эксплуатации, утвержденными руководством треста или экспедиции (отдела).

## Прием колебаний

3.11. Сейсмоприемники должны иметь хороший контакт с почвой. Для этого на участках с сухим грунтом они устанавливаются в ямки или бурки, глубина

которых должна превышать высоту корпуса сейсмоприемника. При наличии помех (звуковых или ветровых) каждый сейсмоприемник помещают в бурку глубиной до 0,2-0,3 м с последующей присыпкой рыхлым грунтом.

При установке сейсмоприемников на твердом (скальном) грунте, на грунтовых покрытиях или бетонных обделках применяются навинчиваемые диски, пластины с тремя точками опоры или другие специальные приспособления.

Не допускается использование систем с сейсмоприемниками, жестко вмонтированными в косу.

При установке сейсмоприемников ось их максимальной чувствительности должна быть ориентирована в заданном направлении; отклонение не должно превышать 10-15°.

3.12. Для регистрации прямых, преломленных и рефрагированных волн продольного типа, а также поверхностных волн релеевского типа следует использовать серийные сейсмоприемники типа СВ. Они предназначены для регистрации вертикальных компонент упругих колебаний.

3.13. Для регистрации объемных поперечных волн типа $SH$ и поверхностных волн Лява необходимо использовать специальные сейсмоприемники (типа СГ-110), предназначенные для регистрации горизонтальных компонент упругих колебаний.

Как исключение допускается использование вертикальных сейсмоприемников типа СВ. При этом ось сейсмоприемников необходимо ориентировать горизонтально, перпендикулярно линии профиля.

3.14. При морских и речных работах могут применяться различные конструкции плавающих и донных сейсмических кос. Целесообразно погружать плавающие косы на глубину, равную четверти длины полезной волны.

3.15. Полевая регистрация сейсмических колебаний должна производиться при необходимости с приме-

нением фильтров низких и высоких частот, обеспечивающих наилучшее выделение полезных волн на фоне помех.

При изучении динамических особенностей волнового поля наблюдения на многоканальных станциях следует проводить без использования фильтров и АРУ.

Не допускается применение различных интерференционных систем записи: смесителей, группирования сейсмоприемников (кроме группирования на нулевой базе), скоростных фильтров и т.п.

3.16. Параметры ручной регулировки усиления должны подбираться такими, чтобы обеспечивалась достаточно интенсивная и читаемая запись всех полезных волн. С этой целью допускается запись колебаний на нескольких различных уровнях усиления.

## Системы наблюдений

3.17. Системы наблюдений должны обеспечивать при наименьших затратах времени и средств прослеживание всех полезных волн, подлежащих изучению в соответствии с поставленной геологической задачей.

В инженерной сейсморазведке используют следующие модификации наблюдений на поверхности:

одиночные сейсмозондирования с получением одной пары встречных годографов;

непрерывное сейсмическое профилирование;

комбинацию сейсмического профилирования и сейсмического зондирования.

3.18. Одиночные сейсмозондирования применяются в условиях выдержанных (по глубине залегания преломляющих границ и скорости распространения упругих волн) разрезов, когда требуется при минимальных затратах изучить значительную площадь. Взаимную увязку литологических границ на участках между соседними сейсмозондированиями следует осуществлять на основе сходства кинематических (кажущиеся скорости, времена) и динамических (форма записи, па-

раметры затухания) особенностей преломленных волн.

3.19. Непрерывное сейсмическое профилирование необходимо проводить тогда, когда по техническому заданию требуется непрерывное изучение геометрии слоев и их свойств по отдельным линиям (створы плотин, оси дорог и т.п.) или площадям (крупные сооружения). Такая методика позволяет уверенно изучать инженерно-геологический разрез в условиях значительной горизонтальной изменчивости физико-геологических свойств пород.

3.20. Система наблюдений, основанная на рациональном использовании комбинаций сейсмических профилей и отдельных сейсмозондирований, обеспечивает наиболее экономичное и достоверное изучение инженерно-геологического строения участков (площадей) изысканий.

3.21. Непродольное сейсмическое профилирование допускается применять лишь для изучения крутопадающих геологических границ ступеней. Ориентировка непродольного профиля должна быть перпендикулярной предполагаемому направлению простирания геологических границ.

3.22. Сейсмические наблюдения, как правило, должны проводиться с равными расстояниями между сейсмоприемниками, обеспечивающими надежную фазовую корреляцию полезных волн.

В большинстве случаев при работах на рыхлых грунтах шаг $\Delta X$ между сейсмоприемниками должен быть равен 2-2,5 - 5 м. При использовании поверхностных волн допускается уменьшение шага $\Delta X$ до 1 м.

Во всех случаях для повышения производительности труда необходимо использовать максимально возможный шаг по условиям решаемой задачи.

3.23. При работе с 1-2-канальными станциями рекомендуется сгущение шага в зонах интерференции и на участках, где наблюдается резкий прирост времени, и разреженье там, где прирост времени с расстоянием незначителен.

3.24. В инженерной сейсморазведке в целях получения наиболее полной информации о скоростном строении среды наблюдения, как правило, должны начинаться непосредственно от пункта возбуждения колебаний.

3.25. В инженерной сейсморазведке при одиночных и парных зондированиях или непрерывном сейсмическом профилировании обычно используются неполные корреляционные системы наблюдений. Наиболее распространенные системы наблюдений следующие:

а) одиночные сейсмозондирования с получением разобщенных одиночных годографов. Расстояния между пунктами наблюдения при этом больше длины каждой из ветвей годографов. Данная система наблюдений позволяет изучать геологический разрез лишь на отдельных отрезках профиля. Она применяется при рекогносцировочных обследованиях спокойно залегающих преломляющих границ (углы наклона меньше $5^{\circ}$) и при плавном изменении граничных скоростей в горизонтальном направлении;

б) одиночные зондирования с получением в каждом пункте наблюдения двух противоположно направленных (расходящихся) ветвей годографа применяются при несколько более сложном характере преломляющих границ, например, при наклонном их залегании, и при необходимости большей точности и детальности наблюдений;

в) одиночные зондирования с получением пар встречных годографов используются на участках детальной съемки для повышения точности увязки годографов во взаимных точках, а также при наличии в исследуемом геологическом разрезе криволинейных преломляющих границ;

г) непрерывное профилирование по системе нагоняющих годографов. При этом расстояния между соседними пунктами наблюдений меньше длины каждой из ветвей годографов. Съемка по данной системе про-

водится в тех случаях, когда необходимы детальные сведения об изучаемом участке и когда исследуемые преломляющие границы имеют сложную криволинейную форму и требуется их непрерывное прослеживание;

д) непрерывное профилирование по системе встречных годографов является более трудоемкой системой наблюдений, но при картировании тех же геологических границ, что и в предыдущем случае, дает более надежные сведения;

е) непрерывное профилирование по смешанной системе встречных и нагоняющих годографов обеспечивает наиболее надежные результаты при исследовании сложных преломляющих границ. Для обеспечения высокой надежности и точности их прослеживания иногда применяют полные корреляционные системы наблюдений, которые дают возможность прослеживать фазы преломленных волн по всему профилю, однако такие системы являются в то же время наиболее трудоемкими.

3.26. Наблюдения на непродольных в совокупности с наблюдениями на продольных профилях следует использовать для изучения крутопадающих и наклонных границ. Непродольный профиль необходимо располагать перпендикулярно к продольному и на таком расстоянии от ПВ, на котором возможно прослеживание фаз волн, преломленных на изучаемой границе. Наблюдения на непродольном профиле должны быть увязаны с наблюдениями на продольном.

### Наблюдения в скважинах и горных выработках (сейсмокаротаж, вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП), сейсмопросвечивание и др.)

3.27. Сейсмокаротаж и вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП) инженерно-геологических скважин проводятся для идентификации сейсмических волн, детального определения скоростного разреза сре

ды вблизи скважин, литологического расчленения разреза и стратиграфической привязки сейсмических границ, оценки физико-механических свойств грунтов.

При сейсмокаротаже, как правило, изучаются первые вступления проходящих (прямых) волн.

В отличие от обычного сейсмокаротажа при ВСП инженерно-геологических скважин регистрируются и изучаются не только первые вступления проходящих волн, но и все волны в последующей части записи.

Во всех случаях, где это позволяют технические возможности, целесообразен переход от сейсмического каротажа к ВСП.

3.28. Для уверенной регистрации сейсмических колебаний в скважинах необходимо обеспечить надежный прижим каждого сейсмоприемника к стенке скважины.

Для этой цели следует использовать различные прижимные устройства (пневматические, механические и др.).

3.29. Сейсмокаротаж инженерно-геологических скважин может производиться либо 1-2-канальными портативными, либо многоканальными сейсмостанциями с применением соответствующих зондов (Р - зонд, S - зонд и т.п.).

3.30. Вертикальное сейсмическое профилирование возможно только с применением специальных сейсмокаротажных зондов с прижимными устройствами, обеспечивающих возможность проведения уверенной фазовой корреляции полезных волн в области как первых, так и последующих вступлений.

3.31. Перед проведением работ скважина должна быть промыта (прошаблонирована) и промерена. Во избежание заклинивания зонда спуск и подъем следует производить медленно. Необходимо избегать приближения скважинного сейсмоприемника к забою скважины на расстояние менее 1 м.

3.32. Глубина погружения зонда определяется по

счетчику или меткам на кабеле. При применении многоканальных зондов должна быть обеспечена идентичность каналов и представлены подтверждающие ее контрольные ленты, полученные перед началом работ и по окончании, а также при замене зонда или сейсмоприемника.

3.33. Отметка момента взрыва производится способом петли или аналогичным ему по точности. При ударном возбуждении отметка момента удара регистрируется сейсмоприемником, устанавливаемым рядом с ПУ, или с помощью контактного прерывателя, закрепленного на кувалде, или замыканием при ударе электроцепи - кувалда-подставка.

3.34. Все сейсмические работы в скважинах должны проводиться в соответствии с требованиями "Инструкции по геофизическим работам в скважинах" [11].

3.35. Условия возбуждения и характеристики приемного канала должны обеспечивать при сейсмокаротаже регистрацию четкого первого вступления или ближайших фаз проходящей волны в каждой точке наблюдения.

Сейсмограммы ВСП должны обеспечивать возможность изучения кинематических и динамических особенностей волн как в начальной, так и в последующей части записи.

3.36. Если по каким-либо причинам не удается добиться фазовой идентичности записывающего тракта на уровне $\pm 0{,}0010$ сек, то необходимо получить статистический материал, позволяющий обоснованно вывести поправки для каждого сейсморегистрирующего канала зонда. Эти поправки должны в последующем учитываться при построении годографов.

3.37. Вертикальное сейсмическое профилирование на продольных волнах следует производить из 2-3 пунктов удара (взрывов), один из которых следует располагать на расстоянии 2-3 м от устья скважины, а два других - на расстоянии $(0{,}7 \div 1)H$ и $(1{,}5 \div 2{,}0)H$, где $H$ - глубина исследуемой части скважины.

3.38. Регистрацию поперечных волн следует производить из 1-2 пунктов удара, располагать которые необходимо на расстоянии $(1,0 \div 1,2)H$ и $(1,8 \div 2,5)H$. Удовлетворительная разрешенность записи, как правило, получается только тогда, когда пункт удара расположен от устья скважины, пройденной по рыхлым грунтам, на расстоянии не менее 12-15 м.

3.39. Выбор расстояния от устья исследуемой скважины до пункта удара (взрыва) всегда должен уточняться в пределах расстояний, указанных в п.п. 3.37 и 3.38, в зависимости от конкретных инженерно-геологических и сейсмогеологических условий исследуемого участка.

В сложных инженерно-геологических условиях, когда можно предположить существование изменений упругих свойств грунтов в плане, необходимо увеличивать количество пунктов возбуждения упругих колебаний, располагая их на диаметрально противоположных направлениях относительно скважины.

3.40. Расстояние от пункта удара (взрыва) до устья скважины должно быть измерено с точностью не менее $\pm 5\%$ от измеряемой величины и зафиксировано в рапорте оператора (приложение 2).

3.41. Сейсмическое просвечивание пород между горными выработками, скважинами и т.п. производится с использованием проходящих волн. Сейсмоприемники устанавливаются в одной из выработок (скважине), удары (взрывы) производятся по стенке другой выработки (скважины). Базы просвечивания (расстояния между сейсмоприемниками и ПУ) определяются путем промеров расстояний непосредственно на местности или съемки расстояний с планов расположения горных выработок или скважин.

В песчано-глинистых породах расстояния между выработками (скважинами) не должны быть меньше первых метров и не превышать первых десятков метров. При очень малых базах возможны ошибки из-за

неточности отсчета времени, а при больших базах - из-за выхода в первые вступления преломленных волн.

В более плотных породах базы могут быть увеличены.

### Сети профилей и сейсмозондирований

3.42. Расположение сети профилей и сейсмозондирований определяется задачами работ, геологическим строением исследуемой территории и поверхностными сейсмическими условиями с учетом требований СН 211-62 и РСН 24-66. В зависимости от этих факторов наблюдения проводятся по непрерывным профилям или в отдельных пунктах (одиночные сейсмозондирования).

В процессе полевых работ проектную сеть профилей (сейсмозондирований) нужно корректировать в зависимости от выявленных особенностей геологического строения и поверхностных условий.

3.43. Профили наблюдений должны располагаться по возможности на ровных площадках или ориентироваться по направлению горизонталей и прокладываться на равных высотных уровнях склонов.

Расположение профилей в направлении падения склона ведет к частой смене волн, могут наблюдаться мешающие отраженные волны и выпадение отдельных слоев небольшой мощности, годографы будут искажены, потребуется введение поправок за рельеф и т.д.

3.44. Сейсмические профили необходимо совмещать с другими геофизическими профилями (гравиразведочными, магниторазведочными, электроразведочными и др.) с целью облегчения совместной интерпретации всех геофизических материалов.

3.45. При детальных сейсмических работах густота сети выбирается такая, чтобы обеспечивалась достаточная точность отображения изучаемого объекта (структуры) в плане. При этом не следует сгущать профили выше предела, за которым ошибка интерполя-

ции уже не влияет на точность карты.

3.46. Сеть профилей и методика работ при детализации могут отличаться от принятых при проведении основных работ и определяться выявленными глубинными и поверхностными сейсмогеологическими особенностями участка.

3.47. Наблюдения следует вести на прямолинейных профилях, изломы профилей могут быть обоснованы особенностями поверхностных сейсмогеологических и топографических условий, расположением сооружений, коммуникаций и т.п.

В точках излома или пересечения профилей необходимо для корреляционной увязки волн помещать пункты взрыва (удара).

3.48. Сеть профилей должна быть увязана со скважинами, расположенными на площади исследования (или вблизи от нее) и представляющими интерес для решения поставленных задач. В сеть профилей могут включаться специальные профили, проходящие через скважину.

3.49. При продолжении сейсморазведочных работ на площадях, на которых ранее производились аналогичные исследования, необходимо обеспечить минимальный объем повторных работ на старых профилях для сопоставления и увязки материалов.

## Опытные работы

3.50. Опытные работы разделяются на методические и специальные. Задачи опытных работ должны быть изложены в программе изыскательских работ. Начальнику партии (отряда, бригады) предоставляется право вносить в программу и в порядок выполнения опытных работ изменения, вытекающие из результатов предыдущих опытов и не изменяющие задач опытных работ.

Начальнику партии (отряда, бригады) предоставляется право прекратить опытные работы, не используя предусмотренный программой изыскательских ра-

бот объем, если полученные результаты позволяют решить задачи, поставленные перед опытными работами.

Полевые материалы, получаемые при опытных работах, следует обрабатывать немедленно и результаты обработки использовать для направления дальнейших опытных и производственных работ.

3.51. Методические опытные работы проводятся с целью обоснования или совершенствования методики или техники основных производственных исследований, предусмотренных программой изыскательских работ, и составляют их неотъемлемую часть. В соответствии с СЦПиР часть I (цена на изыскательские работы) стоимость опытных методических работ по выбору рабочих фильтраций, оптимальных способов возбуждения других колебаний и уточнению методики наблюдений определяется на основании специального расчета по форме 3-П.

Методические опытные исследования можно выполнять до начала или между разными этапами производственных работ.

Результаты методических опытных работ должны быть использованы при выборе методики и техники производственных исследований во всем районе или на отдельных его участках.

3.52. Специальные опытные работы проводятся с целью разработки, опробования и совершенствования существующих методов и модификаций сейсморазведки для повышения ее геологической и экономической эффективности, новых образцов сейсморазведочной аппаратуры, разработки новых средств возбуждения колебаний и т.п.

## 4. ТЕХНИКА ПОЛЕВЫХ РАБОТ

### Аппаратура и оборудование для инженерной сейсморазведки

4.1. Выпускаемая или выпускавшаяся в СССР

сейсморазведочная аппаратура пригодна с теми или иными ограничениями для решения задач инженерной геологии. При работе на скальных грунтах или в зоне развития многолетнемерзлых пород, характеризующихся высокими частотами и скоростями прохождения упругих колебаний, применяется модернизированная аппаратура с диапазоном частот до 500-2000 Гц. Скорость протяжки ленты при этом (время развертки для одно-двухканальных станций) должна обеспечивать возможность отсчета времени первых вступлений (или характерных экстремумов) с точностью не ниже 0,1 мс (прил. 3).

4.2. В ходе опытных работ производится проверка сейсмостанции по всем характеристикам и параметрам в случаях, когда сейсмостанция подвергалась непредусмотренным правилами эксплуатации воздействиям (увлажнение электрического монтажа, сильный удар, сотрясение, вызвавшее какое-либо повреждение кузова автомобиля или корпуса прибора и т.п.), проверяемые характеристики и параметры должны соответствовать паспортным данным и техническому описанию сейсмостанции.

4.3. В ходе производства полевых работ должны осуществляться систематические поверки следующих характеристик и параметров многоканальной сейсмостанции:

1) амплитудная и фазовая идентичность сквозных каналов без сейсмоприемников - ежедневно;

2) амплитудная и фазовая идентичность сквозных каналов с рабочим комплектом сейсмоприемников - через 12 рабочих дней;

3) уровень собственных шумов сквозных каналов - один раз в месяц;

4) уровень взаимных влияний между каналами - один раз в месяц;

5) точность маркировки сейсмограмм - один раз в месяц.

Поверки по пп. 2,3,4 проводятся на каждом объекте, но не реже, чем указано выше.

4.4. Особое внимание при работах как с многоканальными, так и с малоканальными сейсмостанциями следует уделять взаимному соответствию частотных параметров узлов всего сквозного канала регистрации, начиная от частотных характеристик сейсмоприемников до частотных характеристик гальванометров. Они должны подбираться с учетом технических возможностей станции и требуемой полосы пропускания частот.

4.5. Значения параметров, проверяемых в ходе полевых работ, не должны превышать следующих пределов:

1) фазовая неидентичность каналов без сейсмоприемников - не более 5%, а с сейсмоприемниками - не более 8% от видимого периода записи;

2) амплитудная неидентичность каналов без сейсмоприемников - не более 4дБ, а с сейсмоприемниками - не более 6 дБ при одинаковых положениях переключателей усиления и амплитуды;

3) амплитуда собственных шумов усилителей записи на максимальном усилении при закороченном входе не должна превышать на сейсмограмме 3-5 мм;

4) взаимные влияния всех каналов на один - не менее 30 дБ;

5) несовпадение направления полосных марок времени с нормалью к направлению движения носителя записи не должно вызывать ошибку определения фазы одного сигнала на крайних каналах больше 1 мс;

6) в аппаратуре, предназначенной для выделения поперечных волн путем вычитания разнонаправленных воздействий, дополнительно проверяется величина фона при вычитании одинаковых сигналов. Эта величина не должна превышать 10% от уровня первоначального сигнала. Контроль рекомендуется проводить не реже одного раза в месяц.

4.6. Частичные проверки одно- или двухканальных сейсмостанций в ходе выполнения полевых работ производятся в лабораторных условиях (количественные показатели даются на примере установки ОСУ-2) по следующим характеристикам и параметрам:

1) чувствительность усилителя сейсмоканала ( $\geqslant$1 мм/мкВ);

2) собственные шумы усилителя, приведенные ко входу ( <2 мкВ );

3) точность измерений в пределах имеющихся разверток и задержек ( + 0,5 мс при времени отсчета $t \leqslant$ 25 мс и 1 мс при $t >$ 25 мс);

4) соответствие длительности горизонтальной развертки паспортным данным;

5) точность работы размыкателя (при механическом размыкателе не менее 0,2 мс, при пьезоэлектрическом не менее 0,01 мс);

6) сходимость отсчетов по индикаторным лампам при "запусках через схему" (среднее квадратичное отклонение $\leqslant$ 0,1 мс);

7) соответствие частотного диапазона и крутизны частотных характеристик паспортным данным установки.

Проверки производятся с помощью милливольтметра, звукового генератора, например Г3-18, измерительной линейки, частотомера, например, Ч3-33.

В полевых условиях проверяются:

1) сходимость отсчетов по индикаторным лампам при многократных запусках через схему ( $\leqslant \pm$ 0,1 мс);

2) сходимость измерений при различных развертках и задержках $\pm[0{,}01(t + P) + 0{,}1$ мс], где $t$ – время отсчета, Р – время используемой развертки. Проверка производится по времени прихода одного и того же экстремума;

3) точность работы размыкателя и необходимость внесения поправок для устранения связанных с ним задержек при различных грунтовых условиях (по

пересечению годографа прямой волны с осью абсцисс и по отскокам отсчетов от средних показаний).

При использовании установок ОСУ-1 допуски увеличиваются до 5 раз. При этом в случаях существенных систематических расхождений, возникающих при включении задержек, последние могут использоваться при условии устранения расхождений путем введения постоянных поправок.

4.7. Сейсмоприемники должны удовлетворять следующим требованиям:

1) периоды собственных колебаний сейсмоприемников не должны отличаться более чем на ± 10%;

2) сейсмоприемники в одном комплекте не должны различаться по своей чувствительности более чем на 25%;

3) отношение амплитуд двух соседних экстремумов записи собственного процесса правильно затушенного сейсмоприемника должно быть равно 7-10. Это отношение для различных сейсмоприемников одного и того же комплекта должно выдерживаться с точностью ± 15%.

4.8. Результаты проверок, производимых в ходе полевых работ, должны регистрироваться в журнале и подтверждаться соответствующими аппаратурными лентами (отсчетами), полученными до и после регулировки.

4.9. При производстве полевых работ необходимо соблюдать требования заводских инструкций по эксплуатации аппаратуры и оборудования.

О выявленных возможностях улучшения аппаратуры и оборудования или режима их эксплуатации, а также о необходимости изменения монтажа аппаратуры начальник партии (отряда, бригады, группы) обязан сообщить вышестоящей организации и производить изменение в аппаратуре только после получения соответствующего разрешения.

## Основные требования к выполнению топографо-геодезических работ

4.10. Топографо-геодезические работы при производстве работ методами инженерной сейсморазведки состоят в подготовке, разбивке и привязке сети наблюдений, вынесении на топографическую основу профилей и точек геофизических наблюдений, подготовке трасс и просек для передвижения сейсмической аппаратуры.

4.11. Топографо-геодезические работы выполняются в соответствии с "Основными положениями по топографо-геодезическому обеспечению геологоразведочных работ" [26]. При этом погрешность вынесения на карту контуров профилей или точек наблюдений не должна быть более 0,5 мм в масштабе отчетной карты.

4.12. Перенесение в натуру и привязка геофизических точек наблюдения должна производиться в соответствии с требованиями главы 9 "Инструкции по топографо-геодезическим работам при инженерных изысканиях для промышленного, сельскохозяйственного, городского и поселкового строительства" (СН 212-73).

4.13. Предельная относительная погрешность относительных высотных отметок пикетов, для которых вычисляются глубины, не должна превышать $\pm 1\%$ от глубины до основной изучаемой границы.

4.14. Абсолютная погрешность определения глубин сейсмоприемников в скважинах при сейсмокаротаже не должна превышать $\pm 5$ см.

4.15. Относительная погрешность измерения расстояний по профилю между сейсмоприемниками не должна превышать $\pm 1\%$.

## Буровые, горнопроходческие и другие специальные вспомогательные работы

4.16. В инженерной сейсморазведке бурение

взрывных скважин или проходка для этих целей шурфов, канав и т.д. в случае их необходимости осуществляется по отдельной программе исследований.

Скважины, шурфы, канавы и т.п. используются для взрывов при сейсморазведочных работах только по особому распоряжению руководителя работ и согласованию с местными органами власти.

4.17. Диаметр взрывных скважин должен на 10-20 мм превышать диаметр применяемых зарядов. Глубина скважины определяется программой инженерно-изыскательских работ.

4.18. Порядок документации взрывных скважин общепринятый. Все необходимые сведения о разрезе скважины, кроме того, регистрируются в сменном рапорте оператора. Сменные рапорты операторов хранятся как первичные полевые материалы.

## Взрывные работы

4.19. Взрывы производятся во взрывных скважинах, шурфах, ямах, естественных водоемах или в воздухе в соответствии с программой работ. Применяется только электрический способ взрывания. Масса заряда 0,1-2 кг (в редких случаях до 10 кг и более). Расстояние между пунктами взрыва и сейсмостанцией изменяется от 100 до 500 м.

Конкретные значения этих расстояний определяются на месте начальником партии (отряда, бригады, группы) в зависимости от цели и методики работ.

4.20. Общее руководство сейсморазведочными и взрывными работами и контроль за соблюдением мер безопасности осуществляет начальник партии. Взрывные работы производятся командой взрывников во главе с руководителем взрывных работ, прошедших курс подготовки и допущенных к проведению взрывных работ.

Ответственность за соблюдение мер предосторожности при взрывных работах несут начальник пар-

тии и руководитель взрывных работ. Начальник бригады (отряда) и оператор сейсмостанции отвечают за соблюдение правил техники безопасности, связанных непосредственно с сейсморазведочными работами на участках приема сейсмических колебаний.

4.21. Инженерно-технические работники сейсморазведочных партий (группы, отряда, бригады) ежегодно сдают зачет по технике безопасности и мерам предосторожности при взрывных работах по месту своей работы, о чем делаются соответствующие записи в книге учета. Непосредственно перед производством сейсморазведочных работ с применением взрывного способа возбуждения колебаний начальник партии (группы, отряда, бригады) получает от областного Гостехнадзора "Допуск на выполнение работ с повышенной опасностью" установленного образца.

С сотрудниками бригады взрывников, оцепления и рабочими сейсморазведочной партии (группы, отряда, бригады) ежедневно перед производством взрывных работ производится инструктаж по мерам предосторожности и технике безопасности. Инструктаж организует и проводит начальник партии (отряда, группы, бригады).

4.22. Место взрыва определяется начальником партии (группы, отряда, бригады). Руководитель взрывных работ определяет безопасное расстояние от выбранного места до взрывной станции, строений, дорог, линий электропередач, связи и т.п.

Если эти строения, дороги, линии попадают в опасную зону, руководитель взрывных работ докладывает об этом начальнику партии (группы, отряда, бригады) и согласует с ним свое решение о переносе места взрыва.

4.23. Взрывная станция (машинка) должна находиться с наветренной стороны и на безопасном расстоянии от заряда. Взрывную станцию (машинку) следует располагать в таком месте, откуда обеспечивается

хорошая видимость места расположения заряда и ближайшие подступы к нему. В противном случае выставляются наблюдатели, которые должны иметь надежную связь с взрывником.

Размещение взрывной станции (машинки) в машине сейсмостанции или в других машинах запрещается.

Во всех случаях связь между оператором сейсмостанции и взрывником осуществляется по телефону или радиотелефону.

Место взрыва должно быть оцеплено постами, которые следует удалять на безопасное расстояние; оцепление выставляется и снимается руководителем взрывных работ (взрывником). Места и расстояния, на которые нужно отвозить людей и выставлять оцепление на время взрывных работ, указываются руководителем взрывных работ (взрывником).

Места предстоящих взрывов должны обозначаться хорошо видимыми ориентирами высотой 1–1,5 м в удалении 5–6 м от заряда.

Взрывник, устанавливающий электродетонаторы в заряд, обязан возвратиться на взрывную станцию и лично доложить начальнику партии (отряда, группы, бригады) о готовности заряда к взрыву.

4.24. Руководитель взрывных работ (взрывник) прежде чем производить взрыв обязан:

а) лично убедиться в безопасности готовящегося взрыва;

б) проверить магистраль и проводимость в ней после удаления всех людей от мест расположения зарядов; лично убедиться в отсутствии людей и животных в зоне расположения заряда;

в) сиреной дать первый предупреждающий сигнал "Приготовься";

г) доложить начальнику партии (группы, отряда, бригады) и оператору на сейсмостанции о готовности к взрыву.

Сигналы должны резко отличаться один от другого и весь персонал партии (группы, отряда, бригады), участвующий в производстве работ, должен хорошо их знать.

4.25. Оператор по сигналу готовности включает аппаратуру и дает взрывнику предварительную команду "Подготовиться к взрыву". По этой команде руководитель взрывных работ (взрывник) вставляет ключ в гнездо взрывной машины, открывает предохранительную заслонку, подключает боевую магистраль, убеждается в безопасности производства взрыва, докладывает оператору о выполнении команды словом "Готов" и дает сиреной второй сигнал "Огонь".

4.26. По команде оператора "Внимание" руководитель взрывных работ (взрывник), повернувшись лицом к месту взрыва, нажимает кнопку "Подготовка" для зарядки конденсатора и по окончании зарядки, не снимая пальца с кнопки, докладывает оператору "Есть".

По получении исполнительной команды оператора "Огонь" руководитель взрывных работ (взрывник), будучи убежденным в безопасности взрыва, нажимает кнопку "Взрыв".

После взрыва руководитель взрывных работ докладывает оператору "Взрыв произведен".

При малейшей неуверенности в безопасности взрыва руководитель взрывных работ (взрывник) должен прервать команду оператора. Для этого он отпускает кнопку "Подготовка" на подрывной машине и оповещает оператора словом "Отказ", объясняя причину отказа.

4.27. Если взрыв прошел нормально, то для осмотра места взрыва подходить к скважине и мелким (до 1 м) шурфам следует через 5 минут, к шурфам глубиной 3 м и более - через 30 минут.

После осмотра места взрыва руководитель взрывных работ дает сигнал "Отбой", обозначающий прекращение взрывных работ.

4.28. При проведении взрывных работ должны неукоснительно соблюдаться правила техники безопасности и ведения работ, предусмотренные "Едиными правилами безопасности при взрывных работах" Мингео СССР [10]. Документация и отчетность о взрывных работах ведется в соответствии с указанными правилами и дополняющими их инструкциями.

## 5. ДОКУМЕНТАЦИЯ И ПРИЕМКА ПОЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Первичными полевыми документами являются:

а) при работе с многоканальными станциями –
аппаратурные ленты, подтверждающие качественную работу сейсмостанции за отчетный период времени;
рабочие сейсмограммы;
сменные рапорты оператора (прил. 2);

б) при работе с одно- или двухканальными сейсмостанциями –
журналы полевых наблюдений (прил. 1);
построенные в поле годографы наблюденных волн;
фотографии (фотопленки) сейсмических сигналов.

5.2. Значения наблюдений в виде цифровых отсчетов, записанные в полевые журналы, или сейсмограммы, подписываются оператором. На сейсмограмме (в полевом журнале) указываются: название объекта, порядковый номер сейсмограммы за текущий день и через дробь порядковый номер по площадке, номер профиля, пикеты расстановки сейсмоприемников, пикеты удара (взрыва), способ возбуждения колебаний (кувалда, ударная установка), вид удара и приема (вертикальный $Z$ или горизонтальный $X$ или $Y$, фильтрация, усиление, дата (прил. 2).

При фотографировании сейсмического сигнала (ОСУ-1 или ОСУ-2) в журнале делается пометка с указанием номера сейсмограммы на данном кадре

пленки и номера кадра, а также других данных по пп. 5.13-5.16.

5.3. Оператор сейсмической станции должен на каждый рабочий день заполнять сменный рапорт(прил.2).

В сменном рапорте оператора должно быть указано: название (номер) объекта, дата, номер профиля, порядковый номер регистрируемой сейсмограммы, пикеты расстановки сейсмоприемников, пикеты удара (взрыва), фильтрация, усиление по группам каналов.

В графе "Примечание" указываются номера встречающихся горных выработок (скважин и т.п.) с указанием расстояния до них по нормали к одному из профилей. В сложной топографической обстановке рисуется абрис. Номер сейсмограммы по объекту проставляется геофизиком-интерпретатором.

5.4. Сейсмограмма или запись отсчетов в журнале бракуется, если имеется хотя бы один из следующих недостатков:

1) отсутствуют необходимые на сейсмограмме или в журнале полевые записи оператора, перечисленные в пп. 5.2; 5.13-5.16, и восстановить их невозможно;

2) отсутствуют или ненадежны отметки момента удара (взрыва) и не представляется возможным перенести отметку момента удара (взрыва) с соседней сейсмограммы, или определить ее по вступлению от ближайшего к ПУ СП;

3) по причине неудачного подбора силы удара (величины заряда) или величины усиления канала не обеспечивается необходимый уровень интенсивности сейсмической записи, что делает невозможным выделение полезных волн;

4) наличие аппаратурных наводок, затрудняющих выделение полезных сигналов;

5) общее число неработающих каналов и каналов с обратной полярностью более одного для каждой 6-канальной группы станций;

6) микросейсмы, промышленные помехи и электрические наводки препятствуют выделению полезных сигналов;

7) взаимные влияния между каналами затрудняют выделение полезных сигналов;

8) резко неравномерная или недостаточная скорость протяжки фотобумаги, затрудняющая чтение записи;

9) отсутствуют марки времени;

10) плохая фотообработка, делающая невозможным чтение сейсмической записи;

11) магнитная сейсмограмма бракуется, если имеются недостатки, аналогичные указанным в пп. 1-9 или перечисленные в пп. а, б, в, г:

а) пленка разорвана в месте крепления пистона, в результате чего ее нельзя закрепить на барабане;

б) имеются механические повреждения, занимающие две и более дорожки;

в) нестабильность движения носителя записи, превышающая установленную норму;

г) имеют место перегрузки (перенасыщение) магнитной пленки в рабочем интервале времени.

5.5. Сейсмограмма принимается с оценкой "посредственно", если уровень (степень) отдельных недостатков, перечисленных в п. 5.4, несущественно затрудняет чтение и обработку сейсмической записи.

5.6. Сейсмограмма принимается с оценкой "хорошо" или "отлично" в зависимости от степени решения поставленной инженерно-геологической задачи и если она не имеет перечисленных в п. 5.4 недостатков.

5.7. На каждом сменном рапорте оператора старший геофизик (интерпретатор) ставит соответствующую оценку каждой сейсмограмме согласно требованиям настоящей Инструкции. На каждом сменном рапорте старший геофизик (интерпретатор) указывает число полученных за день принятых и забракованных сейсмограмм и число погонных километров профиля.

5.8. Участок сейсмического профиля или одиночные сейсмозондирования подлежат приемке, если зарегистрированы и прослежены волны, использование которых было предусмотрено программой работ. Материалы сейсморазведочных работ засчитываются исполнителям как выполненные и в случаях, когда проведенные исследования доказывают невозможность получения требуемых результатов с помощью технических и методических средств, предусмотренных программой работ.

5.9. Отрезки профиля (участки работ), на которых отсутствие геологической информации вызвано браком наблюдений, не засчитывают в выполнение объемов работ.

5.10. При проведении на одном и том же профиле (участке работ) наблюдений в разное время различными методами сейсморазведки учет выполненных работ в погонных километрах должен производиться раздельно по каждому методу.

5.11. Если в результате съемки получены одиночные разобщенные годографы, то для контроля за их качеством необходима постановка контрольных наблюдений в объеме не менее 10% от общего количества точек наблюдений.

Для системы из двух встречных годографов контроль осуществляется по взаимным временам, которые не должны отличаться друг от друга более чем на $2\sigma_t$, где $\sigma_t$ - точность снимаемых отсчетов.

При наличии допустимой неувязки, не превышающей указанной величины, годографы преломленных волн исправляются путем смещения их вдоль оси времен навстречу друг другу до совпадения взаимных времен. Начальная ветвь годографа при этом может изменить наклон лишь в случае, если она характеризует слой, не играющий существенной роли в инженерно-геологическом разрезе, или если эта ветвь построена менее чем по трем точкам наблюдений.

Для двух противоположно направленных (расходящихся) годографов из одного пункта возбуждения (при выдержанном геологическом строении) должны совпадать значения $t_0$, отсекаемые на общей оси времени продолжениями отрезков годографов, относящихся к одной и той же преломляющей границе.

5.12. В процессе полевых работ начальник партии производит проверку деятельности групп (бригад, отрядов) инженерной сейсморазведки не менее одного раза в месяц на каждом объекте, в том числе оценивает качество полевых и камеральных материалов. Текущий контроль оформляется актом (прил. 2). Акт составляется в двух экземплярах. Один экземпляр акта хранится у начальника партии (отряда), другой - в экспедиции (отделе).

5.13. По окончании полевых работ на том или ином объекте экспедиция (отдел) производит проверку и приемку полевых материалов от сейсмической партии (отряда). Для этого организуется специальная комиссия, в состав которой должны входить представители партии (отряда) и специалисты, не являющиеся сотрудниками данной партии, общим числом не менее трех человек.

5.14. В акте приемки полевых материалов должны быть отражены:

1) оценка качества принятого материала;

2) степень решения инженерно-геологических задач, поставленных программой работ;

3) оценка организационно-хозяйственной деятельности партии (отряда).

Проверке и приемке подлежат:

план расположения сейсмических профилей и одиночных сейсмозондирований;

сменные рапорты оператора;

журналы полевых наблюдений;

годографы зарегистрированных волн;

сейсмограммы (по проверке аппаратуры в ходе работ, опытных работ, характеризующих правильность выбранной методики, производственных работ);

журналы учета и регистрации сейсмограмм (прил. 2);

предварительные геосейсмические разрезы, расчеты физико-механических свойств пород и т.п., выполненные в поле;

топографо-геодезическая документация;

фотографии сейсмических сигналов;

акты выполненных объемов работ.

Акты проверки (в двух экземплярах) должны быть подписаны членами комиссии и утверждены руководителем экспедиции (отдела). Экземпляры акта передаются в экспедицию (отдел) и начальнику партии (отряда) инженерной сейсморазведки.

## 6. ОБРАБОТКА СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### Первичная обработка сейсмограмм

6.1. На лицевой стороне каждой сейсмограммы, свободной от полезной записи, заполняется паспорт (форма паспорта приведена в прил. 2). Для нанесения паспорта сейсмограммы необходимо иметь специальный штамп - оттиск.

6.2. На сейсмограммы, кроме паспорта, наносятся следующие данные:

1) разметка марок времени от момента удара (взрыва), исправленного при необходимости, за его глубину. В качестве "нулевой" принимают марку времени, ближайшую от отметки момента удара;

2) оцифровка трасс записи в единицах расстояния по профилю (пикеты);

3) особенности стоянки (изломы профиля, выносы приборов, сгущение или разрежение точек наблюдений и т.п.);

4) специфические особенности отдельных записей (неработающие или имеющие обратную полярность каналы и т.п.);

6.3. Аппаратурные осциллограммы надписываются соответственно их назначению с указанием параметров записи и результатов их обработки.

Распознавание волн

6.4. Прямые, рефрагированные и преломленные продольные волны при соответствующих расстояниях от ПВ прослеживаются на записях первыми, особенно четко на записях по схеме ZZ. Они характеризуются обычно более высокими частотами, чем поперечные и поверхностные, видимый период колебания с расстоянием от ПВ увеличивается, амплитуды колебаний продольных волн обычно меньше, чем амплитуды волн других типов в последующей части записи, количество экстремумов на расстоянии 20-100 м от ПВ обычно не превышает 8-10.

6.5. Поперечные *SV* и *SH* волны регистрируются на записях, полученных соответственно по схемам ZZ и УУ. Поперечные волны достаточно уверенно различаются на записях на расстоянии более 10-20 м от ПВ. На записях по схеме УУ поперечные волны характеризуются значительно большими амплитудами по сравнению с продольными (последние на удаленных от ПВ отрезках профилей при соответствующих усилениях иногда неразличимы), большими видимыми периодами. При совместных наблюдениях по схемам ZZ и УУ не возникает особых трудностей при распознавании продольных и поперечных волн. В тех случаях, когда такие затруднения возникают, используется свойство инверсии горизонтальных составляющих *S* -волн при противоположно направленных ударах.

6.6. Поверхностные волны релеевского типа регистрируются в хвостовых частях записей, характеризуются значительной интенсивностью, слабым затуханием, более низкой частотой, чем *P* и *S* волны, много-

фазностью, дисперсией (зависимостью скоростей от частоты) и некоторыми другими признаками.

### Корреляция волн

6.7. Выделение и прослеживание волн производится по повторяемости формы записи на соседних трассах и плавному общему изменению интенсивности записи от трассы к трассе, повышенной интенсивности колебаний на общем фоне, осям синфазности.

6.8. Корреляцию первых вступлений необходимо производить, начиная с трассы, расположенной вблизи пункта удара. По мере удаления сейсмоприемников от пункта удара корреляция первых вступлений затрудняется. В этом случае следует переходить на фазовую корреляцию. Для обеспечения уверенного перехода необходимо найти минимум два-три канала, по которым можно было бы одновременно проследить вступление волны и какую-либо фазу.

6.9. Правильность корреляции в сложных зонах необходимо контролировать по разностным годографам, линиям $t_0$ , визуально по изменению наклона оси синфазности и по изменению положения зоны интерференции на сейсмограмме при смене пункта удара(взрыва).

6.10. Корреляция волн при работах на однонациональных сейсмических установках производится по фотографиям сейсмограмм, по волновой картине на экране осциллографа или по форме годографов. При частой смене волн, соответствующих различным преломляющим горизонтам, можно совершить ошибку и по выходе из зоны интерференции перейти на регистрацию какой-либо фазы, приняв ее за первые вступления. Чтобы избежать этого, необходимо повторить съемку (получение годографа) в обратном направлении. Это позволит наблюдать прослеживаемую волну вне пределов зоны интерференции и таким образом проверить, правильно ли брался отсчет во время прямого хода.

6.11. Для корреляционной увязки волн, зарегистрированных от различных пунктов удара (взрыва),необходимо использовать принцип равенства времени их регистрации во взаимных точках. При этом сопоставляемые времена должны быть приведены к одному уровню расположения СП и ПУ (ПВ).

Расхождения во временах прихода волн во взаимных (общих) точках не должны превышать 25% видимого периода волн при работе на суше и 40% при работах на воде.

6.12. Отождествление преломленных волн при корреляционно неувязанных между собой системах наблюдений должно осуществляться по форме записи с учетом возможного эффекта"проницания."

6.13. Анализу динамических особенностей записи при корреляции волн необходимо придавать особое значение при изучении вертикально-слоистых сред,дизъюнктивных нарушений, сред со слабой скоростной дифференциацией.

## Построение годографов

6.14. После проведения корреляции и выделения осей синфазности фазовые годографы должны приводиться к первым вступлениям путем введения поправок за фазу, которые определяют как разность времени вступления волны и коррелируемой фазы.

6.15. Построение годографов необходимо производить от горизонтальной линии по временам, приведенным к единой плоскости возбуждения и приема колебаний.

6.16. Все сейсмические годографы должны быть построены на миллиметровой бумаге в масштабах,обеспечивающих точность отсчета времени не менее точности их снятия с сейсмограмм и удобство пользования.

Для построения амплитудных графиков следует

использовать бланки с билогарифмическими или полулогарифмическими сетками.

6.17. На всех годографах должны быть следующие данные:

положение пункта удара (взрыва);

точки пересечения и изломы профилей;

расположение опорных инженерно-геологических скважин.

6.18. Над годографами преломленных волн проставляются значения кажущихся скоростей. Для обнаружения эффекта "проницания" необходимо построение графика разности времен по нагоняющим годографам отождествленных волн.

6.19. Для количественной обработки данных сейсмокаротажа и ВСП прокоррелированные фазовые годографы продольных или поперечных волн должны быть трансформированы в вертикальные годографы первых вступлений.

6.20. При построении на миллиметровой бумаге годографов, по которым в последующем будет вестись обработка с использованием ЭЦВМ, необходимо одновременно представлять их в виде таблиц чисел с точностью для низкоскоростных (нескальных) разрезов не менее $\pm$ 0,001 с, для высокоскоростных (скальных) на протяженных годографах $\pm$ 0,0005 с, на коротких ($\leqslant$ 15 м) годографах $\pm$ 0,0002 с.

## Определение скоростей распространения упругих волн

6.21. В инженерной сейсморазведке наиболее часто используются истинная, пластовая, граничная и эффективная (или средняя) скорости. Истинные и пластовые скорости распространения продольных и поперечных волн необходимы при оценке физико-механических свойств грунтов и при литологическом расчленении разреза.

Эффективные (или средние) и граничные скорости необходимы при построении геосейсмических разрезов и карт (прил. 4).

6.22. Истинные и пластовые скорости распространения упругих волн наиболее точно могут быть получены по данным сейсмокаротажа и ВСП инженерно-геологических скважин. По этим же данным определяются средние скорости до сейсмических границ.

6.23. Для определения пластовых (истинных) скоростей по данным сейсмокаротажа наблюденные годографы необходимо привести к вертикали.

6.24. Приведение наблюденных годографов сейсмокаротажа к вертикали необходимо осуществлять на основе модели однородной среды по формуле

$$t^{пр} = t_{наб} \cdot \frac{Z}{\sqrt{Z^2 + l^2}} = t_{наб} \cdot \cos\alpha,$$

где $Z$ – глубина наблюдения;

$l$ – расстояние от пункта удара (взрыва) до устья исследуемой скважины;

$\alpha$ – угол между стволом скважины и наклонным прямолинейным сейсмическим лучом, проведенным из пункта удара (взрыва) в точку наблюдения.

6.25. Пластовые скорости определяются по угловым коэффициентам продольного вертикального годографа проходящей волны или вертикального годографа головной волны. Годограф осредняют ломаной линией, предполагая, что разрез сложен однородными слоями.

6.26. В целях достижения более высокой точности и объективности при определении пластовых скоростей по приведенным вертикальным годографам необходимо использовать либо метод наименьших квадратов, либо метод линейного программирования на ЭЦВМ.

6.27. Непродольные годографы ВСП следует использовать для непосредственного (без приведения к вертикали) определения истинных (пластовых) скорос-

тей продольных и поперечных волн по специальной методике.

6.28. Истинные скорости распространения упругих волн в разрезе могут быть получены на основе обработки годографов рефрагированных (преломленных) волн.

6.29. Для достижения высокой точности и объективности при определении истинных скоростей распространения упругих волн по наземным годографам рефрагированных (преломленных) волн необходимо использовать способы, основанные на поэлементной аппроксимации экспериментального годографа годографом заданного вида.

6.30. В случае невозможности получения по тем или иным причинам сведений об истинных скоростях распространения поперечных волн их значения следует определять путем пересчета от измеренных скоростей поверхностных волн релеевского типа.

6.31. Надежность определения истинных скоростей распространения продольных и поперечных волн по наземным годографам объемных и поверхностных волн, полученных при наземной съемке, необходимо систематически контролировать на основе сопоставления получаемых результатов с данными ВСП или сейсмокаротажа и данными инженерно-геологических исследований.

6.32. Точные значения средних (эффективных) скоростей до прослеживаемой преломляющей границы получают по данным сейсмокаротажа и ВСП, или по материалам наземных наблюдений по профилю, проходящему через скважину, вскрывшую соответствующую границу. Приближенные значения средних (эффективных) скоростей в инженерной сейсморазведке обычно получают по точкам пересечения годографов преломленных волн, начальным точкам и т.п.

6.33. Значения граничных скоростей при горизонтальных преломляющих границах и выдержанности средних (эффективных) скоростей в покрывающей толще оп-

ределяются по тангенсу угла наклона соответствующих отрезков годографа. При наличии встречных систем годографов граничную скорость определяют по разностному годографу, либо методом полей времен.

6.34. Для повышения надежности сейсморазведочных данных необходимо по результатам расчетов строить различного рода обобщающие карты и графики: карты граничных скоростей, карты эффективных скоростей для отдельных преломляющих горизонтов, карты истинных (пластовых) скоростей, скоростные разрезы и т.п.

Построение геосейсмических разрезов и карт

6.35. Способ построения геосейсмических разрезов определяется полнотой и достоверностью имеющихся данных о скоростной характеристике среды, особенностями ее инженерно-геологического строения, надежностью корреляции волн и методикой выполнения полевых наблюдений, требованиями к точности определения формы и глубины залегания сейсмических границ, а также требованиями наиболее точного, простого и быстрого решения поставленных задач.

6.36. Исходными данными для построения геосейсмического разреза являются наблюденные или исправленные времена регистрации полезных волн и скорости их распространения в исследуемой толще (эффективные или средние и граничные).

6.37. Построение геосейсмических разрезов необходимо начинать с анализа полученных годографов и сейсмограмм, позволяющего на основе имеющихся дополнительных геолого-геофизических материалов составить схематическую геосейсмическую модель участка работ или отдельных частей (выбор интерпретационной модели).

Основными элементами интерпретационной модели (моделей) должны являться представления о количестве слоев в разрезе, пространственном распределе-

нии их по разрезу и площади (наличие наклонов границ, зон выклинивания и т.п.) и о характере распределения скоростей в слоях разреза (постоянные или меняющиеся в разрезе и в плане скорости).

6.38. Для однороднослоистых сред построения геосейсмических границ рекомендуется проводить следующими способами: упрощенным аналитическим, пластовых скоростей, средних скоростей (способ $t_0$), полей времен.

6.39. Построение преломляющих границ в условиях значительной градиентности верхнего слоя следует производить способом расчетной средней скорости.

6.40. При отсутствии в разрезе резких преломляющих границ результаты сейсмических исследований по протяженным профилям необходимо представлять в виде скоростных разрезов.

6.41. Построение геосейсмического разреза должно включать следующие операции:

а) нанесение рельефа дневной поверхности вдоль профиля сейсмических наблюдений;

б) нанесение относительно этой линии рельефа сейсмических границ;

в) нанесение на разрез значений средних, пластовых или истинных и граничных скоростей распространения упругих волн в отдельных слоях;

г) вынесение на разрез данных по имеющимся горным выработкам и скважинам о глубинах и мощностях слоев горных пород, элементах их залегания.

На геосейсмический разрез, помимо сейсмических границ, необходимо выносить участки, характеризующиеся аномальными значениями динамических особенностей записи (амплитуд, периода и т.п.) упругих колебаний.

Анализ пространственного положения таких участков на изучаемой площади необходим при выделении и прослеживании линий тектонических нарушений, зон выклинивания слоев и т.п.

6.42. При отождествлении сейсмических границ с геологическими, помимо геометрического совпадения (в пределах ошибки наблюдения) этих границ, необходимо учитывать: мощность предполагаемого преломляющего горизонта, его литологию, литологию вмещающих пород, положение уровня грунтовых вод, наличие расположенных выше преломляющих слоев, соотношение их мощностей и соответствующих им скоростей распространения упругих волн, а также данные других геофизических методов (при комплексном проведении работ).

6.43. При наличии на сейсморазведочном профиле скважин или горных выработок допускается уточнение положения сейсмических границ путем разбрасывания невязки между геологическими и геофизическими данными о глубине залегания изучаемых пород, их мощности, элементах залегания и т.п.

При этом величины вводимых поправок не должны превышать погрешность метода интерпретации. Такая же корректировка положения сейсмических границ в разрезе должна производиться при наличии замкнутых контуров.

6.44. Во избежание грубых ошибок в определении глубин преломляющих границ из-за неточного расчета средних скоростей особенно в так называемых "аномальных разрезах", в которых наблюдаются явления "выпадения слоя", "экранирования слоя" и т.п., результаты сейсморазведочных работ необходимо контролировать данными других методов или бурения.

6.45. Результаты сейсмокаротажа или ВСП в виде годографов упругих волн, геосейсмического разреза, данных определений физико-механических свойств пород следует представлять на одном листе совместно с геологическим разрезом по скважине.

6.46. Анализ достоверности геосейсмических разрезов является непременной составной частью камеральных работ. Он проводится как на этапе выбора

интерпретационной модели, так и при оценке точности исходных полевых материалов и результатов их обработки.

6.47. На итоговом геосейсмическом разрезе, помимо сейсмических границ и скоростей, должны быть нанесены: рельеф дневной поверхности, пикеты точек наблюдения и пункты удара, точки излома профиля и его пересечения с другими профилями, положение инженерно-геологических скважин и их разрезы, горизонтальный и вертикальный масштабы, обозначения (если они имеются), а также штамп организации, проводившей работы, год ее выполнения, район работ, название объекта (номер договора), номер профиля. Разрез подписывается составителем, главным (старшим) геофизиком и начальником партии (отдела).

6.48. Завершающим этапом интерпретации материалов сейсморазведочных работ является построение различных карт и схем (погоризонтные карты истинных скоростей, различных физико-механических характеристик грунтов и т.п.), дающих обобщенное представление о полученных результатах. Расстояние на карте между изолиниями необходимо выбирать равным удвоенной среднеквадратической погрешности определения изучаемого параметра. Карты и схемы должны содержать сведения, перечисленные в п. 6.47.

## Применение ЭЦВМ при обработке материалов инженерной сейсморазведки

6.49. При обработке материалов инженерной сейсморазведки использование ЭЦВМ целесообразно, если оно экономически оправдано, эффективно, приводит к повышению информативности метода и качества камеральных работ, а по принятой схеме организации работ не вызывает задержек в выдаче результатов исследований.

6.50. Обработка материалов полевых сейсмичес-

ких исследований может проводиться либо в ВЦ трестов инженерно-строительных изысканий или проектно-изыскательских организаций, либо на договорной основе в ВЦ сторонних организаций.

6.51. ЭЦВМ необходимо применять для:

1) расчетов годографов от заданных геосейсмических разрезов (прямые задачи сейсморазведки);

2) определения по годографам рефрагированных (преломленных) волн истинных скоростей распространения упругих волн;

3) определения по вертикальным годографам сейсмокаротажа и ВСП истинных скоростей распространения упругих волн;

4) оценки распределения в разрезе скоростей распространения поперечных волн по данным фазовых годографов;

5) расчетов динамических модулей грунтов;

6) расчетов физико-механических характеристик грунтов по различным корреляционным уравнениям;

7) получения новых корреляционных зависимостей и различных статистических характеристик;

8) расчетов глубин до сейсмических границ и данных для построения скоростных разрезов.

6.52. В зависимости от оснащенности организаций ЭЦВМ и удаленности районов полевых работ от ВЦ могут быть приняты различные схемы организации обработки материалов инженерной сейсморазведки.

Принятая схема организации должна обеспечивать высокое качество обработки материалов, применение передовых способов обработки и получения предварительных результатов в требующихся объемах и в сроки, обеспечивающие оперативное руководство полевыми работами.

6.53. В составе партии (отряда) инженерной сейсморазведки на месте полевых работ должны находиться инженерно-технические работники, способные подготовить материалы для передачи их на обработку в ВЦ.

Обработанные сейсморазведочные материалы принимаются от ВЦ и по мере их готовности интерпретируются.

В камеральный период осуществляется окончательная интерпретация полученных материалов, составляется и выдается отчет о проведенных работах.

6.54. В зависимости от возможностей имеющихся в тресте (проектно-изыскательских организациях) ЭЦВМ, методики полевых и камеральных работ обработка сейсмической информации может вестись как по типовым, так и по специально разработанным программам. Виды обработки сейсмических материалов, порядок и форма их представления в ВЦ должны определяться специальным разделом программы изыскательских работ.

6.55. Для большинства существующих программ при обработке данных инженерной сейсморазведки исходной информацией являются приведенные к первым вступлениям годографы продольных и поперечных волн, представленные в виде таблицы чисел.

6.56. На основе расчетов, выполненных в ВЦ, должны быть построены итоговые разрезы, карты, таблицы. Эти материалы оформляются в соответствии с требованиями п.6.47 настоящей Инструкции.

## 7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

7.1. В инженерной сейсморазведке основным источником информации о строении, составе и состоянии горных пород являются:

скорость распространения продольных волн $V_p$ ;

скорость распространения поперечных волн $V_s$ ;

амплитудный коэффициент поглощения продольных волн $\alpha_p$ ;

амплитудный коэффициент поглощения поперечных волн $\alpha_s$.

В настоящее время наиболее просто и надежно определяются скорости распространения продольных и поперечных волн. Коэффициенты поглощения продольных и поперечных волн определяются с большей относительной погрешностью.

### Изучение литологического состава грунтов, тектонического строения и гидрогеологических особенностей участков исследований

7.2. По данным инженерной сейсморазведки в комплексе с другими геолого-геофизическими методами исследований, помимо построения общепринятых геосейсмических разрезов и карт (раздел 6), в благоприятных условиях можно получать следующие сведения:

а) о составе слоев пород по обе стороны сейсмической границы (сведения о литологии, гранулометрии, трещиноватости и т.п.);

б) о степени влажности пород;

в) о положении уровня грунтовых вод в разрезе;

г) о наличии или отсутствии дизъюнктивных тектонических нарушений и степени их залеченности;

д) о наличии погребенных речных долин;

е) о существовании пустот естественного или искусственного происхождения (горные выработки, карст и т.п.).

7.3. При наличии опорных скважин и других горных выработок привязка к ним данных сейсмических наблюдений обязательна.

7.4. При оценке литологии горных пород рекомендуется использовать сведения, представленные в прил. 4 табл. 1, где приведены характерные значения скоростей распространения продольных и поперечных волн для основных типов горных пород, наиболее часто встречающихся при проведении инженерно-геологических исследований в интервале глубин от 1 до 30 м.

При этом необходимо всегда учитывать степень обводненности пород и глубину их залегания. При отсутствии непосредственных измерений скоростей распространения упругих волн прогноз изменения их с глубиной должен производиться расчетным путем по эмпирическим или теоретическим формулам, или по имеющимся для этих целей палеткам (прил. 4).

7.5. Оценка степени трещиноватости пород, их преобладающего направления и глубины развития должна производиться по величинам скоростей распространения продольных и поперечных волн и степени их затухания, измеренным по различным азимутам в каждом пункте наблюдений, с учетом положения уровня грунтовых вод.

Трещиноватые породы, залегающие выше уровня грунтовых вод (УГВ), характеризуются всегда существенно меньшими значениями скоростей распространения упругих волн, чем монолитные породы, и большей степенью затухания. Ниже УГВ эти различия, как правило, резко уменьшаются.

7.6. Мощность и характер зоны выветривания в скальных породах наиболее четко определяются по изолиниям скоростных разрезов в комплексе с данными параметрического бурения и других геофизических методов (радиоизотопных, электроразведочных и др.).

7.7. Определение положения УГВ и оценку степени влажности пород производят главным образом по распределению в разрезе скорости распространения продольных волн.

При наличии грунтовых вод в песчано-глинистых грунтах скорость распространения продольных волн скачком возрастает до значений 1500 м/с и выше, в галечниковых породах - выше 2000 м/с, в трещиноватых скальных - выше 2500-3000 м/с. Скачок скорости распространения поперечных волн в разрезе при наличии грунтовых вод обычно не наблюдается [17, 7].

Увеличение степени влажности, как правило при-

водит к увеличению скорости распространения продольных волн в горных породах. Для лёссовых пород в начале процесса увлажнения скорости распространения упругих волн могут резко уменьшаться. После окончания их замачивания скорости упругих волн снова начинают возрастать. При полном водонасыщении лёссовых пород скорость продольных волн в них приближается к скорости в обводненных суглинках.

7.8. Слои, содержащие напорные воды, как правило, характеризуются увеличенными значениями скоростей распространения продольных, а иногда и поперечных волн по сравнению с аналогичными слоями, содержащими безнапорные воды.

7.9. Выявление зон дизъюнктивных тектонических нарушений и оценку степени раздробленности скальных пород в этих зонах производят по следующим динамическим признакам записи: нарушению корреляции полезных волн, появлению дифрагированных волн, аномальным амплитудам записи, образованию зон сейсмической тени, резкому снижению значений скоростей распространения продольных и поперечных волн.

7.10. Погребенные речные долины обнаруживаются по резкому уменьшению значений скоростей распространения упругих волн в верхней части разреза и увеличенному затуханию амплитуд сейсмических сигналов. Контур сечения долины отображается на сейсмических записях аналогично вертикальным границам раздела.

7.11. Выявление пустот естественного или искусственного происхождения производят по следующим динамическим и кинематическим признакам: нарушение корреляции сейсмических волн, аномальное затухание колебаний, искажение формы годографов, локальное понижение значений истинных скоростей распространения продольных и поперечных волн и т.п. Состав заполнителя полости (газ, вода, плывун и т.п.) приближенно оценивается по изменению вдоль профиля величины отношения $V_p/V_S$.

7.12. При обследовании оползневых склонов с помощью режимных сейсморазведочных наблюдений необходимо детально изучать положение в плане и разрезе плоскостей скольжения и изменение мощностей оползневого тела. По изменению во времени динамических и кинематических признаков записи на опорных профилях можно судить об активности оползня.

7.13. Выделение таликовых зон в толще мерзлых пород производят по скоростям распространения объемных и поверхностных волн. Талики характеризуются значениями скоростей распространения объемных волн, свойственными обычным обводненным породам. Породы, находящиеся в мерзлом состоянии, обладают скоростями распространения упругих волн, близкими к значению таковых в скальных горных породах.

Участки горных пород, находящиеся в переходном состоянии между талыми и мерзлыми, характеризуются резкими колебаниями отношения значений скоростей распространения продольных и поперечных волн.

## Оценка физико-механических свойств грунтов в естественном залегании

7.14. Основными физико-механическими характеристиками грунтов, для оценки которых может использоваться инженерная сейсморазведка, являются:

плотность $\rho$ ;

модуль деформации $E_{деф}$ (коэффициент сжимаемости $-\alpha$);

пористость $n$ (коэффициент пористости $\varepsilon$ );

удельное сцепление C;

угол внутреннего трения $\varphi$ ;

влажность $W$ ;

относительная просадочность;

коэффициенты -

крепости горной породы $f_{кр}$ ;

разрыхления горной породы $K_{раз}$;

фильтрации $K_{ф}$ .

7.15. На основе скоростей распространения упругих волн и их коэффициентов поглощения по формулам, приведенным в прил. 4, можно рассчитать следующие сейсмические характеристики горных пород:

модуль упругости (Юнга) $E$;

модуль сдвига $G$ ;

коэффициент Пуассона $\mu$ ;

модуль всестороннего сжатия $K$ ;

акустическую (сейсмическую) жесткость $\rho V_p (\rho V_s)$

отношения скоростей распространения поперечных и продольных волн $V_s / V_p$ ;

декремент затухания продольных волн $\theta_p = \lambda_p \cdot \alpha_p$;

декремент затухания поперечных волн $\theta_s = \lambda_s \cdot \alpha_s$ ;

где $\lambda_p$ и $\lambda_s$ – длины продольных и поперечных волн.

7.16. Важнейшие физико-механические характеристики отдельных типов грунтов, как правило, связаны тесными корреляционными зависимостями с их сейсмическими свойствами. Найденные различными авторами корреляционные зависимости представлены в прил. 4.

Возможность использования тех или иных корреляционных зависимостей для оценки физико-механических свойств грунтов в конкретных условиях должна подтверждаться специальными опытными работами.

7.17. При установлении новых корреляционных зависимостей необходимо соблюдать следующие основные требования:

все сопоставляемые параметры должны быть получены в одинаковых инженерно-геологических условиях

количество сопоставляемых пар наблюдений должно обеспечивать получение устойчивых корреляционных зависимостей.

7.18. Результаты изучения физико-механических свойств грунтов с помощью сейсморазведки рекомендуется представлять в виде:

а) погоризонтных карт линий равных значений

физико-механических характеристик грунтов;

б) графиков зависимости по глубине или по профилю;

в) табличного материала с обобщенными данными.

### Инструментальная оценка сейсмичности при сейсмическом микрорайонировании

7.19. При инструментальной оценке сейсмичности с помощью инженерной сейсморазведки решают следующие задачи:

детальное определение сейсмической жесткости грунтов (акустической жесткости) в интервале до 10 м и приближенное - на глубинах от 10 до 100 м;

определение положения в разрезе УГВ;

определение резонансных свойств верхней части разреза;

выявление участков мерзлых и талых пород.

7.20. При инструментальном сейсмическом микрорайонировании используются как продольные, так и поперечные волны. Наиболее надежные характеристики получают с использованием поперечных волн.

При использовании продольных волн необходимо пересчитывать полученные значения скоростей к условно необводненным породам. Этот пересчет следует производить по эмпирическим или теоретическим графикам (прил. 5) [23].

7.21. Для оценки плотности грунтов необходимо использовать данные лабораторных определений или радиоизотопных (и других геофизических) методов. При отсутствии прямых определений плотности грунтов следует пользоваться данными, приведенными в прил. 4.

7.22. Расчеты приращения сейсмической интенсивности должны производиться в баллах в соответствии со СНиП П-А. 12-69 и по методике, изложенной в работе [28].

7.23. При производстве работ по сейсмическому

микрорайонированию с использованием специальной сейсмической аппаратуры (аппаратура для регистрации землетрясений, записи микросейсм и т.п.) следует руководствоваться положениями "Рекомендаций по сейсмическому микрорайонированию." РСН-73" [28].

## 8. ОТЧЕТНОСТЬ

### Содержание отчетов

8.1. В процессе полевых работ геофизическая партия (отряд) устанавливает связь с инженерно-геологическими партиями (отрядами), работающими на том же участке или в том же районе.

8.2. Предварительные геолого-геофизические результаты изыскательских работ обсуждаются на месте совместно с представителями партии (отряда) инженерной геологии для выяснения степени полноты решения поставленной перед геофизическими работами инженерно-геологической задачи.

8.3. Передача заказчику результатов сейсморазведочных работ производится, как правило, совместно с отчетом по инженерно-геологическим изысканиям в виде отдельного раздела в общем отчете, либо по требованию заказчика в виде самостоятельного отчета.

8.4. Отчет о работах должен быть кратким и содержать необходимые сведения о полученных результатах. Он должен включать следующие разделы:

"Введение", в котором кратко описываются цель и задачи работ, условия их проведения, сроки, объемы и перечисляется состав исполнителей;

"Методика работ", где содержатся общие указания о применявшихся методах и системах измерений, подробные указания о борьбе с помехами, особенностях проведения работ в данной местности, мерах по технике безопасности, необходимых в этих условиях, а также о достигнутой точности работ;

"Методика обработки и интерпретации материалов" с подробным описанием приемов и способов исключения или учета погрешностей, вносимых местными условиями;

"Результаты работ", где помимо обычного описания полученных результатов работ, должна содержаться подробная оценка точности измеренных величин, рассматриваться все случаи неоднозначной интерпретации и возможные варианты решения;

"Выводы и заключение", в которых в краткой форме должны быть изложены результаты работ и даны необходимые рекомендации заказчику.

8.5. К отчету прилагаются следующие графические материалы:

1) обзорная карта (план), в которой указывается положение исследуемого участка по отношению к известным пунктам;

2) план геофизических работ с нанесением всех профилей, точек наблюдений, линий геосейсмических разрезов и т.п. (карта фактического материала);

3) геосейсмические разрезы, карты изолиний физико-механических характеристик грунтов, графики скоростей и физико-механических свойств грунтов и т.п.;

4) акт комиссии по приемке полевых материалов;

5) список приложений;

6) список материалов, сданных в архив;

7) список использованной литературы;

8) заключения рецензентов для объемов работ свыше 25 тыс.руб.;

9) протокол заседания НТС по защите отчетов.

8.6. Графические материалы сейсморазведочных работ должны представляться в том же масштабе, что и инженерно-геологические. Вертикальный масштаб геолого-геофизического разреза должен, как правило, отличаться от горизонтального для равнинной местности не больше чем в пять раз, для горных районов - в два раза. Вертикальный масштаб графиков скоростей

или различных зависимостей между физико-механическими свойствами пород и т.п. определяется требованием, чтобы максимальная ожидаемая погрешность не превышала 2 мм на графике.

8.7. В случае, когда отчет о геофизических работах является составной частью (главой) общего отчета по изысканиям на объекте, исключаются сведения об условиях работ и о геологии участка, а также выводы и заключение, которые входят в общие выводы полного отчета по объекту (за исключением мер борьбы с помехами).

8.8. Всякого рода предварительные заключения и заключения по части геофизического материала разрешается выдавать только в случаях, когда полученные данные требуют прекращения работ на объекте, или по особому соглашению с заказчиком при необходимости проведения неотложных строительных работ.

После окончания камеральных работ в архив треста (проектно-изыскательской организации) должны быть сданы следующие материалы:

сейсмограммы;

годографы;

геосейсмические разрезы и карты;

рапорты оператора, журналы регистрации сейсмограмм и т.п.

8.9. По окончании составления отчета он направляется на внутреннюю и внешнюю экспертизу, после чего (в случае необходимости) исправляется, а затем утверждается руководством изыскательской организации и передается заказчику.

Внешняя экспертиза отчета (в сторонних организациях) должна проводиться по объектам со стоимостью геофизических работ от 25 тыс.руб. и более.

Внутренняя экспертиза отчета должна осуществляться главным специалистом-геофизиком организации для всех (по стоимости) объектов геофизических работ.

## Порядок прохождения отчетов

8.10. Отчет по проведенным работам, подписанный исполнителями, представляется в трест (проектно-изыскательскую организацию), где он рассматривается с точки зрения полноты содержания и оформления главным инженером и главным геологом треста (проектно-изыскательской организации).

При недостаточно полном освещении вопросов, которые должны быть рассмотрены в отчете, и недостаточном оформлении текстового и графического материалов отчет возвращается на доработку. Технический отчет является документом, отражающим точку зрения предприятия. Точка зрения исполнителя, если она отличается от взглядов, изложенных в отчете, также может быть помещена в отчете с мотивировкой причин расхождения.

8.11. Если трест (проектно-изыскательская организация) признает, что отчет не удовлетворяет необходимым требованиям по полноте содержания и оформления, он направляется на экспертизу специалистам, в числе которых должны быть геологи и геофизики, знакомые с методами проведенных работ.

8.12. В зависимости от стоимости работ, по которым составлены отчеты, они могут быть подписаны руководством треста (проектно-изыскательской организации), отдела и исполнителями и направлены после этого заказчику, либо защита отчета выносится на научно-технический совет треста (проектно-изыскательской организации) и только после положительного решения НТС он направляется заказчику, ТГФ, ВГФ и фонды треста (проектно-изыскательской организации) в соответствии со СНиП-А, 13-69.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авербух А.Г. Интерпретация материалов сейсморазведки преломленными волнами. М., "Наука", 1975.

2. Бондарев В.И. Рекомендации по применению сейсмической разведки для изучения физико-механических свойств рыхлых грунтов в естественном залегании для строительных целей. М., ЦТИСИЗ, 1973.

3. Бондарев В.И., Писецкий В.Б., Агеев В.Н., Вербицкий Г.Г. Рекомендации по применению вертикального сейсмического профилирования в инженерно-геологических скважинах с целью оценки физико-механических свойств рыхлых грунтов. Фонды ЦТИСИЗ, М., 1976.

4. Бондарев В.И., Шмаков В.Н. Интерпретация годографов головных волн в случае градиентного слоя, лежащего на однородном полупространстве. Вопросы разведочной геофизики. Труды Свердловского горного института им. В.В.Вахрушева, вып. 107, Свердловск, 1975.

5. Бондарев В.И. Способ определения скоростного разреза по годографу рефрагированной волны при наличии вертикального градиента скорости. Труды Свердловского горного института им. В.В.Вахрушева, вып. 107, Свердловск, 1975.

6. Горшенин Ю.В. Методические указания по применению микросейсмических методов при инженерно-геологических исследованиях. М., изд. ВНИИТС, 1965.

7. Горянинов Н.Н. Сейсморазведка при инженерно-геологических исследованиях рыхлых пород. М., изд. ВСЕГИНГЕО, 1971.

8. Гурвич И.И. Сейсмическая разведка. М., Гостоптехиздат, 1960.

9. Единые нормы времени и расценки на проектные и изыскательские работы. Часть 1, том II, М., Стройиздат, 1972.

10. Единые правила безопасности при взрывных работах. Мингео СССР.

11. Инструкция по геофизическим работам в скважинах. М., Госгеолтехиздат, 1963.

12. Инструкция по сейсморазведке. Мингео СССР., М., "Недра", 1973.

13. Инструкция по ликвидации последствий взрыва при сейсморазведочных работах. М., "Недра",1971.

14. Ляховицкий Ф.М. Сейсмические исследования при изысканиях под гидротехнические сооружения, изд. ОНТИ ВИЭМС, М., 1967.

15. Ляховицкий Ф.М. Методика и интерпретация данных сейсморазведки при инженерно-геологическом картировании. М., ВИЭМС, 1970.

16. Ляховицкий Ф.М. Об определении мощности градиентного слоя, лежащего на однородном полупространстве. Изв. АН СССР - Физика Земли, М., 1965.

17. Левшин А.Л. Определение УГВ сейсмическим методом. Изв. АН СССР, сер.геофиз. 1961, № 9.

18. Медведев С.В. Сейсмическое микрорайонирование. М., Стройиздат, 1962.

19. Миндель И.Г. Оценка деформационных и прочностных свойств лёссовых пород сейсмоакустическими методами. Сб. "Полевые методы исследования грунтов", М., изд. ПНИИИС, 1969.

20. Методические рекомендации по применению сейсмоакустических методов для изучения физико-механических свойств связных грунтов. Изд. Всесоюзного научно-исследовательского института транспортного строительства, М., 1976.

21. Назаров Г.Н. Методические указания по комплексным сейсмологическим и инженерно-геологическим исследованиям с применением портативных сейсморазведочных установок. М., изд. ВИА, 1969.

22. Назаров Г.Н. Новые данные о скоростях распространения упругих волн в грунтовых массивах. Сб. "Инженерно-строительные изыскания". М., Стройиздат, 1972, № 2(27).

23. Назаров Г.Н. Скорости распространения продольных и поперечных волн в грунтовых массивах и основные инженерно-геологические характеристики. Сейсмическое микрорайонирование. М., "Наука",1976.

24. Назаров Г.Н. Палетки для оценки прочностных свойств грунтов по величине скоростей упругих волн. ИМД-15-72. Росглавниистройпроект ЦТИСИЗ, М., 1972.

25. Назарный С.А. Интерпретация данных малоглубинной сейсморазведки с помощью полей скорости. Ленинград, "Недра", 1974.

26. Основные положения по топографо-геодезическому обеспечению геологоразведочных работ. Изд. "Недра", 1974.

27. Попов В.В., Назаров Г.Н. Особенности сейсмического микрорайонирования в условиях обводненных грунтов на примере г.Махачкалы. Сейсмическое микрорайонирование г. Махачкалы. Дагиздат, 1970.

28. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию. РСН-73. М., Стройиздат, 1973.

29. Справочник "Геофизика", т.1У, Сейсморазведка, М., "Недра", 1966.

30. Сборник цен на проектные и изыскательские работы для строительства. Часть 1, М., Стройиздат, 1967.

31. Савич А.И., Коптев В.И., Никитин В.Н., Ященко З.Г. Сейсмоакустические методы изучения массивов скальных пород. М., "Недра", 1969.

32. Савич А.И., Зайцева Л.Б. Сводный альбом зависимостей между статическими и динамическими показателями деформируемости. М., Гидропроект, 1974.

33. Шемшурин В.А., Назаров Г.Н., Бондарев В.И. Руководство по применению инженерной сейсморазведки при изысканиях для строительства. М., ЦТИСИЗ, 1974.

# П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение 1

1. Дневник сейсморазведочной партии (отряда, группы) (форма № 1).

2. Форма журнала ОСУ-1 (ОСУ-2).

3. Форма журнала СМПВ-2.

4. Системы наблюдений, применяемые с портативными сейсморазведочными установками при сейсмическом микрорайонировании на различных сейсмологических разрезах (рис. 1).

Форма № 1

Д Н Е В Н И К №

сейсморазведочной партии (отряда, группы)

| Дата | Состав бригады (отряда) вид транспорта | Категория местности, Погода | Сеть наблюдений, Привязка | Применяемая аппаратура, ее номер | Дневная норма в физических точках | Выполнение | | | Выполнение в % | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | всего точек | принято | брак | | |
| | | | | | | | | | | |

Подпись начальника отряда (бригады)

Форма журнала ОСУ-1 (ОСУ-2)

Дата: 12.06-74 г. Погода-ясно
Объект. Микрорайон Б.У.

Ветер слабый.
Время наблюдений 10 ч.30 м.
Профиль У
Азимут СВ 30°
Пикет 42

| № п/п | Расстояние, м | Отсчеты в миллисекундах | | | Контрольный $n_1$ | $n - n_1$ | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Основные, $n$ | | | | | |
| | | I | II | III | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 2 | 9 | 8 | 7 | 8 | 0 | Развертка 50 мс |
| 2 | 3 | 13 | 12 | 11 | 12 | 0 | |
| 3 | 4 | 16 | 14 | 15 | 15 | 0 | |
| 4 | 5 | 18 | 17 | 19 | 17 | +1 | |
| 5 | 6 | 22 | 20 | 21 | 21 | 0 | |
| 6 | 7 | 24 | – | – | 24 | 0 | |
| 7 | 8 | 26 | 28 | 27 | 27 | 0 | |
| 8 | 9 | 30 | 29 | 30 | 30 | 0 | |
| 9 | 10 | 33 | 32 | 31 | 32 | 0 | |
| 10 | 12 | 38 | 37 | 36 | 37 | 0 | Углубление рельефа |
| 11 | 14 | 42 | 40 | 41 | 41 | 0 | Развертка 100 мс |
| 12 | 16 | 45 | 45 | – | 45 | 0 | |
| 13 | 18 | 49 | 48 | 50 | 49 | 0 | |
| 14 | 20 | 54 | 52 | 53 | 53 | 0 | |
| 15 | 25 | 60 | 59 | 61 | 60 | 0 | |
| 16 | 30 | 70 | 68 | 67 | 68 | 0 | |
| 17 | 35 | 75 | 76 | 77 | 76 | 0 | Бугор 2 м |
| 18 | 40 | 83 | 85 | 82 | 83 | 0 | |
| 19 | 45 | 90 | 90 | – | 90 | 0 | |
| 20 | 50 | 97 | 96 | 97 | 97 | 0 | |

Оператор _____
Вычислитель _____
Проверил _____

Форма журнала СМПВ-2

Дата 17.06-75 г. Погода - ясно. Ветер слабый. Время наблюдений 9 ч. 30 м.
Объект. Микрорайон Б.У. Профиль У. Азимут СУ 30°. Пикет 45

| № п/п | Расстояние, м | Отсчеты со счетнозапсминающего устройства | | | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 ф. | 2 ф. | 3 ф. | 4 ф. | |
| 1 | 1 | 9 | 18 | 36 | 72 | |
| 2 | 2 | 12 | 24 | 48 | 96 | |
| 3 | 3 | 16 | 32 | 64 | | |
| 4 | 4 | 18 | 36 | | | |
| 5 | 5 | 22 | | | | |
| 6 | 6 | | | | | |
| 7 | 7 | | | | | |
| 8 | 8 | | | | | |
| 9 | 9 | | | | | |
| 10 | 10 | | | | | |
| 11 | 12 | | | | | |
| 12 | 14 | | | | | |
| 13 | 16 | | | | | |
| 14 | 18 | | | | | |
| 15 | 20 | | | | | |
| 16 | 25 | | | | | |
| 17 | 30 | | | | | |
| 18 | 35 | | | | | |
| 19 | 40 | | | | | |
| 20 | 45 | | | | | |

Оператор _____

Вычислитель _____

Проверил _____

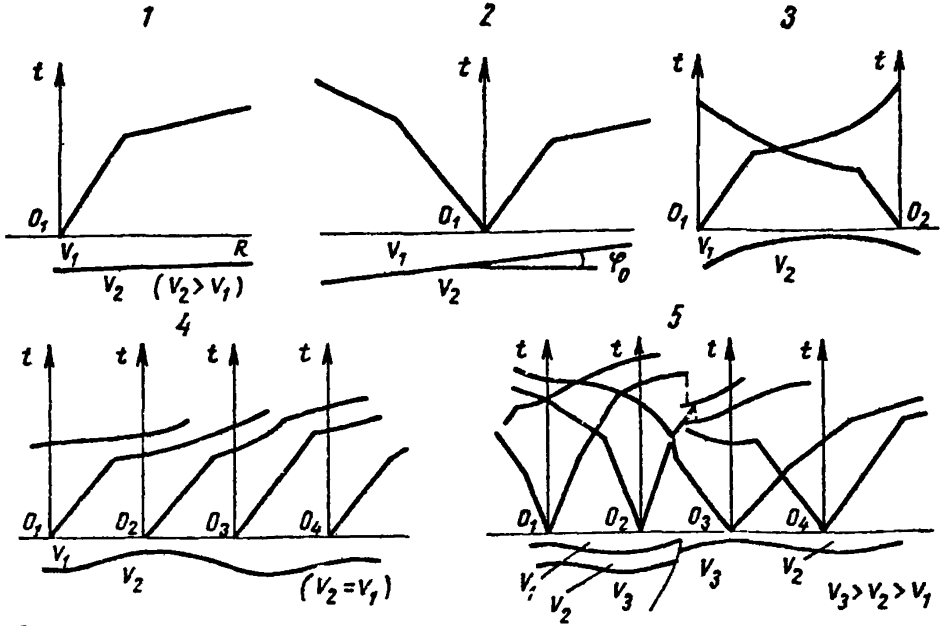



Рис. 1. Системы наблюдений, применяемые с портативными сейсморазведочными установками при сейсмическом микрорайонировании на различных сейсмологических разрезах:

1 – одиночный годограф; 2 – расходящиеся; 3 – встречные; 4 – нагоняющие; 5 – встречно-нагоняющие годографы

Приложение 2

1. Сменный рапорт оператора.

2. Паспорт сейсмограммы.

3. Акт текущего контроля производства геофизических работ.

4. Акт технической приемки материалов полевых геофизических работ.

5. Журнал регистрации сейсмограмм.

6. Образец построения одиночного годографа (рис. 2) по данным прил. 1 (форма журнала ОСУ-2).

7. Интерпретация годографа первых вступлений волны P для двухслойной среды (рис. 3).

8. Определение положения наклонной границы по годографам из одной точки (рис. 4).

9. Пример расчета геосейсмического разреза способом пластовых скоростей (рис. 5).

10. Определение положения наклонной границы по встречным годографам (рис. 6).

11. Определение положения вогнутой преломляющей границы по встречным годографам (рис. 7).

12. Определение положения и высоты преломляющей ступени по встречным годографам (рис. 8).

13. Пример расчета скоростного разреза по способу пластовых скоростей (рис. 9).

14. Пример построения геосейсмического разреза с использованием скоростных разрезов (рис. 10).

15. Карта значений модуля деформаций $E_{деф}$ для глубин H = 4 м по участку № 1 (рис. 11).

Сменный рапорт оператора

Объект _____ Оператор _____

Дата _____ Интерпретатор _____

| Номер сейсмограммы | Профиль | Точка сейсмозондирования | Пикеты сейсмоприемников | Пикет пункта удара | Фильтрация | | Усиление каналов | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ФНЧ | ФВЧ | 1-12 | 13-24 | |
| | | | | | | | | | |

## ПАСПОРТ СЕЙСМОГРАММЫ

(штамп)

Пример
Госстрой РСФСР
Объединение "Стройизыскания"
ЦТИСИЗ

Объект *г. Подольск, Микрорайон V*

Сейсмостанция *Поиск-1, 24 КМПВ-ОВ №245*

Сейсмопартия *№2*

№ ленты *32/145*

Профиль № *III ТЗ 120*
Пикеты СП *97-143*
Пикеты ПУ *143*
Способ возбуждения *Кувалдой*
Вид удара (взрыва) *Z*
Глубина (высота) взрыва *–*
Вес заряда (груза) *8 кг*
Вид приема *Z*
Фильтрация *30-45*
Усиление *5*
АРУ *–* ПРУ *–* Смес *–*
Дата *20.08.76 г*
Оператор *Данченко А.Т.*

Примечание. Номер ленты 32/145 – в числителе порядковый номер ленты текущего дня, в знаменателе – общий номер ленты по данному объекту; ТЗ – пикет центра точки сейсмозондирования; удар Z – вертикальное направление удара; прием Z – измерение вертикально расположенным сейсмоприемником.

Штамп организации

# А К Т
## текущего контроля производства геофизических работ

" " _____19__г.

1. Объект _____
(местонахождение, наименование объекта, № и дата наряд-заказа, _____,
стадия изысканий)

_____

2. Текущий контроль геофизических работ, выполняемых на участке _____ произведен _____

_____
(должность, фамилия, и.о. проверяющего)

на основании _____
(графика, распоряжения и т.п.)

в присутствии _____
( должность,фамилия,и.о. проверяемого)

3. В основу оценки технического исполнения работ приняты: действующие нормативные документы, программа (техническое задание), утвержденная

" " _____19___г. _____,
(должность утвердившего)

а также техническое задание заказчика №_____от "____" 19__г.

4. Работы выполнялись в период с "____" ____19__г. по " " _____19__г._____
(изыскательским подразделением

в составе:_____
(должности, фамилии, и.о. исполнителей)

5. Соответствие состава и объемов выполняемых работ утвержденной программе и техническому заданию: _____

_____

6. Техническое оснащение проверяемого подразделения (партии, отряда):

_____

_____

(марки приборов, их №, количество, состояние, оборудование) _____

7. Объемы, подлежащие выполнению, выполненные и проконтролированные (приводятся в виде следующей таблицы):

| № п/п | Наименование вида работ | Единица измерения | Объемы работ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | задано | выполнено на день контроля | проконтролировано |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

8. Соответствие методики выполнения полевых работ требованиям инструкций, методическим указаниям, рекомендациям и другим нормативным документам

_____

_____

_____

9. Замечания и предложения по отдельным видам работ:

_____

_____

_____

10. Состояние материалов полевых работ _____

_____

_____

11. Соблюдение правил техники безопасности, охраны труда, промсанитарии и законов об охране окружающей среды _____

_____

_____

12. Выполнение замечаний, сделанных во время предыдущих контрольных обследований (если таковые имели место) _____

_____

_____

13. Состояние трудовой дисциплины и случаи нарушений _____

_____

_____

14. Общая оценка качества полевых работ _____

15. Предложения по устранению выявленных недостатков и рекомендуемые дополнительные виды и объемы работ _____

_____

_____

Текущий контроль произвел _____
(должность, подпись)

" " _____ 19 г.

Штамп организации

# А К Т
## технической приемки материалов полевых геофизических работ

" " _____ 19 г.

1. Объект _____
(местонахождение, наименование объекта,
_____
№ и дата наряд-заказа, стадия изысканий)

2. Техническая приемка материалов полевых геофизических работ, выполненных на участке _____
_____
произведена _____
(должность,фамилия,и.о.принимающего)
на основании извещения от " " _____ 19 г. по распоряжению _____
(должность,фамилия,и.о.отдавшего
распоряжение) _____
_____
(должность,фамилия,и.о. сдающего)

3. В основу оценки качества исполнения работ приняты: инструкции,методические указания,рекомендации и другие нормативные и методические действующие документы,программы (техническое задание), утвержденные " " _____ 19 г.

_____
(должность утвердившего),
а также техническое задание заказчика №_____от " " _____ 19 г.

4. Работы выполнялись в период с " " _____ 19 г. по " " _____ 19 г. _____
(наименование изыскатель-
_____
ского подразделения)
в составе: _____
(должности,фамилии,и.о.исполнителей)

_____
5. Объемы выполненных и принятых работ (приводятся в виде таблицы):

| № п/п | Наименование видов работ | Единица измерения объема | Объем работ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | по проекту | | выполнено | | принято | | не принято | |
| | | | объем | сметная стоимость | объем | сметная стоимость | объем | сметная стоимость | объем | сметная стоимость |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | | | | | | | | | | |

6. Соответствие методики выполненных полевых работ требованиям действующих нормативных и методических документов (инструкциям, методическим указаниям, рекомендациям и т.п.) и случаи несоблюдения этих указаний и требований _____

_____

_____

7. Отметки о выполнении замечаний предыдущих контрольных обследований работ (если таковые имели место) _____

_____

8. Соответствие объемов и состава выполненных работ утвержденной программе (в абсолютных цифрах и в %) _____

_____

9. Оценка качества принятых материалов (включая топопривязку) _____

_____

10. Заключение о полноте (достаточности) принятых материалов для начала камеральной обработки ____

_____

_____

11. Необходимость дополнительных работ, их состав и объемы (в случае потребности таковых) _____

_____

Техническую приемку материалов произвел

_____

(должность и подпись)

С актом ознакомлен

Ответственный исполнитель (руководитель) работ

_____

(должность, фамилия, и.о., подпись)

# Ж У Р Н А Л

регистрации сейсмограмм

| Дата | Номер магнитной ленты | Номер ленты воспроизведения | Номер профиля | Пикет удара | Пикеты расстановки | Схема наблюдений | Фильтрация | Усиление | Качество материала | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | | | | | | | | | | |

Примечание. При работе только с осциллографической записью графа 2 опускается.

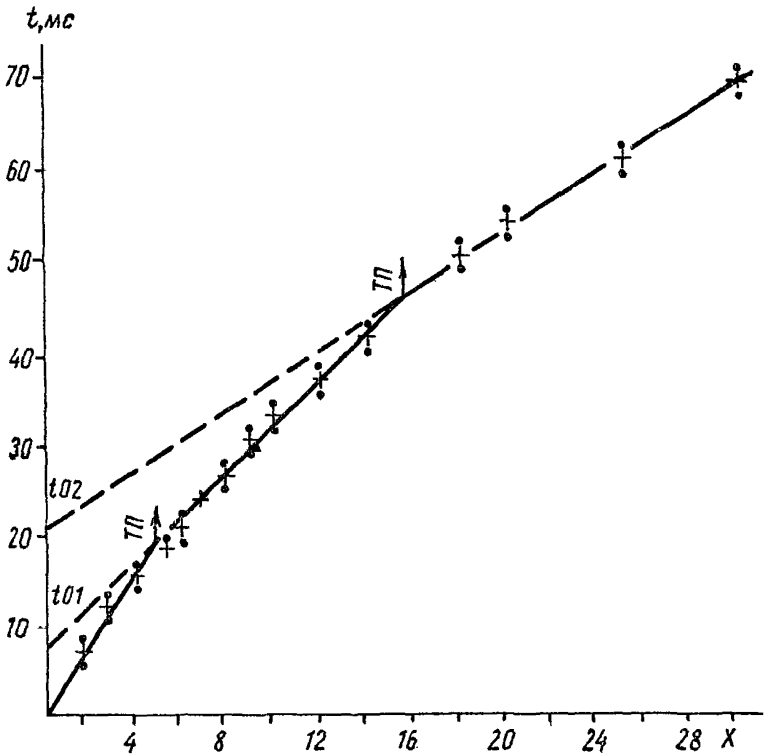



Рис. 2. Образец построения одиночного годографа по данным прил. 1 (форма журнала ОСУ-2)

Масштабы: ось абсцисс – 1 м = 5 мм; ось ординат – 1 мс = 2 мм;

• – рядовые отсчеты;

+ – контрольные;

тп – точки перелома годографа

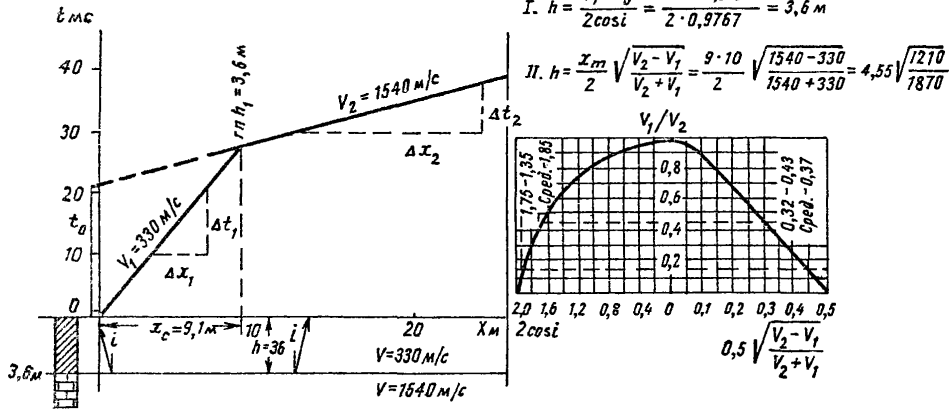
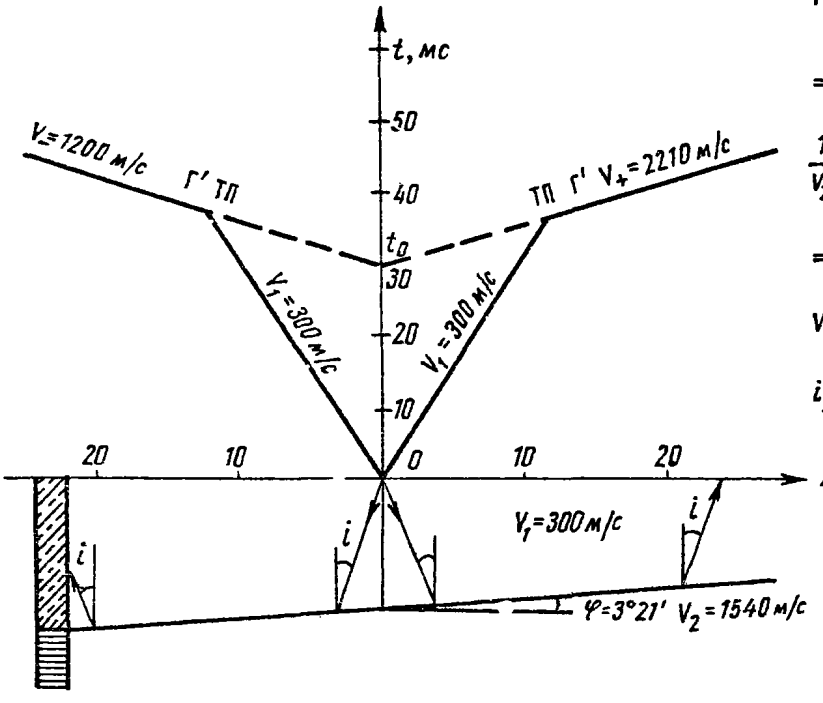



Рис. 3. Интерпретация годографа первых вступлений волны $P$ для двухслойной среды. На врезке графики значений $2\cos i$ и $0{,}5\sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$ в функции от $V_1/V_2$




$$\varphi = \frac{1}{2}\left(\arcsin\frac{V_1}{V_-} - \arcsin\frac{V_1}{V_+}\right) =$$

$$= \frac{1}{2}\left(\arcsin\frac{300}{1200} - \arcsin\frac{300}{2210}\right) = 3°21'$$

$$\frac{1}{V_2} = \frac{1}{V_г} = \frac{1}{2}\left[\left|\frac{1}{V_-}\right| + \left|\frac{1}{V_+}\right|\right] =$$

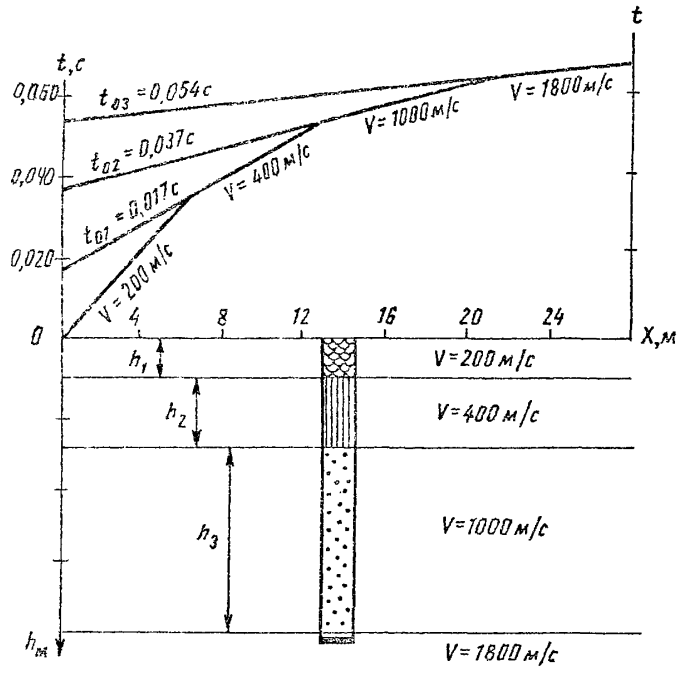
$$= \frac{1}{2}\left[\left|\frac{1}{1200}\right| + \left|\frac{1}{2210}\right|\right] = \frac{1}{1540}$$

$$V_2 = 1540 \text{ м/с}$$

$$i_{12} = \arcsin\frac{V_1}{V_2} = \arcsin\frac{300}{1540} = 11°15'$$

$$h = \frac{V_1 \cdot t_0}{2\cos i_{12}} = \frac{300 \cdot 0{,}030}{2 \cdot 0{,}9807} = 5{,}5 \text{ м}$$

Рис. 4. Определение положения наклонной границы по годографам из одной точки




$$h_n = \frac{V_n}{2Cosi_{n,n+1}} \cdot \delta t_{on}$$

$$\delta t_{on} = t_{on} - \sum_{m=1}^{n=1} \delta t_{om} \frac{Cosi_{m,(n+1)}}{Cosi_{m,(m+1)}}$$

$$h_1 = \frac{V_1 t_{01}}{2Cosi_{12}} = \frac{200 \cdot 0{,}017}{2 \cdot 0{,}868} = 2{,}0\,м$$

$$h_2 = \frac{V}{2Cosi_{2,3}} \left(t_{02} - t_{01} \frac{Cosi_{13}}{Cosi_{12}}\right) =$$

$$= \frac{400}{2 \cdot 0{,}917} \left(0{,}037 - 0{,}017 \frac{0{,}980}{0{,}867}\right) = 4{,}0\,м$$

$$h_3 = \frac{V_3}{2Cosi_{3,4}} \left[t_{03} - t_{01} \frac{Cosi_{14}}{Cosi_{12}} - \right.$$

$$\left. - \left(t_{02} - t_{01} \frac{Cosi_{13}}{Cosi_{12}}\right) \frac{Cosi_{24}}{Cosi_{23}}\right] =$$

$$= \frac{1000}{2 \cdot 0{,}830} \left[0{,}054 - 0{,}017 \frac{0{,}994}{0{,}867} - \right.$$

$$\left. - \left(0{,}037 - 0{,}017 \frac{0{,}980}{0{,}867}\right) \frac{0{,}975}{0{,}917}\right] = 10{,}0\,м$$

Рис.5. Пример расчета гейосейсмического разреза способом **пластовых скоростей**

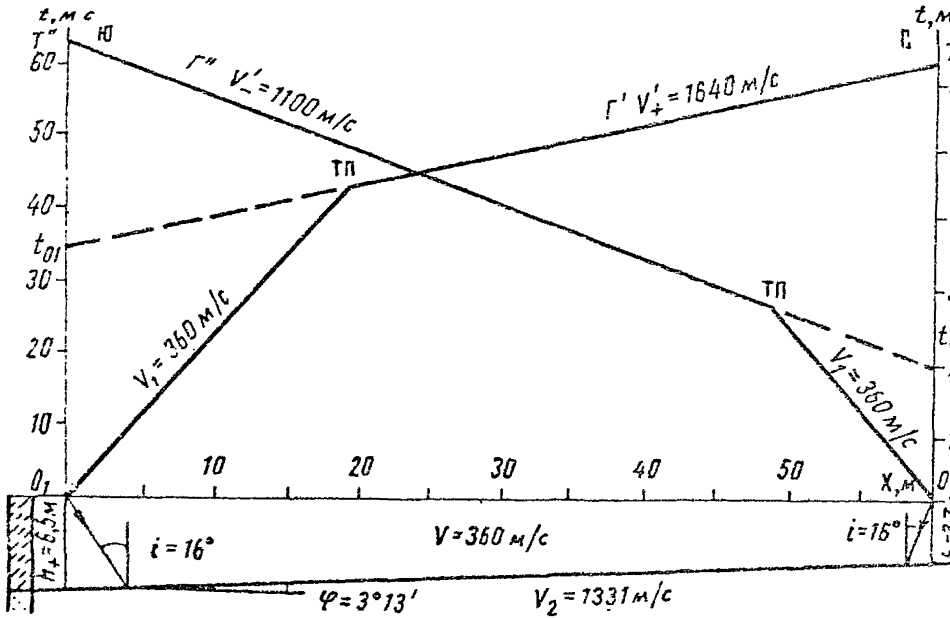



Рис. 6. Определение положения наклонной границы по встречным годографам

*встречные годографы*

$$\varphi = \frac{1}{2}\left(\arcsin\frac{V_1}{V'_-} - \arcsin\frac{V_1}{V'_+}\right) =$$

$$= \frac{1}{2}\left(\arcsin\frac{360}{1100} - \arcsin\frac{360}{1640}\right) = 3{,}2°$$

$$i_{12} = \frac{1}{2}\left(\arcsin\frac{V_1}{V'_-} + \arcsin\frac{V_1}{V'_+}\right) =$$

$$= \frac{1}{2}\left(\arcsin\frac{360}{1100} + \arcsin\frac{360}{1640}\right) = 16°$$

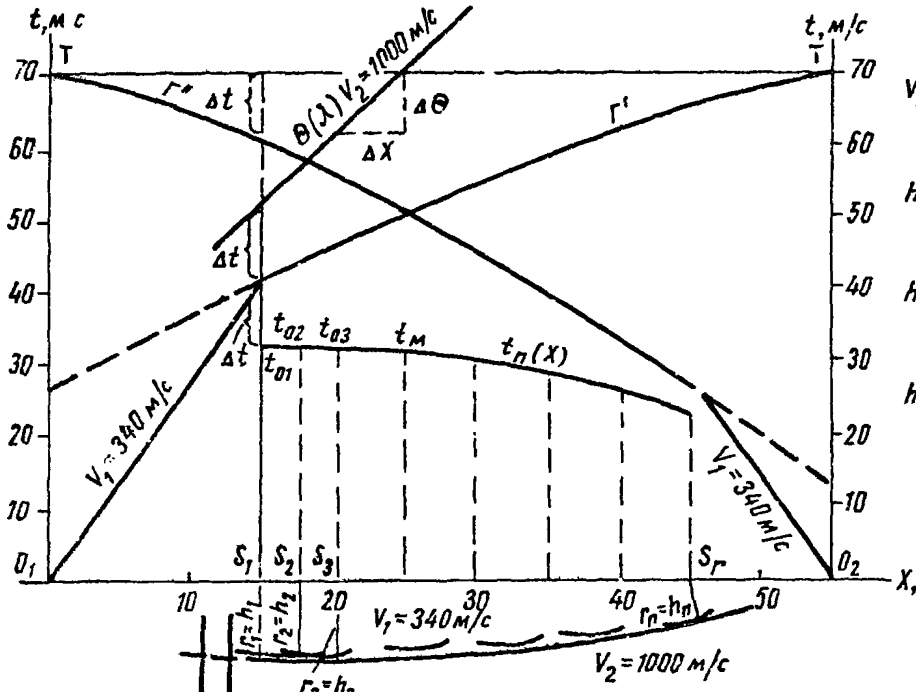
$$\frac{1}{V_2} = \frac{1}{V_r} = \frac{1}{2\cos i}\left[\left|\frac{1}{V'_+}\right| + \left|\frac{1}{V'_-}\right|\right] =$$

$$= \frac{1}{2\cdot 0{,}9884}\left[\left|\frac{1}{1640}\right| + \left|\frac{1}{1100}\right|\right] = \frac{1}{1331}$$

$$V_2 = 1331 \text{ м/сек}$$

$$h = \frac{V_{\pm}\cdot t_0}{2\cos i_{12}}; \quad i_{12} = \arcsin\frac{V_1}{V_2}; \quad i_{12} = \arcsin\frac{360}{1331} = 16°$$

$$h_+ = \frac{360\cdot 0{,}0350}{2\cdot 0{,}9627} = 6{,}5 \text{ м}; \quad h_- = \frac{360\cdot 0{,}020}{2\cdot 0{,}9627} = 3{,}7 \text{ м}$$




$$V_2 = V_г = 2\frac{\Delta X}{\Delta \Theta}$$

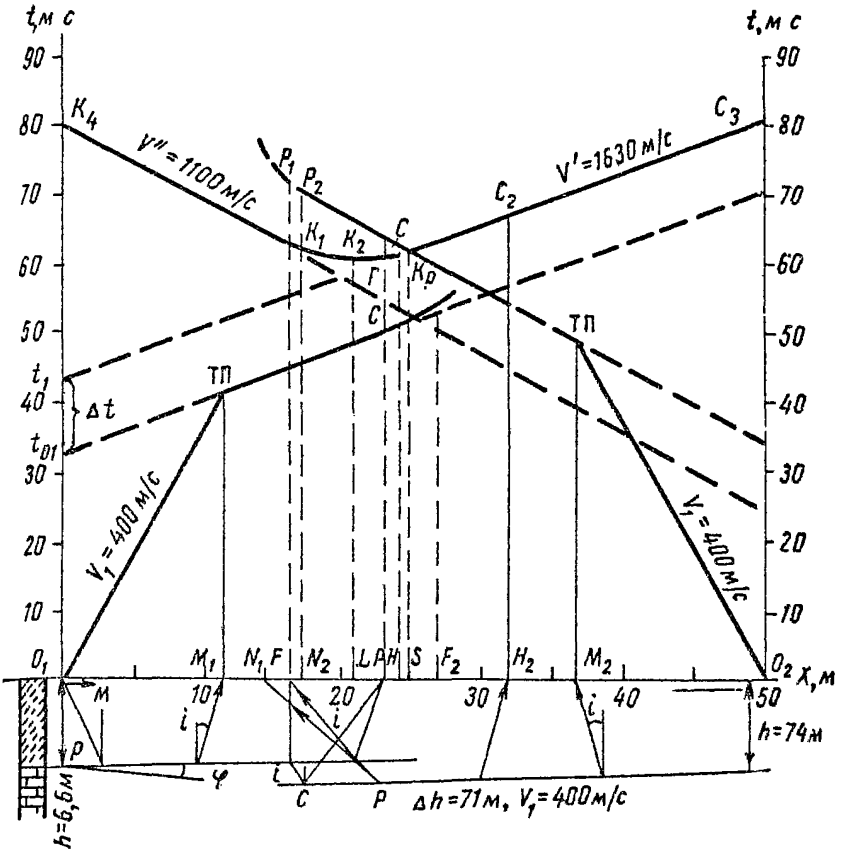
$$h_1 = \frac{V_1 t_0}{2\cos i} = \frac{340 \cdot 0{,}327}{2 \cdot 0{,}9403} = 5{,}9\ м$$

$$h_2 = \frac{V_1 t_0}{2\cos i} = \frac{340 \cdot 0{,}0320}{2 \cdot 0{,}9403} = 5{,}8\ м$$

$$h_3 = \frac{V_1 t_0}{2\cos i} = \frac{340 \cdot 0{,}0317}{2 \cdot 0{,}9403} = 5{,}7\ м$$

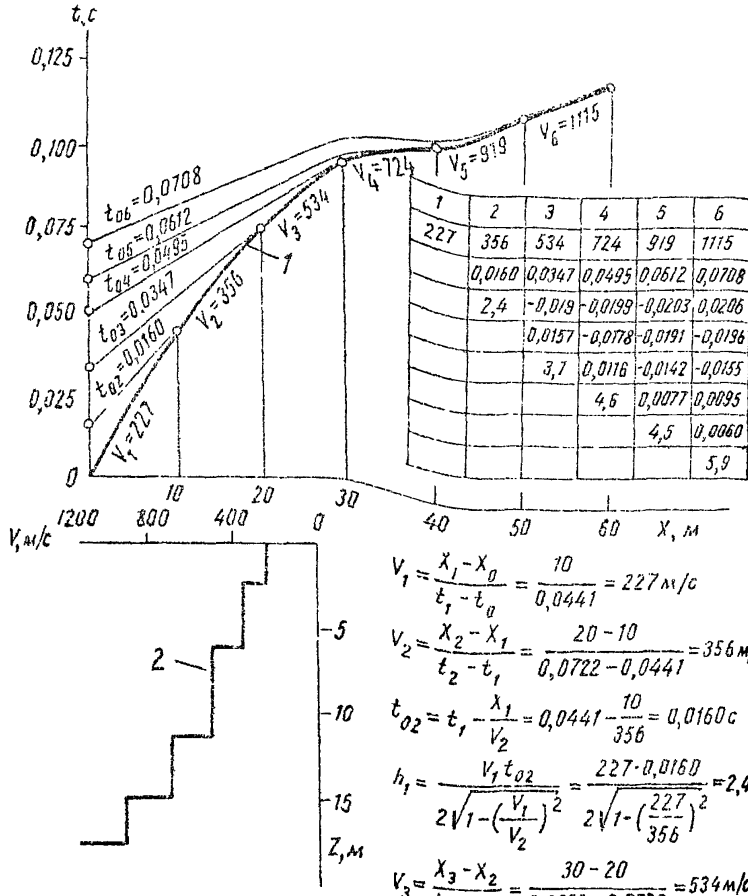
$$i = \arcsin\frac{V_1}{V_2}$$

Рис. 7. Определение положения вогнутой преломляющей границы по встречным годографам (с построением разностного годографа и линии $t_0$)




$$h_1 = \frac{V_1 t_0}{2\cos i_{12}} \quad ; \quad h_1 = \frac{X_{тп}}{2}\sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}} \quad ; \quad \Delta h = \frac{V_1 \Delta t_1}{2\cos i} \, .$$

Рис. 8. Определение положения и высоты преломляющей ступени по встречным годографам




| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 227 | 356 | 534 | 724 | 919 | 1115 |
| | 0,0160 | 0,0347 | 0,0495 | 0,0612 | 0,0708 |
| | 2,4 | -0,019 | -0,0199 | -0,0203 | 0,0206 |
| | | 0,0157 | -0,0178 | -0,0191 | -0,0196 |
| | | 3,7 | 0,0116 | -0,0142 | -0,0155 |
| | | | 4,6 | 0,0077 | 0,0095 |
| | | | | 4,5 | 0,0060 |
| | | | | | 5,9 |

$$V_1=\frac{X_1-X_0}{t_1-t_0}=\frac{10}{0,0441}=227\ м/с$$

$$V_2=\frac{X_2-X_1}{t_2-t_1}=\frac{20-10}{0,0722-0,0441}=356\ м/с$$

$$t_{02}=t_1-\frac{X_1}{V_2}=0,0441-\frac{10}{356}=0,0160\ с$$

$$h_1=\frac{V_1 t_{02}}{2\sqrt{1-\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2}}=\frac{227\cdot 0,0160}{2\sqrt{1-\left(\frac{227}{356}\right)^2}}=2,4\ м$$

$$V_3=\frac{X_3-X_2}{t_3-t_2}=\frac{30-20}{0,0909-0,0722}=534\ м/с$$

$$t_{03}=t_2-\frac{X_2}{V_3}=0,0722-\frac{20}{534}=0,0347 \qquad \tau_{13}=\frac{2h}{V_1}\sqrt{1-\left(\frac{V_1}{V_3}\right)^2}=$$

$$=\frac{2\cdot 2,4}{227}\sqrt{1-\left(\frac{227}{534}\right)^2}=0,0190\ с \qquad \tau_2=\tau_{03}-\tau_{13}=0,0347\cdot 0,0190=0,0157\ с$$

$$h_2=\frac{\tau_2 V_2}{2\sqrt{1-\left(\frac{V_2}{V_3}\right)^2}}=\frac{0,0157\cdot 356}{2\sqrt{1-\left(\frac{350}{534}\right)^2}}=3,7\ м$$

Рис. 9. Пример расчета скоростного разреза по способу пластовых скоростей:
1 – годограф рефрагированной волны; 2 – рассчитанный скоростной разрез

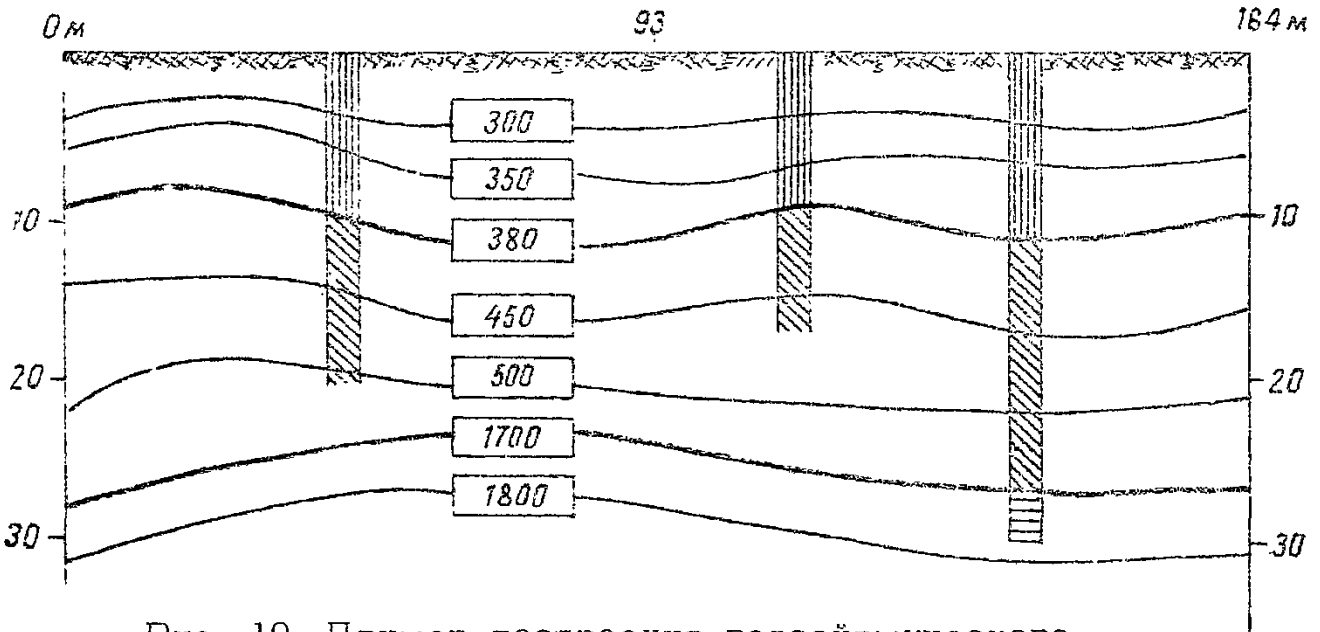



Рис. 10. Пример построения геосейсмического разреза с использованием скоростных разрезов

суглинки просадочные

суглинки непросадочные

глины

300

изолинии скорость в м/с

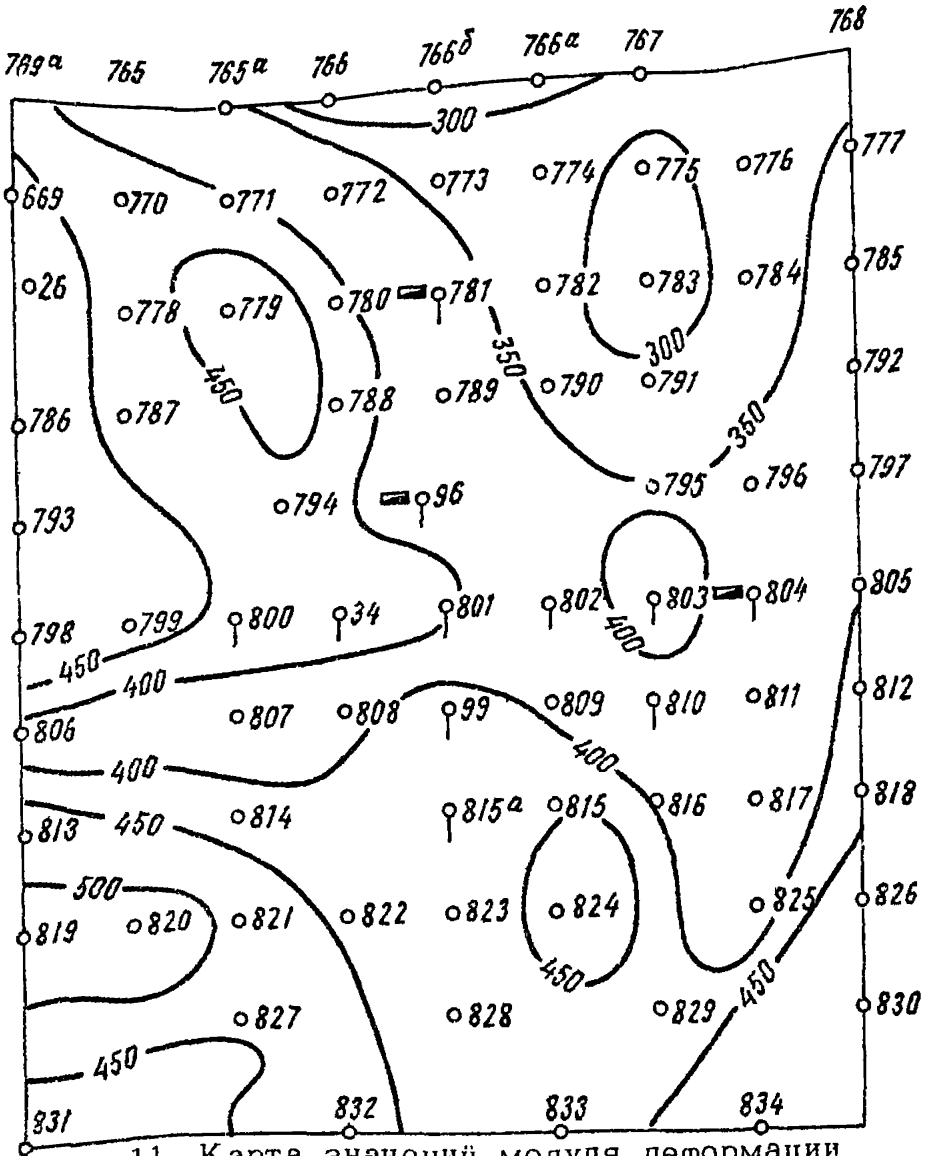



Рис. 11. Карта значений модуля деформации $E_{деф}$ для глубины H=4 м по участку №1

769а – скважина и ее номер;

34 – точка динамического зондирования;

– места установки штампов;

450 – изолинии модуля деформации $E_{деф}$ $10^{-1}$ МПа

## Приложение 3

1. Перечень наиболее употребляемой при инженерно-строительных изысканиях сейсморазведочной аппаратуры.

2. Характеристика некоторых многоканальных сейсмических станций, используемых в инженерной сейсморазведке.

3. Периоды объемных упругих волн вблизи сферического очага взрыва при различных весах заряда ВВ и коэффициенты Пуассона для некоторых пород.

4. Основные характеристики портативных сейсморазведочных установок, используемых в инженерной сейсморазведке.

Перечень наиболее употребляемой при инженерно-строительных изысканиях сейсморазведочной аппаратуры

| Марка аппаратуры | Количество каналов | Частотный диапазон | Граничные частоты ФНЧ | Граничные частоты ФВЧ | Предназначена для работ методом | Общая масса аппаратуры | Установлена на шасси автомобиля | Способ записи | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| ПСЛ - 1 . . . . . | 60 | 20-150 | 30,45<br>60,70 | 25,35,<br>45,70 | МОВ<br>КМПВ | 450 | ПАЗ-651 | Осциллографический на фотобумагу | Снята с производства |
| ПСЛ - 3 . . . . . | 60 | 6-300 | | | МОВ<br>КМПВ | 1065 | КАВЗ-653 | То же | То же |
| СС-24П, ПСЛ-2 . . . | 24 | 10-500 | 0,30<br>45,65<br>90 | 0,30<br>45,65 | МОВ<br>КМПВ | | | " | " |
| | | | | | | 300 | ГАЗ-69 | " | " |
| "Поиск-1"-24/48 МОВ-ОВ . . . . . | 24/48 | 15-125 | 20,30<br>50,70 | 25,35<br>50,70 | МОВ | 250/480 | ГАЗ-66 | Магнитный и осциллографический на фотобумагу | Выпускается заводом "Нефтеприбор" |
| "Поиск-1" - 24/48 КМПВ-ОВ . . . . . | 24/48 | 5-40 | 7,10<br>15,22<br>30 | 8,11<br>15,20 | КМПВ<br>ГСЗ | 350/600 | ГАЗ-66 | То же | То же |
| АСМ-1 в режиме: магнитной записи | 6 | 20-130 | Имеются фильтры | | МПВ | 150 | ГАЗ-69 | Магнитный с одновременным воспроизведением | Снята с производства |
| осциллографической записи . . . . . | 6 | 20-130 | " | " | " | 60 | | Осциллографический на фотобумагу | |
| "Поиск-1"-6/12 АСМ-ОВ в режиме: магнитной записи | 6 | 15-125 | 50,100<br>20,30 | 25,35<br>50,70<br>100 | МПВ | 100 | ГАЗ-69 | Магнитный с одновременным воспроизведением | Выпускается заводом "Нефтеприбор" |
| осциллографической записи . . . . | 12 | | " | " | " | 220 | | Осциллографический на фотобумагу | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| "Тайга" . . . . . | 6 | | Фильтров нет | | МПВ | 25 | - | Магнитный | Разработана в ин-те геологии и геофизики СО АН СССР |
| "Кварц-1" в режиме: | | | | | | | | | |
| магнитной записи | 6 | 40-2500 | 400,500 400,600, 1000, 1400, 1800 | 300,600 1000, 1400, 1800 | МПВ | - | ГАЗ-66 | На магнитную ленту с одновременным воспроизведением | Выпускается заводом "Нефтеприбор" |
| осциллографической записи . . . . . | 12 | 40-2500 | То же | | МПВ | - | | | |
| ОСУ-1 . . . . . | 1 | 16-250 | Фильтров нет | | МПВ | 28 | Переносная | Визуальный отсчет | Снята с производства |
| ОСУ-2 . . . . . | 1 | 20-600 | Имеются фильтры | | МПВ | 22 | " | Визуальный отсчет с возможностью фотографирования на пленку 24 мм | Выпускается опытно-экспериментальным заводом геофизических приборов |
| СПС-2, ДСУ . . . . | 2 | 40-250 | То же | | МПВ | 30 | " | Стрелочные индикаторы, визуальный | Снята с производства |
| СМПВ-2 . . . . . | 2 | 55-1000 | То же | | МПВ | 14 | " | Электронные запоминающие съемы с пересчетным устройством | Выпускается трестом "Сибцветметавтоматика", г. Красноярск |

Характеристика некоторых многоканальных сейсмических станций, используемых в инженерной сейсморазведке

| Наименование характеристики или параметра | Сейсмические станции | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Поиск-1 24-КМПВ-СВ (48) | Поиск-1 24-МОВ-ОВ (48; 72) | Поиск-1 6/12-КМПВ-ОВ (АСМ-2) | АСМ-1 | СС-24-п |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Количество каналов | | | | | |
| сигнальных . . . . . | 24(48) | 24(48;72) | 12 | 6 | 24 |
| отметки взрыва . . . | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| марок времени . . . | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Способ записи . . . . | Одновременно осциллографический и магнитный (на фотобумагу и магнитную пленку) | | | | Фотобумага |
| Полоса частот, Гц. . | 5-40 | 15-125 | 25-140 | 40-160 | 10-150/500 |
| Динамический диапазон записи не менее, дБ | 40 | 46 | 40 | 40 | 36 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Чувствительность сейсмических каналов не менее, мм/мкв* . . . . | 20 | 20 | 20 | 20 | 15 |
| Регулировка усиления, ручная, количество ступеней усиления (усиление в дБ) | | | | | |
| вход усилителя . . . | 10/60 | 10/60 | 10/60 | - | 5/56 |
| выход усилителя . . | 10/20 | 10/20 | 10/20 | - | 5/20 |
| Граничные частоты фильтров, Гц | | | | | |
| ФНЧ . . . . . | 7, 10, 15, 22, 30 | 20, 30, 50, 70, 100 | 30, 50, 70, 100, 120 | нет | 30, 45, 65, 90 |
| ФВЧ . . . . . | 8, 11, 15, 20 | 25, 35, 50 70, 100 | 35, 50, 70, 100, 120 | 60, 80, 100,120, 140 | 30, 45, 65 |
| Ширина фотобумаги,мм | 150(300) | 150(300; 400) | 120 | 120 | 200 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Скорость протягивания ленты фотобумаги, мм/с . . . . . | 70, 100, 150, 200, 300, 400 | 70, 100, 150, 200, 300 | 70, 100, 150, 200, 300, 400 | Ступенчатая, 64-250 | 50, 100, 200 |
| Тип регистратора магнитной записи . . . . . | Барабанный | | | Дисковый | - |
| Тип магнитной ленты . | 6 или 2 | 6 | 6 или 2 | 6 или 2 | - |
| Ширина ленты, мм . . | 35 (70) | 125 | 35 | - | - |
| Скорость движения ленты, мм/с . . . . . | 400 | 50 и 100 | 100 | 0,5 об/с | - |
| Источник питания . . . | Аккумуляторы | | 6-НКН-100 | 5 акк. 5-НКН-45 | 2 батареи аккумуляторов 6-СТ-54 |
| Потребляемая мощность, Вт . . . . . | 400 (5000) | 300 (420; 560) | 200 | 120 | 180 |
| Масса, кг . . . . . | 350 (600) | 250 (420, 560) | 120 | 150 | 140 |
| Транспортная база | Спецкузов на базе ГАЗ-66 | | ГАЗ-69 | ГАЗ-69 | ГАЗ-69 |

* Приведены данные с использованием сейсмоприемника с КЭМС=17.

Периоды объемных упругих волн вблизи сферического очага взрыва при различных весах зарядов ВВ и коэффициенты Пуассона для некоторых пород

| Тип породы | Периоды объемных упругих волн в секундах для различных масс заряда ВВ в кг | | | | | | | Коэффициент Пуассона |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10 г | 0,1 кг | 1 кг | 10 кг | 100 кг | 1000 кг | 10 г | |
| Граниты неразрушенные | 0,001 | 0,0025 | 0,005 | 0,012 | 0,025 | 0,05 | 0,1 | 0,21–0,28 |
| Перидотиты | 0,0013 | 0,0028 | 0,006 | 0,013 | 0,028 | 0 06 | 0,1 | (От 0,1) 0,25–0,35 |
| Габбро-нориты, серпентиниты | 0,0015 | 0,0032 | 0,007 | 0,015 | 0,032 | 0,07 | 0,15 | 0,35–0,42 |
| Базальты | 0,0013 | 0,0027 | 0,006 | 0,13 | 0,027 | 0,06 | 0,14 | 0,23–0,32 |
| Известняки плотные | 0,0025 | 0,005 | 0,011 | 0,023 | 0,05 | 0,11 | 0,22 | 0,15–0,32 (до 0,4) |
| Мергели | 0,003–0,004 | 0,007–0,009 | 0,015–0,020 | 0,035 0,042 | 0,07–0,09 | 0,15–0,20 | 0,35–0,40 | 0,25–0,35 |
| Глины | 0,04–0,01 | 0,009–0,025 | 0,02–0,05 | 0,04–0, 12 | 0,09–0,25 | 0,20–0,50 | 0,40–1,3 | 0,35–0,47 (до 0,495) |

Основные характеристики портативных сейсморазведочных установок, используемых в инженерной сейсморазведке

| Характеристика или параметр | ОСУ-1 | ДСУ-2 | ОСУ-2 | СМПВ-2 | FS-3 (Канада) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Количество сейсмических каналов | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| Способ возбуждения колебаний | Удары | | | | |
| Способ регистрации сейсмических колебаний | Электронно-лучевой осциллоскоп с послесвечением | Электронные "запоминающие" схемы с пересчетным устройством | Электронно-лучевой осциллоскоп с послесвечением, с возможностью фотографирования сигнала на фото-пленку 24 мм | Электронные "запоминающие" схемы с пересчетным устройством | Запись времени прихода сигнала на графитизированную бумагу с помощью искры |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Способ отсчета времени пробега сейсмических волн | По лимбу потенциометра, перемещающего специальную метку на экране осциллоскопа | По показаниям стрелочных или ламповых индикаторов | По положению специальной перемещаемой метки на экране осциллоскопа с отсчетом по цифровым индикаторным лампам или по сейсмограмме | По показаниям стрелочных индикаторов | По маркам времени сейсмограммы на графитизированной бумаге |
| Чувствительность входа усилителя в микровольтах | 1 - 2 | 2 | 0,5 - 1 | 0,2 | Порядка 10-20 |
| Максимальное усиление | $5 \cdot 10^5$ (114 дБ) | $5 \cdot 10^5$ (114 дБ) | $2{,}5 \cdot 10^6$ (128 дБ) | $5 \cdot 10^6$ (134 дБ) | $2 \cdot 10^3$ (66 дБ) |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Регулирование усиления | Ступенчатый аттенюатор (на некоторых приборах-плавный аттенюатор) | Ступенчатый аттенюатор | Ступенчатый и плавный аттенюатор | Ступенчатый аттенюатор | Ступенчатый регулятор |
| Полоса регулируемых частот, Гц | 16-250 (100-500) | 60-180 | 20-600 | 55-1000 | 12-200 |
| Интервалы отсчитываемых времен пробега в миллисекундах | 1-600 | 0,5-200 | 0,5-1000 | 0,2-200 | 3 - 180 и 163-340 |
| Фильтрация, Гц | Отсутствует | Регулируемая | Широкая полоса 20-600 Узкая полоса 20-150 | ФНЧ: 70, 90, 140, 200, 260, 560, 1000; ФВЧ: 55, 70, 110, 160, 210, 440, 750 Крутизна 23/ дБ/окт | Регулируемая |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Точность отсчета времен пробега в миллисекундах | ± 0,5 (до 5) | ± 0,2 | ± 0,1 | ± 0,2 – ± 0,02 | ± 1,0 |
| Источники питания | Аккумуляторы 12-НКН-22 | Сухие элементы и батареи | Аккумуляторы 12-КН-14 (НКН-10) | 7 элементов "Марс" | Аккумуляторы или сухие элементы |
| Количество блоков аппаратуры и источников питания (без ударного устройства, сейсмоприемников и катушки с сейсмической косой) | 2 | 1 | 2 | 1 | 1(2) |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Масса электронных блоков, кг | 12 | 7,5 | 7,1 | 7,2 | - |
| Масса источников питания, к | 13 | 1 | 4-9 | 0,9 | - |
| Масса комплекта без ударного устройства, кг | 30 | 12 | 17-22 | 14 | 8,5 |
| Потребляемая мощность, Вт | 20 | 0,5 | 10 | 1,1 | 15 |

Примечание. Установки ОСУ-1 и ДСУ-2 выпускались до 1972 г, в 1973 г. начат выпуск установок ОСУ-2, СМПВ-2.

Приложение 4

1. Скорости распространения продольных $V_p$ и $V_s$ – поперечных упругих волн на глубине 2–10 м, коэффициенты Пуассона $\mu$, плотности $\rho$, модули упругости E и деформации $E_{деф}$, пористость (трещинная пустотность) $\eta$, сопротивление сжатию $R^{сж}$ (или несущая способность $R^{*}$), коэффициенты крепости $f_{кр}$ в образцах, а также относительные $\rho_v$ и удельные $\rho_{уд}$ электросопротивления для различных типов грунтов (в скобках часто встречающиеся значения) (табл. 1).

2. Графики изменений скорости $V_p$ в зависимости от глубины для моделей: а – песчаных и глинистых, б – галечных и в – скальных грунтов (рис. 12).

3. Палетки для расчета приближенных значений скоростей распространения упругих продольных волн (рис. 13).

4. Параметры упругих свойств среды, выражаемые в различных системах отсчета.

5. Корреляционные зависимости между физико-механическими характеристиками и геофизическими параметрами грунтов (табл.2).

6. Графики соотношений между скоростями распространения упругих продольных волн $V_p$ и модулями динамической E, статической $E_{ст}$ упругости и деформации $E_{деф}$ для известняков района Ингури ГЭС (рис. 14).

7. Графики изменений осредненных модулей динамической упругости E и полной деформации $E_{деф}$ для скальных пород в долях $E_o$ ненарушенных образцов при $E = 10^5$ МПа и значениях трещинной пустотности $0{,}0005 \leqslant \eta \geqslant 0{,}2$ (рис. 15).

8. Таблица для нахождения значений модуля сдвига G 0,1 МПа при величине объемного веса $\rho = 1$ г/см$^3$.

Таблица 1

Скорости распространения продольных $V_p$ и поперечных $V_s$ упругих волн на глубине 2–10 м, коэффициенты Пуассона $\mu$, плотности $\rho$ пустотность) $\eta$, сопротивление сжатию $R^{сж}$ (или несущая способ- модули упругости E, деформации $E_{деф}$, пористость (трещинная относительные $\rho_v$ и удельные $\rho_{уд}$ электросопротивления для ность $R^*$), коэффициенты крепости $f_{кр}$ в образцах, а также различных типов грунтов (в скобках часто встречающиеся значения)

| Тип и название грунта | $V_p$ км/с | $V_s$ км/с | $\mu$ | $E \cdot 10^{-2}$ МПа | $\rho \cdot 10^3$ кг/м$^3$ | $\eta$ % | $E_{деф} \cdot 10^{-2}$ МПа | $R^{сж}$ или $R^* 10$ МПа | $f_{кр}$ | $\rho_v$ | $\rho_{уд}$ Омм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1. Скальные | | | | | | | | | | | |
| Гранит (эталонный) | 5,6 | 3,2 | 0,26 | 1000 | 2,8 | – | – | 1500 | 15 | – | – |
| Плотные кварциты, базальты, габбро, граниты, гнейсы, кремнистые сланцы, конгломераты, окварцованные песчаники и другие наиболее крепкие скальные породы | 2–7 (2,5–5) | 1,4–4 (1,6–3) | (0,2–0,3) | 200–1500 | 2,5–3,8 | 2 | 50–1200 | 800–3000 | 10–20 | (100–700) | $(5 \cdot 10^2 – 10^6)$ |
| Они же, но трещиноватые, выше УГВ | 0,6–3 (1,2–2) | 0,4–2 (0,8–1,5) | (0,1–0,3) | 30–150 | 1,6–2,4 | 2–5 | 5–100 | 300–1000 | 4–10 | – | $10^2 – 10^4$ |
| Они же, трещиноватые ниже УГВ | 1,8–5,5 (3–4,5) | 0,35–1,8 (0,7–1,4) | (0,35–0,45) | 20–100 | 1,8–2,5 | 2–5 | 4–90 | 200–900 | 3–9 | (20–100) | (20–500) |
| Известняки, доломиты, плотные мраморы, крепкие мергели, выше УГВ | 2–4,5 (2,5–3) | 1,5–3 (1,7–2) | (0,1–0,3) | 100–1000 | 2,4–2,8 | 1–3 | 20–800 | 400–1600 | 5–15 | – | $10^2 – 10^5$ |
| Они же, ниже УГВ | 3,5–6,5 (4–5,5) | 1,5–3 (1,6–1,9) | (0,3–0,45) | 50–900 | 2,5–2,9 | 1–3 | 15–600 | 300–1500 | 4–15 | (50–150) | – |
| Конгломераты, песчаники, алевролиты, плотные аргиллиты | 1,4–5 (2–3) | 0,7–3 (1–2) | (0,1–0,4) | 50–500 | 1,6–2,9 | 2–5 | 10–200 | 300–1000 | 4–10 | – | $10^2 – 10^5$ |

Продолжение табл. 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ангидриты, соль каменная | 1,5-5(3-4,5) | 0,9 - 2,5 (1,5 - 2,5) | - | - | 1,7 - 2,3 | 2 | - | - | - | - | $10^2$ |
| 2. Полускальные | | | | | | | | | | | |
| Мергели, глинистые сланцы | 1-4,5(2-3,5) | 0,6-2,5(1-2) | (0,25-0,4) | 20-300 | 1,8-2,7 | 3-10 | 2-100 | 100-600 | 2-6 | (4-10) | 10-500 |
| Ракушечники,туфы, гипсы,сильно выветрелые разборные, скальные породы,выше УГВ | 0,6-2(1-1,5) | 0,4 - 1,3 (0,7-1,0) | (0,1-0,25) | 10-150 | 1,3-2,3 | 10-40 | 1-50 | 30-300 | 2-3 | - | $10^2$ - $10^6$ |
| Они же, ниже УГВ | 1,8 - 3,5 (2,5-3,0) | 0,4 - 1,3 (0 7-1,0) | 0,35 | - | 1,6-2,4 | 10-40 | - | - | - | (3-20) | 5 - $10^4$ |
| 3. Сильно мерзлые нескальные, льды | 1,3-5(2-3) | 0,5 - 1,7 (1 - 1,5) | (0,3-0,4) | 20-250 | 0,8-2,2 | - | - | - | - | - | $10^2$ |
| 4. Крупнообломочные | | | | | | | | | | | |
| Валунно-галечниковые и гравийно-щебнистые с песчано-глинистым заполнителем, выше УГВ | 0,5-1,5 (0,7-1,1) | 0,35-0,9 (0,5-0,7) | (0,4-0,35) | 5-40 | 1,8-2,2 | 25-45 | 0,2-2,0 | 5-10 | 1,5 | - | $10^2$ - $10^4$ |
| Они же, ниже УГВ | 1,5-2,7 (1,9-2,5) | 0,3-0,8 | 0,4 | 3-30 | 2,2-4 | 25-45 | - | - | - | 4,10 | 10 - $10^3$ |
| Галечники промыты, выше УГВ | 0,4-1,3 (0,6 - 1) | 0,3-0,8 (0,4-0,7) | (0,1-0,15) | 4-25 | 1,7-2,1 | 30-45 | 0,1-1,0 | 5-7 | 1-1,5 | - | $10^3$ - $10^5$ |
| Они же, ниже УГВ | 1,8-3 (2-2,7) | - | 0,45 | - | 1,9-2,3 | 30-45 | - | - | - | 8-15 | 20 - $10^3$ |
| 5. Нескальные | | | | | | | | | | | |
| Глины | 0,6-2,2 (0,8-1,2) | 0,2-0,8 (0,3-0,5) | (0,2-0,45) | 3-50 | 1,3-2,2 | 30-65 | 0,05-2,0 | 1-6 | 0,8-1,5 | 1,5-6 | 2-200 |
| Суглинки | 0,3-1,9 (0,5-0,9) | 0,15-0,5 (0,2-0,4) | (0,15-0,45) | 1-10 | 1,5-2,1 | 27-50 | 0,05-1,2 | 1-1 | 0,7-1,0 | 2-4 | (15-50) |
| Пески,супеси,выше УГВ | 0,2-0,9 (0,3-0,6) | 0,15-0,5 (0,2-0,35) | (0,1-0,3) | 0,5-10 | 1,1-1,9 | 25-45 | 0,05-1,3 | 1,5-6 | 0,5-3,6 | - | 50-$10^4$ |
| То же, ниже УГВ | 1,4-1,9 (1,5-1,7) | 0,1-0,4 (0,2-0,3) | (0,4-0,48) | 0,4-8 | 1,8-2,1 | 5-15 | 0,03-1,0 | 1-5 | 0,3-0,5 | 2,5-6 | 10-300 |

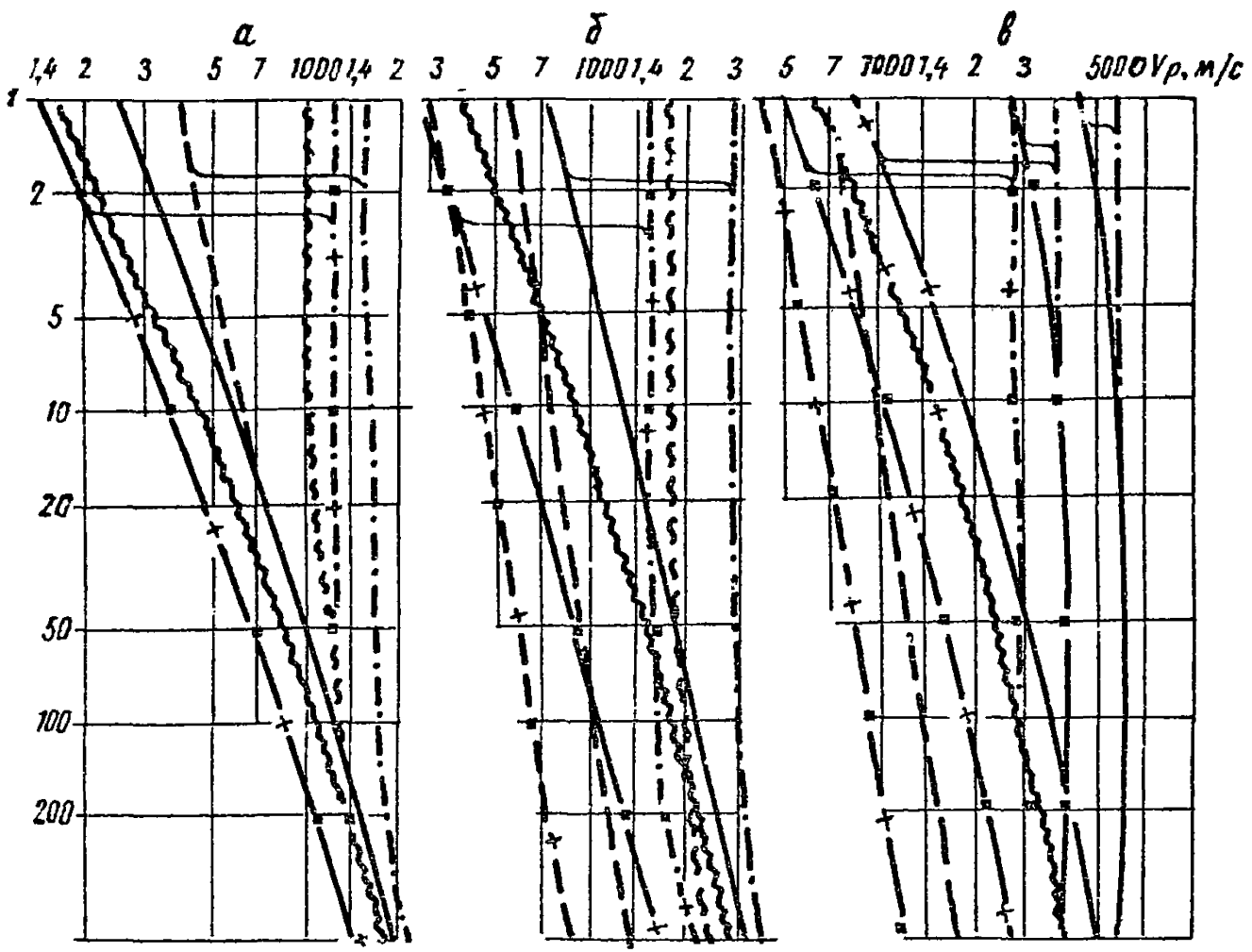

а
б
в
1,4 2 3 5 7 10000 1,4 2 3 5 7 10000 1,4 2 3 5 7 10000 1,4 2 3
50000 Vр, м/с
1
2
5
10
20
50
100
200

Рис. 12

Подрисуночная подпись к рис. 12

Графики изменений скорости $V_p$ в зависимости от глубины для моделей:

а - песчаных и глинистых, б - галечных, в - скальных грунтов

Принято: размеры зерен глин, песка и галечника - 0,0001; 0,05 и 2 см соответственно и толщина окисной и глинистой оболочек - 0,005 см;

в качестве слабого материала - полевой шпат с $V_p$ = 4000 м/с, при значениях для окисной и глинистой оболочек $V_p$ = 1500 и 600 м/с;

в качестве крепкого - кварц с $V_p$ 6000 м/с и для оболочек - 2500 и 1000 м/с.

Знаками выделены графики для грунтов:

■ - со слабым, \ - с крепким материалом;

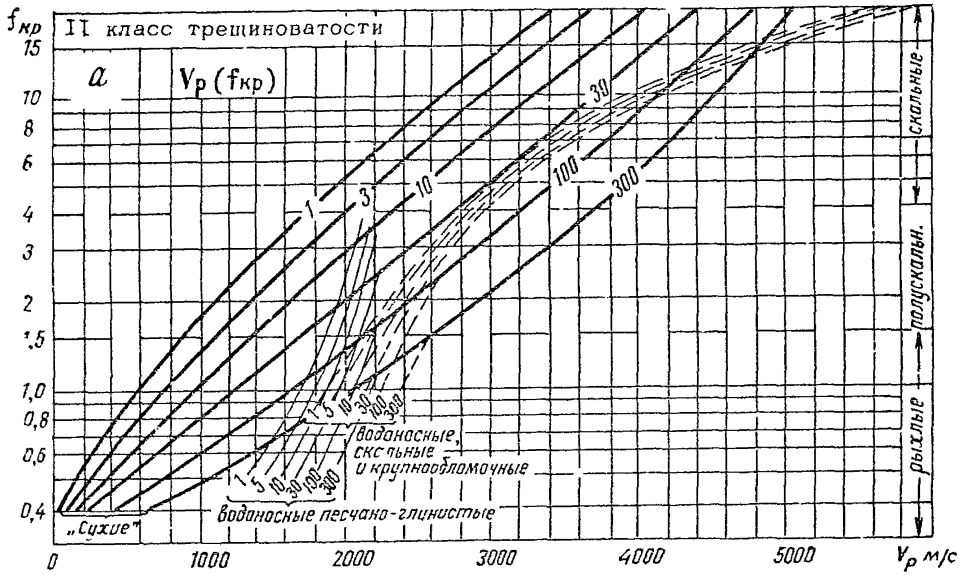
┆ с рыхлой (нескальные $\eta$ = 0,473, скальные $\eta$=0,1),

\┆ - с плотной (нескальные $\eta$ = 0,259, скальные $\eta$ = = 0,001) упаковками;

≀ - сухие, ⋱ - водонасыщенные ( $W = \eta$ ) и ⋱ - влажные пески и ≀ - глины ( $W$ = 0,54).

⋮ - галечники и скальные без твердого и жидкого заполнителя (для песков без оболочек графики аналогичны приведенным для галечников).

Знаком $S$ выделены эмпирические графики, осредненные для соответствующих грунтовых массивов.


II класс трещиноватости
а
Vр (fкр)
fкр
15
10
8
6
4
3
2
1,5
1,0
0,8
0,6
0,4
1
3
10
30
100
300
"Сухие"
водоносные, скальные и крупнообломочные
водоносные песчано-глинистые
скальные
полускальн.
рыхлые
0
1000
2000
3000
4000
5000
Vр м/с

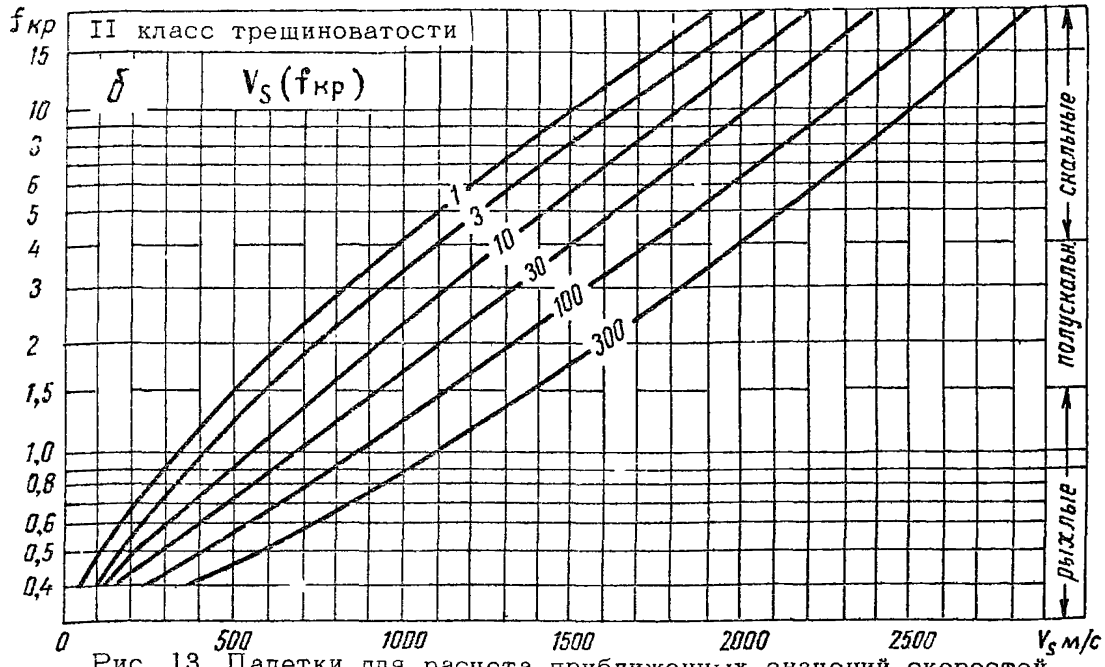



Рис. 13. Палетки для расчета приближенных значений скоростей распространения продольных волн (а - продольных, б - поперечных) по коэффициентам крепости в грунтах 2 класса трещиноватости. Линии проведены для глубин 1,3,10,30,100 и 300 м. Сплошные толстые линии для сухих грунтов; тонкие сплошные для песчано-глинистых; пунктирные для скальных и крупнообломочных водонасыщенных грунтов

## П А Р А М Е Т Р Ы

упругих свойств среды, выражаемые в различных системах отсчета

| Наименование величин | Индекс | Выражение через скорости упругих волн $V_p$ и $V_S$ | Выражение через модуль упругости и коэффициент Пуассона $\mu$ | Выражение через константы Ляме $G$ и $\lambda$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Скорость объемных продольных волн | $V_p$ | $V_p$ | $\sqrt{\frac{E}{\rho}\cdot\frac{(1-\mu)}{(1+\mu)(1-2\mu)}}$ | $\sqrt{\frac{\lambda+2G}{\rho}}$ |
| Скорость объемных поперечных волн | $V_S$ | $V_S$ | $\sqrt{\frac{E}{\rho}\frac{1}{2(1+\mu)}}$ | $\sqrt{\frac{G}{\rho}}$ |
| Модуль упругости Юнга | $E$ | $\rho\frac{V_S^2(3V_p^2-4V_S^2)}{V_p^2-V_S^2}$ | $E$ | $\frac{G(3\lambda-2G)}{(\lambda+G)}$ |
| Коэффициент Пуассона | $\mu$ | $\frac{(V_p^2-2V_S^2)}{2(V_p^2-V_S^2)}$ | $\mu$ | $\frac{\lambda}{2(\lambda+G)}$ |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| Модуль сдвига (вторая константа Ляме) | $G$ | $\rho V_S^2$ | $\frac{E}{2(1+\mu)}$ | $G$ |
| Первая константа Ляме | $\lambda$ | $\rho(V_p^2 - 2V_S^2)$ | $\frac{E\mu}{(1+\mu)(1-2\mu)}$ | $\lambda$ |
| Модуль всестороннего сжатия | $K$ | $\rho(V_p^2 - \frac{4}{3}V_S^2)$ | $\frac{E}{3(1-2\mu)}$ | $\lambda + \frac{2}{3}G$ |
| Отношение скоростей упругих волн | $\frac{V_p}{V_S}$ | $\frac{V_p}{V_S}$ | $\sqrt{\frac{2(1+\mu)}{(1-2\mu)}}$ | $\sqrt{\frac{\lambda+2G}{G}}$ |

Примечание. Плотность среды в системе СИ численно равна объемной массе среды в системе СГС, умноженному на $10^3$.

Таблица 2

Корреляционные зависимости между физико-механическими характеристиками и геофизическими параметрами грунтов

| Определяемая характеристика | Определяющая характеристика | Уравнения регрессии | Район применения и тип грунта | Пределы применения | Погрешности: среднеквадратичная | Погрешности: коэффициент вариации | Коэффициент корреляции | Авторы формул |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Модуль деформации $E_{деф}$ $10^5$ Па | Модуль Юнга E (по сейсморазведке) $10^5$ Па | $E_{деф} = 0{,}826\ 10^{4} E^{1{,}632}$ | Закавказье, Ингури, ГЭС | $0{,}1 \leqslant E_{деф} \leqslant 2{,}2$ | 0,17 | 8,5 | 0,952 | А.И.Савич З.Г.Ященко |
| | | $E_{деф} = 4{,}337\ 10^{-2} E^{1{,}157}$ | Известняки ослабленной зоны | $0{,}1 \leqslant E_{деф} \leqslant 2{,}2$ | 0,15 | 8,5 | 0,95 | ($E_{деф}$ $10^5$) |
| | | | Известняки плотные | | | | | |
| | | $E_{деф} = 0{,}116E - 42$ | Песчано-глинистые грунты Урала и Зап.Сибири выше УГВ | $45 \leqslant E_{деф} \leqslant 620$ | 16,0 | 4,0 | 0,93 | В.И.Бондарев |
| | | $E_{деф} = 0{,}0936E + 4$ | Универсальная, любые песчано-глинистые грунты выше УГВ | $45 \leqslant E_{деф} \leqslant 620$ | 10,0 | 3,0 | 0,89 | " |
| | | $E_{деф} = 0{,}0445E + 31$ | Универсальная, пески ниже УГВ на 0,5 м | $64 \leqslant E_{деф} \leqslant 807$ | 13,7 | 3,5 | 0,94 | " |
| | | $E_{деф} = 0{,}064E + 35$ | Песчано-глинистые грунты Ростовской обл., естественной влажности | $60 \leqslant E_{деф} \leqslant 650$ | 12,0 | 3,5 | 0,91 | Е.С.Григорчук |
| | (по сейсмоакустике) $V_p$, $V_S$, $h_{усл}$ | $E_{деф} = 0{,}045E + 70$ | Лёссы, лёссовидные суглинки Украины, Таджикистана | $60 \leqslant E_{деф} \leqslant 570$ | 31,0 | 10,0 | 0,81 | И.Г.Миндель |

Продолжение табл. 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | м/с, м | $E_{деф}=0{,}099\,V_p+2{,}34\,V_S-332$ | Песчано-глинистые грунты Урала и Зап.Сибири | $45 \leqslant E_{деф} \leqslant 620$ | 10,0 | 4,0 | 0,89 | В.И.Бондарев |
| Угол внутреннего трения $\varphi$ градусы | Скорости упругих волн | $\varphi=46{,}4-9{,}65(V_p/V_S)$ | Песчано-глинистые грунты Урала и Зап. Сибири | $14^\circ \leqslant \varphi \leqslant 35{,}5^\circ$ | 1,7 | 6,8 | 0,73 | " |
| | УЭС Ом м; м | $\varphi=9{,}17(V_p/V_S)-1{,}41^{-1/2}+16$ | Эллювиальные грунты Урала (сапролиты) | $17^\circ \leqslant \varphi \leqslant 37^\circ$ | 1,6 | 6,0 | 0,71 | " |
| | | $\varphi=(1{,}08L+2{,}20)\,lg(УЭС/УЭС_0)+\varphi_0$ ($УЭС_0=6$; $\varphi_0=5^\circ$) | Оползневые массивы берега Волги у г.Ульяновска | $\leqslant \varphi \leqslant 18^\circ$ | 0,485 | 4,0 | 0,85 | В.А.Шемшурин |
| Сила сцепления С, $10^5$Па | УЭС | $C=(0{,}0245+0{,}975)\,lg(УЭС/УЭС_0)$ ($УЭС_0=12^\circ$) | Оползневые массивы берега Волги у г.Ульяновска | ,08 $\leqslant C \leqslant$ 0,75 | 0,03 | 7,5 | 0,86 | " |
| | Ом·м; м Модуль сдвига, $10^5$Н/м$^2$ | $C=3{,}8\ 10^{-4}C+0{,}087$ | Универсальная, песчано-глинистые грунты, естественной влажности | $\leqslant C \leqslant 1{,}48$ | 0,028 | 3,6 | 0,82 | В.И.Бондарев |
| | $G=\rho V_S^2$ м/с | $C=0{,}554\,(V_p/V_S)-1{,}41^{-1/2}+0{,}073$ | Аллювиально-делювиальные грунты Урала, Зап.Сибири и Прикамья | $\leqslant C$ 1,06 | 0,04 | 8,0 | 0,72 | " |
| | $V_p$; $V_S$, м/с | $C=0{,}908-0{,}168(V_p/V_S)$ | Лёссы и лёссовидные суглинки Украины и Средней Азии "непроявленные" | $\leqslant C \leqslant 0{,}88$ | 0,05 | 12,9 | 0,73 | " |
| | $\rho V_{sak}$, м/с | $C=4{,}8\ 10^{-4}\rho V_S^2-0{,}08$ | | $\leqslant C \leqslant 1{,}47$ | 0,08 | 10 | 0,90 | Н.Г.Миндель |
| Плотность $\rho$, г/см$^3$ | $V_p$ м/с | $\rho=1{,}516\ 10^{-2}V_p\,1/2+1{,}597$ | Эллювиально-делювиальные грунты Урала | $\leqslant \rho \leqslant 2{,}12$ | 0,08 | 8,5 | 0,84 | В.И.Бондарев |

Продолжение табл. 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $V_p, V_s$ км/с | $\beta=1{,}85\, V_p^{0{,}232}$ | Универсальная, песчано-глинистые грунты выше УГВ | $1{,}2 \leqslant \rho \leqslant 2{,}5$ | | 10–15 | 0,78 | Г.Н.Назаров |
| | | $\rho=2{,}18\, V_s^{0{,}222}$ | То же, ниже УГВ и выше | $1{,}2 \leqslant \rho \leqslant 2{,}5$ | | 10 | 0,78 | " |
| Пористость $\beta$, % | $V_p, V_s$ км/с | $\beta=50\, lg \frac{3{,}5}{V_p}$ | Универсальные, песчано-глинистые грунты выше УГВ | $0{,}1 \leqslant \rho \leqslant 0{,}35$ | | 10 | 0,76 | " |
| | $V_p, V_s$ км/с | $\beta=50\, lg \frac{2}{V_s}$ | То же | $0{,}1 \leqslant \rho \leqslant 0{,}35$ | | 10 | 0,76 | " |
| | " | $\beta=167\, \frac{3{,}5}{}$ | То же, ниже УНВ | $0{,}1 \leqslant \rho \leqslant 0{,}45$ | | 10–15 | 0,65 | " |
| Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сутки | УЭС, М | $lg K_ф=2{,}03\, lg$ УЭС $-(1{,}62M+1{,}61)$ | Галечники, пески, суглинки Ср.Азии, Казахстана, Крыма, Подмосковья, Приморья, при М=0,3–0,9 г/лит Экв | $0{,}5 \leqslant K_ф \leqslant 200$ | 0,28 | 2,0 | 0,77 | В.А.Шемшурин |
| | Ом м; л/литр $V_p$ м/с | $lg K_ф=A\, lg V_p+B$; (A,B–эмпир.коэф.) | | – | – | – | 0,75 | А.А.Уваров |
| Коэффициент относительной просадочности, $\Sigma_{пр}$ | $V_p$ м/с | $\Sigma_{пр}=4{,}47\, 10^6\, V_p^{-3}$ –0,026 | Суглинки Ростовской области | – | – | 7,0 | 0,72 | Е.С.Григорчук |
| Связь геофизических параметров | УЭС, ОМ м м/с | $V_p=3800+14{,}5$ УЭС | Карбонатная толща Предуралья | – | – | 10–12 | 0,66 | Г.Н.Назаров |
| | | $V_p=170$ УЭС$^{1/2}$ | То же, Подмосковья, обводненная | – | – | 8 | 0,68 | " |
| | | $V_p=150$ УЭС$^{1/3}$ | То же, Крыма, сухая | – | – | 6 | 0,63 | " |

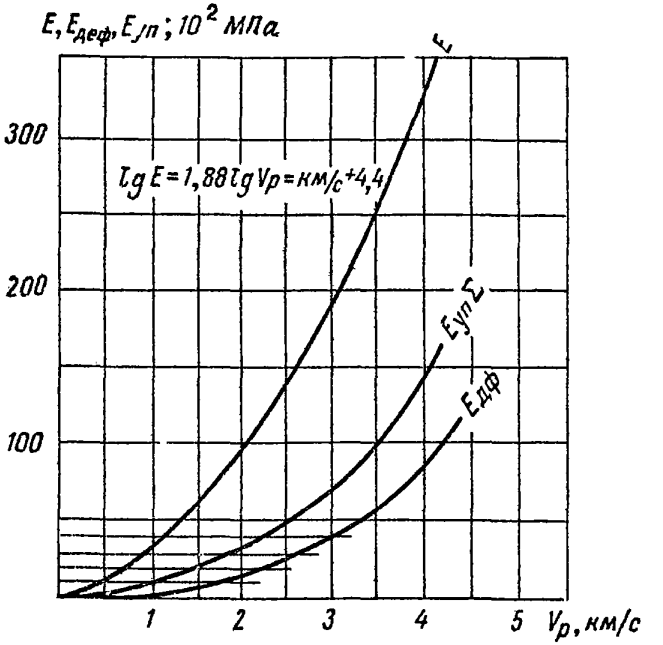



Рис. 14. Графики соотношений между скоростями распространения упругих продольных волн $V_p$ и модулями динамической Е, статической Ест упругости и деформации Едеф для известняков района Ингури ГЭС

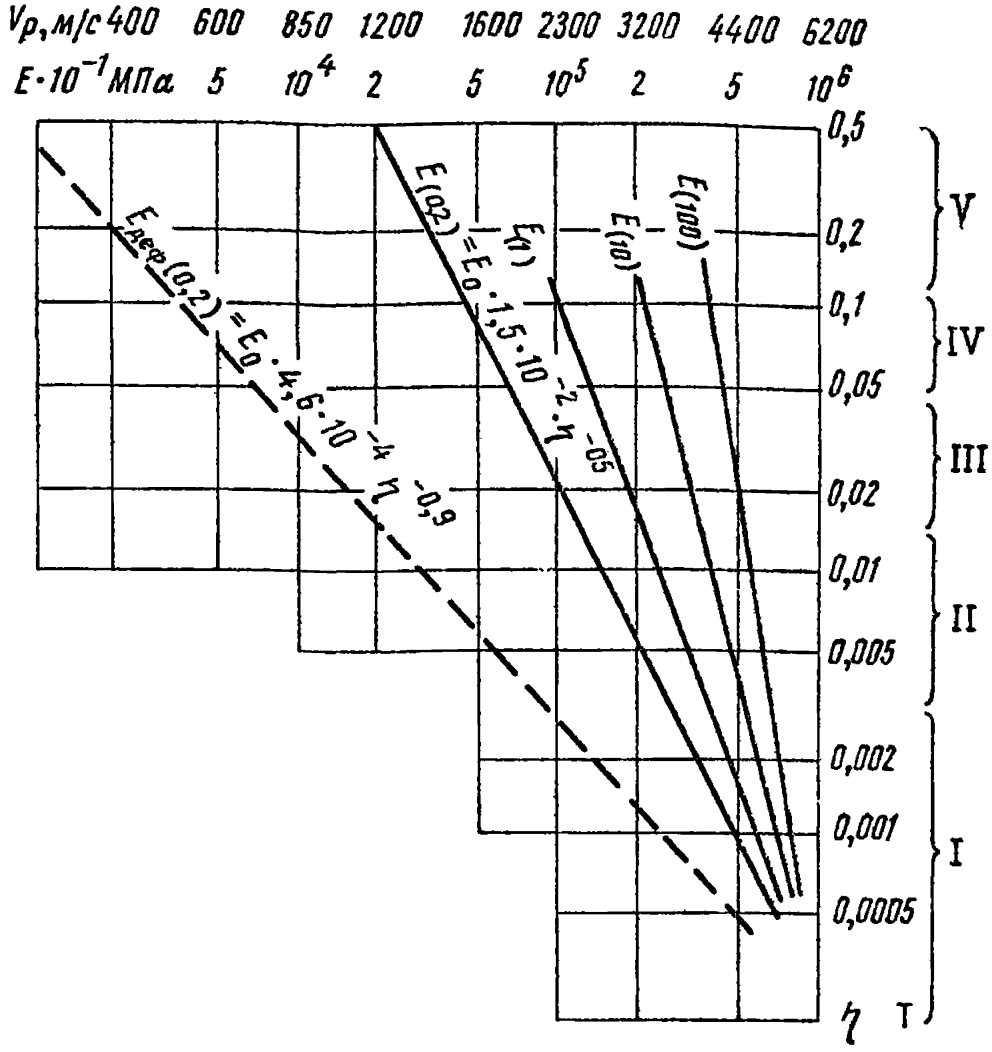



Рис. 15. Графики изменений осредненных модулей динамической упругости E и полной деформации Едеф для скальных пород в долях Eo ненарушенных образцов при $E=10^5$ МПа и значениях трещинной пустотности $0{,}0005 \leqslant \eta \leqslant 0{,}2$

Основные графики даны для глубин, исследуемых штампами, вспомогательные – для E при Z =1,10,100 м; рядом с E и $\eta$ даны соответствующие им значения скоростей $V_p$ и класса трещиноватости T

Таблица для нахождения значений модуля сдвига

0,1МПа при величине плотности $\rho = 10^3$ кг/м$^3$

| $V_S$ м/с | G 0,1МПа | $V_S$ м/с | G 0,1МПа | $V_S$ м/с | G 0,1МПа | $V_S$ м/с | G 0,1МПа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 140 | 201,76 | 280 | 807,05 | 420 | 1815,9 |
| 10 | 2,0299 | 150 | 231,62 | 290 | 865,73 | 430 | 1903,4 |
| 20 | 4,1176 | 160 | 263,53 | 300 | 926,46 | 440 | 1992,9 |
| 30 | 9,2646 | 170 | 297,50 | 310 | 989,25 | 450 | 2084,5 |
| 40 | 16,470 | 180 | 333,53 | 320 | 1054,1 | 460 | 2178,2 |
| 50 | 25,735 | 190 | 371,61 | 330 | 1121,0 | 470 | 2273,9 |
| 60 | 37,058 | 200 | 411,76 | 340 | 1190,0 | 480 | 2371,7 |
| 70 | 50,441 | 210 | 453,97 | 350 | 1261,0 | 490 | 2471,6 |
| 80 | 65,882 | 220 | 498,23 | 360 | 1334,1 | 500 | 2573,5 |
| 90 | 83,381 | 230 | 544,55 | 370 | 1409,3 | | |
| 100 | 102,94 | 240 | 592,92 | 380 | 1486,5 | | |
| 110 | 124,56 | 250 | 643,33 | 390 | 1565,7 | | |
| 120 | 148,23 | 260 | 695,87 | 400 | 1647,0 | | |
| 130 | 173,97 | 270 | 750,43 | 410 | 1730,4 | | |

## Приложение 5

1. Формулы для расчета суммарного приращения величины сейсмической интенсивности в баллах по отношению к средней величине $J$ для районов работ, установленной СНиП П-А. 12-69 (приложения 1 и 2).

2. Характеристика некоторых типов сейсмоприемников, используемых при регистрации колебаний.

3. Номограмма для расчета приращения сейсмической интенсивности $\Delta J_c$ в баллах за счет изменения сейсмической жесткости грунта (рис. 16).

4. Номограмма для расчета приращения сейсмической интенсивности $\Delta J_t$ за счет влияния отрицательных температур грунта для зоны развития вечной мерзлоты (рис. 17).

5. Номограмма для определения приращений $\Delta J_g$ в зависимости от глубины УГВ и подошвы обводненного слоя и скоростей $V_S$ в них (рис. 18).

6. Характеристика некоторых типов осциллографов и регистраторов, применяемых при записи колебаний.

## Формулы для расчета суммарного приращения величины сейсмической интенсивности в баллах по отношению к средней величине $J$ для районов работ, установленной СНиП П-А. 12-69 (приложения 1 и 2)

При сейсмическом микрорайонировании расчеты суммарного приращения величины сейсмической интенсивности в баллах производят по формуле С.В.Медведева

$$\Delta J = \Delta J_c + \Delta J_{угв} + \Delta J_{рез},$$

где $\Delta J$ – суммарное приращение величины сейсмической интенсивности в баллах по отношению к средней величине $J$ для районов работ, установленной СНиП П-А.12-69 (приложения 1 и 2). Величина $J$ относится к средним грунтам и оценивается в баллах сейсмической шкалы ГОСТ 6249-52 или MSK 1964;

$\Delta J_c$ – приращение величины сейсмической интенсивности в баллах за счет отличия сейсмической жесткости грунта по сравнению с этой величиной для среднего грунта в данной местности (при положении УГВ>8 м). Величина $\Delta J_c$ определяется по формуле

$$\Delta J_c = 1{,}67 \lg \frac{V_1 \rho_1}{V_i \rho_i},$$

где $V_1 \rho_1$ – сейсмическая жесткость (произведение скорости поперечной волны на плотность породы для средних грунтов);

$V_i \rho_i$ – та же величина для грунтов в исследуемой точке. Вместо $V_S$ можно использовать $V_P$, но при этом пересчитывать ее на необводненную толщу пород. $\Delta J_c$ – определяется по номограмме на рис. 16.

$\Delta J_{угв}$ – приращение сейсмической интенсивности в баллах за счет близости уровня грунтовых вод к поверхности земли, рассчитывается по номограмме рис. 18;

$\Delta J_{угв}$ – для грунтов (с температурой ниже нуля) в мерзло-пластичном состоянии заменяется $\Delta J_T = t^{0,5 T^\circ}$,

где $T^\circ$ – средняя максимальная температура слоя сезонного оттаивания за летний сезон (по данным районной метео- или мерзлотной станции).

$\Delta J_T$ – определяется по номограмме на рис. 17;

$\Delta J_{рез}$ – учитывает возможное возникновение резонансных явлений в верхней части толщи пород разреза на глубинах от 0 до 200 м.

Величина $\Delta J_{рез}$ определяется с помощью двух вспомогательных величин $m_i$ и $S_i$ : $m_i$ – отношение сейсмических жесткостей

$$m_i = \frac{V_i \rho_i}{V_0 \rho_0},$$

где $V_i \rho_i$ – для покрывающей толщи пород;

$V_0 \rho_0$ – для подстилающей толщи пород;

$S_i$ – отношение мощности покрывающей толщи $H$ к длине соответствующей (продольной или поперечной) объемной волны в этой толще

$$S_i = \frac{H}{V_i T_i},$$

где $T_i$ – преобладающий период волны.

$\Delta J_{рез}$ – определяется по следующей таблице:

| $m_i$ | $S_i$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0,1; 0,6 | 0,2; 0,7 | 0,25:0,75 | 0,3;0,8 | 0,4; 0,9 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0,1 | 0,2 | 1,2 | 2,5 | 1,2 | 0,2 |
| 0,2 | 0,2 | 1,1 | 1,7 | 1,1 | 0,2 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,4 | 0,2 | 0,8 | 1,0 | 0,8 | 0,2 |
| 0,5 | 0,2 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,2 |
| 0,6 | 0,1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,1 |
| 0,7 | 0,1 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,1 |
| 0,8 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| 0,9 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

Примечание. $\Delta J_{рез}=0$ при $S_i = 0$ и 0,5.

Характеристики некоторых типов сейсмоприемников, используемых при регистрации колебаний

| Прибор, тип или марка | Диапазон измеряемых амплитуд, доли м | Рабочий диапазон частот, Гц | Чувствительность, м/с | Габариты, мм | Масса, кг |
|---|---|---|---|---|---|
| Сейсмоприемники СМ-2 | $10^{-7}$–3,$10^{-3}$ | 0,7–200 | 39 | 230x165x140 | 5,5 |
| СМ-3 | $10^{-7}$–5,$10^{-3}$ | 0,5–200 | 24 | 230x165x140 | 5,5 |
| С-5-С | $10^{-7}$–15,$10^{-3}$ | 0,2–200 | 16 | 355x130x147 | 11 |
| ВЭГИК | $10^{-7}$–2,$10^{-3}$ | 1,0–50 | 20 | 300x135x120 | 10 |
| ОСП | $10^{-5}$–100, $10^{-3}$ | 0,7–40 | 4 | 140x102 | 4,6 |
| (по ускорениям) | $10^{-3}$–15(сек$^2$) | – | – | – | – |
| Трехкомпонентный пьезоэлектрический акселерометр АПТ-1 | $10^{-4}$–2(сек$^2$) | 0,15–500 | 0,5 | 150x130 | 4,6 |

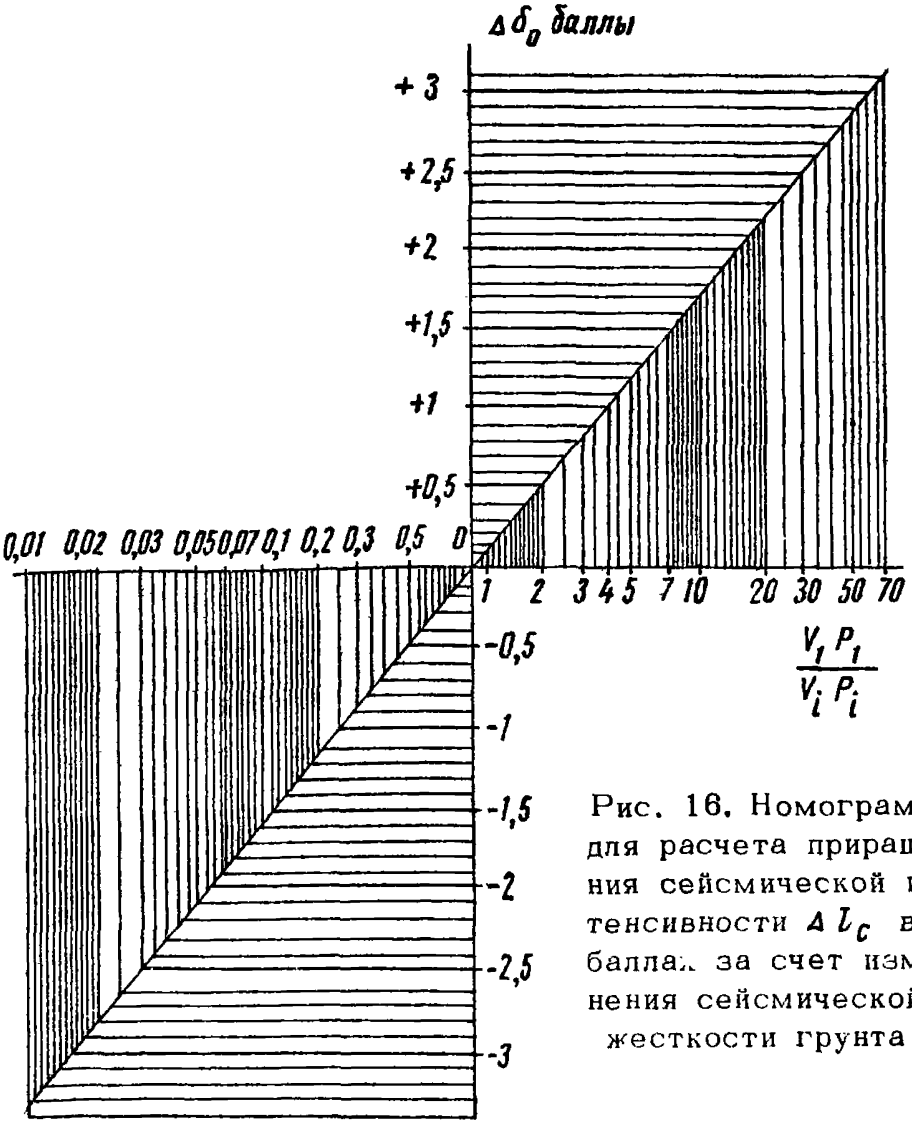



Рис. 16. Номограмма для расчета приращения сейсмической интенсивности $\Delta I_C$ в баллах за счет изменения сейсмической жесткости грунта

ось абсцисс – отношение сейсмических жесткостей средних грунтов $V_1 P_1$ к исследуемым грунтам $V_i P_i$ (для толщ мощностью 10 м);

ось ординат – приращение сейсмической интенсивности в баллах на исследуемых грунтах по отношению к средним грунтам

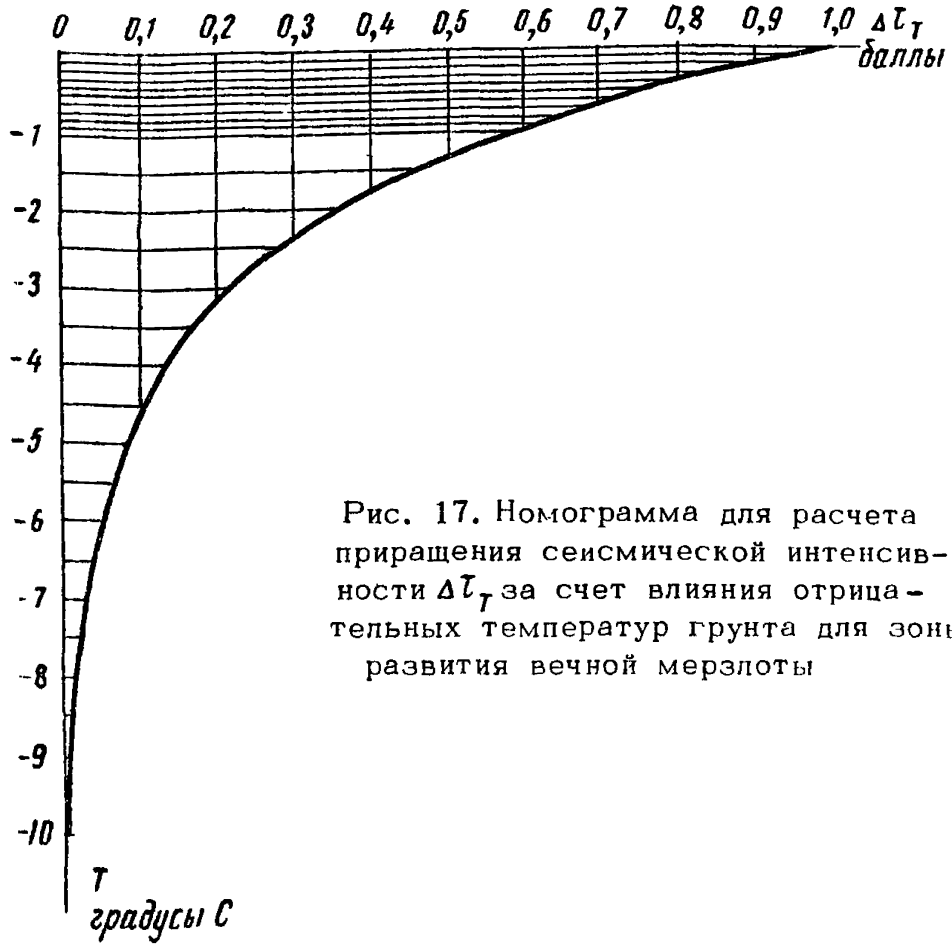



Рис. 17. Номограмма для расчета приращения сейсмической интенсивности $\Delta\tau_T$ за счет влияния отрицательных температур грунта для зоны развития вечной мерзлоты

ось абсцисс - приращение величины сейсмической интенсивности;

ось ординат - отрицательные температуры грунта в $^{o}C$;

(при расчетах принимается минимальная отрицательная температура за год в слое сезонного оттаивания при обводненности последнего)

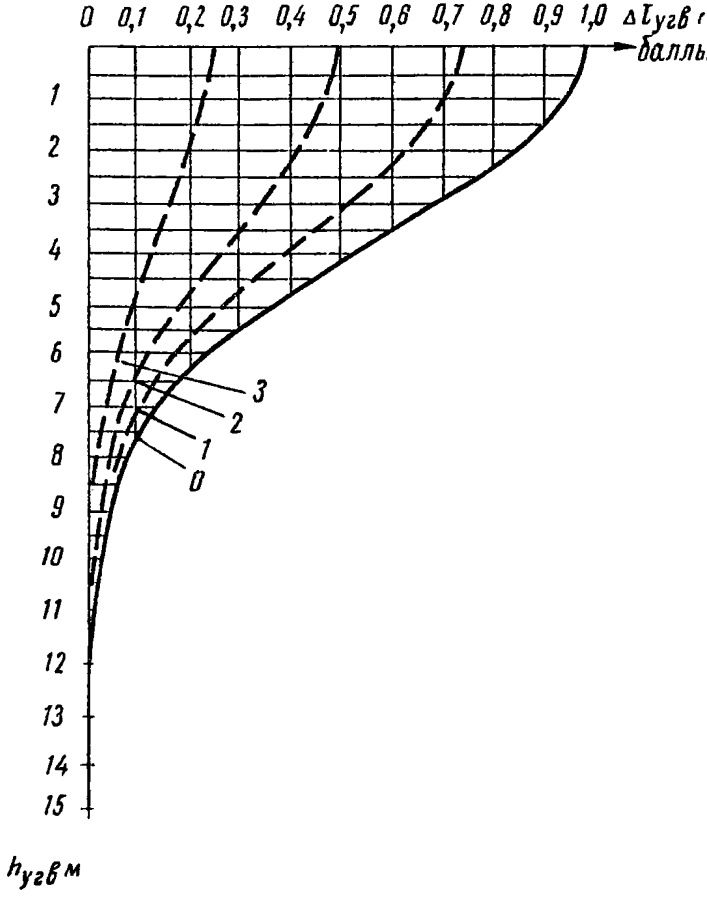



Рис. 18. Номограмма для определения приращений $\Delta J_B$ в зависимости от глубины УГВ и подошвы обводненного слоя и скоростей $V_S$ в них. Средние значения $V_S$ для кривых: 0–150, 1–250, 2–500, 3–900 м/с

**Характеристика некоторых типов осциллографов и регистраторов, применяемых при записях колебаний**

| Прибор, тип или марка | Способ регистрации | Количество каналов | Скорость развертки, мм/мин | Тип носителя и его ширина, мм | Полоса частот, Гц | Источник питания, В | Габариты, мм | Масса, кг |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Осциллограф светолучевой Н-700 | Гальванометрический | 6-14 | 2,5; 10; 40; 160; 640; 2500 | Осциллографная бумага, 120 | В зависимости от гальванометра | 27 | 470x240x290 | 18 |
| ОСБ-У1М | " | 6 | 1,5; 30; 60; 120; 240; 480 | То же 280 | То же | 127 | 670x435x355 | 45 |
| ОСБ-1М | " | 6 | 0,15-120 | То же 120 | " | 220 | 470x240x290 | 16 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Н-010 | Гальванометрический | 30 | 1; 2; 5; 10; 25; 100; 250; 1000; 2500 | То же 300 | В зависимости от гальванометра | 27 | 450x420x425 | 38 |
| Осциллограф инженерно-сейсмический ИС011 | " | 6 | 5; 10 | Фотопленка 35 | До 25 | Автономное | 445x240x380 | 13,5 |
| Осциллограф перопишущий Н-002 | То же с тепловым пером | 3 | 30; 60; 120; 240 | Теплочувствительная бумажная лента, 305 | 0-8 | 220 | 590x440x210 | 35 |
| Станция записи землетрясений 033-11 | Магнитный | 6 | 46 | Магнитный | 0,1-5 | 12 | 500x500x550 | 30 |

Приложение 6

1. Рецепты проявителей и закрепителей для обработки осциллографной бумаги.

2. Рецепты проявляюще-фиксирующих растворов для одностадийной обработки осциллографной бумаги.

3. Типовой перечень и нормы расхода материалов на производство сейсморазведочных работ (на 1 месяц работы сейсмического отряда).

4. Типовой перечень и нормы расхода материалов на 1 отрядо-месяц камеральных работ по сейсморазведке.

5. Типовой перечень и нормы износа инструмента, малоценного инвентаря и снаряжения при проведении сейсморазведочных работ (на один сейсмический отряд).

## РЕЦЕПТЫ

проявителей и закрепителя для обработки осциллографной бумаги

| Компоненты в г на 1 л раствора | Проявитель | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Контрастно-контрастный | Контрастный | Контрастно-быстрый | Нормальный | Закрепитель |
| Метол | 5 | 2 | 5 | 1 | - |
| Гидрохинон | 10 | 6 | 6 | 5 | - |
| Сульфит | 40 | 45 | 40 | 50 | - |
| Сода безводная | 40 | 30 | 40 | 10 | - |
| Калий бромистый | 3 | 3 | 3 | 3 | - |
| Гипосульфит | - | - | - | - | 250 |

# Р Е Ц Е П Т Ы

проявляюще-фиксирующих растворов для одностадийной обработки осциллографной бумаги

| Вещество | Раствор | | |
|---|---|---|---|
| | № 1 | № 2 | № 3 |
| Вода, в которой растворяются реактивы, $см^3$ | 500 | 500 | 750 |
| Мето.., г | 1,5 | 1,9 | - |
| Сульфит, г | 25 | 33 | 60 |
| Гидрохинон, г | 13,5 | 17,0 | 30 |
| Натр едкий, г | 9 | 16 | 25 |
| Квасцы алюмокалиевые, г | 5 | 20 | - |
| Фенидол, г | - | - | 3 |
| Гипосульфит, г | 30 | 60 | 150 |
| Бензотриазол, г | 1 | 1 | 4 |
| Калий бромистый, г | 7 | - | - |
| Глюконовая кислота, г | 0,1 | - | - |
| Уксусная кислота 33%, $см^3$ | 1 | 1 | 1 |
| Вода (дополнительная), л | до 1 | до 1 | до 1 |

# ТИПОВОЙ ПЕРЕЧЕНЬ

## и нормы расхода материалов на производство сейсморазведочных работ (на 1 месяц работы сейсмического отряда)

| Наименование материалов | Марка, тип | Единица измерения | Одно-двухканал. сейсмическая установка типа СМПВ-2 и др. | Поиск-1-6/12 АСМ-ОВ | | Поиск-1-24 КМПВ-0В | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | магнитная запись | осциллог. запись | магнитная запись | осцилог. запись | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Батарея сухая | 330-ЭВМЦГ 1000 | шт. | - | - | - | 1,5 | 1,5 | |
| Батарея сухая | 100-АМЦГ У-2,0 | " | - | - | - | 2 | 2 | |
| Батарея сухая | 69-ГРМЦ 6 | " | 2 | - | - | 2,5 | 2 | |
| Батарея сухая летняя | КБСЛ-0,50 | " | 3 | - | - | 3 | 3 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Блокноты разные | 1 | шт. | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| Бланк рапорта | | " | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | |
| Калька | рул. | руб. | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 1,04 | 1,04 | |
| Бумага миллиметровая | | " | 0,5 | 0,75 | 0,75 | 1,5 | 1,5 | |
| Бумага наждачная | БШ-240 | лист. | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 1,4 | 1,4 | |
| Бумага оберточная | | кг | 2 | 15 | 15 | 30 | 30 | |
| Бумага осциллог. | | м | - | - | 300 | 357 | 343 | |
| Бумага писчая № 2 | | кг | 0,5 | 0,65 | 0,65 | 1,3 | 1,3 | |
| Бумага чертежная | | лист | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Вазелин технич. | | кг. | 0,05 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | |
| Веревка хозяйст. | | " | 0,8 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | |
| Вилка штепсельная | | шт. | 2,0 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | |
| Гвозди разные | | кг | 0,75 | 1,5 | 1,5 | 3,0 | 3,0 | |
| Гидрохинон | | " | 0,2500 | 0,768 | 0,768 | 0,768 | 0,768 | |
| Гипосульфит фотографический | | " | 3,75 | 17,0 | 17,0 | 33,4 | 38,4 | |
| Дроссели сейсмические | | шт. | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | |
| Журналы полевые | | " | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| Калий бром | | кг | 0,075 | 0,102 | 0,102 | 0,102 | 0,102 | |
| Канифоль сосновая | | " | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,1 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Квасцы алюмокалиевые | | кг | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | |
| Карандаши простые | | шт. | 6 | 8 | 8 | 10 | 10 | |
| Карандаши цветные | | кор. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Кислота серная аккумуляторная | | кг | - | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | |
| Клей | БФ-2 | " | - | 0,15 | - | 0,3 | - | |
| Клей конторский | | " | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | |
| Клей резиновый | | " | 0,10 | 0,14 | 0,14 | 0,275 | 0,275 | |
| Кнопки | | кор. | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Лента изоляционная двухсторонняя | х/б | кг | 0,75 | 1,25 | 1,25 | 2,5 | 2,5 | |
| Лента магнитная | 6 | м | - | 50 | - | 20 | - | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Лента | Пара | кг | 0,25 | 0,35 | 0,35 | 0,7 | 0,7 | |
| Линейка чертежная | | шт. | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | |
| Конденсаторы разные | | " | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | |
| Метол | | кг | 0,125 | 0,50 | 0,5 | 1,02 | 1,02 | |
| Мешок бумажный | Крафт | шт. | 3 | 7 | 7 | 15 | 15 | |
| Мешковина суровая | | м | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 3,0 | 3,0 | |
| Мыло хозяйственное | | кг | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | |
| Натр едкий | | " | 0,6 | 1,2 | 1,2 | 2,4 | 2,4 | |
| Нитки суровые | | " | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | |
| Оргстекло | | " | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | |
| Переключатель | ПУ | шт | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | |
| Переключатель усиления | | " | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Перо чертежное | | кср. | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | |
| Перчатки хирургические | | пара | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Поташ | | кг | 0,7 | 1,25 | 1,25 | 2,5 | 2,5 | |
| Припой | ПОС-40 | " | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,1 | |
| Провод монтажный | П МВГ-0,5 | м | 50 | 125 | 125 | 250 | 250 | |
| Провод | ПСРВ-1 | м | 300 | 650 | 650 | 1300 | 1300 | |
| Радиолампы разные | | шт. | 0,5 | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| Резина сырая | | кг | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,1 | |
| Резисторы разные | | шт. | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | |
| Скоросшиватель | | " | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | |
| Сульфит | | кг | 1,5 | 2,5 | 2,5 | 5,12 | 5,12 | |
| Спирт ректификат | | " | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,15 | 0,15 | |
| Сода безводная | | " | 1,0 | - | - | - | - | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Реле разные | шт. | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | |
| Ручка для лопат | " | шт. | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| Ручка чертежная | | " | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | |
| Текстолит | А | кг | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | |
| Тетрадь общая | | шт. | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | |
| Топорище | | " | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,33 | 0,33 | |
| Трансформаторы разные | | " | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,3 | 0,3 | |
| Трубка резиновая | | кг | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,33 | 0,33 | |
| Тумблеры двухполюсные | | шт | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | |
| Тушь разная | | фл. | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 2,0 | |
| Угольник чертежный | | шт. | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | |
| Фанера 5 мм | | $м^3$ | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,06 | 0,06 | |
| Чернила для авторучек | | фл. | 1,0 | 1,5 | 1,5 | 3,0 | 3,0 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Шпагат | | кг | 2,0 | 4,0 | 4,0 | 8,0 | 8,0 | |
| Эбонит | | " | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | |
| Элемент | Марс | " | 14 | - | 1 | - | 1 | |
| Электролит (едкий калий) | | литр | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | |
| Бензотриазол | | кг | 0,1 | - | - | - | - | |
| Уксусная кислота | 38% | $см^3$ | 25 | - | - | - | - | |
| Фотопленка 24х36 мм | | кадр | 900 | - | - | - | - | |

# ТИПОВОЙ ПЕРЕЧЕНЬ

## и нормы расхода материалов на 1 отрядо-месяц камеральных работ по сейсморазведке

| Наименование материалов | Единица измерения | МПВ, КМПВ с одно-двух-канальными сейсмическими установками | МОВ,МПВ - запись магнитная и осциллографическая | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Поиск 1-6/12 АСМ-ОВ | Поиск 1-24-КМПВ-ОВ | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Калька | рул. | 0,34 | 0,65 | 1,25 | |
| Бумага копировальная | пачка | 0,1 | 0,1 | 0,1 | |
| Бумага миллиметровая | рул. | 0,75 | 1,5 | 2,5 | |
| Бумага осциллографная | $м^2$ | 37,5 | 20,7 | 30,7 | |
| Бумага оберточная | кг | 0,5 | 0,65 | 1,25 | |
| Бумага писчая № 2 | " | 2 | 2 | 2 | |
| Бумага чертежная | лист | 1 | 1 | 1 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Журналы разные | шт. | 3 | 5 | 7,5 | |
| Канцелярские принадлежности | набор | 0,5 | 1 | 1 | |
| Картон | кг | 1,5 | 1,5 | 1,5 | |
| Лента для пишущих машинок | шт | 0,1 | 0,1 | 0,1 | |
| Тушь | фл. | 1 | 2 | 3 | |
| Чернила для авторучек | " | 0,5 | 0,5 | 0,7 | |
| Шпагат | кг | 0,15 | 0,25 | 0,5 | |

## ТИПОВОЙ ПЕРЕЧЕНЬ

и нормы износа инструментов, малоценного инвентаря и снаряжения при проведении сейсморазведочных работ (на один сейсмический отряд)

| Наименование | Единица измерения | Годовая норма износа, % | Одно-двухканальная сейсмическая установка | Поиск 1-6/12 АСМ-ОВ | | Поиск-1-24 КМПВ-ОВ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | магнитная запись | осцилог. запись | магнитная запись | осцилог. запись |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Арифмометр | шт. | 20 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 |
| Аккумуляторы 12-КН-14 5КН-100М и т.п. | " | 50 | 2 | 5 | – | 10 | – |
| Батарея аккумуляторная 3СТ-98 | " | 50 | – | 4 | – | 8 | – |
| Бородок слесарный | " | 100 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 1,0 |
| Ведро оцинкованное | " | 100 | 1 | 2 | 2 | 5 | 5 |
| Воронка железная | " | 100 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Готовальня У-14 | шт. | 50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Груша резиновая | " | 100 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 |
| Доска чертежная | " | 50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Дрель ручная 2ДР-00 | " | 50 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 |
| Зубило слесарное | " | 100 | 0,5 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Зарядное устройство ВЗУ-5 | " | 20 | 1 | - | - | - | - |
| Катушка полевая | " | 50 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| Капсюль микрофонный | " | 100 | - | - | - | 1 | 1 |
| Ключ гаечный разводной | " | 50 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 2,0 |
| Ключ торцовый | " | 50 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 2 | 2 |
| Коврик резиновый | кг | 33 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Колодки контактные | шт. | 50 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Компас горный | " | 33 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Круглогубцы | " | 50 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Кувалда 4 кг | шт. | 50 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 |
| Кусачки 175 мм | " | 100 | 1 | 2 | 2 | 5 | 5 |
| Линейка логарифмическая | " | 33 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Линейка масштабная ЛМ | " | 60 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 |
| Лом железный | " | 40 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| Лопата штыковая | " | 100 | 2 | 12 | 12 | 21 | 21 |
| Метр металлический | " | 50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Метчики слесарные | компл. | 50 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 |
| Молоток слесарный | шт. | 50 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Мостик универсальный Р-333 | " | 20 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Надфили разные | компл. | 100 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 |
| Напильники разные 10 шт. | " | 100 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ножницы канцелярские | шт. | 40 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Нож монтерский | " | 100 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| Отвертки разные | " | 100 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Паяльник электрический | " | 50 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 |
| Подушка штемпельная | " | 50 | – | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Электрод медный стержневой | " | 50 | – | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Плашки слесарные | компл. | 50 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 |
| Плоскогубцы | шт. | 50 | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| Провод ПСРВ-1 | км. | 100 | 0,5 | 3 | 3 | 6 | 6 |
| Рулетка стальная 20 м | шт. | 50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Сейсмоприемники СВ-1, СМГ-10, СМВ-30, СПЭД-62 | шт. | 40 | 6 | 24 | 30 | 60 | 75 |
| Секундомер С1-2А | " | 33 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Станок для ножовочных полотен | " | 20 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 |
| Счеты конторские | " | 40 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Тиски настольные | " | 20 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 |
| Тиски ручные | " | 20 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Топор | " | 50 | 1 | 3 | 3 | 6 | 6 |
| Транспортир ТГ | " | 33 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Штамп сейсмический | " | 50 | - | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Штангенциркуль | " | 50 | 0,5 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Ящик вьючный | " | 50 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Ящик металлический (сейф) | " | 33 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| Пинцет | " | 50 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Сверла разные | набор | 100 | 1 | 3 | 3 | 5 | 5 |

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . . 3
1. Общие положения . . . . . 5
2. Проектирование и организация сейсморазведочных работ . . . . . 7
3. Методика проведения сейсморазведочных работ . . . . . 15
4. Техника полевых работ . . . . . 28
5. Документация и приемка полевых материалов 38
6. Обработка сейсморазведочных материалов . . 43
7. Инженерно-геологическая интерпретация данных сейсморазведки . . . . . 55
8. Отчетность . . . . . 62
9. Литература . . . . . 66
Приложения . . . . . 69
Приложение 1 . . . . . 70
Приложение 2 . . . . . 75
Приложение 3 . . . . . 95
Приложение 4 . . . . . 109
Приложение 5 . . . . . 129
Приложение 6 . . . . . 138

gost.e-ecolog.ru